

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง
กรมทางหลวง

รายงานขั้นสุดท้าย

(Final Report)

โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และ
ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ
โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย



คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายงานขั้นสุดท้าย

โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

สารบัญ

สารบัญ i

สารบัญรูป v

สารบัญตาราง xi

1. บทนำ 1-1

1.1 ความเป็นมาของโครงการ 1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 1-1
1.3 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ 1-2

2. ขอบเขตของงาน 2-1

2.1 งานทบทวนวรรณกรรมและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 2-1
2.2 งานเก็บตัวอย่างวัสดุดินลูกรังและจัดหาแปลงทดสอบ 2-1
2.3 งานพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย 2-1
2.4 งานทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรังในห้องปฏิบัติการ 2-2
2.5 งานออกแบบส่วนผสม (MIX DESIGN) 2-2
2.5.1 งานพื้นทางดินซีเมนต์ 2-2
2.5.2 งานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ 2-3
2.6 งานทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะในห้องปฏิบัติการ (LABORATORY PERFORMANCE TEST) 2-3
2.7 งานทดสอบคุณสมบัติและวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน (PHYSICAL MODEL EXPERIMENT) 2-4
2.7.1 งานทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน 2-4
2.7.2 งานวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน 2-5
2.8 งานทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในสนาม (FIELD TEST) 2-5
2.9 งานจัดทำคู่มือ 2-6
2.10 งานฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้ 2-6
2.11 งานจัดทำวีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการและเผยแพร่ผลการศึกษา 2-6

3. การบริหารโครงการ 3-1

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 3-1
3.2 ความก้าวหน้าของงานแต่ละด้านและผลงานในภาพรวมของโครงการ 3-2
3.3 ความสอดคล้องกับข้อกำหนดการว่าจ้างที่ปรึกษา 3-2
3.4 กำหนดการรายงานผลการศึกษา 3-5

4. งานทบทวนวรรณกรรม 4-1

4.1 การทดสอบค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพวัสดุก่อสร้าง 4-1
4.1.1 การทดสอบค่าความหนาแน่น 4-1
4.1.2 การทดสอบค่าความชื้น 4-3

4.2 การตรวจวัดค่าความชื้นและอิทธิพลของปริมาณความชื้นต่อคุณสมบัติและคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ 4-11
4.2.1 การปรับปรุงคุณภาพของดินโดยการผสมซีเมนต์ 4-11
4.2.2 การปรับปรุงคุณภาพวัสดุดินซีเมนต์ด้วยยางธรรมชาติ 4-12
4.2.3 การตรวจวัดและอิทธิพลของปริมาณความชื้นต่อคุณสมบัติและคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ 4-17
4.3 แนวทาง มาตรฐาน และข้อกำหนดการควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ 4-23
4.4 การประยุกต์ใช้การทดสอบด้วยคลื่นสั่นสะเทือนเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติของวัสดุ 4-30
4.5 การทดสอบ SPECTRAL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (SASW) 4-32

5. งานเก็บตัวอย่างวัสดุดินลูกรังและจัดหาแปลงทดสอบ 5-1

5.1 การจัดหาแหล่งวัสดุดินลูกรัง 5-2
5.2 การคัดเลือกชนิดของปูนซีเมนต์และน้ำยางธรรมชาติ 5-3
5.3 การจัดหาแปลงทดสอบ 5-5

6. งานพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย 6-1

6.1 การจัดทำชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย 6-1
6.1.1 อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น (Moisture Sensor) 6-1
6.1.2 อุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัด ประมวลผล และแสดงผลลัพธ์บนหน้าจอ (Microcontroller and Readout Unit) 6-2
6.1.3 อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล (Data Collection System) 6-2
6.1.4 อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า (Power Supply) 6-2
6.2 การสอบเทียบชุดอุปกรณ์ฯ 6-10
6.2.1 ความแม่นยำ (Accuracy) 6-14
6.2.2 ความเที่ยงตรง (Precision) 6-19
6.2.3 ความละเอียด (Resolution) 6-21
6.3 การประยุกต์ใช้งานชุดตรวจวัดความชื้นโดย TDR สำหรับวัสดุงานทาง 6-21

7. งานทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรังในห้องปฏิบัติการ 7-1

7.1 การทดสอบหาขนาดคละ 7-3
7.2 การทดสอบพิกัดอัตเตอร์เบิร์ก (ATTERBERG'S LIMITS) 7-4
7.3 การทดสอบหาค่าความสึกหรอ 7-5
7.4 การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน 7-6
7.5 การทดสอบหาค่า CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) 7-8

8. งานออกแบบส่วนผสม (Mix Design) 8-1

8.1 งานพื้นทางดินซีเมนต์ 8-1
8.2 งานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ 8-3
8.3 การคัดเลือกอัตราส่วนผสม 8-4

9. งานทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Performance Test) 9-1

9.1 การทดสอบกำลังแรงดึงทางอ้อม (INDIRECT TENSILE STRENGTH) 9-1
9.2 การทดสอบค่าโมดูลัสคืนตัว (RESILIENT MODULUS) 9-3
9.3 การทดสอบค่าความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า (FATIGUE RESISTANCE) 9-4
9.4 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ (WATER PERMEABILITY) 9-6

10. งานทดสอบคุณสมบัติและวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน (Physical Model Experiment) .. 10-1

10.1 งานทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน 10-1
10.1.1 การเตรียมตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ 10-1
10.1.2 การเตรียมตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ 10-1
10.1.3 การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างวัสดุที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ 10-2
10.2 งานวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน 10-17

11. งานทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในสนาม (Field Test) 11-1

11.1 การทดสอบหาค่าความหนาแน่นและความชื้นของวัสดุพื้นทางในสนามโดยใช้วิธีนิวเคลียร์ 11-2
11.2 การเจาะเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัด 11-5
11.3 การทดสอบหาค่าความชื้นของวัสดุในสนามด้วยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย 11-7
11.4 การทดสอบหาค่าความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุในสนามโดยวิธีทดสอบ SASW 11-10
11.5 การทดสอบหาค่าโมดูลัสและการแอ่นตัวของวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบ LWD 11-12

12. การวิเคราะห์คุณสมบัติและพฤติกรรมของวัสดุ 12-1

12.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและค่าความหนาแน่น 12-1
12.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและค่าการแอ่นตัว 12-2
12.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและค่าความเร็วคลื่นเฉือน 12-3
12.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว 12-4

13. งานจัดทำคู่มือ 13-1

14. งานฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้ 14-1

15. งานจัดทำวีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการและเผยแพร่ผลการศึกษา 15-1

16. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 16-1

17. เอกสารอ้างอิง 17-1

ภาคผนวก ก ก-1

ภาคผนวก ข ข-1

ภาคผนวก ค ค-1

ภาคผนวก ง ง-1

ภาคผนวก จ จ-1

ภาคผนวก ฉ ฉ-1

ภาคผนวก ช ช-1

ภาคผนวก ซ ซ-1

ภาคผนวก ฌ ฌ-1

สารบัญรูป

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ 3-1
รูปที่ 3.2 แผนการดำเนินงานโครงการ 3-4
รูปที่ 4.1 การทดสอบความหนาแน่นโดยใช้ทราย 4-2
รูปที่ 4.2 เครื่องมือ Nuclear Density Gauge 4-2
รูปที่ 4.3 Electromagnetic Soil Density Gauge 4-3
รูปที่ 4.4 ค่า Matric suction และ ความชื้นที่จุด optimum 4-4
รูปที่ 4.5 KU-Tensiometer 4-4
รูปที่ 4.6 เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์และแรงดูดรวมรูปแบบต่างๆ 4-5
รูปที่ 4.7 อุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์และแรงดูดรวม ชนิด Capacitive relative humidity sensor 4-5
รูปที่ 4.8 ตัวอย่างผลการวัดแรงดูดรวมและผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดแรงดูดรวมชนิด Capacitive relative humidity sensor 4-6
รูปที่ 4.9 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของอุปกรณ์ TDR สำหรับวัดความชื้นน้ำในดิน 4-8
รูปที่ 4.10 ตัวอย่างอุปกรณ์ TDR ตามท้องตลาด 4-8
รูปที่ 4.11 NECTEC TDR 4-8
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างผลการสอบเทียบเครื่องมือ PR2/6 กับดินแกรนิตผุ จากจังหวัดภูเก็ต 4-9
รูปที่ 4.13 ลักษณะการวัดแรงดูดเมทริกโดยกระดาษกรอง (จะต้องประกบตัวอย่างดิน กระดาษกรองและแผ่น Perspex ให้แน่นเหมือนลักษณะแซนวิช) 4-10
รูปที่ 4.14 เทคนิค Neutron Scattering สำหรับวัดความชื้นในดิน 4-10
รูปที่ 4.15 *ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและค่าความเครียดของดินลูกรังไม่ผสมซีเมนต์และดินซีเมนต์* 4-11
รูปที่ 4.16 Undrained Shear Strength ของส่วนผสมที่ Confining Pressure ต่าง ๆ 4-14
รูปที่ 4.17 ลักษณะของเนื้อยางพาราที่จับตัวอยู่ในเนื้อดินซีเมนต์ (ตัวอย่าง UU Triaxial Test) 4-14
รูปที่ 4.18 ภาพแสดงการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากยางพาราในการนำไปใช้ป้องกันการชะล้างพังทลายของลาดคันทาง 4-15
รูปที่ 4.19 ภาพแสดงกระบะจำลองทั้ง 6 ที่รอการทดสอบ 4-15
รูปที่ 4.20 การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันการชะล้างพังทลายของลาดดิน 4-15
รูปที่ 4.21 ขั้นตอนการหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำที่ผิวดิน (Soil Surface Infiltration) 4-16
รูปที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความชื้นและ Seismic Modulus เทียบกับเวลาของวัสดุชั้นพื้นทาง 4-17
รูปที่ 4.23 โครงสร้างภายในของดินลูกรังผสมซีเมนต์บดอัดที่ ก) ปริมาณความชื้นร้อยละ 60 และ ข) ปริมาณความชื้นเหมาะสม 4-18

รูปที่ 4.24 ผลกระทบของค่าความชื้นจากการศึกษา ก) ความหนาแน่นแห้งสูงสุดต่อการดูดซึมน้ำ ข) Deviator Stress ของดินไม่อิ่มตัวเทียบกับดินอิ่มตัว 4-18

รูปที่ 4.25 *ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสกับปริมาณความชื้น* 4-19

รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบผลการตรวจวัดค่าโมดูลัสยืดหยุ่นด้วยเครื่องมือ LWD กับปริมาณความชื้นของวัสดุสร้างทาง 4-19

รูปที่ 4.27 *การเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วคลื่นเฉือนเทียบกับ (a) แรงดันโอบล้อมและ (b) ปริมาณความชื้น ที่พลังงานการบดอัด 530 kN.m/m^3* 4-20

รูปที่ 4.28 *การเกิดพันธะเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่ปริมาณความชื้นแตกต่างกัน* 4-20

รูปที่ 4.29 *ค่าโมดูลัสของวัสดุพื้นทางที่ตรวจวัดได้ในสนามและในห้องปฏิบัติการที่ปริมาณความชื้นแตกต่าง* 4-21

รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Suction และโมดูลัสเฉือน 4-22

รูปที่ 4.31 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในโครงสร้างคันทาง 4-22

รูปที่ 4.32 ผลของค่าความชื้นเริ่มต้นต่อกำลังรับแรงอัดของตะกอนที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพ 4-23

รูปที่ 4.33 เกณฑ์การควบคุมคุณภาพของวัสดุเม็ดหยาบในประเทศสหรัฐอเมริกา 4-25

รูปที่ 4.34 เกณฑ์การควบคุมคุณภาพของวัสดุเม็ดละเอียดในประเทศสหรัฐอเมริกา 4-25

รูปที่ 4.35 Dynatest Falling Weight Deflectometer 4-26

รูปที่ 4.36 Light Weight Deflectometer 4-26

รูปที่ 4.37 Dynamic Cone Penetrometer 4-26

รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัส ความหนาแน่นและปริมาณความชื้น 4-27

รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Generalized Modulus – Moisture ของดินบดอัด 4-27

รูปที่ 4.40 เปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้นกับค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดิน Subgrade 4-28

รูปที่ 4.41 ผลการเปรียบเทียบความหนาแน่นจากการทดสอบ NNDG กับการเจาะเก็บตัวอย่าง 4-29

รูปที่ 4.42 Clegg Hammer 4-29

รูปที่ 4.43 *ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วคลื่นปฐมภูมิและกำลังรับแรงอัด* 4-30

รูปที่ 4.44 *การเปรียบเทียบค่าความเร็วคลื่นเฉือนจากการตรวจวัดด้วยวิธี MSOR และจากการแปลงค่าจาก SPT-Number* 4-31

รูปที่ 4.45 *Dispersion Curves ที่ได้จากการทดสอบโดยใช้ลูกเหล็กตกกระแทก* 4-32

รูปที่ 4.46 *การเปรียบเทียบค่าความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุรองพื้นทางดินซีเมนต์ที่วัดได้ในสนามกับในห้องปฏิบัติการ* 4-32

รูปที่ 4.47 การติดตั้งเครื่องมือทดสอบวิธี SASW 4-33

รูปที่ 4.48 ตัวอย่างความแตกต่างเฟสที่วัดได้จากตัวรับสัญญาณ 4-33

รูปที่ 4.49 โปรไฟล์ค่าความเร็วคลื่นเฉือน 4-34

รูปที่ 5.1 หนังสือเรื่อง พิจารณาแหล่งวัสดุ วัสดุผสม แปลงทดสอบ 5-1
รูปที่ 5.2 การเก็บตัวอย่างจากแหล่งวัสดุดินลูกรัง จังหวัดชัยนาท 5-2
รูปที่ 5.3 แผนที่แสดงระยะทางถึงแหล่งวัสดุดินลูกรัง จังหวัดชัยนาท 5-2
รูปที่ 5.4 การเก็บตัวอย่างจากแหล่งวัสดุดินลูกรัง จังหวัดชลบุรี 5-3
รูปที่ 5.5 แผนที่แสดงระยะทางถึงแหล่งวัสดุดินลูกรัง จังหวัดชลบุรี 5-3
รูปที่ 5.6 น้ำยางพาราข้นประเภท HA 5-4
รูปที่ 5.7 สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) 5-4
รูปที่ 5.8 หนังสือเรื่อง จัดหาแปลงทดสอบภาคสนาม 5-6
รูปที่ 6.1 หนังสือพิจารณาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย 6-7
รูปที่ 6.2 ตัวอย่าง Data Logger แบบติดตั้งอยู่กับที่ โดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 6-8
รูปที่ 6.3 หัวต่อชนิด 4 ขา 6-8
รูปที่ 6.4 แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ 6-9
รูปที่ 6.5 รูปร่างลักษณะ Data logger ที่พัฒนาขึ้น 6-9
รูปที่ 6.6 โปรแกรม Arduino Integrated Development Environment (IDE) 6-9
รูปที่ 6.7 ตัวอย่างการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR 6-11
รูปที่ 6.8 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR 6-11
รูปที่ 6.9 ตัวอย่างการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าแรงดูด Tensiometer 6-12
รูปที่ 6.10 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าแรงดูด Tensiometer 6-12
รูปที่ 6.11 ตัวอย่างการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ RH Sensor 6-13
รูปที่ 6.12 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ RH Sensor 6-13
รูปที่ 6.13 ตัวอย่างการตรวจวัดแรงดูดในสนาม 6-14
รูปที่ 6.14 การสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR 6-15
รูปที่ 6.15 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR สำหรับพื้นทางดินซีเมนต์ 6-15
รูปที่ 6.16 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR สำหรับดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ 6-16
รูปที่ 6.17 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR สำหรับดินลูกรัง 6-16
รูปที่ 6.18 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR สำหรับทราย 6-16
รูปที่ 6.19 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าแรงดูด Tensiometer 6-18
รูปที่ 6.20 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ RH Sensor 6-19

รูปที่ 6.21 ความหมายและความแตกต่างของ ความเที่ยงตรง (Precision) และ ความแม่นยำ (Accuracy) ที่มา Dunnicliff (1993)..... 6-20
รูปที่ 6.22 สมการ Default จากการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR สำหรับชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ 6-20
รูปที่ 7.1 การทดสอบหาขนาดคละโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง.....7-3
รูปที่ 7.2 ผลทดสอบขนาดคละ ดินลูกรัง จังหวัดชัยนาท.....7-3
รูปที่ 7.3 ผลทดสอบขนาดคละ ดินลูกรัง จังหวัดชลบุรี.....7-4
รูปที่ 7.4 การทดสอบหาค่า ก) Liquid Limit และ ข) Plastic Limit 7-4
รูปที่ 7.5 การทดสอบหาค่าความสึกหรอ.....7-5
รูปที่ 7.6 การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน.....7-6
รูปที่ 7.7 ผลการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ดินลูกรัง จังหวัดชัยนาท.....7-7
รูปที่ 7.8 ผลการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ดินลูกรัง จังหวัดชลบุรี 7-7
รูปที่ 7.9 การทดสอบหาค่า California Bearing Ratio (CBR).....7-8
รูปที่ 8.1 ก้อนตัวอย่างภายหลังการบดอัด 8-2
รูปที่ 8.2 การแช่ก้อนตัวอย่าง.....8-2
รูปที่ 8.3 การทดสอบกำลังรับแรงอัด.....8-2
รูปที่ 8.4 ความเค้นของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ (ดินลูกรังจังหวัดชัยนาท) 8-8
รูปที่ 8.5 ความเค้นของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (ดินลูกรังจังหวัดชัยนาท) 8-8
รูปที่ 8.6 ความเครียดของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (ดินลูกรังจังหวัดชัยนาท).....8-9
รูปที่ 8.7 ความเค้นของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ (ดินลูกรังจังหวัดชลบุรี).....8-9
รูปที่ 8.8 ความเค้นของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (ดินลูกรังจังหวัดชลบุรี).....8-9
รูปที่ 8.9 ความเครียดของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (ดินลูกรังจังหวัดชลบุรี)..... 8-10
รูปที่ 9.1 การทดสอบกำลังรับแรงดึงทางอ้อม 9-2
รูปที่ 9.2 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบค่าโมดูลัสคืนตัว.....9-3
รูปที่ 9.3 การทดสอบค่าความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า.....9-5
รูปที่ 9.4 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ.....9-6
รูปที่ 10.1 แบบกล่องเหล็กสำหรับการก่อสร้างแบบจำลองสภาพการใช้งาน..... 10-2
รูปที่ 10.2 การก่อสร้างแบบจำลองสภาพการใช้งาน ก) การเตรียมตัวอย่างวัสดุ ข) การบดอัด..... 10-2
รูปที่ 10.3 การเจาะเก็บตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ 10-5
รูปที่ 10.4 ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ วัสดุงานดินซีเมนต์ จังหวัดชัยนาท..... 10-6

รูปที่ 10.5 ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ วัสดุงานดินซีเมนต์ จังหวัดชลบุรี..... 10-6
รูปที่ 10.6 การเปรียบเทียบความชื้นที่ตรวจวัดได้จากวิธีทดสอบต่างๆของวัสดุดินซีเมนต์ จ.ชัยนาท..... 10-7
รูปที่ 10.7 การเปรียบเทียบความชื้นที่ตรวจวัดได้จากวิธีทดสอบต่างๆของวัสดุดินซีเมนต์ จ.ชลบุรี 10-8
รูปที่ 10.8 การทดสอบ SASW..... 10-8
รูปที่ 10.9 การทดสอบ LWD..... 10-9
รูปที่ 10.10 ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ วัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จังหวัดชัยนาท..... 10-13
รูปที่ 10.11 ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ วัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จังหวัดชลบุรี 10-13
รูปที่ 10.12 การเปรียบเทียบความชื้นที่ตรวจวัดได้จากวิธีทดสอบต่างๆของวัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จ.ชัยนาท..... 10-15
รูปที่ 10.13 การเปรียบเทียบความชื้นที่ตรวจวัดได้จากวิธีทดสอบต่างๆของวัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จ.ชลบุรี 10-15
รูปที่ 10.14 แบบจำลองโครงสร้างชั้นทาง..... 10-18
รูปที่ 10.15 ตำแหน่งแรงจากล้อรถ..... 10-19
รูปที่ 10.16 ตำแหน่งวิเคราะห์ค่าความเค้นและความเครียด..... 10-19
รูปที่ 10.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า UCS กับ ค่า E จาก Nomograph (AASHTO, 1993) 10-22
รูปที่ 10.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับค่าอีลาสติกโมดูลัสของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ 10-23
รูปที่ 10.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับค่าอีลาสติกโมดูลัสของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ..... 10-23
รูปที่ 10.20 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเที่ยวที่ยอมให้กับค่าอีลาสติกโมดูลัสของชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ 10-24
รูปที่ 10.21 แบบจำลองการวิเคราะห์การแอ่นตัวจากเครื่องมือ LWD..... 10-26
รูปที่ 10.22 ค่าการแอ่นตัวเทียบกับระยะเวลาบ่ม..... 10-27
รูปที่ 11.1 การทดสอบโดยวิธีนิวเคลียร์..... 11-2
รูปที่ 11.2 การเจาะเก็บตัวอย่างในสนาม..... 11-5
รูปที่ 11.3 การเปรียบเทียบความชื้นที่ตรวจวัดได้จากชุดอุปกรณ์และการทดสอบโดยวิธีนิวเคลียร์ แปลงทดสอบที่ 1 11-7
รูปที่ 11.4 การเปรียบเทียบความชื้นที่ตรวจวัดได้จากชุดอุปกรณ์และการทดสอบโดยวิธีนิวเคลียร์ แปลงทดสอบที่ 2 11-7
รูปที่ 11.5 การทดสอบ SASW ในสนาม..... 11-10
รูปที่ 11.6 การทดสอบ LWD ในสนาม..... 11-12
รูปที่ 12.1 ค่าความชื้นและค่าความหนาแน่นแห้งที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 1 (w_{omc} = 7.3%)..... 12-1

รูปที่ 12.2 ค่าความชื้นและค่าความหนาแน่นแห้งที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 2 (w_{omc} = 6.9%)..... 12-2

รูปที่ 12.3 ค่าความชื้นและค่าการแอ่นตัวที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 1 (w_{omc} = 7.3%)..... 12-2

รูปที่ 12.4 ค่าความชื้นและค่าการแอ่นตัวที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 2 (w_{omc} = 6.9%)..... 12-3

รูปที่ 12.5 ค่าความชื้นและค่าความเร็วคลื่นเฉือน ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 1 (w_{omc} = 7.3%)..... 12-3

รูปที่ 12.6 ค่าความชื้นและค่าความเร็วคลื่นเฉือน ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 2 (w_{omc} = 6.9%)..... 12-4

รูปที่ 12.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและกำลังรับแรงอัดแกนเดียว (ตัวอย่างไม่แช่น้ำ) ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 1 (w_{omc} = 7.3%)..... 12-5

รูปที่ 12.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและกำลังรับแรงอัดแกนเดียว (ตัวอย่างแช่น้ำ) ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 1 (w_{omc} = 7.3%)..... 12-5

รูปที่ 12.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและกำลังรับแรงอัดแกนเดียว (ตัวอย่างไม่แช่น้ำ) ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 2 (w_{omc} = 6.9%)..... 12-6

รูปที่ 12.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและกำลังรับแรงอัดแกนเดียว (ตัวอย่างแช่น้ำ) ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 2 (w_{omc} = 6.9%)..... 12-6

รูปที่ 12.11 การเปรียบเทียบค่าความเร็วคลื่นเฉือนโดยวิธีทดสอบ FFR ในห้องปฏิบัติการและวิธีทดสอบ SASW ในสนาม..... 12-7

รูปที่ 12.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ระยะเวลาบ่ม 7 วัน และค่าความเร็วคลื่นเฉือนจากการทดสอบ FFR ในห้องปฏิบัติการ (ดัดแปลงจาก Chaiprakaikeow et al., 2017)..... 12-7

รูปที่ 12.13 ค่าความชื้นและค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ประเมินได้จากการทดสอบ SASW ในสนาม ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 1 (w_{omc} = 7.3%)..... 12-8

รูปที่ 12.14 ค่าความชื้นและค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ประเมินได้จากการทดสอบ SASW ในสนาม ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 2 (w_{omc} = 6.9%)..... 12-8

รูปที่ 13.1 คู่มือวิธีการทดสอบฯ และคู่มือกระบวนการและเกณฑ์การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพฯ..... 13-1

รูปที่ 14.1 การฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้..... 14-1

รูปที่ 14.2 รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรม-1..... 14-2

รูปที่ 14.3 รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรม-2..... 14-2

รูปที่ 14.4 รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรม-3..... 14-3

รูปที่ 15.1 วีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการ..... 15-1

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 สรุปความก้าวหน้าและผลการดำเนินงานถึงปัจจุบัน 3-2

ตารางที่ 3.2 ความสอดคล้องของกิจกรรมตาม TOR กับรายงาน 3-2

ตารางที่ 3.3 กำหนดการรายงานผลการศึกษา 3-5

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบเทคโนโลยีและอุปกรณ์สำหรับวัดและควบคุมแรงดูด suction ในรูปแบบต่างๆ (ดัดแปลงบางส่วนจาก Lu & Likos, 2004) 4-6

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนากำลังของดินซีเมนต์ (Terashi, 1997) 4-12

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างอัตราส่วนของส่วนผสมต่อตัวอย่างดินซีเมนต์ผสมยางพารา 1 ก้อน (สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2562) 4-13

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันการชะล้างพังทลายของลาดคันทางและดินไหล่ทางบดอัด (สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2562) 4-16

ตารางที่ 4.5 มาตรฐานการทดสอบประสิทธิภาพวัสดุจากการศึกษาของ Baghini et al. (2017) 4-16

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติน้ำยางพาราข้นประเภท HA 5-4

ตารางที่ 5.2 คุณสมบัติสารลดแรงตึงผิว 5-5

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลจำเพาะทั่วไปของอุปกรณ์ตรวจวัด 6-3

ตารางที่ 6.2 ความแตกต่างระหว่าง Data Logger ทั้งสองรุ่น ที่พัฒนาโดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 6-10

ตารางที่ 6.3 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสำหรับพื้นทางดินซีเมนต์ 6-17

ตารางที่ 6.4 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสำหรับดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ 6-17

ตารางที่ 6.5 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสำหรับดินลูกรัง 6-17

ตารางที่ 6.6 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสำหรับทราย 6-18

ตารางที่ 6.7 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์วัดค่าแรงดูด 6-18

ตารางที่ 6.8 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ 6-19

ตารางที่ 7.1 สรุปปริมาณการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุในโครงการ 7-1

ตารางที่ 7.2 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน วัสดุดินลูกรังจากแหล่งวัสดุจังหวัดชัยนาทและจังหวัดชลบุรี. 7-2

ตารางที่ 7.3 สรุปผลการทดสอบพิกัดอัตเตอร์เบิร์ก 7-5

ตารางที่ 7.4 สรุปผลการทดสอบหาค่าความสึกหรอโดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion 7-6

ตารางที่ 7.5 สรุปผลการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน 7-7

ตารางที่ 7.6 สรุปผลการทดสอบหาค่า California Bearing Ratio (CBR) 7-8

ตารางที่ 8.1 อัตราส่วนผสมงานพื้นทางดินซีเมนต์ แหล่งลูกรังจังหวัดชัยนาท (ปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 5.30) 8-1

ตารางที่ 8.2 อัตราส่วนผสมงานพื้นทางดินซีเมนต์ แหล่งลูกรังจังหวัดชลบุรี (ปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 10).....8-1

ตารางที่ 8.3 ปริมาณการทดสอบกำลังรับแรงอัดวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์.....8-3

ตารางที่ 8.4 อัตราส่วนผสมงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ แหล่งวัสดุดินลูกรังจังหวัดชัยนาท (ปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 5.30).....8-3

ตารางที่ 8.5 อัตราส่วนผสมงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ แหล่งวัสดุดินลูกรังจังหวัดชลบุรี (ปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 10).....8-4

ตารางที่ 8.6 ปริมาณการทดสอบกำลังสำหรับการออกแบบส่วนผสมวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ.....8-4

ตารางที่ 8.7 สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียววัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากแหล่งวัสดุจังหวัดชัยนาท.....8-5

ตารางที่ 8.8 สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียววัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากแหล่งวัสดุจังหวัดชลบุรี.....8-7

ตารางที่ 9.1 ปริมาณการทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะในห้องปฏิบัติการ.....9-1

ตารางที่ 9.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงทางอ้อม.....9-2

ตารางที่ 9.3 ผลการทดสอบค่าโมดูลัสคืนตัว.....9-4

ตารางที่ 9.4 ผลการทดสอบค่าความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า.....9-5

ตารางที่ 9.5 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ.....9-7

ตารางที่ 10.1 จำนวนการทดสอบในแบบจำลองสภาพการใช้งาน วัสดุดินซีเมนต์.....10-3

ตารางที่ 10.2 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นโดยวิธีทดสอบนิวเคลียร์ วัสดุดินซีเมนต์.....10-4

ตารางที่ 10.3 ผลการเจาะเก็บตัวอย่างและทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว วัสดุดินซีเมนต์.....10-5

ตารางที่ 10.4 ผลการตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย วัสดุดินซีเมนต์.....10-7

ตารางที่ 10.5 ผลการทดสอบค่าความเร็วคลื่นเฉือนโดยวิธีทดสอบ SASW วัสดุดินซีเมนต์.....10-9

ตารางที่ 10.6 ผลการทดสอบ LWD วัสดุดินซีเมนต์.....10-10

ตารางที่ 10.7 จำนวนการทดสอบในแบบจำลองสภาพการใช้งาน วัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ.....10-10

ตารางที่ 10.8 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นโดยวิธีทดสอบนิวเคลียร์ วัสดุดินซีเมนต์)ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ.....10-11

ตารางที่ 10.9 ผลการเจาะเก็บตัวอย่างและทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว วัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ.....10-12

ตารางที่ 10.10 ผลการตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย วัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ.....10-14

ตารางที่ 10.11 ผลการทดสอบค่าความเร็วคลื่นเฉือนโดยวิธีทดสอบ SASW วัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ 10-16

ตารางที่ 10.12 ผลการทดสอบ LWD วัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ 10-17

ตารางที่ 11.1 จำนวนการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในสนาม 11-1

ตารางที่ 11.2 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นโดยวิธีทดสอบนิวเคลียร์ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1 11-2

ตารางที่ 11.3 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นโดยวิธีทดสอบนิวเคลียร์ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2 11-3

ตารางที่ 11.4 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1 11-5

ตารางที่ 11.5 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2 11-6

ตารางที่ 11.6 ผลการตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1 11-8

ตารางที่ 11.7 ผลการตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2 11-9

ตารางที่ 11.8 ผลการทดสอบค่าความเร็วคลื่นเฉือนโดยวิธีทดสอบ SASW ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1 11-11

ตารางที่ 11.9 ผลการทดสอบค่าความเร็วคลื่นเฉือนโดยวิธีทดสอบ SASW ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2 11-11

ตารางที่ 11.10 ผลการทดสอบ LWD ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1 11-13

ตารางที่ 11.11 ผลการทดสอบ LWD ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2 11-14

ตารางที่ 14.1 สรุปจำนวนผู้เข้าร่วมอบรม 14-1

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

กรมทางหลวงได้ดำเนินงานก่อสร้างดินซีเมนต์มาเป็นระยะเวลากว่า 30 ปี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสามารถด้านการรับน้ำหนักและยืดอายุการใช้งานของโครงสร้างถนนลาดยาง ปัจจุบันมาตรฐานการก่อสร้างชั้นดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ยังมีข้อจำกัดบางประการ อาทิ ข้อจำกัดด้านจำนวนเจ้าหน้าที่ตรวจสอบวัสดุของโครงการ ข้อจำกัดด้านเครื่องมือตรวจวัดค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวมในสนาม เป็นต้น การตรวจวัดค่าความชื้นในทางปฏิบัตินั้น เจ้าหน้าที่ต้องเก็บตัวอย่างไปเข้าเตาอบเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง จึงไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำระหว่างก่อสร้างได้ นอกจากนี้การตรวจสอบคุณภาพการก่อสร้างดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ยังต้องรอผลการทดลองหาค่ากำลังรับแรงอัด (Unconfined Compressive Strength) ของวัสดุเป็นหลัก จึงไม่สามารถทราบคุณภาพวัสดุในสนามได้ทันที ส่งผลให้ประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานก่อสร้างลดลง

ด้วยเหตุผลดังกล่าว สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง จึงจัดทำโครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือตรวจวัดความชื้นในสนามแบบไม่ทำลาย ทราบผลทดสอบได้ทันที ช่วยให้การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพวัสดุระหว่างก่อสร้างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังศึกษากระบวนการและจัดทำเกณฑ์การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำงานก่อสร้างของกรมทางหลวงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

โครงการมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1) เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายในการตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ
2) เพื่อเสนอกระบวนการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย
3) เพื่อจัดทำเกณฑ์การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

1.3 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1) ได้เครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้นและประเมินการพัฒนากำลังของดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ
2) ได้กระบวนการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย
3) ได้เกณฑ์การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

2. ขอบเขตของงาน

โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย มีขอบเขตของงานดังนี้

2.1 งานทบทวนวรรณกรรมและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ปรึกษาจะดำเนินการทบทวนวรรณกรรมและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมเอกสารรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบค่าความหนาแน่นและค่าความชื้น โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย ในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพวัสดุก่อสร้าง ได้แก่ หินคลุก ดินลูกรัง วัสดุคัดเลือก ดินซีเมนต์ และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ เป็นต้น
2) ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมเอกสารรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดค่าความชื้นและอิทธิพลของปริมาณความชื้นต่อคุณสมบัติและคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากทั้งในประเทศและหรือต่างประเทศ
3) ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมแนวทาง มาตรฐาน และข้อกำหนดการควบคุณคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากทั้งในประเทศและหรือต่างประเทศ

2.2 งานเก็บตัวอย่างวัสดุดินลูกรังและจัดหาแปลงทดสอบ

ที่ปรึกษาจะเก็บตัวอย่างวัสดุดินลูกรังและจัดหาแปลงทดสอบ ดังนี้

1) จัดหาแหล่งวัสดุดินลูกรัง จำนวนอย่างน้อย 2 แหล่ง สำหรับงานพื้นทางดินซีเมนต์ตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 204 “มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์” เสนอต่อคณะกรรมการบริหารโครงการเพื่อขอความเห็นชอบก่อนดำเนินการเก็บตัวอย่างวัสดุดินลูกรัง
2) คัดเลือกชนิดของปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐาน มอก.15 ประเภท 1 และน้ำยางธรรมชาติซึ่งเป็นน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่ม สำหรับดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติพร้อมนำเสนอคุณสมบัติและหรือคุณลักษณะจำเพาะของวัสดุดังกล่าว และต้องได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการบริหารโครงการ
3) จัดหาแปลงทดสอบในโครงการที่อยู่ระหว่างก่อสร้างของกรมทางหลวง จำนวนอย่างน้อย 2 แปลง เสนอต่อคณะกรรมการบริหารโครงการเพื่อขอความเห็นชอบก่อนดำเนินงาน และหากมีเหตุอันจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนแปลงทดสอบดังกล่าว ให้อยู่ในดุลยพินิจของคณะกรรมการบริหารโครงการในการพิจารณาเปลี่ยนแปลงตามสมควร

2.3 งานพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

ที่ปรึกษาจะพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย ดังนี้

1) จัดทำชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายของดินและวัสดุมวลรวมระหว่างก่อสร้าง และสามารถแสดงผลลัพธ์ได้ทันที โดยชุดอุปกรณ์ฯ ต้องมีส่วนประกอบอย่างน้อยดังต่อไปนี้
   - อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น (Moisture Sensor)

- อุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัด ประมวลผล และแสดงผลลัพธ์บนหน้าจอ (Microcontroller and Readout Unit)
- อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล (Data Collection System)
- อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า (Power Supply)

ทั้งนี้ ชุดอุปกรณ์ฯ ดังกล่าว ต้องผ่านการเห็นชอบจากคณะกรรมการบริหารโครงการ และส่งมอบให้กรมทางหลวง จำนวนอย่างน้อย 1 ชุด

2) ทำการสอบเทียบชุดอุปกรณ์ฯที่พัฒนาขึ้น พร้อมจัดทำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ตรวจวัดได้จากชุดอุปกรณ์ฯ กับค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวม ผลการสอบเทียบ (Calibration) กับวิธีการทดลองหาค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวมตามมาตรฐานสากล และข้อมูลคุณลักษณะของชุดอุปกรณ์ฯ ได้แก่ ความละเอียด (Resolution) ความแม่นยำ (Accuracy) ความเที่ยงตรง (Precision) ความคลาดเคลื่อน (Error) ความสามารถในการวัดซ้ำของคนวัดหรืออุปกรณ์วัด (Repeatability) ความสามารถในการวัดซ้ำระหว่างคนวัดหรือระหว่างเครื่องมือวัด (Reproducibility) เป็นต้น

2.4 งานทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรังในห้องปฏิบัติการ

ที่ปรึกษาจะทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรังในข้อ 2.2-1 ในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

1) ทดสอบหาขนาดคละ ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 205 “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” จำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่างต่อแหล่งวัสดุดินลูกรัง รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 6 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)
2) ทดสอบพิกัดอัตเตอร์เบิร์ก (Atterberg’s Limits) ได้แก่ ค่า Liquid Limit ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 102 “วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (LL) ของดิน” ค่า Plasticity Index ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 103 “วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit (PL) และ Plasticity Index (PI) ของดิน” จำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่างต่อแหล่งวัสดุดินลูกรัง รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 6 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)
3) ทดสอบหาค่าความสึกหรอ ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 202 “วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion” จำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่างต่อแหล่งวัสดุดินลูกรัง รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 6 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)
4) ทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.108 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” จำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่างต่อแหล่งวัสดุดินลูกรัง รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 6 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)
5) ทดสอบหาค่า California Bearing Ratio (CBR) ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.109 “วิธีการทดลองเพื่อหาค่า CBR” จำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่างต่อแหล่งวัสดุดินลูกรัง รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 6 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)

2.5 งานออกแบบส่วนผสม (Mix Design)

ที่ปรึกษาจะออกแบบส่วนผสม (Mix Design) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.5.1 งานพื้นทางดินซีเมนต์

ที่ปรึกษาจะดำเนินการออกแบบส่วนผสมวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) เตรียมตัวอย่างวัสดุดินลูกรังในข้อ 2.2-1 โดยผสมกับปูนซีเมนต์ในข้อ 2.2-2 ตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 204 “มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์” ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ไม่เกินร้อยละ 1, 3 และ 5 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จำนวนอย่างน้อย 3 อัตราส่วนผสม และต้องได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการบริหารโครงการ
2) ทำการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.108 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” จำนวนอย่างน้อย 5 ตัวอย่างต่อ 1 อัตราส่วนผสม รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 30 ตัวอย่าง (5 ตัวอย่าง x 3 อัตราส่วนผสม x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)
3) ทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ท.105 “วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน” ในข้อ 2.5.1-2 จำนวนอย่างน้อย 5 ตัวอย่างต่อ 1 อัตราส่วนผสม รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 30 ตัวอย่าง (5 ตัวอย่าง x 3 อัตราส่วนผสม x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)

2.5.2 งานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

ที่ปรึกษาจะดำเนินการออกแบบส่วนผสมวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) เตรียมตัวอย่างวัสดุดินลูกรังในข้อ 2.2-1 โดยผสมกับปูนซีเมนต์และยางธรรมชาติในข้อ 2.2-2 ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ไม่เกินร้อยละ 1, 3 และ 5 โดยน้ำหนัก และน้ำยางธรรมชาติไม่เกินร้อยละ 1 และ 2 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จำนวนอย่างน้อย 6 อัตราส่วนผสม และต้องได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการบริหารโครงการ
2) ทำการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.108 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” จำนวนอย่างน้อย 5 ตัวอย่างต่อ 1 อัตราส่วนผสม รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 60 ตัวอย่าง (5 ตัวอย่าง x 6 อัตราส่วนผสม x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)
3) ทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ท.105 “วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน” ในข้อ 2.5.2-2 จำนวนอย่างน้อย 5 ตัวอย่างต่อ 1 อัตราส่วนผสม รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 60 ตัวอย่าง (5 ตัวอย่าง x 6 อัตราส่วนผสม x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)

2.6 งานทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Performance Test)

ที่ปรึกษาจะเตรียมตัวอย่างวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์ที่อัตราส่วนเหมาะสมตามผลการออกแบบส่วนผสมในข้อ 2.5.1 จำนวนอย่างน้อย 1 อัตราส่วนผสม และตัวอย่างวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติที่อัตราส่วนเหมาะสมตามผลการออกแบบส่วนผสมในข้อ 2.5.2 จำนวนอย่างน้อย 1 อัตราส่วนผสม เพื่อทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะในห้องปฏิบัติการทั้งนี้ที่ปรึกษาต้องเสนอต่อคณะกรรมการบริหารโครงการเพื่อขอความเห็นชอบก่อนดำเนินงาน โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

1) ทดสอบกำลังแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength) ของตัวอย่างดินซีเมนต์ จำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง และตัวอย่างดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 12 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของดินซีเมนต์ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) + (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ตามมาตรฐาน ASTM D6931-17 หรือเทียบเท่า
2) ทดสอบค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus) ของตัวอย่างดินซีเมนต์ จำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง และตัวอย่างดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 12 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของดินซีเมนต์ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)

+ (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ตามมาตรฐาน ASTM D7369-11 หรือเทียบเท่า

3) ทดสอบค่าความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า (Fatigue Resistance) ของตัวอย่างดินซีเมนต์ จำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง และตัวอย่างดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 12 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของดินซีเมนต์ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) + (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ตามมาตรฐาน BS DD ABF: 1995 หรือเทียบเท่า
4) ทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ (Water Permeability) ของตัวอย่างดินซีเมนต์ จำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง และตัวอย่างดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 12 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของดินซีเมนต์ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) + (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ตามมาตรฐาน ASTM D2434 หรือเทียบเท่า

2.7 งานทดสอบคุณสมบัติและวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน (Physical Model Experiment)

ที่ปรึกษาจะทดสอบคุณสมบัติและวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน (Physical Model Experiment) โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

2.7.1 งานทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน

1) เตรียมตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 204 “มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์” ในข้อ 2.6 บดอัดในแบบจำลองสภาพการใช้งาน ขนาดไม่น้อยกว่า 120 × 120 ตารางเซนติเมตร หนาไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร จำนวนอย่างน้อย 2 ตัวอย่างแบบจำลอง รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 2 ตัวอย่างแบบจำลอง (1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)
2) เตรียมตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติในข้อ 2.6 บดอัดในแบบจำลองสภาพการใช้งาน ขนาดไม่น้อยกว่า 120 × 120 ตารางเซนติเมตร หนาไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร จำนวนอย่างน้อย 2 ตัวอย่างแบบจำลอง รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 2 ตัวอย่างแบบจำลอง (1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)
3) ทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างวัสดุที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ ดังนี้

O ตัวอย่างวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์

- ทดสอบหาค่าความแน่นและค่าความชื้นของตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ในข้อ 2.7.1-1 ตามมาตรฐาน ทล.-ท.607 “วิธีการทดลองหาค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวมในสนามระดับตื้นโดยใช้วิธีนิวเคลียร์” ภายหลังการบดอัดแล้วเสร็จ จำนวนอย่างน้อย 1 หลุมและที่ระยะเวลาการบ่ม 1, 3, 5, 7, 14, 21 และ 28 วัน จำนวนอย่างน้อย 1 หลุมต่อระยะเวลาบ่มตามลำดับ รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 16 หลุม (8 หลุม x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)
- เจาะเก็บตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9 เซนติเมตร ในข้อ 2.7.1-1 เพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ทล.-ท.105 “วิธีการทดลองหา Unconfined Compressive Strength ของดิน” ที่ระยะเวลาการบ่ม 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน จำนวนอย่างน้อย 2 หลุมต่อระยะเวลาบ่ม ตามลำดับ ทดสอบตัวอย่างแบบแช่น้ำ

รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 10 ก้อนตัวอย่าง (5 หลุม x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) และแบบไม่แช่น้ำ รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 10 ก้อนตัวอย่าง (5 หลุม x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) รวมจำนวนก้อนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นอย่างน้อย 20 ก้อนตัวอย่าง

- **ตัวอย่างวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ**
  - ทดสอบหาค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติในข้อ 2.7.1-2 ตามมาตรฐาน ทล.-ท.607 “วิธีการทดลองหาค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวมในสนามระดับตื้นโดยใช้วิธีนิวเคลียร์” ภายหลังการบดอัดแล้วเสร็จ จำนวนอย่างน้อย 1 หลุมและที่ระยะเวลาการบ่ม 1, 3, 5, 7, 14, 21 และ 28 วัน จำนวนอย่างน้อย 1 หลุมต่อระยะเวลาบ่มตามลำดับ รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 16 หลุม (8 หลุม x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)
  - เจาะเก็บตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9 เซนติเมตร ในข้อ 2.7.1-2 เพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ทล.-ท.105 “วิธีการทดลองหา Unconfined Compressive Strength ของดิน” ที่ระยะเวลาการบ่ม 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน จำนวนอย่างน้อย 2 หลุมต่อระยะเวลาบ่ม ตามลำดับ ทดสอบตัวอย่างแบบแช่น้ำ รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 10 ก้อนตัวอย่าง (5 หลุม x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) และแบบไม่แช่น้ำ รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 10 ก้อนตัวอย่าง (5 หลุม x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) รวมจำนวนก้อนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นอย่างน้อย 20 ก้อนตัวอย่าง

2.7.2 งานวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน

ที่ปรึกษาจะวิเคราะห์ตัวอย่างวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์และตัวอย่างวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติในแบบจำลองสภาพการใช้งาน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ (Numerical Analysis) ภายใต้ทฤษฎี Linear-Elastic และค่าคุณสมบัติด้านสมรรถนะของวัสดุในข้อ 2.6 เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบพฤติกรรมตอบสนอง ได้แก่ ความเค้น (Stress) ความเครียด (Strain) และการแอ่นตัว (Deflection) ของโครงสร้างถนนลาดยางซึ่งมีพื้นทางดินซีเมนต์ และโครงสร้างถนนลาดยางซึ่งมีพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

2.8 งานทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในสนาม (Field Test)

ที่ปรึกษาจะทำการทดสอบคุณสมบัติของชั้นพื้นทางดินซีเมนต์และหรือชั้นดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติบนแปลงทดสอบในโครงการที่อยู่ระหว่างก่อสร้างของกรมทางหลวงในข้อ 2.2-3 ที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ (Curing Time) จำนวนอย่างน้อย 2 แปลง โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

1) ทดสอบหาค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของวัสดุพื้นทางในสนาม ตามมาตรฐาน ทล.-ท.607 “วิธีการทดลองหาค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวมในสนามระดับตื้น โดยใช้วิธีนิวเคลียร์” ภายหลังการบดอัดแล้วเสร็จ จำนวนอย่างน้อย 10 หลุม และที่ระยะเวลาการบ่ม 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน จำนวนอย่างน้อย 10 หลุมต่อระยะเวลาบ่มตามลำดับ รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 140 หลุม (10 หลุม x 7 ระยะเวลาบ่ม x 2 แปลงทดสอบ)
2) เจาะเก็บตัวอย่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9 เซนติเมตร เพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ทล.-ท.105 “วิธีการทดลองหา Unconfined Compressive Strength ของดิน” ที่

ระยะเวลาการบ่ม 3, 7, 10 และ 14 วัน จำนวนอย่างน้อย 10 หลุมต่อระยะเวลาบ่ม ตามลำดับ ทดสอบตัวอย่างแบบแช่น้ำรวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 40 ก้อนตัวอย่าง (5 หลุม x 4 ระยะเวลาบ่มx 2 แปลงทดสอบ) และแบบไม่แช่น้ำ รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 40 ก้อนตัวอย่าง (5 หลุม x 4 ระยะเวลาบ่ม x 2 แปลงทดสอบ) รวมจำนวนก้อนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นอย่างน้อย 80 ก้อนตัวอย่าง

2.9 งานจัดทำคู่มือ

ที่ปรึกษาจะจัดทำคู่มือ ดังนี้

1) คู่มือวิธีการทดสอบ (Operation Manual) ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย จำนวนอย่างน้อย 50 ชุด
2) คู่มือกระบวนการและเกณฑ์การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย จำนวนอย่างน้อย 50 ชุด

2.10 งานฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้

ที่ปรึกษาจะจัดการฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้ให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวงเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 วัน จำนวนอย่างน้อย 30 คน ณ สถานที่ภายนอกกรมทางหลวง โดยค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมที่ปรึกษาจะเป็นผู้รับผิดชอบทั้งหมด

2.11 งานจัดทำวีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการและเผยแพร่ผลการศึกษา

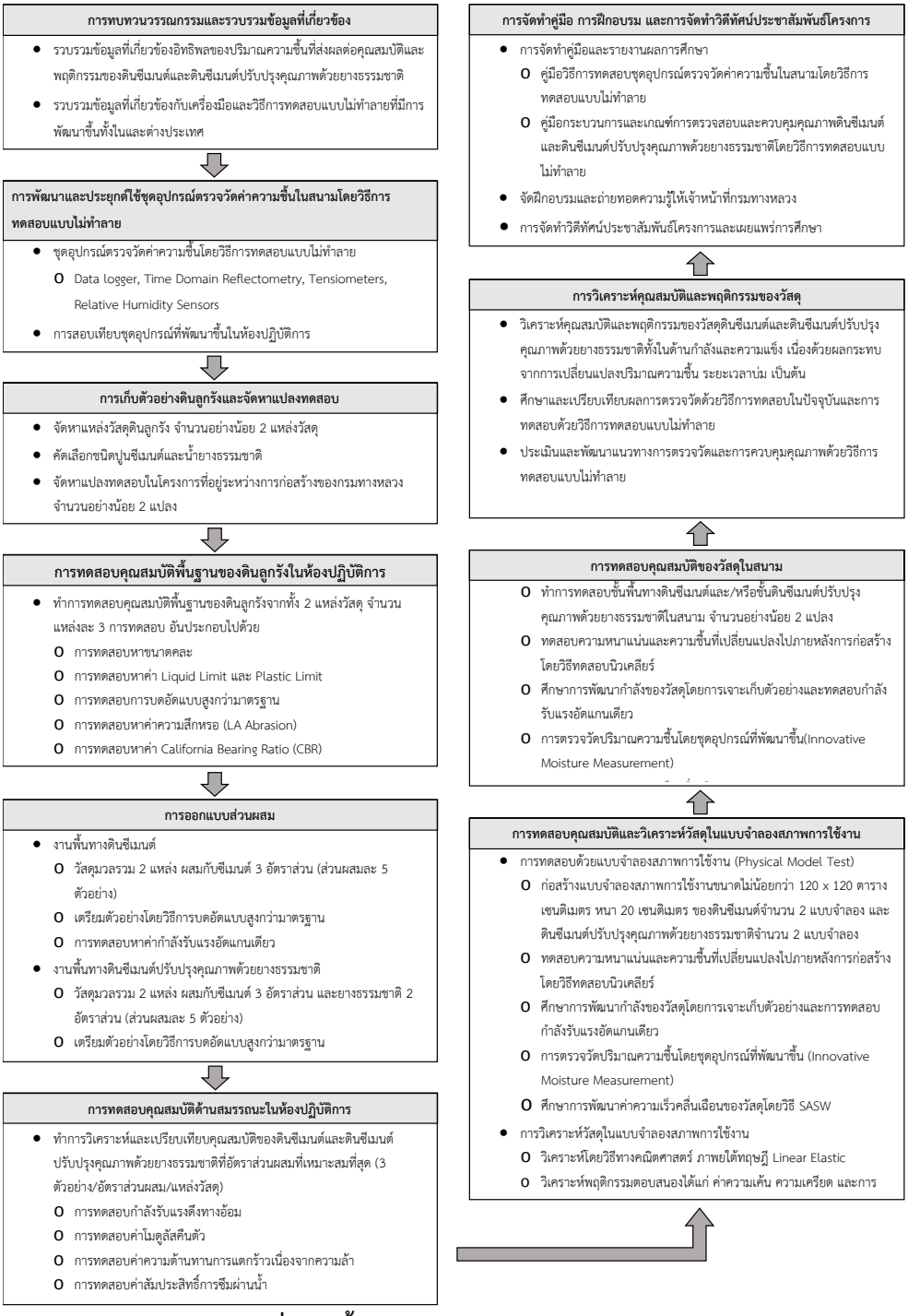
ที่ปรึกษาจะจัดทำวีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการและเผยแพร่ผลการศึกษา ดังนี้

1) วีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการระยะเวลาไม่น้อยกว่า 10 นาที
2) บทความวิชาการเพื่อเผยแพร่ผลการศึกษา จำนวนอย่างน้อย 2 เรื่อง

3. การบริหารโครงการ

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินโครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย ที่ปรึกษาได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานหลักไว้ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ

3.2 ความก้าวหน้าของงานแต่ละด้านและผลงานในภาพรวมของโครงการ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินงานตามขั้นตอนการดำเนินงานโครงการโดยผลการดำเนินงานถึงปัจจุบัน แสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.1 ซึ่งในปัจจุบันโครงการมีความก้าวหน้าโดยรวมร้อยละ 95.5 เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 สรุปความก้าวหน้าและผลการดำเนินงานถึงปัจจุบัน

รายละเอียดการดำเนินงาน	ผลการดำเนินงานถึงปัจจุบัน
งานทบทวนวรรณกรรม	100%
งานเก็บตัวอย่างวัสดุดินลูกรังและจัดหาแปลงทดสอบ	100%
งานพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย	100%
งานทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรังในห้องปฏิบัติการ	100%
งานออกแบบส่วนผสม (Mix Design)	100%
งานทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Performance Test)	100%
งานทดสอบคุณสมบัติและวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน (Physical Model Experiment)	100%
งานทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในสนาม (Field Test)	100%
งานจัดทำคู่มือ	100%
งานฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้	100%
งานจัดทำวีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการและเผยแพร่ผลการศึกษา	100%

3.3 ความสอดคล้องกับข้อกำหนดการว่าจ้างที่ปรึกษา

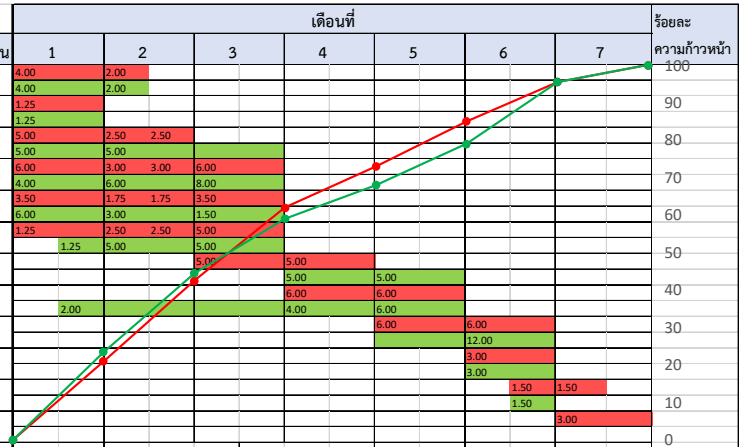
ที่ปรึกษาได้ดำเนินงานตามรายละเอียดของกิจกรรมในรายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 โดยมีความสอดคล้องกับกิจกรรมตามรายการข้อกำหนดและขอบเขตงานบริการที่ปรึกษา (TOR) ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ความสอดคล้องของกิจกรรมตาม TOR กับรายงาน

กิจกรรมตาม TOR	กิจกรรมตามรายงานขั้นสุดท้าย
4.1 งานทบทวนวรรณกรรม	บทที่ 4 งานทบทวนวรรณกรรม
4.2 งานเก็บตัวอย่างวัสดุดินลูกรังและจัดหาแปลงทดสอบ	บทที่ 5 งานเก็บตัวอย่างวัสดุดินลูกรังและจัดหาแปลงทดสอบ

กิจกรรมตาม TOR	กิจกรรมตามรายงานขั้นสุดท้าย
4.3 งานพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย	บทที่ 6 งานพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย
4.4 งานทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรังในห้องปฏิบัติการ	บทที่ 7 งานทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรังในห้องปฏิบัติการ
4.5 งานออกแบบส่วนผสม (Mix Design)	บทที่ 8 งานออกแบบส่วนผสม (Mix Design)
4.6 งานทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Performance Test)	บทที่ 9 งานทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Performance Test)
4.7 งานทดสอบคุณสมบัติและวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน (Physical Model Experiment)	บทที่ 10 งานทดสอบคุณสมบัติและวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน (Physical Model Experiment)
4.8 งานทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในสนาม (Field Test)	บทที่ 11 งานทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในสนาม (Field Test)
4.9 งานจัดทำคู่มือ	บทที่ 13 งานจัดทำคู่มือ
4.10 งานฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้	บทที่ 14 งานฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้
4.11 งานจัดทำวีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการและเผยแพร่ผลการศึกษา	บทที่ 15 งานจัดทำวีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการและเผยแพร่ผลการศึกษา

ลำดับที่	TOR ข้อที่	รายการ	ร้อยละ	จำนวนเดือน	เดือนที่ 1	2	3	4	5	6	7	ร้อยละความก้าวหน้า
1	4.1	งานทบทวนวรรณกรรม	6	1.5	4.00	2.00						
					4.00	2.00						
2	4.2	งานเก็บตัวอย่างวัสดุดินลูกรังและจัดหาแปลงทดสอบ	1.25	1	1.25							
					1.25							
3	4.3	งานพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย	10	2	5.00	2.50 2.50						
					5.00	5.00						
4	4.3	งานทดสอบเพื่อสอบเทียบชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น	18	3	6.00	3.00 3.00	6.00					
					4.00	6.00	8.00					
5	4.4	งานทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรังในห้องปฏิบัติการ	10.5	3	3.50	1.75 1.75	3.50					
					6.00	3.00	1.50					
6	4.5	งานออกแบบส่วนผสม (Mix Design) งานพื้นทางดินซีเมนต์ และงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ	11.25	3	1.25	2.50 2.50	5.00					
					1.25	5.00	5.00					
7	4.6	งานทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะในห้องปฏิบัติการ	10	2			5.00	5.00				
8	4.7	งานทดสอบคุณสมบัติและวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน (Physical Model Experiment)	12	2				6.00	6.00			
					2.00			4.00	6.00			
9	4.8	งานทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในสนาม (Field Test)	12	2					6.00	6.00		
										12.00		
10	4.9	งานจัดทำคู่มือ และวิเคราะห์ผลการทดสอบ	3	1						3.00		
										3.00		
11	4.10	งานฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้	3	1							1.50 1.50	
										1.50		
12	4.11	การนำเสนอผลลัพธ์การวิจัยแก่กรมทางหลวงเพื่อกำหนดมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพ/งานจัดทำวีดีทัศน์และเผยแพร่บทความวิชาการ	3	1							3.00	
		แผนงานรายเดือน (ร้อยละ)			21.00	21.50	19.50	11.00	12.00	10.50	4.50	
		แผนงานสะสม (ร้อยละ)			21.00	42.50	62.00	73.00	85.00	95.50	100.00	
		ความก้าวหน้ารายเดือน (ร้อยละ)			23.50	21.00	14.50	9.00	11.00	16.50	4.50	
		ความก้าวหน้าสะสม (ร้อยละ)	100		23.50	44.50	59.00	68.00	79.00	95.50	100.00	
		กำหนดการส่งรายงาน	**ภายใน (วัน)**									
1	5.1	รายงานเบื้องต้น (Inception Report)	15									
2	5.2	รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 (Progress Report 1)	45									
3	5.3	รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 2 (Progress Report 2)	90									
4	5.4	รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 3 (Progress Report 3)	150									
5	5.5	ร่างรายงานขั้นสุดท้าย (Draft Final Report)	180									
6	5.5	ร่างรายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร (Draft Executive Summary Report)	180									
7	5.5	ร่างคู่มือวิธีการทดสอบ (Operation Manual) ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย	180									
8	5.5	ร่างคู่มือกระบวนการและเกณฑ์การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย	180									
9	5.6	รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report)	210									
10	5.6	รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร (Draft Executive Summary Report)	210									
11	5.6	คู่มือวิธีการทดสอบ (Operation Manual) ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย	210									
12	5.6	คู่มือกระบวนการและเกณฑ์การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย	210									



รูปที่ 3.2 แผนการดำเนินงานโครงการ

3.4 กำหนดการรายงานผลการศึกษา

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการรวมทั้งสิ้น 210 วันนับแต่วันลงนามในสัญญาจ้างและเพื่อให้การดำเนินโครงการสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ภายใต้กรอบเวลา และงบประมาณที่กำหนดไว้ ที่ปรึกษาได้จัดทำแผนการดำเนินงาน โดยมีกำหนดการรายงานผลการศึกษาตามรายละเอียดในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 กำหนดการรายงานผลการศึกษา

ลำดับ	รายการ	ระยะเวลา (วัน)	กำหนดการส่งงาน	ส่งงานจริง
	เริ่มต้นโครงการ	-	-	11 มี.ค. 63
1.	รายงานเบื้องต้น	15	25 มี.ค. 63	24 มี.ค. 63
2.	รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1	45	24 เม.ย. 63	24 เม.ย. 63
3.	รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 2	90	8 มิ.ย. 63	15 มิ.ย. 63
4.	รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 3	150	7 ส.ค. 63	13 ส.ค. 63
5.	-ร่างรายงานขั้นสุดท้าย -ร่างรายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร -ร่างคู่มือวิธีการทดสอบ (Operation Manual) ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย -ร่างคู่มือกระบวนการและเกณฑ์การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย	180	6 ก.ย. 63	9 ก.ย. 63
6.	-รายงานขั้นสุดท้าย -รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร -คู่มือวิธีการทดสอบ (Operation Manual) ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย -คู่มือกระบวนการและเกณฑ์การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย	210	6 ต.ค. 63	6 ต.ค. 63

4. งานทบทวนวรรณกรรม

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการศึกษา ทบทวน และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดคุณสมบัติวัสดุงานทางแบบไม่ทำลาย การปรับปรุงคุณภาพดิน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพวัสดุก่อสร้าง

การควบคุมการก่อสร้างชั้นทางของกรมทางหลวงนั้นอาศัยการตรวจวัดค่าความแน่นแห้งและปริมาณความชื้นของวัสดุเป็นหลัก โดยกำหนดให้ค่าความหนาแน่นแห้งมีค่าไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ทดสอบได้จากห้องปฏิบัติการ ในขณะที่ปริมาณความชื้นขณะก่อสร้างก็ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการบดอัดของวัสดุชั้นทาง เนื่องด้วยปริมาณความชื้นขณะก่อสร้างที่ไม่เหมาะสมส่งผลให้วัสดุชั้นโครงสร้างทางผสมซีเมนต์ด้อยคุณภาพทั้งในเชิงกำลัง ความแข็งแกร่ง การเกิดรอยแตกร้าว ความทึบน้ำ ซึ่งส่งผลไปสู่อายุการใช้งานของชั้นโครงสร้างทางผสมซีเมนต์นั้นๆ และเมื่อพิจารณาถึงสภาพอากาศในประเทศไทยที่ค่อนข้างร้อนทำให้การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นบริเวณหน้างานก่อสร้างเป็นไปอย่างรวดเร็วยิ่งส่งผลกระทบคุณภาพชั้นดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติมากยิ่งขึ้น

4.1.1 การทดสอบค่าความหนาแน่น

การทดสอบค่าความหนาแน่นของวัสดุงานทางปัจจุบันนิยมใช้การทดสอบหาค่าความหนาแน่นของวัสดุโดยใช้ทราย (Sand Cone Method) และการทดสอบโดยวิธีนิวเคลียร์ (Nuclear Density Gauge) เป็นหลัก ส่วนวิธี Electromagnetic Soil Density Gauge เป็นวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายที่เริ่มมีการนำมาใช้ในต่างประเทศ ทั้งนี้รายละเอียดการทดสอบด้วยวิธีดังกล่าวเป็นดังต่อไปนี้

- **Sand Cone Test**

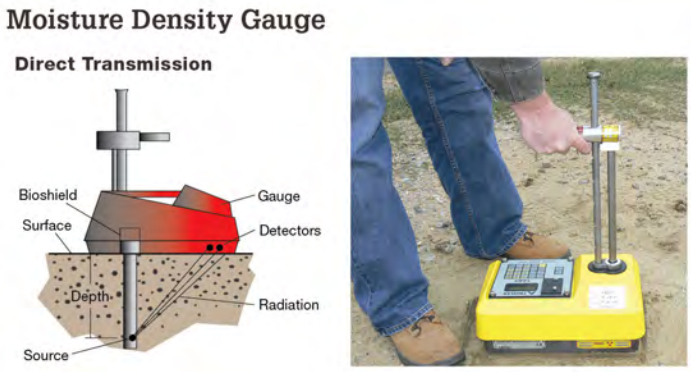
Sand Cone Test หรือการทดสอบความหนาแน่นโดยใช้ทราย เป็นวิธีที่ใช้ทรายหรือวัสดุแทนที่ช่วยในการหาปริมาตรของหลุมทดสอบ โดยทั่วไปทรายที่ใช้ได้แก่ ทรายออตตาวา (Ottawa sand) ซึ่งมีเป็นทรายที่มีเม็ดกลมและมีขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอ เพื่อที่จะให้ผลของความหนาแน่นของทรายดังกล่าวมีค่าเท่ากันโดยตลอดทุกการทดสอบ โดยในกรณีที่ไม่มีทรายออตตาวา อาจจะใช้ทรายซึ่งผ่านตะแกรงเบอร์ 20 แต่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 30 หรือทรายซึ่งผ่านตะแกรงเบอร์ 30 แต่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 40 แทนได้ โดยในการทดสอบนี้จะต้องทำการขุดหลุมบนชั้นโครงสร้างทางจากนั้นใช้ทรายที่ทราบความหนาแน่นไปแทนที่ดินที่ขุดออก (ทราบน้ำหนัก) ทำให้สามารถทราบความหนาแน่นของวัสดุโครงสร้างทางที่ก่อสร้างได้ โดยลักษณะเครื่องมือทดสอบ Sand Cone Test แสดงไว้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การทดสอบความหนาแน่นโดยใช้ทราย

- **Nuclear Density Gauge**

การทดสอบโดยใช้นิวเคลียร์เกจ (Nuclear Density Gauge) เป็นการใช้สารกัมมันตภาพรังสีในการตรวจวัดค่าความหนาแน่นและความชื้นของวัสดุโครงสร้างทาง โดยการเปล่งรังสีแกมม่าจากแหล่งซีเซียมส่งผ่านวัสดุที่อัดแน่นไปยังเครื่องตรวจจับดังแสดงในรูปที่ 4.2 สำหรับวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงรังสีแกมม่าจะกระทบกับอิเล็กตรอนของวัสดุและเกิดการกระจายตัวทำให้รังสีผ่านไปยังเครื่องตรวจจับได้ยากส่งผลให้จำนวนการนับต่ำ ส่วนวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำกว่ารังสีแกมม่าจะผ่านไปยังเครื่องตรวจจับได้ง่ายกว่าส่งผลให้จำนวนการนับสูงขึ้น ทั้งนี้การทดสอบโดยใช้นิวเคลียร์เกจนั้นจำเป็นที่จะต้องดำเนินการอย่างระมัดระวังไม่ให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ ต้องการการเก็บและบำรุงรักษาที่ยุ่งยาก รวมทั้งจำเป็นต้องขออนุญาตเคลื่อนย้ายเครื่องมือทุกครั้งเมื่อนำไปปฏิบัติการส่งผลให้ไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน



รูปที่ 4.2 เครื่องมือ Nuclear Density Gauge

ที่มา: https://www.epa.gov/radtown/nuclear-gauges

- **Electromagnetic Soil Density Gauge**

Soil Density Gauge (SDG) แสดงดังรูปที่ 4.3 เป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและการวัดการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันระหว่างสองขั้วไฟฟ้า โดยเครื่องมือได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้ตรวจสอบความหนาแน่นและความชื้นของดินบดอัดในสนามภายหลังการก่อสร้างตามมาตรฐาน ASTM D7830/D7830M – 13 “Standard Test Method for In-Place Density (Unit Weight) and Water Content of Soil Using an Electromagnetic Soil Density Gauge” โดยความสามารถและประสิทธิภาพในการตรวจวัดขึ้นอยู่กับแบบจำลองดินหลายชนิดที่ได้รับการพัฒนาจากการศึกษาดินชนิดต่างๆ ด้วยเหตุนี้จึงมีโอกาสที่ดินที่ถูกวัดจะมีความแตกต่างจากที่เคยศึกษามาก่อนและอาจต้องมีการปรับเปลี่ยนค่าการสอบเทียบคุณสมบัติเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ยอมรับได้



รูปที่ 4.3 Electromagnetic Soil Density Gauge
ที่มา: ASTM D7830/D7830M – 13

4.1.2 การทดสอบค่าความชื้น

โดยในปัจจุบันนี้การตรวจวัดปริมาณความชื้นในการก่อสร้างภาคสนามนั้นอาศัยการเก็บตัวอย่างจากสนาม เพื่อนำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ทำให้ทราบค่าปริมาณความชื้นล่าช้า ส่งผลให้การควบคุมประสิทธิภาพการก่อสร้างดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาตินั้นเป็นไปอย่างยากลำบากและไม่เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในขณะที่การทดสอบ Nuclear Density Gauge ซึ่งอาศัยการใช้สารกัมมันตภาพรังสีในการตรวจสอบความหนาแน่นและความชื้นของวัสดุนั้นนับว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพและต้องการการบำรุงรักษาและการขออนุญาตเคลื่อนย้ายทำให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างยากลำบาก

ด้วยข้อจำกัดที่กล่าวไปข้างต้นทำให้เกิดแนวคิดในการตรวจวัดปริมาณความชื้นที่สามารถทราบผลได้ทันทีในขณะก่อสร้าง เพื่อควบคุมคุณภาพการก่อสร้างให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การวัดปริมาณความชื้นในดินและวัสดุงานทางมีหลากหลายวิธีการ ซึ่งอาจวัดในลักษณะความชื้นโดยปริมาตร ความชื้นโดยน้ำหนัก วัดแรงดูดเมทริกซ์ หรือแม้แต่การวัดแรงดูดรวม โดยแต่ละวิธีการจะมีข้อดีข้อด้อย มีระดับความถูกต้องแม่นยำ ความละเอียด ความเร็วในการตอบสนอง รวมไปถึงอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน ในที่นี้จะได้กล่าวถึงเซนเซอร์และวิธีการวัดแบบไม่ทำลายที่นิยมใช้ในทางปฏิบัติในปัจจุบัน

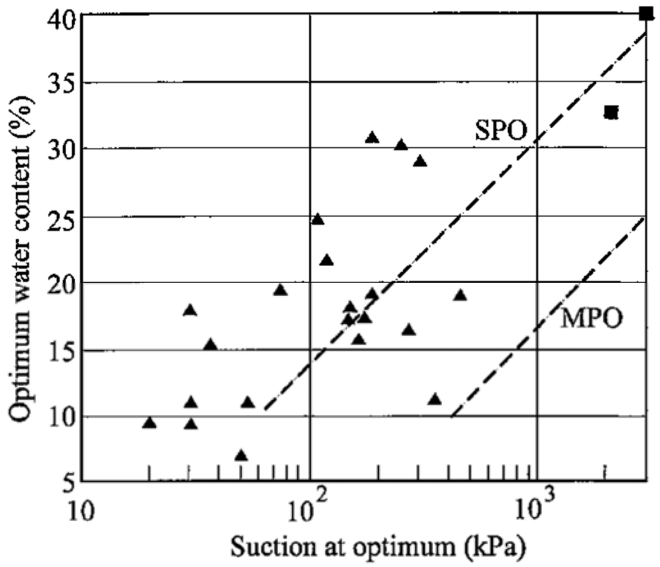
- **การวัดแรงดูดเมทริกซ์ในดิน (Soil suction measurement)**

แรงดันน้ำในช่องว่างของดินบดอัด มักจะอยู่ภายใต้สภาวะแรงดึง (Tension) เนื่องจากดินอยู่ในสภาวะไม่อิ่มน้ำ แรงดึงหรือแรงดูดนี้เรียกว่า แรงดูดเมทริก (Matric suction, s) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4- 1

$$s = u_a - u_w \qquad (4\text{-}1)$$

โดย u_w คือแรงดันน้ำและ u_a คือแรงดันอากาศในช่องว่างดินตามลำดับ ซึ่งในสภาวะทั่วไป ค่า u_a ของดินมีค่าเท่ากับ 0 และค่าแรงดูดที่วัดได้ก็คือค่าที่ติดลบของแรงดันน้ำ $s = -u_w$ นั่นเอง จากงานวิจัยในอดีตอาทิ Lerouiel & Hight, (2013), Sawangsuriya et al., (2008) พบว่าค่าแรงดูดมีความสัมพันธ์ต่อค่ามอดูลัสและกำลังของวัสดุในงานทางอย่างมีนัยสำคัญ

จากงานวิจัยในอดีต อาทิ Lerouiel & Hight (2013) และ Kim et al. (2015) พบว่าค่า Suction มีความสัมพันธ์กับความชื้นของการบดอัดวัสดุงานทาง จึงสามารถนำค่า Suction ใช้ประเมินความชื้นที่จุด Optimum ได้ โดยจะต้องมีการสร้างความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.4 สำหรับวัสดุงานทางในโครงการ



รูปที่ 4.4 ค่า Matric suction และ ความชื้นที่จุด optimum

ที่มา: Lerouiel & Hight (2013)

สำหรับอุปกรณ์สำหรับวัดแรงดูด Jotisankasa et al. (2007) อภินิติและวิษณุพงศ์ (2551) ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้พัฒนาเครื่องมือวัดแรง Suction ชนิดเทนซิโอมิเตอร์ (Tensiometer) โดยอาศัยเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์จุลภาค (MEMS) สามารถวัดแรงดูดในช่วงไม่เกิน 90 kPa (รูปที่ 4.5) จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้วัดแรงดูดของวัสดุบดอัดในช่วงเปียกกว่าสภาวะ Optimum ได้ หากต้องการวัดแรงดูดที่มีค่าสูงกว่า 90 kPa อาจใช้เทคโนโลยีอื่นๆ เช่น Thermal conductivity sensor หรือ High capacity tensiometer ฯลฯ อนึ่ง ในการวัดแรงดูดจะต้องใช้เวลาในการวัดเพื่อให้การส่งถ่ายแรงดึงระหว่างน้ำในช่องว่างดินและอุปกรณ์วัดเกิดความสมดุล (Equilibration) ซึ่งอาจใช้เวลาถึง 1-2 ชั่วโมง



รูปที่ 4.5 KU-Tensiometer

- **เครื่องมือวัดแรงดูดรวม**

การวัดแรงดูดรวม (Total suction) จะเหมาะสมสำหรับกรณีที่ตัวอย่างดินมีค่า Suction สูงกว่า 1500-2000 kPa ซึ่งน้ำในโพรงดินจะถูกยึดไว้ในช่วง Absorbed film regime ถึง Tightly absorbed film regime เป็นการยากที่จะวัดค่าแรงดูดเมทริกในสภาวะนี้ โดยทั่วไปบริเวณ ผิวดิน (ซึ่งสัมผัสอากาศ) หรือ Boundary จะเป็นโซนที่มีการเปลี่ยนแปลงแรงดูดมาก ค่า suction จะสูงมากในช่วงฤดูแล้ง และจำเป็นต้องวัดแรงดูดรวม

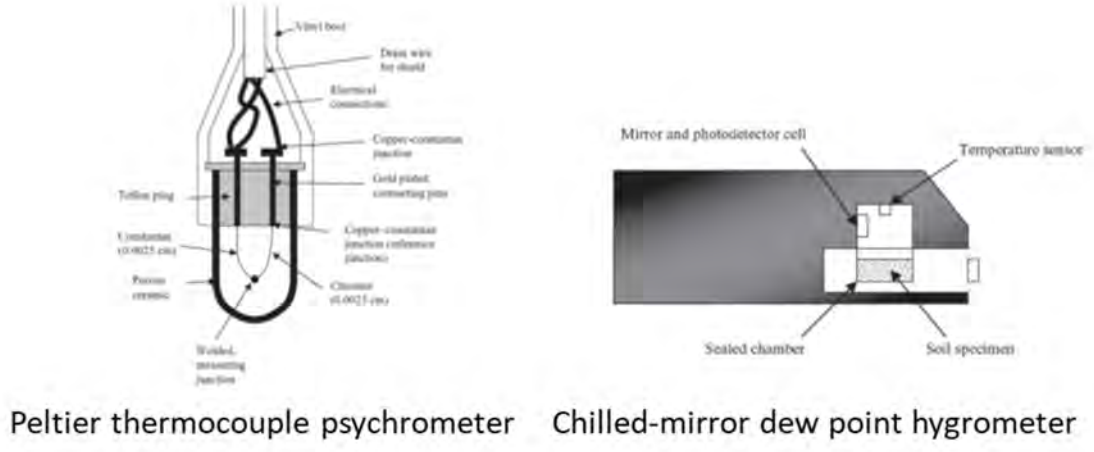
จากนิยามของแรงดูดรวม ดังสมการที่ 4-2

$$\psi = -\left[\frac{RT}{V_{mol}}\right] \cdot \ln(R_h) \qquad (4\text{-}2)$$

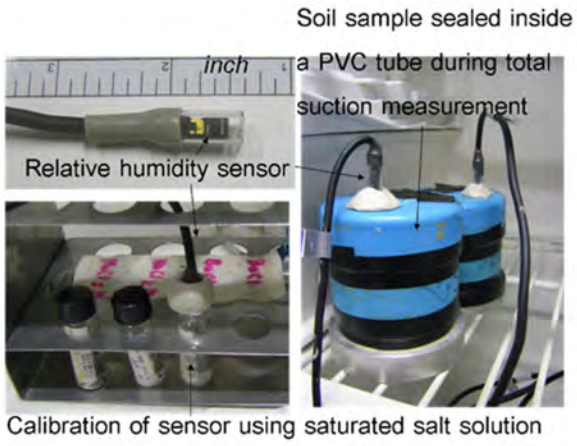
เมื่อ R_h คือความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในช่องว่างดิน , R คือ universal gas constant (8.314 J.mol-1.K-1), V_{mol} คือ molecular volume of water vapour (0.01802 m3), และ T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (^{o}K). หรือจัดรูปให้ง่ายได้ดังนี้

$$\psi = -\left[\frac{8.314 \cdot (273 + t_{celcius})}{0.01802}\right] \cdot \ln(Rh) \qquad (4\text{-}3)$$

ดังนั้นเครื่องมือวัดแรงดูดรวมจะต้องสามารถวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศในดินและอุณหภูมิได้ เทคโนโลยีซึ่งสามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์นี้มีอยู่หลากหลายเช่น Peltier thermocouple psychrometer, Chilled-mirror dew point hygrometer, และ Capacitive relative humidity sensor ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7

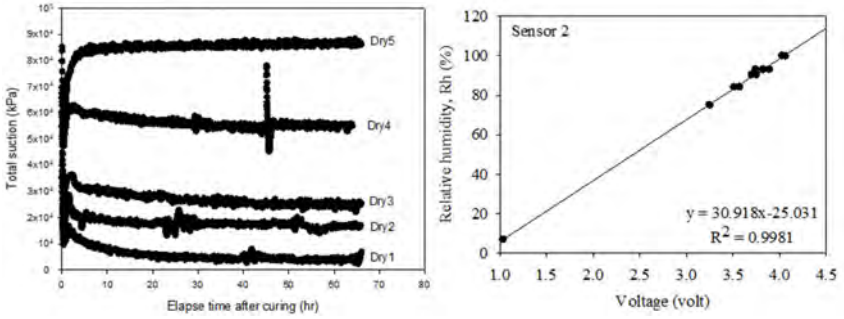


รูปที่ 4.6 เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์และแรงดูดรวมรูปแบบต่างๆ
ที่มา: Murray & Sivakumar (2010)



รูปที่ 4.7 อุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์และแรงดูดรวม ชนิด Capacitive relative humidity sensor
ที่มา: Jotisankasa et al. (2010)

อภินิติ และวิษณุพงศ์ (2551), Jotisankasa et al (2010) ได้ประยุกต์ Capacitive relative humidity sensor โดยบรรจุไว้ในกะเปาะพลาสติกตัดปลาย เพื่อวัด Total suction ของตัวอย่างดินดังแสดงในรูปที่ 4.8 การสอบเทียบเซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ สามารถทำได้โดยอ้างอิงมาตรฐานอุตสาหกรรมทั่วไป ด้วยวิธี Field calibration (สุราษฎร์, 2546) คือการใช้คุณสมบัติของเกลืออิ่มตัวแต่ละชนิด โดยแขวนเซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์เหนือสารละลายเกลือบรรจุภายในขวดปิดผนึกดังแสดงในรูปที่ 4.7 และอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากเซนเซอร์ตามระยะเวลาจนถึงจุดสมดุลกับความชื้นภายในขวด ข้อควรระวังในการปรับเทียบด้วยวิธีนี้คือควรกระทำในห้องปรับอากาศหรือตู้ที่มีการควบคุมอุณหภูมิไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงมาก (20±0.5°C) จนอาจเกิดการ Condensation หรือ กลั่นตัวเป็นน้ำทำให้การวัดคลาดเคลื่อนได้



รูปที่ 4.8 ตัวอย่างผลการวัดแรงดูดรวมและผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดแรงดูดรวมชนิด Capacitive relative humidity sensor

ที่มา: Jotisankasa et al (2010)

ตัวอย่างผลการสอบเทียบและการอ่านค่าแสดงดังรูปที่ 4.8 ข้อสังเกตที่สำคัญคือ ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มวัดจนถึงสภาวะสมดุลระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโพรงดิน กับความชื้นของอากาศในเซนเซอร์ อยู่ในช่วงระยะเวลา 2-4 วัน ซึ่งนานมากกว่าระยะเวลาการสมดุลของการวัด Matric suction ด้วย Tensiometer ทั้งนี้ เนื่องจากการแพร่หรือการเคลื่อนที่ของไอน้ำจะช้ากว่าการส่งถ่ายหน่วยแรงในน้ำนั่นเอง

เห็นได้ว่าเทคโนโลยีและอุปกรณ์สำหรับวัดและควบคุมแรงดูด ทั้ง Matric suction และ Total suction มีอยู่หลากหลาย ซึ่งมีความละเอียดถูกต้อง ราคา ความยากง่าย และ ช่วงการใช้งานแตกต่างกันไป ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบแต่ละวิธีการและช่วงเวลาที่ใช้ในการวัด

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบเทคโนโลยีและอุปกรณ์สำหรับวัดและควบคุมแรงดูด suction ในรูปแบบต่างๆ (ดัดแปลงบางส่วนจาก Lu & Likos, 2004)

แรงดูดที่วัด	เทคนิคและอุปกรณ์	ช่วง suction ที่วัดได้
Matric suction	เทนซิโอมิเตอร์ทั่วไป Low-capacity (conventional) tensiometer	0-100 kPa
	เทนซิโอมิเตอร์ชนิด High capacity (Imperial college suction probe)	0-1,500 kPa
	เทคนิค Axis-translation เช่น Pressure plate	0-1,500 kPa
	Thermal conductivity sensor	0-400 kPa
	กระดาษกรอง ชนิด Contact filter paper	ทุกช่วง แต่ความละเอียดน้อย ที่ค่า suction < 10 kPa

	การห้อยระดับน้ำ Hanging water column	0-100 kPa (10kPa ทุก ความสูงน้ำ 1 เมตร)
Total suction	Thermocouple psychrometer	100-8,000 kPa
	Chilled-mirror hygrometers	1,000-450,000 kPa
	Capacitive relative humidity sensor	ทุกช่วง แต่จะละเอียดเมื่อ >1,000 kPa
	ควบคุมโดยสารละลายเกลือ (Isopiestic humidity control)	4,000-400,000 kPa
	กระดาษกรอง ชนิด Non-contact filter paper	1,000-500,000 kPa

- **Time-Domain Reflectometry**

อุปกรณ์ตรวจวัด Time-Domain Reflectometry หรือ TDR อาศัยหลักการวัดค่า Dieletric constant (หรือเรียกว่า Relative permittivity หรือ Specific inductive capacity) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความชื้นโดยปริมาตรของดิน (ดินแต่ละชนิดจะมีความสัมพันธ์ Calibration curve แตกต่างกันไป)

ตามนิยาม Dielectric คือสารที่ไม่นำไฟฟ้า (non-conductor of electricity) อยู่ระหว่างผิวที่มีประจุสองผิว (ลักษณะเดียวกับ Capacitor) นั่นคือ ไม่ยอมให้มีการไหลของกระแสไฟ แต่จะยอมให้มีการเลื่อนของประจุ (Displacement of Charge)

ค่า Dieletric constant, ε_r คือ อัตราส่วนระหว่าง ค่า Capacitance ของวัสดุ Dielectric ใดๆ กับค่า Capacitance ที่มีอากาศ (หรือสุญญากาศ) เป็น Dielectric

พิจารณาได้ว่า ค่า Dieletric constant, ε_r ของวัสดุใดๆ คือการวัดแนวโน้มที่โมเลกุลของวัสดุนั้นจะวางตัวไปในทิศทางของสนามไฟฟ้า (Polarization to Electrostatic force field) เนื่องจากน้ำมีความเป็น Bipolar (H+, OH-) ค่า ε_r ของน้ำจึงมีค่าสูง (~81) ในขณะที่ค่า ε_r ของอนุภาคของแข็งของดิน (Solid part) มีค่าประมาณ 4 ถึง 8 และค่า ε_r ของอากาศ ~ 1 ดังนั้นอัตราส่วนปริมาตรของ น้ำ ของแข็ง และอากาศ ในดิน หรือ Volumetric water content จึงขึ้นอยู่กับค่า Permittivity นี้เอง

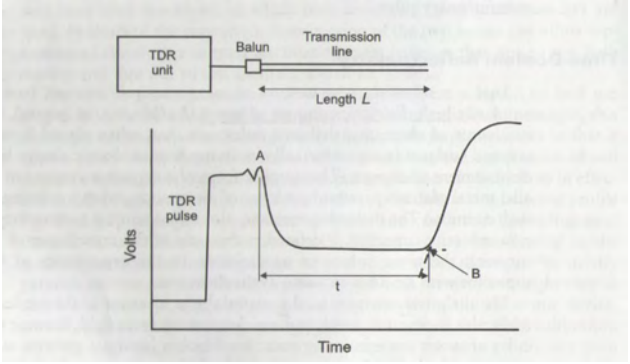
ลักษณะทั่วไปของ TDR แสดงในรูปที่ 4.9 ประกอบไปด้วยแท่งโลหะสองแท่งวางขนานกัน ต่อเข้ากับตัวรับสัญญาณไฟฟ้า ดินระหว่างแท่งโลหะนั้นจะทำหน้าที่เป็น Dieletric medium เมื่อทำการกระตุ้นสัญญาณ Step voltage pulse ให้เกิดการ Propagate ผ่านดิน คลื่นจะเดินทางไปจนถึงปลายแท่งโลหะแล้วสะท้อนกลับ (ระยะเท่ากับ 2L) และสามารถวัดระยะเวลา t ได้ดังรูปที่ 4-34 ความเร็วในการ Propagate ผ่านดิน, $v = 2L/t$

Topp & Davis (1985) เสนอสมการโดยประมาณ สำหรับคำนวณความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วคลื่น (Propagation velocity) vและค่า ε_r ดังนี้

$$v = c/(\varepsilon_r)^{0.5} \qquad (4\text{-}4)$$

โดย c= 3*10^8 m/s

จึงกล่าวได้ว่า ถ้าวัสดุมี Dieletric constant, ε_r สูง (ดินมีความชื้นสูง) ความเร็วคลื่น (Propagation velocity) v ก็จะมีค่าต่ำ หรือค่า t เพิ่มขึ้นตามความชื้นของดินนั่นเอง



รูปที่ 4.9 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของอุปกรณ์ TDR สำหรับวัดความชื้นน้ำในดิน

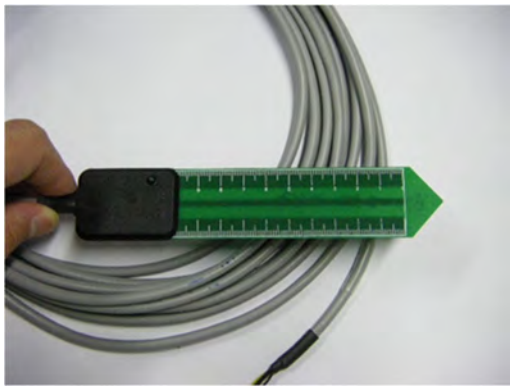
ที่มา: Hillel (1998)

ลักษณะของ TDR ตามท้องตลาดมีหลากหลายรูปแบบ โดย รูปแบบดั้งเดิมจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.10 ประกอบด้วย Oscilloscope, Function generator และแท่งโลหะ ซึ่งจะต้องคำนวณค่า t และแปรผลการทดสอบเองดังรูปที่ 4.9 สำหรับเซนเซอร์รูปแบบอื่นๆแสดงไว้ดังรูปที่ 4.11 ซึ่งแม้จะมีรูปร่างแตกต่าง แต่หลักการยังคงเดิม คือการส่งสัญญาณผ่านแถบโลหะ และการวัด Electrical capacitance หรือ permittivity ผู้ผลิตเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน โดยรวมการคำนวณแปรผลไว้ในระบบของ sensor เลย ดังนั้น Output signal จะออกมาในรูปของ Analogue Voltage ซึ่งผู้ใช้สามารถทำการ calibrate ระหว่างค่า voltage และ volumetric water content ของดิน แต่ละชนิดได้เอง รูปที่ 4.12แสดงตัวอย่างผลการ calibrate เครื่องมือ PR2/6 กับดินแกรนิตผุ จากจังหวัดภูเก็ต

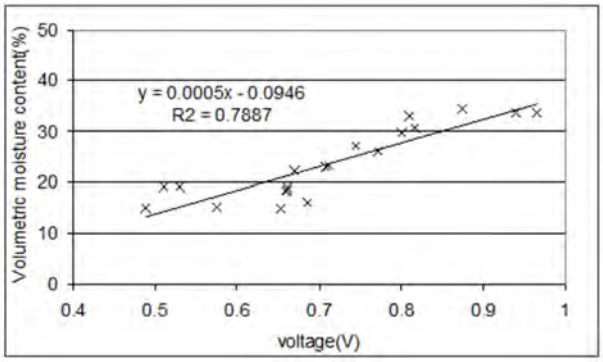


รูปที่ 4.10 ตัวอย่างอุปกรณ์ TDR ตามท้องตลาด

ที่มา: http://www.sowacs.com/feature/soilmoisture/index.html



รูปที่ 4.11 NECTEC TDR



รูปที่ 4.12 ตัวอย่างผลการสอบเทียบเครื่องมือ PR2/6 กับดินแกรนิตผุ จากจังหวัดภูเก็ต
ที่มา: อภินิติ (2555)

ปัญหาที่สำคัญมากในการวัดค่าความชื้นด้วย TDR คือ ผิวสัมผัส (contact) ระหว่างแถบโลหะและดิน ถ้าแถบโลหะไม่สัมผัสกับดินอย่างดี (กรณีนี้มักเกิดขึ้นเมื่อดินแห้งแล้วหดตัว) ค่า Permittivity ที่วัดได้จะเป็นของช่องว่างอากาศรอบๆแถบโลหะ (อากาศ = 1, น้ำ ~81 ; อนุภาคของแข็งของดิน ~ 4 ถึง 8) ซึ่งทำให้ค่า volumetric water content ที่อ่านได้ต่ำกว่าความเป็นจริงมาก, Blight (2007) ได้รายงานปัญหานี้ไว้อย่างละเอียดสำหรับการวัดความชื้นในดินเหนียวที่มีรอยแตกร้าว (Fissured clay)

- **วิธีวัดแรงดูดโดยเทคนิคกระดาษกรอง (Filter paper technique)**

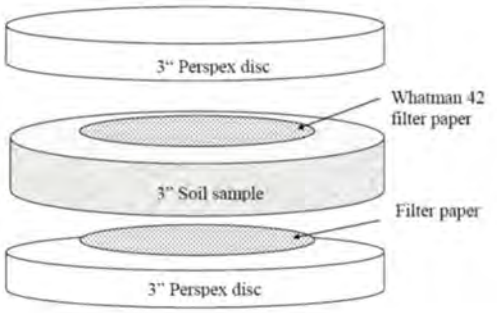
วิธีนี้อาศัยหลักการสมดุลระหว่าง suction ในดิน และ suction ของกระดาษกรอง โดยอาศัยการวางกระดาษกรองให้สัมผัสกับตัวอย่างดินบรรจุในภาชนะซึ่งไม่ยอมให้อากาศเข้าได้ดังแสดงในรูปที่ 4.13 สำหรับการวัด matric suction) โดยให้กระดาษกรองสัมผัสกับผิวดินอย่างดินเพื่อให้ค่าแรงดูดเมทริกในดินเท่ากับแรงดูดในกระดาษกรอง ทิ้งไว้จนค่า suction ในดินและในกระดาษกรองสมดุล (เท่ากัน) โดยทั่วไปใช้เวลาหนึ่งสัปดาห์ จากนั้นวัดค่า water content ของ filter paper แล้วจึงแปลงค่า water content ของ filter paper กับค่า suction ดังนั้นวิธีนี้จัดว่าเป็นวิธีทางอ้อมในการวัด suction (Indirect method of suction measurement)

เนื่องจากน้ำหนักของ filter paper มีค่าน้อยมาก จึงต้องการตาชั่งที่มีความละเอียดสูง (0.0001 g) และความถูกต้องของวิธีนี้ขึ้นอยู่กับความระมัดระวังของผู้ทดสอบเป็นอย่างมาก ทั้งในแง่ของการเก็บตัวอย่างในระหว่างคอยการสมดุล (ระหว่าง suction ในดินและกระดาษกรอง) ซึ่งจะต้องเก็บตัวอย่างในสภาวะอุณหภูมิคงที่ การชั่งน้ำหนักกระดาษกรองจะต้องกระทำด้วยความรวดเร็ว เพื่อป้องกันความชื้นในกระดาษกรองเปลี่ยน นอกจากนั้น กราฟ calibration ระหว่าง moisture content และ suction ของกระดาษกรองยังมีลักษณะ hysteresis ซึ่งจะต้องระมัดระวังว่า กระดาษกรองมีความชื้นเพิ่มขึ้นหรือลดลง ระหว่างการทดสอบและเลือกกราฟ calibrate ที่สอดคล้องกัน

สำหรับการวัด total suction ด้วยกระดาษกรองสามารถทำได้ลักษณะคล้ายกับรูปที่ 4.13 จะแตกต่างตรงที่จะไม่ยอมให้กระดาษกรองสัมผัสกับตัวอย่างดินโดยตรง แต่จะมีตาข่ายกั้นระหว่างดินและกระดาษกรอง เพื่อให้การส่งผ่านความชื้นจากดินสู่กระดาษกรองเป็นกระบวนการของไอน้ำเท่านั้น สำหรับการวัดค่า total suction ด้วย filter paper นี้จะมีข้อควรระวังในด้านระยะเวลาถึงจุดสมดุลระหว่าง suction ในดินและใน filter paper ซึ่งอาจจะมีระยะเวลานาน ถึง 14 วัน

วิธี Filter paper technique นี้ข้อดีคือค่าทดสอบมีราคาถูกกว่าวิธีอื่นๆ แต่ข้อยุ่งยากคือห้องปฏิบัติการจะต้องมีตาชั่งซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.0001 g และทดสอบในห้องซึ่งควบคุมอุณหภูมิ รวมไป

ถึงกราฟ calibration ที่ดีควรจะต้องสร้างขึ้นเองเพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะที่ทดสอบจริงในห้องปฏิบัติการ ผู้สนใจเพิ่มเติมสามารถศึกษาได้ใน Ridley et al. (2003)



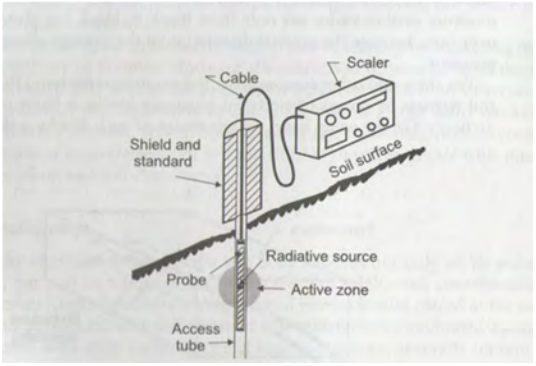
รูปที่ 4.13 ลักษณะการวัดแรงดูดเมทริกโดยกระดาษกรอง (จะต้องประกบตัวอย่างดิน กระดาษกรองและแผ่น Perspex ให้แน่นเหมือนลักษณะแซนวิช)

ที่มา: Jotisankasa (2005)

วิธีอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้คือ Thermal dissipation sensor และ Gypsum block ซึ่งจัดเป็นวิธีทางอ้อมในการวัด suction (Indirect method of suction measurement) มีหลักการที่คล้ายคลึงกับ filter paper คือจะอาศัยวัสดุพรุน (Porous media) จำพวก ceramic หรือ Gypsum สัมผัสกับดิน เพื่อให้เกิดสมดุลของ matric suction กับดิน แล้วจึงวัดสมบัติของวัสดุพรุนนั้น ๆ เช่น สมบัติด้าน Thermal dissipation ความต้านทาน (Gypsum block) หรือ dielectric constant ข้อควรระวังในการใช้วิธีเหล่านี้คือความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติต่างๆ ที่วัดและค่า suction มักจะมีลักษณะ hysteresis อยู่ด้วย กราฟความสัมพันธ์จึงขึ้นกับว่าวัสดุพรุนนี้มีความชื้นเพิ่มขึ้นหรือลดลงระหว่างสมดุล

- **เทคนิค Neutron Scattering**

เทคนิค Neutron Scattering ได้รับการพัฒนาขึ้นตั้งแต่ช่วงปี คศ. 1950-1960 ใช้การยิง (Emission) อนุภาคนิวตรอน (Alpha particle, helium nuclei) ซึ่งแผ่ออกจากสารกัมมันตภาพรังสี เข้าสู่ดิน ดังรูปที่ 4.14 ซึ่ง Fast neutron เหล่านี้จะชนกับอนุภาค nuclei ของดิน น้ำและอากาศ จนเกิดการ Deflected และ Scattered จนทำให้ลดพลังงานลง จนเรียกกว่า Slow neutrons ซึ่งปริมาณ Slow neutron count, Nw นี้จะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่า Volumetric water content ของดิน



รูปที่ 4.14 เทคนิค Neutron Scattering สำหรับวัดความชื้นในดิน

ที่มา: Hillel (1998)

ปัญหาที่สำคัญของการใช้วิธี Neutron scattering คือ ราคาที่สูงมากเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ มีความละเอียดต่ำเมื่อพิจารณาในเชิงพื้นที่ (Low degree of spatial resoluation) ความยุ่งยากเมื่อใช้งานที่ผิวดิน รวมไปถึงปัญหาด้านความปลอดภัยของผู้ใช้งานจากรังสีนิวตรอนและรังสีแกมมา

4.2 การตรวจวัดค่าความชื้นและอิทธิพลของปริมาณความชื้นต่อคุณสมบัติและคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

4.2.1 การปรับปรุงคุณภาพของดินโดยการผสมซีเมนต์

ธีระชาติ (2539) ได้อธิบายว่าการปรับปรุงดินโดยการผสมซีเมนต์นั้นอาศัยการเกิดปฏิกิริยาซีเมนต์ไฮเดรชั่น เนื่องจากการทำปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำ ทำให้ได้ Calcium Silicate Hydrate (CSH), Calcium Aluminate Hydrate (CAH) ที่มีคุณสมบัติในการยึดเกาะสูงที่ช่วยยึดเกาะมวลเม็ดดินให้เข้ากัน รวมทั้งได้ Calcium Hydroxide ($Ca(OH)_2$) ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับ Silica และ Alumina ในดิน (SiO_2 และ Al_2O_3 ตามลำดับ) ก่อให้เกิดสาร CSH และ CAH เพิ่มขึ้นต่อไป โดยขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาที่ได้อธิบายไว้เป็นไปดังสมการที่ 4-5 ถึง 4-8

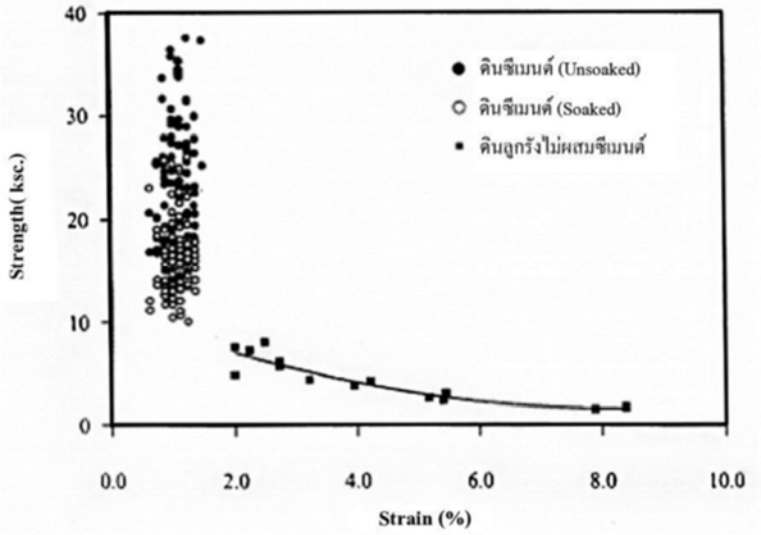
$$Cement + H_2O \rightarrow CSH + CAH + Ca(OH)_2 \quad (4\text{-}5)$$

$$Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{++} + 2(OH) \quad (4\text{-}6)$$

$$Ca^{++} + 2(OH) + SiO_2 \rightarrow CSH \quad (4\text{-}7)$$

$$Ca^{++} + 2(OH) + Al_2O_3 \rightarrow CSH \quad (4\text{-}8)$$

โดยศุภกิจและอติมนต์ (2544) พบว่าเมื่อทำการปรับปรุงดินโดยการผสมซีเมนต์แล้วนั้นจะทำให้วัสดุดินซีเมนต์นั้นมีการเปลี่ยนสภาพกลายเป็นวัสดุประเภทแข็งเปราะ (Brittle Materials) มีกำลังที่สูงขึ้น แต่ส่งผลให้ค่าความเครียดต่ำของวัสดุลงต่ำลงดังแสดงในรูปที่ 4.15 ในขณะที่กมล (2545) ได้สรุปผลการศึกษาไปในทิศทางเดียวกันและพบว่าการบวมและการหดตัวของมวลดินมีค่าลดน้อยลง ในขณะที่ Terashi (1997) ได้สรุปปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนากำลังของดินซีเมนต์ไว้ 4 ประเภท ได้แก่ คุณลักษณะของสารผสมเพิ่ม, คุณลักษณะของดิน, การผสมและการบ่ม โดยรายละเอียดของปัจจัยดังกล่าวได้แสดงไว้ดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.15 ***ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและค่าความเครียดของดินลูกรังไม่ผสมซีเมนต์และดินซีเมนต์***
ที่มา: ศุภกิจและอติมนต์ (2544)

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนากำลังของดินซีเมนต์ (Terashi, 1997)

1) ลักษณะของสารทำให้แข็งตัว 1. ประเภทของสารทำให้แข็งตัว 2. คุณภาพ 3. น้ำและสารเชื่อมประสาร
2) ลักษณะและสภาพของดิน 1. คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และแร่วิทยา ของดิน 2. ส่วนประกอบอินทรีย์ 3. ความเป็นกรดด่างของน้ำในดิน 4. ปริมาณความชื้น
3) เงื่อนไขการผสม 1. ระดับการผสม 2. ระยะเวลาการผสม 3. ปริมาณของสารทำให้แข็งตัว
4) เงื่อนไขการบ่ม 1. อุณหภูมิ 2. ระยะเวลาบ่ม 3. ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 4. สภาพเปียกและแห้ง/สภาพแช่แข็งและละลาย, อื่นๆ

4.2.2 การปรับปรุงคุณภาพวัสดุดินซีเมนต์ด้วยยางธรรมชาติ

การใช้ยางพารามาเป็นส่วนผสมกับดินและซีเมนต์ เพื่อใช้เป็นวัสดุชั้นทาง มีการศึกษาวิจัยโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหลายหน่วยงานในประเทศไทย กรมทางหลวงได้ออกข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ 1/2560 “ข้อกำหนดพิเศษดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ” โดย

• ยางธรรมชาติ อาจหมายถึง น้ำยางสดหรือน้ำยางข้นก็ได้ (Natural Latex or Concentrated Latex) ส่วน

• สารผสมเพิ่ม หมายถึง สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) หรือสารเคมีอื่นใดที่เติมเพื่อปรับเปลี่ยนคุณสมบัติบางประการของยางพารา

เมื่อนำ ดิน ซีเมนต์ ยางพารา สารผสมเพิ่มและน้ำ ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดผสมจนเข้ากันดีแล้ว และนำไปบดอัดด้วยวิธี Modified Proctor Test (ทล.ท.-108) ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength, UCS) ที่อายุ 7 วันของก้อนตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่า 17.5 ksc (250 psi หรือ 1.72 MPa) นอกจากนี้ค่า C.B.R ค่ากำลังรับแรงดึงทางอ้อม ค่าโมดูลัสคืนตัว ค่าความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า และค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ ต้องเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดด้วย

อย่างไรก็ตามข้อมูลจาก “ข้อกำหนดถนนยางพาราดินซีเมนต์ ตามสิทธิบัตรถนนยางพาราดินซีเมนต์และอนุสิทธิบัตรสูตรส่วนผสมน้ำยางพาราดัดแปรสำหรับทำถนนยางพาราดินซีเมนต์” ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ แนะนำให้ใส่ “น้ำยาดัดแปร” (Modified Rubber Latex) เพื่อปรับปรุงคุณภาพของโครงสร้างของวัสดุยางพาราดินซีเมนต์ (Para Soil Cement) โดยประกอบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ สารปรับแรงตึงผิว สารอิมัลชัน สารป้องกันยูวี ฯลฯ อย่างไรก็ดี น้ำยาดัดแปรมีสูตร

เฉพาะตัวและอยู่ภายใต้การควบคุมสิทธิตามสิทธิบัตร ต้องใช้เครื่องมือผสมและดำเนินการผสมเฉพาะ ตามที่แนะนำไว้ในข้อกำหนดฯ

เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยของกรมทางหลวง สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง จึงจัดทำโครงการเพื่อประยุกต์ใช้ยางพาราในงานซ่อมบำรุงผิวทางหลวง ในปี 2562 โดยหนึ่งในวัตถุประสงค์ของโครงการดังกล่าว คือ ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ดินซีเมนต์ผสมยางพาราสำหรับป้องกันการชะล้างพังทลายของลาดดินในฤดูฝน ส่วนผสมของดินซีเมนต์ผสมยางพาราในโครงการดังกล่าวได้รับการคัดเลือกเพื่อให้ง่าย สะดวกและประหยัดเมื่อนำไปใช้งานจริงในอนาคต โดยส่วนผสมต่าง ๆ ประกอบด้วย

1. ดิน ตามมาตรฐาน ทล.ม. 207 มาตรฐานไหล่ทางวัสดุมวลรวม
2. ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
3. ยางพาราเข้มข้น (Concentrated Latex) ชนิด High Ammonia มีอายุการเก็บรักษานานถึง 1 ปี เป็นยางพาราที่มีเนื้อยางตามธรรมชาติอยู่มาก (Dry Rubber Content - DRC ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณของเหลว)
4. สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ชนิดไม่มีประจุ NP9 (Nonylphenol Ethoxylate 9 MOLES) สามารถหาซื้อได้ทั่วไป และมีราคาไม่แพง
5. น้ำสะอาด

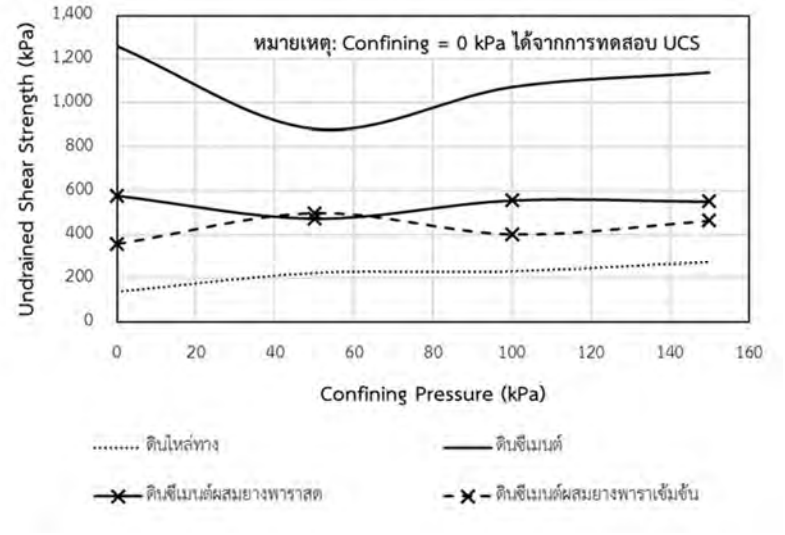
สำหรับอัตราส่วนผสมของน้ำ สารลดแรงตึงผิวและยางพาราที่ใช้ในโครงการดังกล่าวได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 โดยในการผสมดินซีเมนต์ผสมยางพารานั้น หลังจากนำสารลดแรงตึงผิวผสมกับน้ำเป็นที่เรียบร้อยแล้ว นำยางพาราเข้มข้นผสมกับน้ำและสารลดแรงตึงผิวให้เข้าก่อน ก่อนที่จะนำไปผสมกับดิน โดยน้ำหนักของส่วนที่เป็นสารละลายทั้งหมดเท่ากับ 8% ของน้ำหนักดินซีเมนต์แห้งหรือที่ Optimum Moisture Content (OMC) สำหรับตัวอย่างดินซีเมนต์ผสมยางพารา พบว่าค่า OMC และ MDD ของวัสดุดินซีเมนต์ผสมยางพาราอยู่ที่ 8% และ 20.2 kN/m^3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างอัตราส่วนของส่วนผสมต่อตัวอย่างดินซีเมนต์ผสมยางพารา 1 ก้อน (สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2562)

อัตราส่วน	ดินไหล่ทาง	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
น้ำหนัก (กรัม)	3,000	60	119	3 (5% ซีเมนต์)	122
ร้อยละ (%)	-	2 (นน. ดินแห้ง)	4 (นน. ดินซีเมนต์)		4 (นน. ดินซีเมนต์)

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า ยางพาราเข้มข้น 122 กรัม ถูกใช้เตรียมตัวอย่างโดยผสมกับดินซีเมนต์แห้ง 3,060 กรัม เมื่อยางพาราเข้มข้นมีเนื้อยาง (Dry Rubber Content: DRC) อยู่ 60% เนื้อยางที่ใช้ผสมทั้งหมดต่อตัวอย่าง 1 ก้อน จะเท่ากับ 73.2 กรัม (2.4% ของดินซีเมนต์) สำหรับตัวอย่างที่ขึ้นรูปแล้ว จะถูกนำไปบ่มไว้เป็นเวลา 7 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว (UCS) และค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำด้วยวิธีทดสอบ UU-Triaxial ซึ่งพบว่าค่ากำลังของดินซีเมนต์ผสมยางพาราที่อายุ 7 วันหลังการบดอัด มีค่าต่ำกว่าดินซีเมนต์ไม่ผสมยางพารา ดังแสดงในรูปที่ 4.16 ขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมยางพารามีค่าเพิ่มมากขึ้นกว่าดินซีเมนต์ไม่ผสมยางพารา เนื่องจากเนื้อยางพาราที่ผสมลงไปได้เข้าไปจับตัวกับดินเม็ดละเอียดและรวมตัวเป็นกลุ่มก้อนเฉพาะบางจุดในเนื้อดิน ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.17 ส่งผล

ให้เนื้อดินซีเมนต์ที่มียางพาราเป็นส่วนผสมมีความพรุนสูงและมีน้ำหนักเบากว่าดินไหล่ทางบดอัดและดินซีเมนต์บดอัด

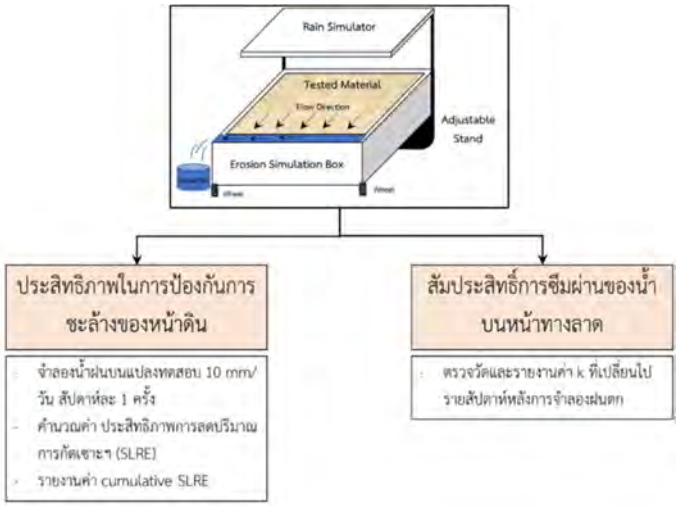


รูปที่ 4.16 Undrained Shear Strength ของส่วนผสมที่ Confining Pressure ต่าง ๆ
ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง (2562)



รูปที่ 4.17 ลักษณะของเนื้อยางพาราที่จับตัวอยู่ในเนื้อดินซีเมนต์ (ตัวอย่าง UU Triaxial Test)
ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง (2562)

อย่างไรก็ตามเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากยางพาราในการนำไปใช้ป้องกันการชะล้างพังทลายของลาดคันทาง ดินซีเมนต์ผสมยางพาราเข้มข้น จึงถูกนำมาจำลองการใช้งานและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันการชะล้างพังทลายของลาดคันทางกับดินไหล่ทางบดอัด และดินไหล่ทางบดอัดปิดทับด้วยแผ่นยางพารารมควัน ดังแสดงในรูปที่ 4.18 – รูปที่ 4.21 ผลการจำลองการใช้งานและเปรียบเทียบประสิทธิภาพภายในระยะเวลา 30 วัน เป็นไปดังแสดงในตารางที่ 4.4



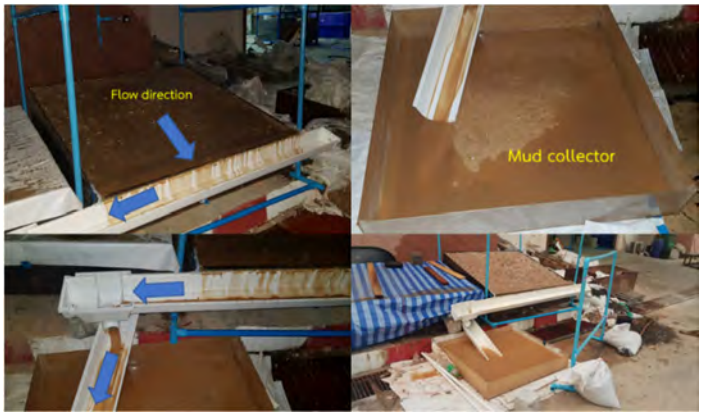
รูปที่ 4.18 ภาพแสดงการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากยางพาราในการนำไปใช้ป้องกันการชะล้างพังทลายของลาดคันทาง

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง (2562)



รูปที่ 4.19 ภาพแสดงกระบะจำลองทั้ง 6 ที่รอการทดสอบ

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง (2562)



รูปที่ 4.20 การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันการชะล้างพังทลายของลาดดิน

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง (2562)



รูปที่ 4.21 ขั้นตอนการหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำที่ผิวดิน (Soil Surface Infiltration)
ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง (2562)

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันการชะล้างพังทลายของลาดคันทางและดินไหล่ทางบดอัด (สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, 2562)

วัสดุ	ประสิทธิภาพการป้องกันการชะล้าง	Surface Infiltration
ดินบดอัด	ต่ำที่สุด	ปานกลาง
ดินบดอัดปิดทับด้วยแผ่นยางพารารมควัน	ดีที่สุด	ทึบน้ำ
ดินซีเมนต์ผสมยางพาราเข้มข้น	ปานกลาง	สูงที่สุด

Pinwiset et al. (2018) ได้ทำการศึกษากำลังรับแรงอัดแกนเดียวของวัสดุดินซีเมนต์ผสมยางธรรมชาติภายหลังการบดอัดเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยใช้วัสดุดินลูกรังที่มีขนาดคละไม่ดีผสมกับซีเมนต์ (4%, 6% และ 8%) ยางพารา (0%, 5% 8% และ 10%) และสารลดแรงตึงผิว (2%) พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนยางธรรมชาติไม่ได้เพิ่มกำลังรับแรงอัดของวัสดุอย่างชัดเจน ส่วนการเพิ่มอัตราส่วนซีเมนต์ โดยเฉพาะเมื่อเพิ่มปริมาณขึ้นไปถึง 8% ทำให้กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น และอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดจากการศึกษานี้คือการใช้ซีเมนต์ 8% ยางธรรมชาติ 5% และสารลดแรงตึงผิว 2%

ในปี ค.ศ. 2017 Baghini et al. ได้ศึกษาคุณสมบัติและพฤติกรรมของดินซีเมนต์ผสมยางสังเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยยางสังเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษา คือ โพลีเมอร์ชนิด Styrene Butadiene Rubber (SBR) ประสิทธิภาพของวัสดุดินซีเมนต์ผสมยางสังเคราะห์ที่ศึกษาโดย Baghini et al. (2017) ได้จัดแสดงไว้ในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 มาตรฐานการทดสอบประสิทธิภาพวัสดุจากการศึกษาของ Baghini et al. (2017)

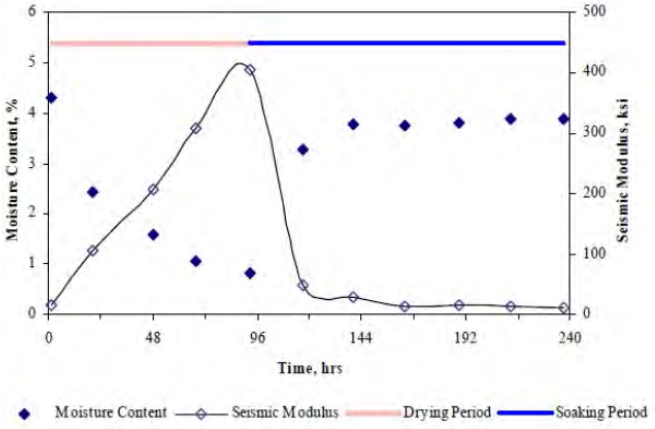
ที่	การทดสอบ
1	Unconfined Compressive Strength Test
2	Indirect Tensile Strength Test
3	Resilient Modulus Test
4	Flexural Strength Test
5	California Bearing Ratio Test

การทดสอบที่ 1 และ 5 ในตารางที่ 3.4 เป็นการทดสอบตามมาตรฐานของวัสดุดินซีเมนต์บดอัด ในขณะที่การทดสอบที่ 2 และ 3 เป็นการทดสอบตามมาตรฐานของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต ส่วนการทดสอบที่ 5 เป็นการทดสอบตามมาตรฐานของวัสดุดินบดอัด จะเห็นได้ว่าการทดสอบสำหรับดินซีเมนต์ผสมยางพาราหรือยางสังเคราะห์ ยังไม่มีมาตรฐานสากลรองรับ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องประยุกต์ใช้มาตรฐานการทดสอบของวัสดุอื่น ๆ ที่มีพฤติกรรมคล้ายคลึงกันในการศึกษา

4.2.3 การตรวจวัดและอิทธิพลของปริมาณความชื้นต่อคุณสมบัติและคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

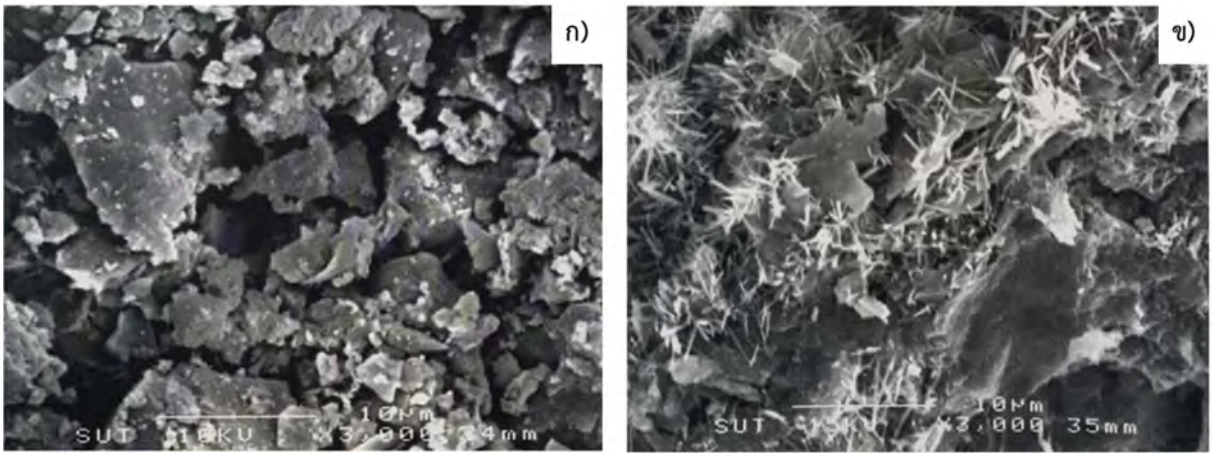
จากหัวข้อที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ จะเห็นได้ว่าน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นซึ่งจะส่งผลต่อคุณสมบัติ พฤติกรรมและคุณภาพของวัสดุดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยผลการศึกษาถึงอิทธิพลของน้ำต่อคุณสมบัติของวัสดุดังกล่าวแสดงไว้ดังต่อไปนี้

Grandara et al. (2005) ได้ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณความชื้นและ Seismic Modulus (จากการทดสอบ Free-Free Resonance) ของตัวอย่างวัสดุชั้นพื้นทางบดอัดที่เปลี่ยนไปในแต่ละช่วงเวลา ด้วยการการปล่อยให้ตัวอย่างแห้งในอากาศเป็นเวลา 96 ชั่วโมงจากนั้นนำตัวอย่างไปแช่น้ำจนครบ 240 ชั่วโมง พบว่าค่าปริมาณความชื้นแปรผกผันกับค่า Seismic Modulus ดังแสดงในรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความชื้นและ Seismic Modulus เทียบกับเวลาของวัสดุชั้นพื้นทาง
ที่มา: Grandara et al. (2005)

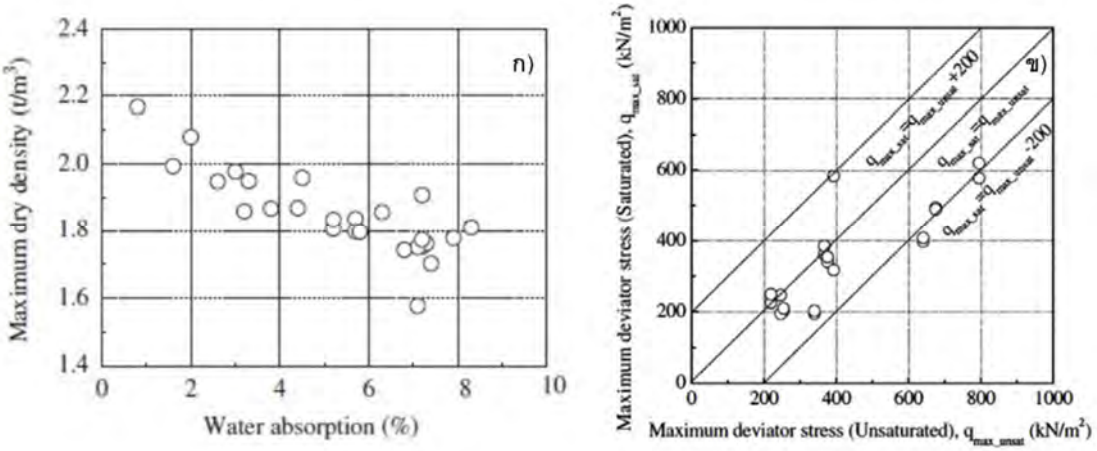
Horpibulsuk et al. (2006) ได้ศึกษาโครงสร้างจุลภาคของดินลูกรังผสมซีเมนต์ (ร้อยละ 5) บดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 60 และที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมที่สุด ที่อายุบ่ม 7 วัน โดยพบว่าดินซีเมนต์ที่บดอัดด้วยปริมาณความชื้นร้อยละ 60 แทบไม่พบผลิตภัณฑ์ไฮเดรชั่นในโพรงระหว่างอนุภาคดินดังแสดงในรูปที่ 4.23ก เนื่องจากปริมาณความชื้นต่ำเกินไปส่งผลต่อคุณภาพการบดอัดทั้งเกิดโพรงระหว่างอนุภาคและมีค่ากำลังรับแรงอัดต่ำ ในขณะที่ดินซีเมนต์ที่บดอัดด้วยปริมาณความชื้นเหมาะสมพบผลิตภัณฑ์ไฮเดรชั่นในโพรงระหว่างอนุภาคดินดังแสดงในรูปที่ 4.23ข ส่งผลให้ได้ค่ากำลังรับแรงอัดสูง



รูปที่ 4.23 โครงสร้างภายในของดินลูกรังผสมซีเมนต์บดอัดที่ ก) ปริมาณความชื้นร้อยละ 60 และ ข) ปริมาณความชื้นเหมาะสม

ที่มา: Horpibulsuk et al. (2006)

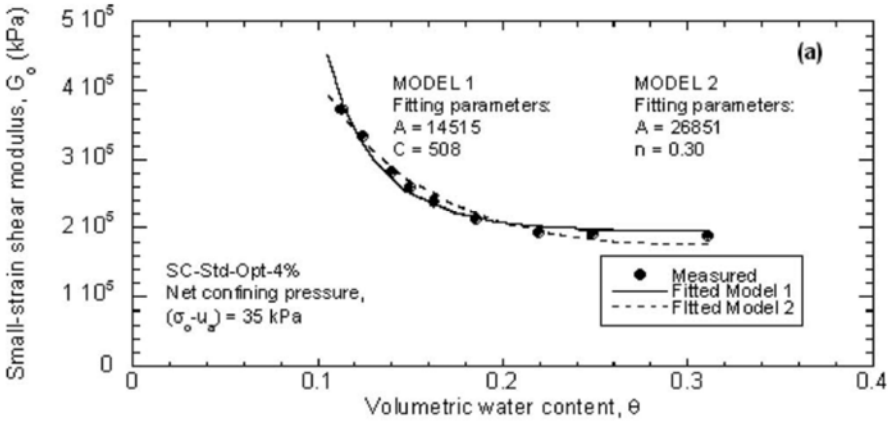
Sekine and Momoya (2007) ได้ศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตบดสำหรับก่อสร้างทางรถไฟจากโรงงานในประเทศญี่ปุ่นจำนวน 26 โรงงาน ด้วยการทดสอบ Compaction และ Consolidated-Drained Triaxial พบว่าการดูดซึมน้ำที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของวัสดุต่ำลงและค่า Deviator Stress ของวัสดุที่ไม่อิ่มตัวมีค่าสูงกว่าวัสดุที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.24ก และรูปที่ 4.24ข ตามลำดับ



รูปที่ 4.24 ผลกระทบของค่าความชื้นจากการศึกษา ก) ความหนาแน่นแห้งสูงสุดต่อการดูดซึมน้ำ ข) Deviator Stress ของดินไม่อิ่มตัวเทียบกับดินอิ่มตัว

ที่มา: Sekine and Momoya (2007)

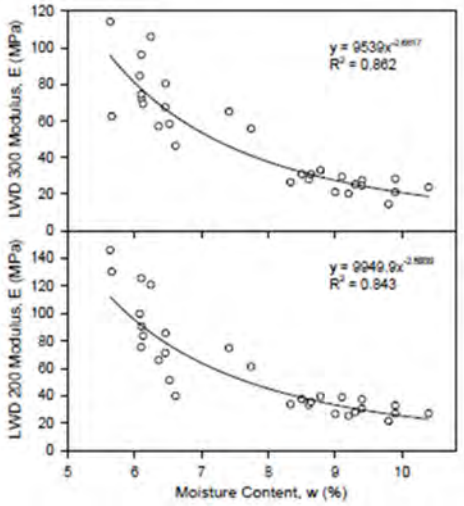
Sawangsuriya et al. (2009) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัส แรงดูด และปริมาณความชื้นของดินบดอัดห้าชนิด โดยทำการทดสอบด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นพลังงานการบดอัดและปริมาณความชื้น ด้วยเครื่องมือทดสอบ Unsaturated Small-Strain Modulus ที่พัฒนาขึ้น โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าโมดูลัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความชื้นลดลง (หรือแรงดูดเพิ่มขึ้น) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.25 โดยพบว่าการบดอัดด้านแห้ง พลังงานการบดอัดที่สูง และปริมาณดินเม็ดละเอียดที่ต่ำ ล้วนส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าโมดูลัสทั้งสิ้น นอกจากนี้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายค่าโมดูลัสของวัสดุดินบดอัดแบบไม่อิ่มตัวได้ถูกพัฒนาขึ้นเช่นกัน



รูปที่ 4.25 *ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสกับปริมาณความชื้น*

ที่มา: Sawangsuriya et al. (2009)

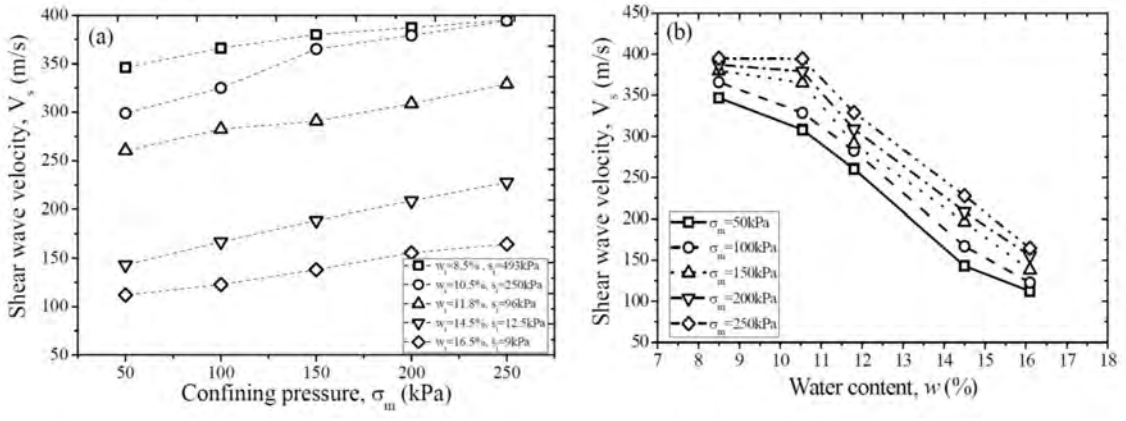
Meehan et al. (2012) ทำการศึกษาและเปรียบเทียบค่าค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุสร้างทาง (Modulus-Based Test) ที่ตรวจวัดได้โดยเครื่องมือ LWD, SSG และ DCP กับการตรวจวัดค่าความหนาแน่นและค่าปริมาณความชื้นตามมาตรฐานวิธีการทดสอบ (Traditional Density-Moisture Test) และได้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทั้งสองดังแสดงในรูปที่ 4.26 ซึ่งผลการทดสอบแสเงให้เห็นว่าค่าโมดูลัสมีค่าลดน้อยลงเมื่อปริมาณความชื้นมีค่ามากขึ้น



รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบผลการตรวจวัดค่าโมดูลัสยืดหยุ่นด้วยเครื่องมือ LWD กับปริมาณความชื้นของวัสดุสร้างทาง

ที่มา: Meehan และคณะ (2012)

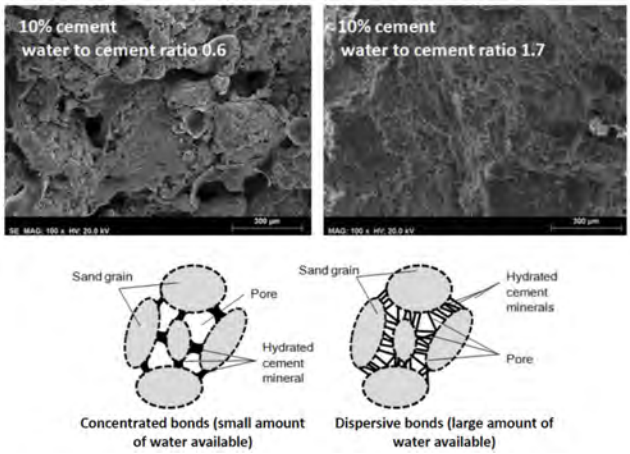
Heitor et al. (2014) ศึกษาพฤติกรรมของดินทรายปนตะกอนแป้งภายหลังการบดอัดด้วยการทดสอบ Bender Element และการตรวจวัดค่า Suction ในมวลดิน โดยผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วคลื่นเฉือนนั้นขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างทั้งค่าแรงดันโอบล้อม ปริมาณความชื้น และค่าแรงดูด ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.27 โดยการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสามารถนำค่าความเร็วคลื่นเฉือนและค่าแรงดูด (ขึ้นกับปริมาณความชื้น) มาใช้ประมาณคุณภาพการบดอัดได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็มีการแนะนำถึงความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาในภาคสนามเพิ่มเติมต่อไป



รูปที่ 4.27 ***การเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วคลื่นเฉือนเทียบกับ (a) แรงดันโอบล้อมและ (b) ปริมาณความชื้น ที่พลังงานการบดอัด 530 kN.m/m^3***

ที่มา: (Heitor et al., 2014)

Ribeiro et al. (2016) ทำการทดสอบอิทธิพลของปริมาณความชื้นต่อกำลังรับแรงอัดแกนเดียวของวัสดุดินซีเมนต์ที่อัตราส่วนผสมและเวลาบ่มต่างๆ (อัตราส่วนซีเมนต์โดยน้ำหนักเท่ากับ 10 และ 13% อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์อยู่ในช่วงระหว่าง 0.6-2.0 ระยะเวลาบ่ม 3, 7, 14 และ 28 วัน) ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าที่ปริมาณความชื้นน้อยการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นมักจะเกิดบริเวณจุดสัมผัสของเม็ดวัสดุ แต่เมื่อปริมาณความชื้นสูงขึ้นการเกิดปฏิกิริยานั้นจะเกิดขึ้นรอบเม็ดวัสดุทำให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 4.28 เมื่อทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียวพบว่าค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นตามปริมาณซีเมนต์ที่ผสมเข้าไป และที่ปริมาณน้ำที่เหมาะสมจะให้กำลังอัดที่สูงที่สุด อย่างไรก็ตามพบว่าการพัฒนากำลังอัดจะยิ่งเร็วขึ้นเมื่อปริมาณน้ำสูงขึ้น

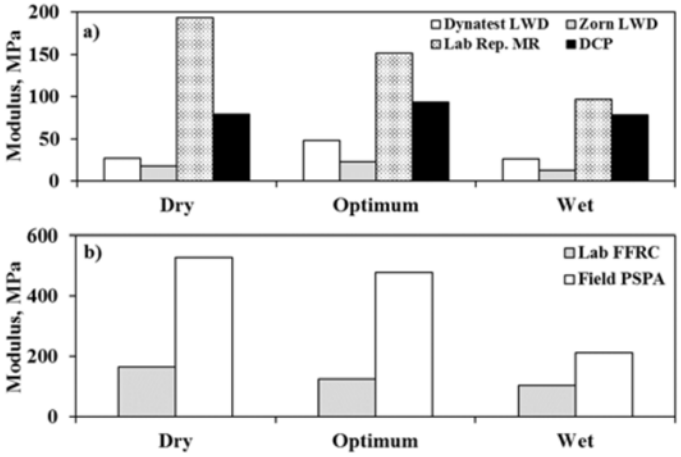


รูปที่ 4.28 ***การเกิดพันธะเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่ปริมาณความชื้นแตกต่างกัน***

ที่มา: Ribeiro et al. (2016)

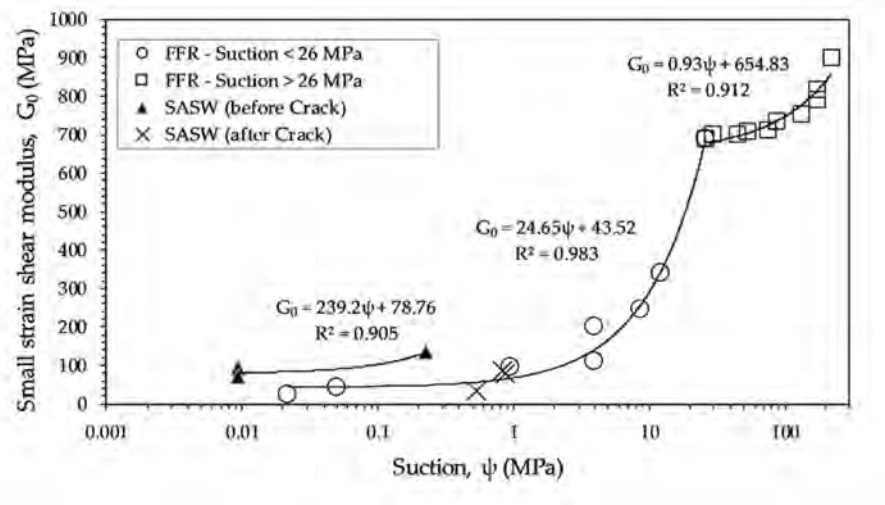
Mazari et al. (2017) ทำการวิจัยถึงผลกระทบเนื่องจากปริมาณความชื้นกับค่าโมดูลัสของวัสดุชั้นพื้นทางและรองพื้นทาง โดยใช้การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Resilient Modulus และ Seismic Modulus) และการทดสอบในสนาม (Portable Seismic Property Analyzer, Light Weight Deflectometers และ Dynamic Cone Penetrometer) โดยพบว่าวัสดุบดอัดที่มีปริมาณความชื้นสูงมักจะมีค่าความแข็งน้อยกว่าวัสดุบดอัดที่มีปริมาณความชื้นต่ำ ดังแสดงตัวอย่างผลการทดสอบของวัสดุชั้นพื้นทางไว้ดังรูปที่ 4.29 และเมื่อ

ทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนโมดูลัสต่อโมดูลัสที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมกับค่าอัตราส่วนความต่างของปริมาณความชื้นต่อปริมาณความชื้นที่เหมาะสมก็พบความสอดคล้องกันระหว่างผลการทดสอบในสนามกับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 4.29 ***ค่าโมดูลัสของวัสดุพื้นทางที่ตรวจวัดได้ในสนามและในห้องปฏิบัติการที่ปริมาณความชื้นแตกต่าง***
ที่มา: Mazari et al. (2017)

ปัญหาหนึ่งที่พบเจอสำหรับการใช้งานคันดินได้แก่ปัญหาเรื่องการแตกร้าวของคันดินเนื่องการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและอุณหภูมิตามฤดูกาล อันส่งผลต่อทั้งประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของคันดินนั้นๆ ด้วยเหตุนี้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ร่วมกับ Hokkaido University ได้ทำการทดสอบ SASW ร่วมกับการตรวจวัดค่า Suction ในมวลดินเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความลึกของรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นบริเวณคันดินป้องกันน้ำท่วมของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย โดย Shrestha et al. (2019) ได้ทำการทดสอบ SASW โดยใช้เพียงค้อนปอนด์เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นเพื่อตรวจวัดค่าความเร็วคลื่นเฉือนและโมดูลัสของคันดินบดอัดที่มีความสูง 3 เมตร รวมทั้งทำการวัดค่า Suction ความลึกของรอยแตกร้าว และปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นที่ช่วงเวลาต่างๆเป็นระยะเวลารวมทั้งสิ้น 1 ปี (พฤษภาคม 2561 - พฤษภาคม 2562) นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสที่วัดได้ในสนามกับโมดูลัสที่วัดได้จากการทดสอบ Free-Free Resonance (FFR) ในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาอิทธิพลของรอยแตกร้าวเช่นกัน โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าโมดูลัสเฉือนที่ตรวจวัดได้จากการทดสอบ SASW ในสนามนั้นมีค่าสูงกว่าค่าที่ตรวจวัดได้จากการทดสอบ FFR ในห้องปฏิบัติการ คาดว่าเป็นผลจากความดันโอบล้อม (Confining Pressure) ในสนามที่มีค่าสูงกว่า อย่างไรก็ตามพบว่าการเกิดรอยแตกร้าวของคันดินในสนามส่งผลให้ค่าโมดูลัสเฉือนนั้นมีค่าลดลง แม้ว่าค่า Suction จะมีค่าสูงขึ้นก็ตาม (รูปที่ 4.30) นอกจากนั้นแล้วแบบจำลองการประมาณความลึกของรอยแตกร้าวได้ถูกนำเสนอจากการศึกษานี้เช่นกัน



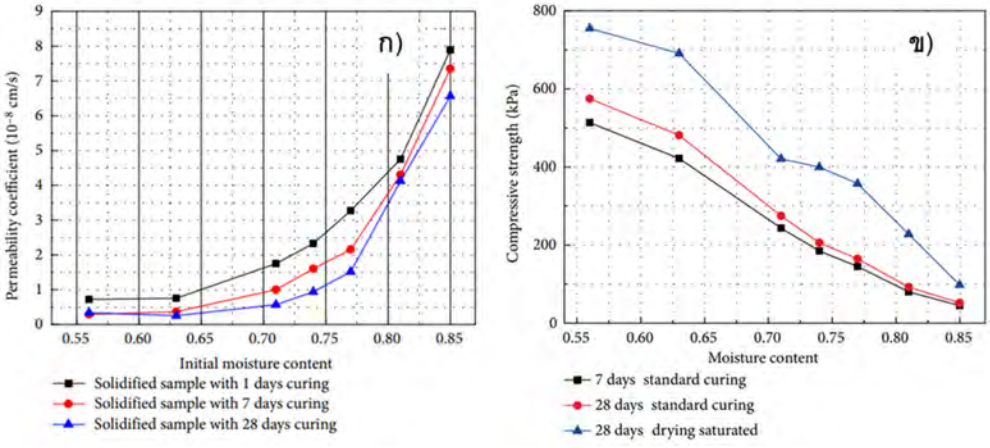
รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Suction และโมดูลัสเฉือน
ที่มา: Shrestha et al. (2019)

ในปี พ.ศ. 2562 เสวก และคณะ ได้ศึกษาความชื้นในโครงสร้างของคันทางที่ทำการก่อสร้างใหม่ ณ จุดที่เคยเกิดการพังทลายมาก่อนด้วยรูปแบบโครงสร้างชนิดกำแพงกันดินเสริมกำลัง (Mechanical Stabilized Earth, MSE, Wall) โดยในการศึกษาได้ใช้อุปกรณ์วัดความชื้นและอุณหภูมิ หรือ Moisture ประเภท Time Domain Reflectometry (TDR) ที่ผลิตขึ้นในประเทศ เพื่อใช้ในการเกษตรเป็นหลัก เนื่องจากมีราคาถูกและติดตั้งได้ง่าย รวมทั้งทำการพัฒนาอุปกรณ์เก็บข้อมูลหรือ Data Logger ที่สามารถประกอบได้เองและมีต้นทุนต่ำ โดยที่อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถวัดค่าการนำไฟฟ้าของดินแต่ละชนิดที่มีค่าความชื้นต่างกัน แล้วนำมาแปลงเป็นค่าความชื้นโดยปริมาณและอุณหภูมิในดิน และได้ทำการเปรียบเทียบผลการศึกษากับปริมาณน้ำฝน เพื่อสังเกตค่าความชื้นและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปที่ตำแหน่งต่างๆของโครงสร้างคันทาง (การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแสดงไว้ดังรูปที่ 4.31) ในแต่ละฤดูกาล เทียบเคียงกับการออกแบบ ทำการวิเคราะห์ผลการวัดเพื่อประเมินเสถียรภาพความมั่นคงแข็งแรงและความสมบูรณ์ของโครงสร้างคันทาง รวมทั้งยังได้ทราบถึงประสิทธิภาพและขีดจำกัดในการใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดที่พัฒนาขึ้นนี้สำหรับการใช้งานในอนาคตต่อไป



รูปที่ 4.31 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในโครงสร้างคันทาง
ที่มา: เสวก และคณะ (2562)

Chen et al (2020) ศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณความชื้นเริ่มต้นต่อค่าความซึมน้ำและกำลังรับแรงอัดของกากตะกอนจากชุมชนที่ถูกปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์โดยใช้การทดสอบค่าความซึมน้ำด้วย Flexible Wall และการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียวตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าปริมาณความชื้นเริ่มต้นส่งผลต่อทั้งค่าความซึมน้ำและกำลังรับแรงอัดอย่างชัดเจนโดยเมื่อความชื้นเริ่มต้นมีค่าสูงจะทำให้วัสดุมีค่าความซึมน้ำสูงและกำลังรับแรงอัดต่ำ และเมื่อทำการบ่มตัวอย่างไว้เป็นระยะเวลามากขึ้นค่าความซึมน้ำมีแนวโน้มลดลงในขณะที่ค่ากำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มสูงขึ้น ได้งแสดงไว้ในรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 ผลของค่าความชื้นเริ่มต้นต่อกำลังรับแรงอัดของตะกอนที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพ
ที่มา: Chen et al. (2020)

4.3 แนวทาง มาตรฐาน และข้อกำหนดการควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

ในการก่อสร้างชั้นทางดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยทั่วไปนั้นนอกจากการกำหนดคุณสมบัติวัสดุและวิธีการก่อสร้างแล้ว การควบคุมคุณภาพการก่อสร้างที่หน้างานมักจะใช้ค่าความหนาแน่น ค่าปริมาณความชื้น และค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่อายุบ่ม 7 วัน เพื่อกำหนดคุณภาพการก่อสร้าง (ทล.-ม. 204/2556, ทล.-ม. 203/2556, ทล.-ม. 206/2532 และข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ 1/2560)

จากมาตรฐานกรมทางหลวง กำหนดให้ค่าความหนาแน่นแห้งภายหลังการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางดินซีเมนต์ ชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ และชั้นดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติมีค่าไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดหรือมีค่าเป็นไปตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง โดยมีสมมุติฐานว่าชั้นดินที่ผ่านการบดอัดและมีค่าความแน่นแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดนั้นจะมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและกำลังรับน้ำหนักเป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบ อย่างไรก็ตามค่าความแน่นแห้งนั้นเป็นเพียงค่าดัชนีชี้วัดความแน่นของวัสดุแต่ไม่ใช่ตัวแปรหลักสำหรับการออกแบบหรือการประเมินสมรรถนะโครงสร้างชั้นทาง นอกจากนี้ค่าความหนาแน่นแห้งเป็นเพียงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุเท่านั้นไม่ใช่คุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ดังค่าโมดูลัสยืดหยุ่นซึ่งเป็นตัวแปรหลักในการออกแบบโครงสร้างชั้นทางเชิงวิเคราะห์ จึงมีการศึกษาหลากหลายที่พยายามนำการทดสอบหาค่าโมดูลัสมาใช้ในการควบคุมคุณภาพการก่อสร้าง พร้อมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัส ความหนาแน่น CBR ปริมาณความชื้น หรือแม้แต่กำลังรับแรงอัด

ส่วนการควบคุมปริมาณน้ำนั้น การศึกษาที่ผ่านมาในหัวข้อ 4.1.2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัดดินส่งผลต่อคุณภาพการก่อสร้างชั้นทาง ชั้นดินซีเมนต์และชั้นดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยาง

ธรรมชาติเป็นอย่างยิ่ง ไม่ว่าจะเป็นค่าความหนาแน่น ค่าความแกร่ง หรือโมดูลัสที่เปลี่ยนแปลงอันส่งผลกระทบต่อการใช้งานสายทางเหล่านั้น ดังนั้นการควบคุมปริมาณน้ำในการก่อสร้างให้ใกล้เคียงค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Moisture Content) จึงนับว่าเป็นสิ่งจำเป็น เพราะจะทำให้การก่อสร้างชั้นทางนั้นมีคุณภาพที่ดี มีคุณสมบัติเป็นไปตามการออกแบบ และมีอายุใช้งานที่ยาวนาน ด้วยเหตุนี้กรมทางหลวงได้มีการกำหนดการควบคุมปริมาณความชื้นไว้ในมาตรฐานการก่อสร้างชั้นทางต่างๆ โดยการก่อสร้างตามมาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ (ทล.-ม. 206/2532) กำหนดให้ปริมาณน้ำในการก่อสร้างมีความคลาดเคลื่อนจากปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่สุดไม่เกิน +2% ส่วนการก่อสร้างตามมาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์ (ทล.-ม. 204/2556) และมาตรฐานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ (ทล.-ม. 203/2556) กำหนดให้ใช้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่สุดโดยประมาณ นอกจากนี้ในข้อกำหนดพิเศษดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (ข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ 1/2560) นั้นทางกรมทางหลวงกำหนดให้ใช้ปริมาณน้ำ น้ำยางพาราและสารผสมเพิ่มที่ปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่สุดโดยประมาณเช่นกัน โดยในชั้นวัสดุที่ทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์เหล่านี้จะต้องทำการพ่นน้ำเพื่อเลี้ยงผิวหน้าทั้งขณะบดอัดและภายหลังการบดอันให้ชื้นอยู่ตลอดเวลาเป็นเวลา 3 วัน

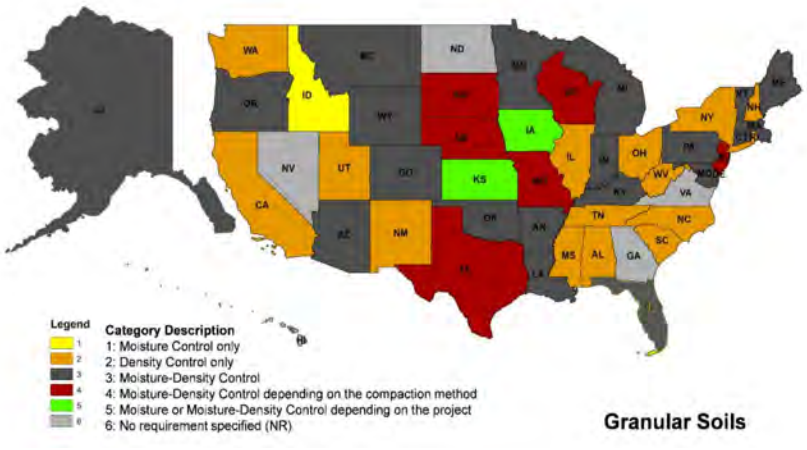
ส่วนค่ากำลังของวัสดุนั้นกรมทางหลวงทำการควบคุมคุณภาพด้วยค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่อายุการบ่ม 7 วัน โดยมาตรฐานและข้อกำหนดพิเศษของกรมทางหลวงที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ระบุว่าชั้นรองพื้นทางดินซีเมนต์ต้องมีค่ากำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 689 กิโลปาสกาล (100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ชั้นพื้นทางดินซีเมนต์และชั้นดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติมีค่ากำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 17.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) และชั้นหินคลุกผสมซีเมนต์มีค่ากำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 2,413 กิโลปาสกาล (350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

ในการทดสอบเพื่อทราบคุณสมบัติเหล่านี้กรมทางหลวงใช้วิธีทดลองหาค่าความหนาแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย (ทล.-ท.603/2517) เพื่อตรวจวัดปริมาณความชื้นและความหนาแน่นในการก่อสร้างภาคสนามซึ่งจำเป็นต้องทำการเก็บตัวอย่างและนำไปอบเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงเพื่อทราบความชื้นของชั้นทางก่อสร้าง ส่งผลให้การควบคุมประสิทธิภาพการก่อสร้างมีความล่าช้าและไม่เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในขณะที่การทดสอบด้วยเครื่อง Nuclear Density Gauge ที่สามารถทราบผลการทดสอบได้ทันทีนั้นใช้สารกัมมันตภาพรังสีในการตรวจวัด นับว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพ ต้องอาศัยการเก็บและบำรุงรักษาที่ดี และต้องขออนุญาตเคลื่อนย้ายเครื่องมือเมื่อนำไปปฏิบัติการ จึงทำให้การทำงานไม่สะดวกและค่อนข้างยุ่งยาก ล้วนส่งผลต่อประสิทธิภาพและระยะเวลาในการดำเนินการก่อสร้างทั้งสิ้น

Li (2016) ได้รวบรวมมาตรฐานการควบคุมคุณภาพการก่อสร้างชั้นโครงสร้างทางของประเทศสหรัฐอเมริกา (รูปที่ 4.33 และรูปที่ 4.34 สำหรับวัสดุเม็ดหยาบและวัสดุเม็ดละเอียดตามลำดับ) โดยพบว่าในการก่อสร้างทางด้วยวัสดุเม็ดหยาบมี 21 รัฐควบคุมทั้งค่าความหนาแน่น (>95% ความหนาแน่นแห้งสูงสุด) และปริมาณความชื้น (+-2% จากปริมาณความชื้นที่เหมาะสม), 15 รัฐควบคุมเพียงค่าความหนาแน่น, 1 รัฐควบคุมเพียงปริมาณความชื้น, 6 รัฐควบคุมค่าความหนาแน่นและความชื้นขึ้นกับวิธีการบดอัด, 2 รัฐควบคุมปริมาณความชื้นหรือปริมาณความชื้นและความหนาแน่นขึ้นกับโครงการ และอีก 4 รัฐไม่ได้กำหนดในมาตรฐาน

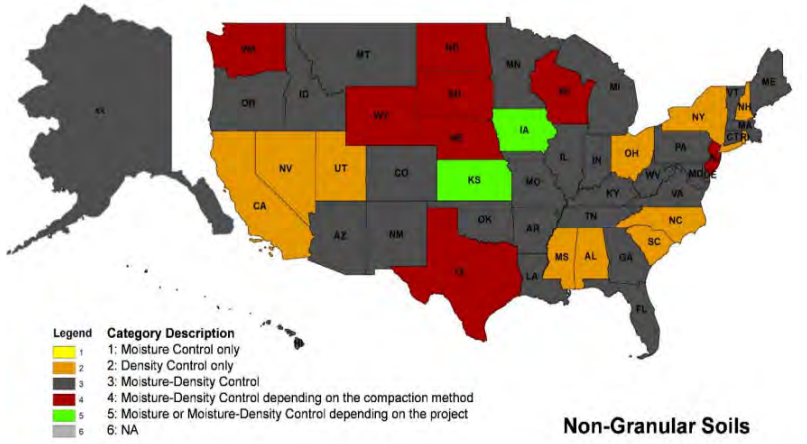
ในขณะที่การก่อสร้างทางด้วยวัสดุเม็ดละเอียดพบว่า 29 รัฐควบคุมทั้งค่าความหนาแน่นและปริมาณความชื้น, 11 รัฐควบคุมเพียงค่าความหนาแน่น, 8 รัฐควบคุมค่าความหนาแน่นและความชื้นขึ้นกับวิธีการบดอัด, 2 รัฐควบคุมปริมาณความชื้นหรือปริมาณความชื้นและความหนาแน่นขึ้นกับโครงการ

นอกจากนี้พบว่ามี 2 รัฐ Minnesota Department of Transportation (MnDOT) และ Indiana Department of Transportation (INDOT) ที่มีเงื่อนไขในการใช้การทดสอบอื่นเพิ่มเติม โดย MnDOT ใช้ค่าเป้าหมายจากการทดสอบ LWD และ DCP ในขณะที่ INDOT ใช้การทดสอบ DCP และยอมให้ใช้ LWD สำหรับการควบคุมคุณภาพแต่ไม่ได้ระบุไว้ในข้อกำหนด



รูปที่ 4.33 เกณฑ์การควบคุมคุณภาพของวัสดุเม็ดหยาบในประเทศสหรัฐอเมริกา

ที่มา: Li (2009)



รูปที่ 4.34 เกณฑ์การควบคุมคุณภาพของวัสดุเม็ดละเอียดในประเทศสหรัฐอเมริกา

ที่มา: Li (2009)

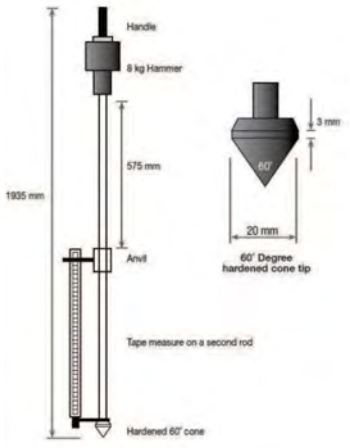
นอกเหนือจากการควบคุมความหนาแน่นแล้วนั้น ในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถทดสอบหาค่าโมดูลัสได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ทั้งประเภทการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Test) เช่น Falling Weight Deflectometer (ASTM D4694-09(2015), รูปที่ 4.35), Light Weight Deflectometer (ASTM E2583-07(2015), รูปที่ 4.36), Soil Density Gauge (ASTM D7830 / D7830M-13) และแบบทำลาย เช่น Dynamic Cone Penetration (ASTM D6951 / D6951M-18, รูปที่ 4.37) เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพการก่อสร้างชั้นโครงสร้างทางและมีหลายการศึกษาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพและความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องมือเหล่านี้ในการควบคุมคุณภาพการก่อสร้าง (Van Gurp, 2000; Siekmeier et al, 2009; Glagola et al., 2015) อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยบางส่วนที่ยังมีความกังวลในเรื่องความถูกต้องแม่นยำและโดยเฉพาะเรื่องอิทธิพลของปริมาณความชื้นที่ส่งผลต่อคุณสมบัติและคุณภาพของวัสดุก่อสร้างค่อนข้างมาก จึงเห็นว่ามีความจำเป็นที่ต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้การควบคุมคุณภาพด้วยเครื่องมือเหล่านี้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (Steinert et al., 2005; Meehan at al., 2012; Kolase et al., 2015; Shivamanth, 2015)



รูปที่ 4.35 Dynatest Falling Weight Deflectometer
ที่มา: Tutumluer et al. (2009)

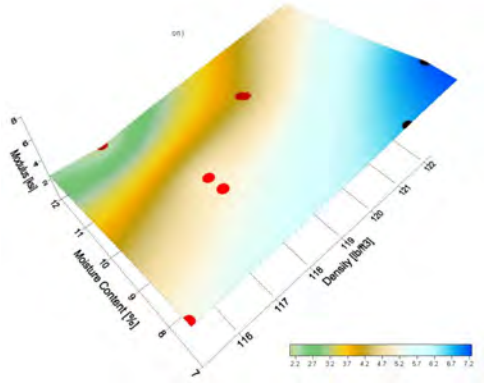


รูปที่ 4.36 Light Weight Deflectometer
ที่มา: Davich et al. (2006)



รูปที่ 4.37 Dynamic Cone Penetrometer
ที่มา: McLouglin and Lovelae (2014)

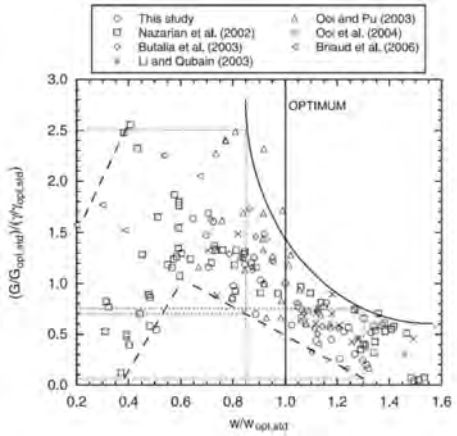
Davich et al. (2006) ได้ทำการศึกษาการใช้เครื่องมือ DCP ในการควบคุมคุณภาพการก่อสร้าง โดยได้แนะนำมีวิธีการทดสอบว่าควรใช้น้ำหนักตุ้ม 10 กิโลกรม ระยะปล่อยตุ้ม 50 เซนติเมตรและเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นจานโลหะ 20 เซนติเมตร และควรมีการปล่อยตุ้มก่อนการทดสอบ (Seating Drops) 3 ครั้ง และทำการทดสอบด้วยการปล่อยน้ำหนัก (Data Drops) 3 ครั้งต่อระยะปล่อยตุ้ม ในส่วนของปริมาณความชื้นที่ยอมให้ของวัสดุชั้นรองพื้นทางควรมีค่าเปลี่ยนแปลงภายในช่วง 10% โดยพบว่าการทดสอบ DCP ช่วยเพิ่มความแม่นยำและเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพการก่อสร้าง ค่าจากการตรวจวัดนี้ยังนำไปเทียบกับค่าจากการออกแบบโดยวิธีเชิงวิเคราะห์ (Mechanistic Design Procedures) เช่นกัน โดยรูปที่ 4.38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัส ความหนาแน่นและปริมาณความชื้นที่ตรวจวัดได้



รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัส ความหนาแน่นและปริมาณความชื้น

ที่มา: Davich et al. (2006)

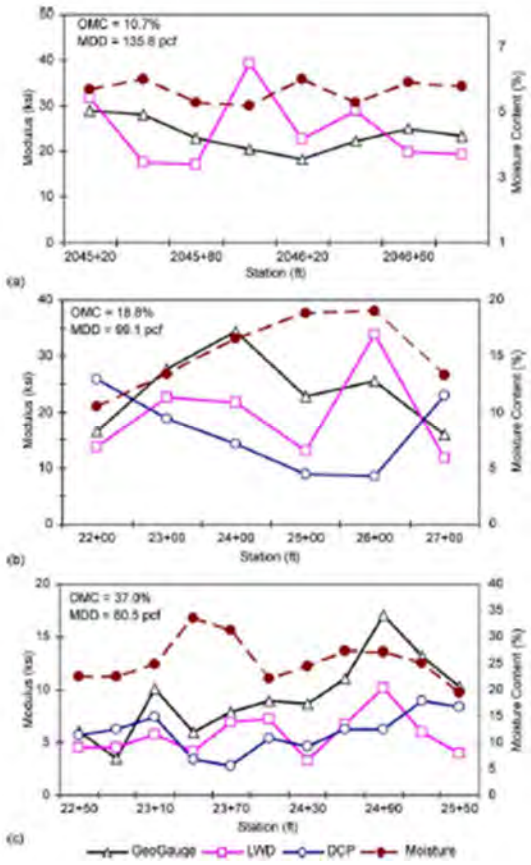
Sawangsuriya et al. (2008) ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัส แรงดูด ปริมาณความชื้นและความหนาแน่นแห้งของวัสดุบดอัดสามประเภททั้ง ดินเหนียว ทรายแป้ง และทรายผสมดินเหนียว โดยทำการทดสอบค่าโมดูลัสด้วยวิธีทดสอบ Bender Element ที่พลังงานบดอัดและปริมาณความชื้นที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอสมการความสัมพันธ์ลอการิทึมระหว่างค่าโมดูลัสและแรงดูดโดยทำการพิจารณาถึงผลกระทบทั้งจากพลังงานบดอัดและปริมาณความชื้น และความสัมพันธ์ของอัตราส่วนโมดูลัสกับอัตราส่วนปริมาณความชื้นดังแสดงในรูปที่ 4.39 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าโมดูลัสมีค่าลดลงเมื่อบดอัดในด้านเปียก และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อบดอัดในด้านแห้ง อย่างไรก็ตามหากค่าความชื้นขณะบดอัดมีค่าต่ำเกินไปค่าโมดูลัสก็มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการควบคุมปริมาณน้ำในการบดอัดก่อสร้างชั้นโครงสร้างทาง



รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Generalized Modulus – Moisture ของดินบดอัด

ที่มา: Sawangsuriya et al. (2008)

Hossain and Apeagyei (2010) ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของค่าความแน่นและปริมาณความชื้นต่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ตรวจวัดได้โดยใช้เครื่องมือ Light Weight Deflectometer (LWD), GeoGauge (หรือ Soil Stiffness Gauge, SSG) และ Dynamic Cone Penetrometer (DCP) โดยทำการทดสอบที่แต่ละ ก.ม. ซึ่งมีค่าความหนาแน่นและปริมาณความชื้นแตกต่างกัน และทำการทดสอบทุกวิธีที่จุดทดสอบเดียวกัน โดยผลการศึกษาแสดงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดิน Subgrade เทียบกับค่าปริมาณความชื้นดังแสดงในรูปที่ 4.40

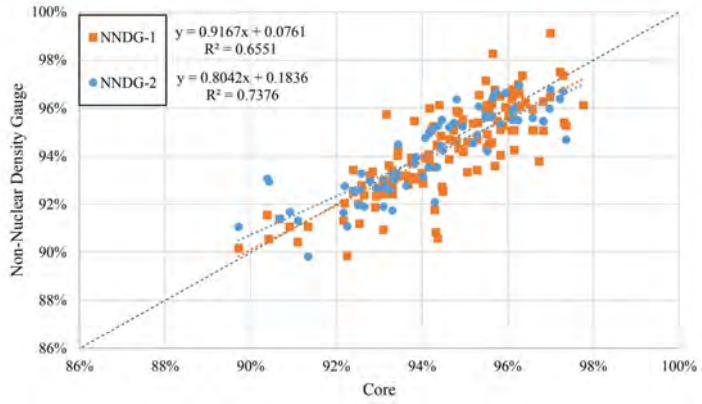


รูปที่ 4.40 เปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้นกับค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดิน Subgrade

ที่มา: Hossain และ Apeagyei (2010)

เนื่องจากค่าแรงดูด (Suction) มีอิทธิพลต่อทั้งค่าโมดูลัสและกำลังของวัสดุโครงสร้างทางเป็นอย่างมาก Seikmeier (2011) ได้เสนอแนวคิดในการใช้การตรวจวัดค่า Suction เพื่อควบคุมคุณภาพวัสดุโครงสร้างทางและเสนอแนวทางการตรวจสอบและควบคุมสภาพไม่อิ่มน้ำ (Unsaturated Conditions) ของโครงสร้างชั้นทางตลอดอายุการใช้งาน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบและการประเมินสมรรถนะของโครงสร้างชั้นทางในระยะยาว และสามารถพัฒนาเป็นเกณฑ์การออกแบบและก่อสร้างต่อไป โดยตัวอย่างกรณีศึกษาจาก Minnesota Department of Transportation ในการพัฒนาแนวทางการควบคุมคุณภาพวัสดุสร้างทางตามหลักกลศาสตร์ของดินไม่อิ่มน้ำ ใช้วิธีการทดสอบและข้อกำหนดเชิงสมรรถนะ (Performance-Related Construction Testing and Specification) พร้อมทั้งกำหนดค่าโมดูลัสและค่าการแอ่นตัวตรวจวัดโดยเครื่องมือ LWD เป็นค่าที่จะนำไปใช้ควบคุมคุณภาพวัสดุโครงสร้างทางแต่ละชนิด (Target Values, TVs) โดยค่า TVs นี้สามารถประมาณได้จากค่า Plastic Limit (PL) และจาก Soil-Water Characteristic Curve, SWCC ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Suction กับปริมาณความชื้นของดิน

Mata et al. (2018) ได้วิจัยถึงศักยภาพในการนำเครื่องมือประเภท Low-Nuclear Density Gauge และ Non-Nuclear Density Gauge (NNDG) หรือ Non-Destructive Test (NDT) มาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพการก่อสร้างชั้นดินบดอัดและชั้นผิวทางแอสฟัลต์ของ Louisiana Department of Transportation and Development (DOTD) แทน Nuclear Density Gauge (NDG) ด้วยการเปรียบเทียบผลการทดสอบของวิธีทดสอบต่างๆรวมทั้งผลความหนาแน่นจากการเจาะเก็บตัวอย่าง ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.41 โดยพบว่า NDG มีความเหมาะสมในการตรวจสอบคุณภาพชั้นดิน ส่วน NNDG มีความเหมาะสมในการตรวจสอบคุณภาพชั้นผิวทาง ทั้งยังเป็นเครื่องมือที่ปลอดภัยกว่า ทดสอบได้เร็วกว่า สามารถใช้งานได้ยาวนาน และประหยัดกว่า



รูปที่ 4.41 ผลการเปรียบเทียบความหนาแน่นจากการทดสอบ NNDG กับการเจาะเก็บตัวอย่าง
ที่มา: Mata et al. (2018)

Freeman et al. (2008) ได้ทำการศึกษาถึงการทำประกันคุณภาพการก่อสร้างสนามบินที่สามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว โดยการศึกษาครอบคลุมถึงการบดอัดและการประเมินกำลังของทั้งชั้นดินและชั้นดินปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ โดยหลังจากการพิจารณาปัจจัยต่างๆพบว่าการตรวจสอบคุณภาพการบดอัดนั้นได้แนะนำให้ใช้เตาไมโครเวฟ, Clegg hammer, และการหาความหนาแน่นโดยใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ลูกเหล็กในการแทนที่ปริมาตรหลุมแทนการใช้ทราย (Sand Cone Test) ในส่วนของกำลังของดินบดอัดนั้นได้แนะนำให้ใช้ Dual-Mass Dynamic Cone Penetrometer แทนที่การทดสอบ California Bearing Ratio (CBR) และได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่าง Clegg hammer กับค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวสำหรับใช้ทดสอบกำลังของดินปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์และซีเมนต์-เส้นใย



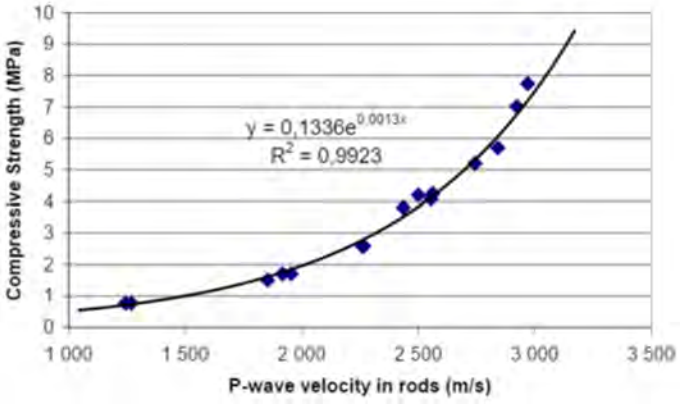
รูปที่ 4.42 Clegg Hammer
ที่มา: Freeman et al. (2008)

4.4 การประยุกต์ใช้การทดสอบด้วยคลื่นสั่นสะเทือนเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติของวัสดุ

Suriyavanagul (1998) ประสบความสำเร็จในการทดสอบหาค่าความเร็วคลื่นเฉือนบนแปลงทดสอบ OH-SHRP ทั้งแปลงถนนลาดยางและถนนคอนกรีตด้วยวิธี Spectral Analysis of Surface Waves (SASW) โดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเองในการแปลง Dispersion Curves เป็นโปรไฟล์ความเร็วคลื่นเฉือน (Inversion) โดยการศึกษายังแสดงให้เห็นถึงปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการตรวจวัดเช่นการพบว่า Putty เป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดสำหรับทำการยึดตัวรับสัญญาณเข้ากับตำแหน่งทดสอบ (Coupling Material) หรือผลกระทบของรอยต่อของแผ่นคอนกรีตที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของข้อมูลที่ตรวจวัดได้

Rosyidi et al. (2006) ทำการทดสอบด้วยวิธี SASW บนชั้นดินเดิมในพื้นที่ของ Universiti Kebangsaan Malaysia ประเทศมาเลเซีย เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วคลื่นเฉือนและค่า California Bearing Ratio (CBR) โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความเร็วคลื่นเฉือนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่า CBR เพิ่มขึ้น

Ryden and Ekdahl (2006) ได้เริ่มพัฒนาเกณฑ์การควบคุมคุณภาพวัสดุดินซีเมนต์ของประเทศสวีเดน โดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วคลื่นปฐมภูมิกับกำลังรับแรงอัดแกนเดียวในห้องปฏิบัติการ (รูปที่ 4.43) ควบคู่กับใช้การทดสอบ MASW เพื่อตรวจวัดความเร็วคลื่นในสนาม ซึ่งถ้าหากค่าความเร็วคลื่นที่ตรวจวัดได้ในสนามมีค่าสูงกว่าค่าที่ประเมินได้จากความสัมพันธ์ที่สร้างไว้จะถือว่าการก่อสร้างเป็นไปตามมาตรฐาน โดย Ryden and Ekdahl ยังได้สรุปด้วยว่าการทดสอบดังกล่าวมีข้อได้เปรียบต่อการเจาะทดสอบเพราะว่าสามารถทดสอบเป็นบริเวณกว้าง ดำเนินการได้อย่างรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย



รูปที่ 4.43 ***ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วคลื่นปฐมภูมิและกำลังรับแรงอัด***
ที่มา: Ryden and Ekdahl (2006)

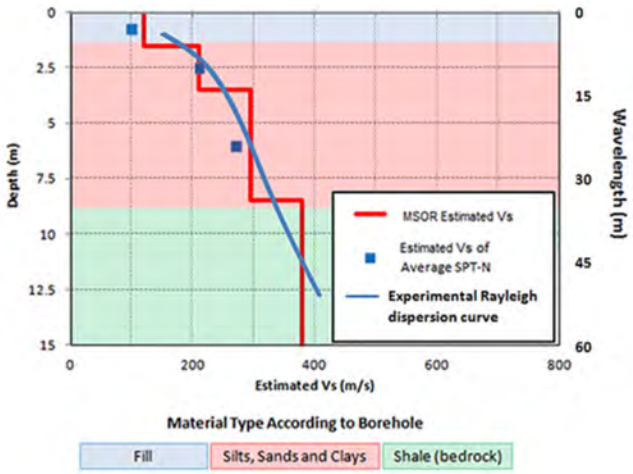
Rosyidi et al. (2007) ได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วคลื่นเฉือนที่ตรวจวัดได้การทดสอบ SASW กับค่า CBR และค่า DPI (DCP Penetration Index) ที่ได้จากการทดสอบ Dynamic Cone Penetrometer (DCP) ของวัสดุชั้นพื้นทางในพื้นที่ของ Universiti Kebangsaan Malaysia ประเทศมาเลเซีย เป็นจำนวนทั้งสิ้น 31 ตำแหน่ง โดยพบว่าค่าความเร็วคลื่นเฉือนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่า CBR เพิ่มขึ้นและมีค่าลดลงเมื่อค่า DPI เพิ่มขึ้น โดยการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสามารถนำค่าความเร็วคลื่นเฉือนที่ตรวจวัดได้มาใช้ประเมินความแข็งแรงของวัสดุชั้นทางเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างทางต่อไป

Lai et al. (2011) ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้คลื่นสั่นสะเทือน (ทั้งคลื่นปฐมภูมิและคลื่นเฉือน) ในการประเมินคุณภาพของวัสดุถมของอ่างเก็บน้ำ Hushan ในประเทศไต้หวัน โดยได้ทำการทดสอบทั้งในห้องปฏิบัติการและในสนาม เพื่อวิเคราะห์ไปถึงทั้งความหนาแน่นและปริมาณความชื้นของตัวอย่าง โดยผล

การศึกษาแสดงให้เห็นว่าวิธีการทดสอบโดยใช้คลื่นสั่นสะเทือนนั้นอาจจะให้ค่าความชื้นต่ำไปและค่าความหนาแน่นแห้งสูงไปกว่าการทดสอบด้วยวิธีดั้งเดิม เช่น การทดสอบ Sand Cone อย่างไรก็ตามค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นอยู่ในช่วงไม่เกิน 10% เท่านั้น จึงสรุปว่าการทดสอบด้วยวิธีดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประเมินคุณภาพของวัสดุถมได้

Ismail et al. (2012) ทำการตรวจวัดคุณสมบัติของถนนลาดยางสองสายทางในประเทศมาเลเซียด้วยวิธีทดสอบ SASW โดยพบว่าวิธีการทดสอบดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้ทั้งค่าคุณสมบัติทางพลศาสตร์ (ความเร็วคลื่นเฉือนและโมดูลัส) และความหนาของโครงสร้างชั้นทาง และเมื่อทำการเปรียบเทียบโปรไฟล์คลื่นเฉือนกับการก่อสร้างชั้นโครงสร้างจริงพบว่ามีความสอดคล้องกันเป็นอย่างยิ่ง

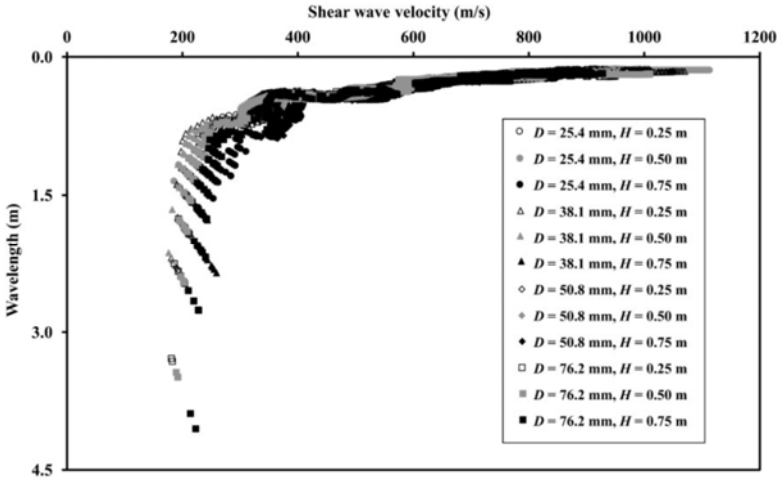
Tokeshi et al. (2013) ได้ประเมินความน่าเชื่อถือของการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยวิธี Multichannel Analysis of Surface Waves และ Multichannel Simulation with One Receiver โดยทำการทดสอบทั้งสองวิธีในบริเวณหน้างานที่มีลักษณะแตกต่างกันทั้งหน้างานดินบดอัดที่ Penrith Lakes และหน้างานธรรมชาติที่ University of Western Sydney โดยผลการตรวจวัดได้ถูกนั้นสอดคล้องกับค่าความเร็วคลื่นเฉือนที่ประมาณได้จากการทดสอบแบบทำลายทั้งการทดสอบ Cone Penetration Test (CPT) และ Standard Penetration Test (SPT) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.44 อย่างไรก็ตามการทดสอบแบบไม่ทำลายนั้นสามารถดำเนินการได้รวดเร็วและมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า



รูปที่ 4.44 ***การเปรียบเทียบค่าความเร็วคลื่นเฉือนจากการตรวจวัดด้วยวิธี MSOR และจากการแปลงค่าจาก SPT-Number***

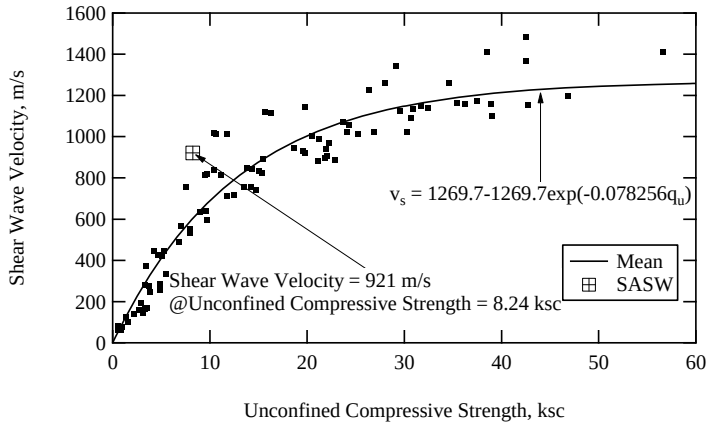
ที่มา: Tokeshi et al. (2013)

Hazra and Kumar (2014) ได้ทำการทดสอบหาค่าความเร็วคลื่นเฉือนของชั้นผิวทาง Asphaltic Concrete ด้วยวิธี SASW โดยใช้ลูกเหล็กที่มีขนาดและระยะตกกระทบที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาหาขนาดของแหล่งกำเนิดคลื่นที่เหมาะสมสำหรับทดสอบชั้นผิวทางประเภทนี้ โดยผลการวิจัยพบว่าด้วยขนาดของลูกเหล็กและระยะตกกระทบที่เพิ่มขึ้นจะก่อให้เกิดคลื่นที่มีความยาวคลื่นมากขึ้น ซึ่งเมื่อใช้ลูกเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 ม.ม. ที่ระยะตกกระทบ 0.25 ม.จะสามารถหาค่าความเร็วคลื่นในช่วงระดับความลึก 0.51-0.76 ม. และเมื่อใช้ลูกเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76.2 ม.ม. ที่ระยะตกกระทบ 0.75 ม.จะสามารถหาค่าความเร็วคลื่นในช่วงระดับความลึก 1.35-2.025 ม. ได้ โดย Dispersion Curves ที่ได้จากการทดสอบแสดงไว้ดังรูปที่ 4.45



รูปที่ 4.45 ***Dispersion Curves ที่ได้จากการทดสอบโดยใช้ลูกเหล็กตกกระแทก***
ที่มา: Hazra and Kumar (2014)

สุสิทธิ์และคณะ (2559) ได้ทำการพัฒนาเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพการก่อสร้างวัสดุโครงสร้างชั้นทางผสมซีเมนต์เบื้องต้นโดยใช้การทดสอบ Free-Free Resonant ภายในห้องปฏิบัติการภายใต้การกำกับของกรมทางหลวง ซึ่งผลที่ได้ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์เบื้องต้นระหว่างค่าความเร็วคลื่นเฉือนและกำลังรับแรงอัดแกนเดียวของวัสดุโครงสร้างทางผสมซีเมนต์ของประเทศไทย อย่างไรก็ตามการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าความเร็วคลื่นเฉือนที่ตรวจวัดได้ในสนาม (เพียง 1 ตำแหน่ง) และในห้องปฏิบัติการนั้นมีความแตกต่างกัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.46 ซึ่งอาจจะมีสาเหตุจากผลกระทบของขนาดอนุภาค แรงดันโอบล้อม (Confining Pressure) รวมไปถึงปริมาณความชื้นที่มีความแตกต่างกัน

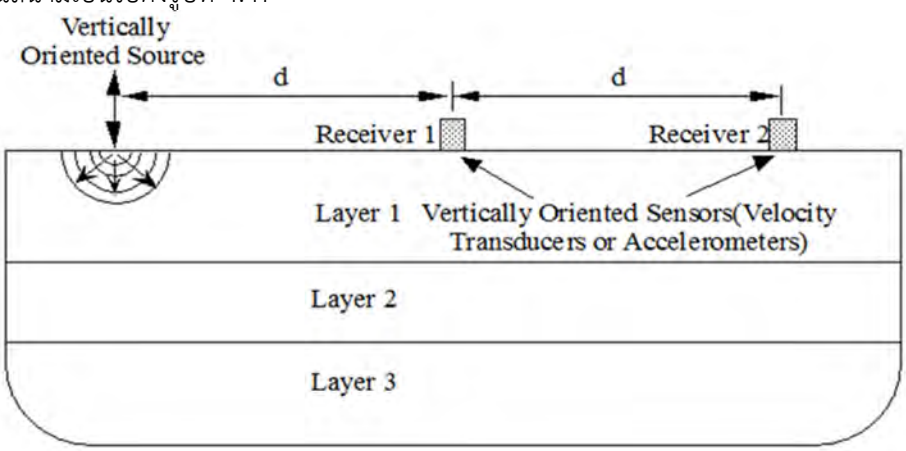


รูปที่ 4.46 ***การเปรียบเทียบค่าความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุรองพื้นทางดินซีเมนต์ที่วัดได้ในสนามกับในห้องปฏิบัติการ***
ที่มา: สุสิทธิ์และคณะ (2559)

4.5 การทดสอบ Spectral Analysis of Surface Waves (SASW)

การทดสอบ Spectral Analysis of Surface Waves หรือ SASW นั้นเป็นวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายที่ความเครียดต่ำที่พัฒนาขึ้นโดย University of Texas at Austin (Nazarian and Stokoe, 1983; Stokoe et al., 1994) โดยการทดสอบนั้นอาศัยการกระจายตัวของคลื่นเรย์ลี (Rayleigh Wave) เพื่อวิเคราะห์หาค่า

ความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุทดสอบที่ระดับความลึกต่างๆ ทั้งนี้การทดสอบ SASW นั้นสามารถดำเนินการได้บนผิวดิน ทำให้ไม่จำเป็นต้องทำการเจาะหลุมเพื่อเก็บตัวอย่าง และใช้อุปกรณ์ทดสอบค่อนข้างน้อย อันประกอบไปด้วย แหล่งกำเนิดคลื่น เช่น ค้อน และอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณคลื่นเพียง 2 ตัวเท่านั้น โดยลักษณะการติดตั้งเครื่องมือในสนามเป็นไปดังรูปที่ 4.47



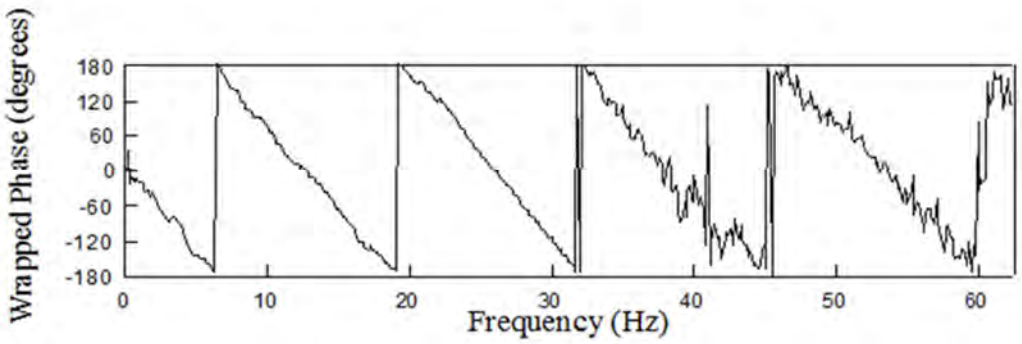
รูปที่ 4.47 การติดตั้งเครื่องมือทดสอบวิธี SASW

ที่มา: Bay (2002)

หลักการตรวจวัดค่าความเร็วคลื่นเฉือนด้วยวิธี SASW คือการใช้คลื่นที่มีความถี่ (หรือความยาวคลื่น) ที่แตกต่างกันเพื่อวัดความเร็วคลื่นที่ระดับความลึกต่างๆ โดยคลื่นที่มีความถี่สูง (ความยาวคลื่นสั้น) จะก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนที่ระดับตื้น ในขณะที่คลื่นที่มีความถี่ต่ำ (ความยาวคลื่นยาว) จะก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนที่ระดับลึกลงไป เมื่อทำการสร้างคลื่นสั่นสะเทือน คลื่นนั้นจะวิ่งผ่านตัวกลางไปสู่ตัวรับสัญญาณตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ตามลำดับ ทำให้สามารถตรวจวัดความต่างเฟส (หรือเวลา) ที่แตกต่างกันระหว่างตัวรับสัญญาณทั้งสองได้ (รูปที่ 4.48) และเมื่อทราบความต่างเฟสแล้วจะสามารถคำนวณค่าความเร็วคลื่นเรย์ลีที่ค่าความถี่ต่างๆ (Dispersion Curves) ได้โดยอาศัยสมการที่ 4-9 และ 4-10 เมื่อ λ_R = ความยาวคลื่นเรย์ลี, d = ระยะห่างระหว่างตัวรับสัญญาณทั้งสอง, ϕ_{21} = ความแตกต่างเฟสระหว่างตัวรับสัญญาณทั้งสอง, v_R = ความเร็วคลื่นเรย์ลี, f = ความถี่

$$\lambda_R = d \times \left(\frac{360}{\phi_{21}} \right) \tag{4-9}$$

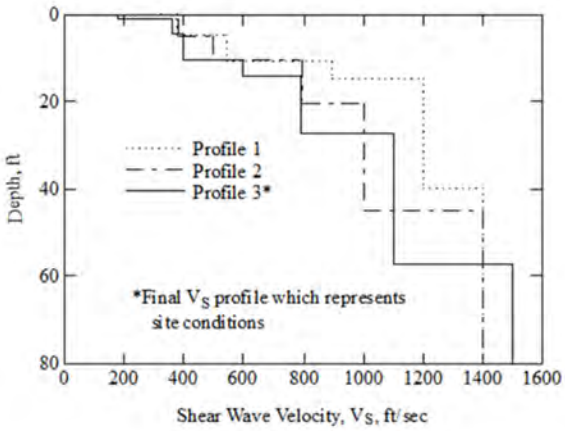
$$v_R = f \times \lambda_R \tag{4-10}$$



รูปที่ 4.48 ตัวอย่างความแตกต่างเฟสที่วัดได้จากตัวรับสัญญาณ

ที่มา: Bay (2002)

ภายหลังจากทำการวิเคราะห์หาความเร็วคลื่นเรย์ลีแล้ว จะทำการวิเคราะห์หาค่าความเร็วคลื่นเฉือนที่ระดับความลึกต่างๆด้วยวิธี Forward Modelling โดยจะดำเนินการซ้ำจนกระทั่ง Dispersion Curves (ความเร็วคลื่นเรย์ลีเทียบกับความยาวคลื่น) ที่ได้จากการตรวจวัดกับที่วิเคราะห์ได้ทางทฤษฎีสอดคล้องกันมากที่สุดเพื่อให้ได้โปรไฟล์ความเร็วคลื่นเฉือนที่เหมาะสมที่สุดดังแสดงในรูปที่ 4.49



รูปที่ 4.49 โปรไฟล์ค่าความเร็วคลื่นเฉือน

ที่มา: Bay (2002)

5. งานเก็บตัวอย่างวัสดุดินลูกรังและจัดหาแปลงทดสอบ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดหาเก็บตัวอย่างวัสดุดินลูกรัง คัดเลือกชนิดของปูนซีเมนต์และน้ำยางธรรมชาติ รวมทั้งพิจารณาและจัดหาแปลงทดสอบภาคสนาม เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติและพฤติกรรมของวัสดุดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติในห้องปฏิบัติการ แบบจำลองสภาพการใช้งาน และในสนาม และได้ขอให้กรมทางหลวงพิจารณาแหล่งวัสดุ วัสดุผสม แปลงทดสอบตามหนังสือที่ อว 6501.1008/667 ดังแสดงในรูปที่ 5.1 และมีรายละเอียดการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ที่ อว ๖๕๐๑.๑๐๐๔/๖๖๗

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ตู้ ป.ณ. ๑๐๓๒ ปทฝ.เกษตรศาสตร์
กรุงเทพมหานคร ๑๐๙๐๓

๒๗ มีนาคม ๒๕๖๓

เรื่อง พิจารณาแหล่งวัสดุ วัสดุผสม แปลงทดสอบ

เรียน ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

อ้างถึง สัญญาจ้างที่ปรึกษา เลขที่ สจ. ๒/๒๕๖๓ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๓
หนังสือกรมทางหลวง เลขที่ คค ๐๖๑๔๑/๒๕๖ ลงวันที่ ๑๙ มีนาคม ๒๕๖๓

ตามที่สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง ได้ไว้วางใจมอบหมายให้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดำเนินการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย ซึ่งมีรายละเอียดตามที่ระบุไว้ในสัญญาเลขที่ สจ. ๒/๒๕๖๓ นั้น

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้ดำเนินการจัดหาแหล่งวัสดุดินลูกรัง วัสดุผสม และแปลงทดสอบ สำหรับการดำเนินการศึกษาในโครงการ ดังต่อไปนี้

๑. แหล่งวัสดุดินลูกรัง จำนวน ๒ แหล่ง ประกอบไปด้วย บ่ออมรมงคล จังหวัดชลบุรี และบ่อดินสุนีย์ จังหวัดชัยนาท ดังแสดงรายละเอียดในเอกสารแนบ

๒. วัสดุผสมที่ใช้ ประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์ตามมาตรฐาน มอก. ๑๕ ประเภท ๑ ตราเอสซีจี, น้ำยางพาราข้นประเภท High Ammonia (HA) ที่มี Dry Rubber Content ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๖๐ และสารลดแรงตึงผิว ชนิด NP๙ (Nonylphenol Ethoxylate ๙ MOLES)

๓. แปลงทดสอบในโครงการที่อยู่ระหว่างการก่อสร้างของกรมทางหลวง จำนวน ๒ แปลง ประกอบไปด้วย ทางหลวงหมายเลข ๑๑ แยกอินทร์บุรี-อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี-บ.หนองบัวทอง ตอน ๑ และ ทางหลวงหมายเลข ๑๑ แยกอินทร์บุรี-อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี-บ.หนองบัวทอง ตอน ๒ ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากกรมทางหลวง ดังรายละเอียดตามหนังสือกรมทางหลวง เลขที่ คค ๐๖๑๔๑/๒๕๖

ด้วยเหตุนี้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงใคร่ขออนุญาตประธานและคณะกรรมการตรวจรับงานจ้างทำการพิจารณาแหล่งวัสดุดินลูกรัง วัสดุผสม และแปลงทดสอบดังกล่าว สำหรับการดำเนินการศึกษาในขั้นตอนถัดไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ด้วยความเคารพอย่างสูง

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี)
หัวหน้าโครงการฯ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทร ๐๒-๗๙๗-๐๙๙๙ ต่อ ๑๓๐๑-๔
โทรสาร ๐๒-๕๗๙-๗๕๖๕

รูปที่ 5.1 หนังสือเรื่อง พิจารณาแหล่งวัสดุ วัสดุผสม แปลงทดสอบ

5.1 การจัดหาแหล่งวัสดุดินลูกรัง

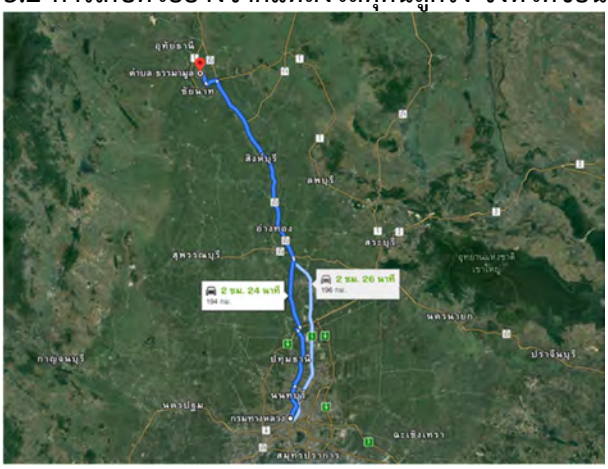
ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดหาแหล่งวัสดุดินลูกรัง จำนวน 2 แหล่ง สำหรับงานพื้นทางดินซีเมนต์ตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 204 “มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์” ในจังหวัดชลบุรีและจังหวัดชัยนาท และได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินลูกรังจำนวนแหล่งละ 120 กระสอบ คิดเป็นน้ำหนักประมาณ 3,000 กิโลกรัม/แหล่งวัสดุ โดยรูปที่ 5.2 และรูปที่ 5.3 แสดงภาพการเก็บตัวอย่างดินและระยะทางของแหล่งวัสดุดินลูกรังจังหวัดชัยนาทตามลำดับ ส่วนรูปที่ 5.4 และรูปที่ 5.5 แสดงภาพการเก็บตัวอย่างดินและระยะทางของแหล่งวัสดุดินลูกรังจังหวัดชลบุรีตามลำดับ ทั้งนี้รายละเอียดแหล่งวัสดุแต่ละแหล่งเป็นไปดังนี้

1) บ่อดินสุนีย์ จังหวัดชัยนาท

- พิกัด 15°15'55.4 N 100°08'03.7 E
- ระยะทางจากกรมทางหลวง: 194 กิโลเมตร



รูปที่ 5.2 การเก็บตัวอย่างจากแหล่งวัสดุดินลูกรัง จังหวัดชัยนาท



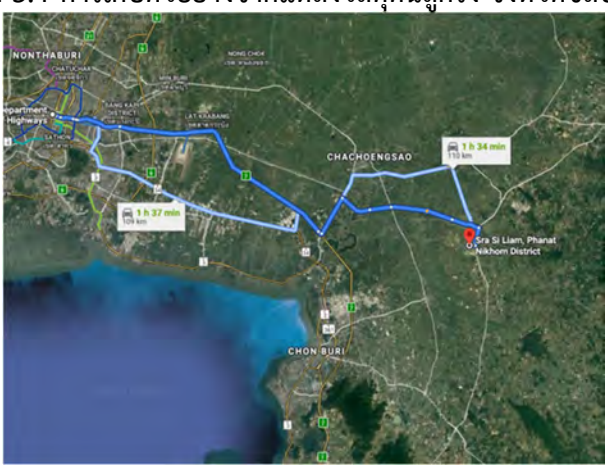
รูปที่ 5.3 แผนที่แสดงระยะทางถึงแหล่งวัสดุดินลูกรัง จังหวัดชัยนาท

2) บ่อดิน จังหวัดชลบุรี

- พิกัด 13°32'26.66 N 101°15'11.91 E
- ระยะทางจากกรมทางหลวง: 101 กิโลเมตร



รูปที่ 5.4 การเก็บตัวอย่างจากแหล่งวัสดุดินลูกรัง จังหวัดชลบุรี



รูปที่ 5.5 แผนที่แสดงระยะทางถึงแหล่งวัสดุดินลูกรัง จังหวัดชลบุรี

5.2 การคัดเลือกชนิดของปูนซีเมนต์และน้ำยางธรรมชาติ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการคัดเลือกชนิดของปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐาน มอก.15 ประเภท 1 และน้ำยางธรรมชาติซึ่งเป็นน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่ม สำหรับดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยคุณสมบัติและหรือคุณลักษณะจำเพาะของวัสดุดังกล่าวเป็นดังต่อไปนี้

- ปูนซีเมนต์: ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 ตามมาตรฐาน มอก.15 ยี่ห้อ SCG (ปูนตราช้าง)
- น้ำยางธรรมชาติ: น้ำยางข้น (Concentrated Latex) ประเภท HA (High Ammonia) ที่มีส่วนผสมของยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC) ไม่น้อยกว่า 60% ดังแสดงตัวอย่างและคุณสมบัติในรูปที่ 5.6 และตารางที่ 5.1 ตามลำดับ ร่วมกับสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ชนิดไม่มีประจุ NP9 (Nonylphenol Ethoxylate 9 MOLES) ดังแสดงตัวอย่างและคุณสมบัติในรูปที่ 5.7 และ0 ตามลำดับ เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้อนุภาคของยางพาราจับตัวกันก่อนที่จะทำการผสมกับวัสดุมวลรวมให้เข้ากันได้อย่างสม่ำเสมอ



รูปที่ 5.6 น้ำยางพาราข้นประเภท HA



รูปที่ 5.7 สารลดแรงตึงผิว (Surfactant)

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติน้ำยางพาราข้นประเภท HA

Parameters	unit	# Spec
Total solids content (TSC)	% by mass	61.00 min
Dry rubber content (DRC)	% by mass	60.00 min
pH value at 25.6°C	-	11 max
KOH no.	% by mass	0.70 max
Alkalinity (as ammonia on total weight)	% by mass	0.65-0.75
Non rubber content (NRC)	% by mass	1.70 max
Alkalinity (as ammonia on water phase)	% by mass	-
Volatile Fatty acid number (VFA no.)	-	0.05 max
Mechanical stability time (MST) at 55% TSC	sec.	650 min
Specific gravity at 25°C (SG)	-	0.94 min
Magnesium content (Mg)	ppm	40 max
Viscosity at 60% TSC spindle no. 1 At 60 rpm	cps.	-
Coagulum content, 80 mesh	ppm	-

ตารางที่ 5.2 คุณสมบัติสารลดแรงตึงผิว

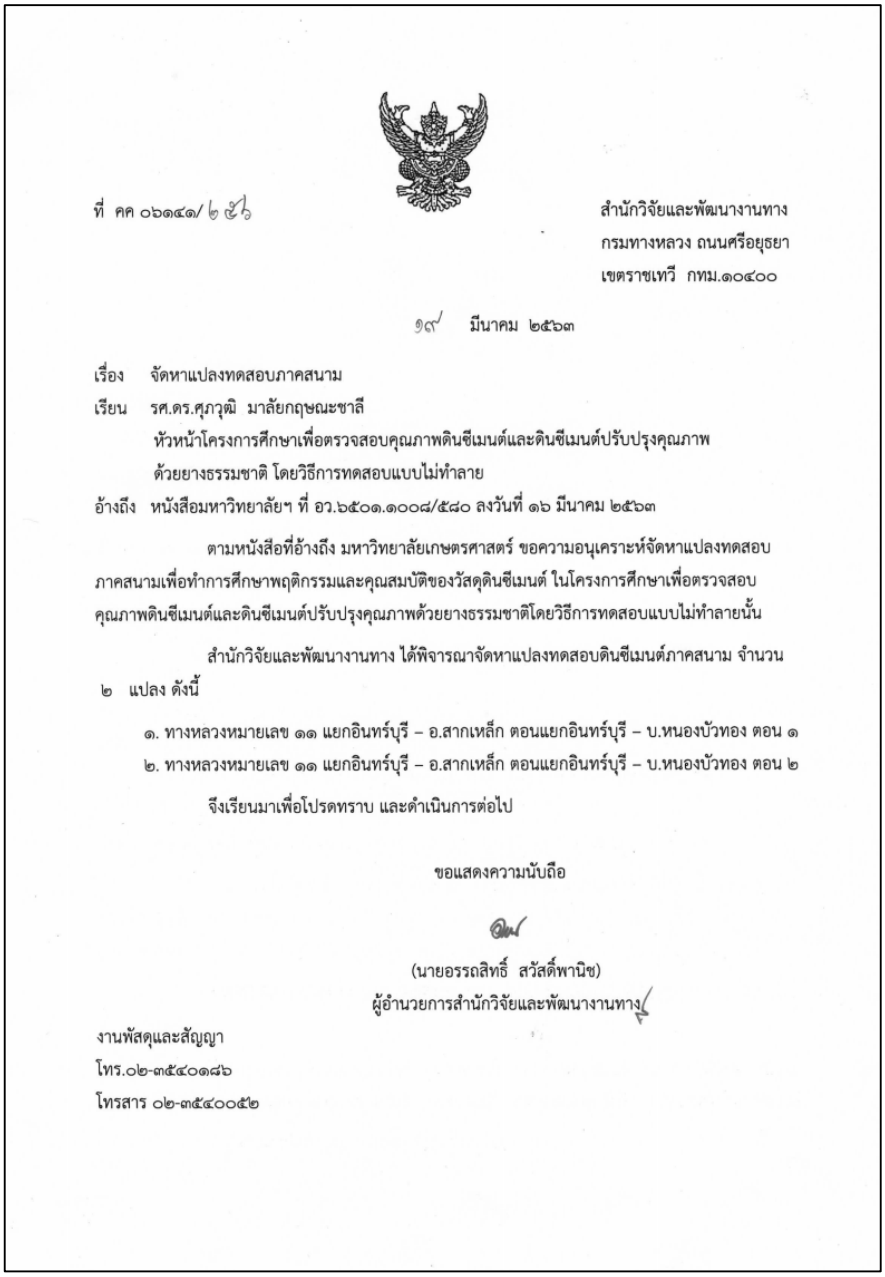
Item	Unit	Specification
Appearance		Pale yellow liquid
Actives	wt%	100
Cloud Point		54
pH		5-8
Colour	Pt-Co	MAX 60
Viscosity at 25°C (77°F)	cP	243
Density at 20°C (68°F)	g/mL	1.055

5.3 การจัดหาแปลงทดสอบ

ที่ปรึกษาดำเนินการจัดหาแปลงทดสอบในโครงการที่อยู่ระหว่างก่อสร้างของกรมทางหลวง จำนวน 2 แปลง เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติและพฤติกรรมของวัสดุดินซีเมนต์และ/หรือดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติในสนาม และได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง ในการจัดหาแปลงทดสอบภาคสนาม ตามหนังสือที่ คค 06141/256 (รูปที่ 5.8) ได้แก่

1) ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1

2) ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2



ที่ คค ๐๖๑๔๑/๒๕๖

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง
กรมทางหลวง ถนนศรีอยุธยา
เขตราชเทวี กทม.๑๐๔๐๐

๑๙ มีนาคม ๒๕๖๓

เรื่อง จัดหาแปลงทดสอบภาคสนาม

เรียน รศ.ดร.ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชาลี
หัวหน้าโครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพ
ด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

อ้างถึง หนังสือมหาวิทยาลัยฯ ที่ อว.๖๕๐๑.๑๐๐๘/๕๘๐ ลงวันที่ ๑๖ มีนาคม ๒๕๖๓

ตามหนังสือที่อ้างถึง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอความอนุเคราะห์จัดหาแปลงทดสอบภาคสนามเพื่อทำการศึกษาพฤติกรรมและคุณสมบัติของวัสดุดินซีเมนต์ ในโครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายนั้น

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง ได้พิจารณาจัดหาแปลงทดสอบดินซีเมนต์ภาคสนาม จำนวน ๒ แปลง ดังนี้

๑. ทางหลวงหมายเลข ๑๑ แยกอินทร์บุรี – อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี – บ.หนองบัวทอง ตอน ๑
๒. ทางหลวงหมายเลข ๑๑ แยกอินทร์บุรี – อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี – บ.หนองบัวทอง ตอน ๒

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(นายอรรถสิทธิ์ สวัสดิ์พานิช)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง

งานพัสดุและสัญญา
โทร.๐๒-๓๕๔๐๑๘๖
โทรสาร ๐๒-๓๕๔๐๐๕๒

รูปที่ 5.8 หนังสือเรื่อง จัดหาแปลงทดสอบภาคสนาม

6. งานพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

ที่ปรึกษาได้พัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 การจัดทำชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

ที่ปรึกษาดำเนินการจัดทำชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายของดินและวัสดุมวลรวมระหว่างก่อสร้างที่สามารถแสดงผลลัพธ์ได้ทันที โดยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นประกอบไปด้วย

6.1.1 อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น (Moisture Sensor)

อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น (Moisture Sensor) ประกอบไปด้วย

- Time Domain Reflectometry (TDR) สำหรับตรวจวัดปริมาณความชื้นจำนวน 4 ชิ้น, โดย TDR ที่พัฒนาขึ้นนี้ได้ได้ออกแบบอุปกรณ์ให้มีลักษณะเป็นรูปกล่อง และมีผิวสัมผัสระหว่าง TDR กับวัสดุเพียงด้านเดียวเพื่อให้สามารถนำ TDR ไปวางบนผิววัสดุเพื่อตรวจวัดค่าความชื้นโดยไม่จำเป็นต้องฝังอุปกรณ์ไว้ภายในวัสดุนั้น ทั้งนี้ค่าความชื้นที่วัดโดยอุปกรณ์ TDR เป็นค่าความชื้นโดยปริมาตร (Volumetric water content)
- KU-Tensiometer สำหรับตรวจวัดแรงดูด จำนวน 3 ชิ้น เป็นอุปกรณ์ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Jotisankasa et al. (2007) อภินิติและวิษณุพงศ์ (2551) ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้เซนเซอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์จุลภาค (MEMS) สำหรับวัดแรงดูดเมทริก (Matric suction) ของวัสดุบดอัด โดยอาศัยการส่งถ่ายแรงดึงระหว่างน้ำในช่องว่างดิน ผ่านเซรามิคไปยังน้ำในอุปกรณ์วัดจนเกิดความสมดุล (Equilibration) ซึ่งอาจใช้เวลาถึง 1-2 ชั่วโมง ขึ้นกับสัมประสิทธิ์การไหลซึมได้ของน้ำในดิน สามารถวัดแรงดูดในช่วงไม่เกิน 90 kPa เพื่อใช้วัดแรงดูดของวัสดุบดอัดในช่วงเปียกกว่าสภาวะเหมาะสม (Wet of Optimum) และ
- Relative Humidity Sensor สำหรับตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ จำนวน 4 ชิ้น เป็นอุปกรณ์ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย อภินิติและวิษณุพงศ์ (2551) ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับประเมินความชื้นสัมพัทธ์ที่ผิวบนของวัสดุ ซึ่งสามารถนำไปคำนวณแรงดูดรวม (Total suction) ในวัสดุ โดยจะต้องคอยให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอุปกรณ์วัดเกิดความสมดุลกับวัสดุ ซึ่งอาจใช้เวลา 5-7 วัน เหมาะสำหรับวัดแรงดูด ในช่วงค่า 103-106 kPa ซึ่งเหมาะสมสำหรับดินซีเมนต์หรือ ดินที่บดอัดในช่วงแห้งกว่าสภาวะเหมาะสม (Dry of Optimum)

อนึ่ง อุปกรณ์ KU-Tensiometer และ Relative humidity sensor สามารถวัดค่าความชื้นในลักษณะของศักย์แรงดูด (หน่วย kPa) ซึ่งเป็นค่าที่สัมพันธ์กับสมบัติทางกลศาสตร์ของวัสดุโดยตรง เมื่อเปรียบเทียบกับการวัดความชื้นโดยปริมาตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาตรน้ำและดิน แต่เนื่องจากการวัดแรงดูดจะต้องคอยสภาวะสมดุลค่อนข้างนาน การใช้งานในสนามจะมีความยุ่งยากกว่าอุปกรณ์ TDR ในทางปฏิบัติการวัดความชื้นด้วยอุปกรณ์ TDR จึงเหมาะสมกว่า

6.1.2 อุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัด ประมวลผล และแสดงผลลัพธ์บนหน้าจอ (Microcontroller and Readout Unit)

อุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัด ประมวลผล และแสดงผลลัพธ์บนหน้าจอ (Microcontroller and Readout Unit) ประกอบไปด้วย

- อุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัด ประมวลผล ได้แก่ Microcontroller boars ยี่ห้อ Arduino รุ่น Arduino Uno
- อุปกรณ์แสดงผลลัพธ์บนหน้าจอ ได้แก่ จอแสดงผลยี่ห้อ Nextion รุ่น NX8048K070

6.1.3 อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล (Data Collection System)

อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล (Data Collection System) ประกอบไปด้วย

- อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล Micro SD Card พร้อม Adapter ยี่ห้อ Sandisk รุ่น: Ultra MicroSDHC UHS-I Class 10
- Data Logger Shield ยี่ห้อ Shenzen รุ่น FZ0667

6.1.4 อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า (Power Supply)

อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า (Power Supply) ประกอบไปด้วย

- อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า ประเภท Power Bank ยี่ห้อ Anker รุ่น PowerCore Model A1215

ทั้งนี้ข้อมูลจำเพาะทั่วไปของอุปกรณ์ตรวจวัดแต่ละประเภท แสดงไว้ดังตารางที่ 6.1โดยที่ปรึกษาได้ขอให้กรมทางหลวงพิจารณาคุณสมบัติของอุปกรณ์ตามหนังสือที่ อว 6501.1008/960 ดังแสดงในรูปที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลจำเพาะทั่วไปของอุปกรณ์ตรวจวัด

รายการ	รายการและคุณสมบัติทั่วไปของอุปกรณ์ตามข้อกำหนด (TOR)	รายการเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย	คุณสมบัติทั่วไปของเครื่องมือและอุปกรณ์	รูปภาพเครื่องมือและอุปกรณ์
1	อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น (Moisture Sensor)	1.1 อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น Time Domain Reflectometry (TDR) Modified from NECTEC TDR จำนวน: 4 ชิ้น	- Supply voltage: 3.3 – 5 V - Sensitivity (Typical): 50mV/%vol.water content - Response time (Typical): 1 s - Accuracy (Typical): +- 2%	
		1.2 อุปกรณ์ตรวจวัดค่าแรงดูด Tensiometer พัฒนาโดย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน: 3 ชิ้น	- Supply voltage: 5 V - Sensitivity (Typical): 6.4 mV/kPa - Response time (Typical): 1 s - Accuracy (Typical): +- 0.5 kPa	
		1.3 อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ Relative Humidity Sensor พัฒนาโดย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน: 4 ชิ้น	- Supply voltage: 4 – 5.8 V - Sensitivity (Typical): 31.48 mV/%RH - Response time (Typical): 5 s - Accuracy (Typical): +- 3.5 %	

รายการ	รายการและคุณสมบัติทั่วไปของอุปกรณ์ตามข้อกำหนด (TOR)	รายการเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย	คุณสมบัติทั่วไปของเครื่องมือและอุปกรณ์	รูปภาพเครื่องมือและอุปกรณ์
2	อุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัด ประมวลผล และแสดงผลลัพธ์บนหน้าจอ (Microcontroller and Readout Unit)	2.1 อุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัด ประมวลผล ยี่ห้อ: Arduino รุ่น: Arduino Uno R3 จำนวน: 1 ชิ้น	- Microcontroller: ATmega328P - Input voltage - 7-12V - 14 Digital I/O Pins (6 PWM outputs) - 6 Analog Inputs - 32KB Flash Memory (0.5KB for boot loader) - 2KB SRAM - 1KB EEPROM - 16Mhz Clock Speed	
		2.2 อุปกรณ์แสดงผลลัพธ์บนหน้าจอ ยี่ห้อ: Nextion รุ่น: NX8048K070 จำนวน: 1 ชิ้น	- จอแสดงผล LCD แบบ Resistive Touch ขนาด 7 นิ้ว - ความละเอียด 800 x 480 พิกเซล - Flash Memory 32 MB - EEPROM 1 KB RAM 2 KB - แสดงสีได้ 65K	

รายการ	รายการและคุณสมบัติทั่วไปของอุปกรณ์ตามข้อกำหนด (TOR)	รายการเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย	คุณสมบัติทั่วไปของเครื่องมือและอุปกรณ์	รูปภาพเครื่องมือและอุปกรณ์
3	อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล (Data Collection System):	3.1 อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล ยี่ห้อ: Sandisk รุ่น: Ultra MicroSDHC UHS-I Class 10 จำนวน: 1 ชิ้น	- ขนาด 16 GB - ความเร็วในการอ่านข้อมูล 80 MB/วินาที - ความเร็วในการเขียนไม่ต่ำกว่า 10 MB/วินาที	
		3.2 Data Logger Shield ยี่ห้อ: Shenzen รุ่น: FZ0667	- SD card interface works with FAT16 or FAT32 formatted cards - Real time clock (RTC) - Included libraries and example code for both SD and RTC - Current DC < 25 mA - Onboard 3.3v regulator	

รายการ	รายการและคุณสมบัติทั่วไปของอุปกรณ์ตามข้อกำหนด (TOR)	รายการเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย	คุณสมบัติทั่วไปของเครื่องมือและอุปกรณ์	รูปภาพเครื่องมือและอุปกรณ์
4	อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า (Power Supply)	4.1 อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า ยี่ห้อ: Anker รุ่น: PowerCore Model A1215 จำนวน: 1 ชิ้น	- ความจุ 13000 mAh/46.8 Wh - Input: 5V-2A - Output: 5V-3A (3A max per port)	

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง
เลขที่ 691
วันที่ 12 ธ.ค. 2563
เวลา 11.10

ที่ อว ๖๕๐๑.๑๐๐๘/๙๖๐

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ตู้ ป.ณ. ๑๐๓๒ ปทฝ.เกษตรศาสตร์
กรุงเทพมหานคร ๑๐๙๐๓

๒๕ พฤษภาคม ๒๕๖๓

เรื่อง พิจารณาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

เรียน ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

อ้างถึง สัญญาจ้างที่ปรึกษา เลขที่ สจ. ๒/๒๕๖๓ ลงวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๖๓

ตามที่สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง ได้ไว้วางใจมอบหมายให้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดำเนินการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย ซึ่งมีรายละเอียดตามที่ระบุไว้ในสัญญาเลขที่ สจ. ๒/๒๕๖๓ นั้น

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้ดำเนินการจัดทำชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย สำหรับการดำเนินการศึกษาในโครงการ ดังแสดงรายละเอียดในเอกสารแนบ

ในการนี้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์คณะกรรมการบริหารโครงการพิจารณาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายดังกล่าว สำหรับการดำเนินการศึกษาในขั้นตอนถัดไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

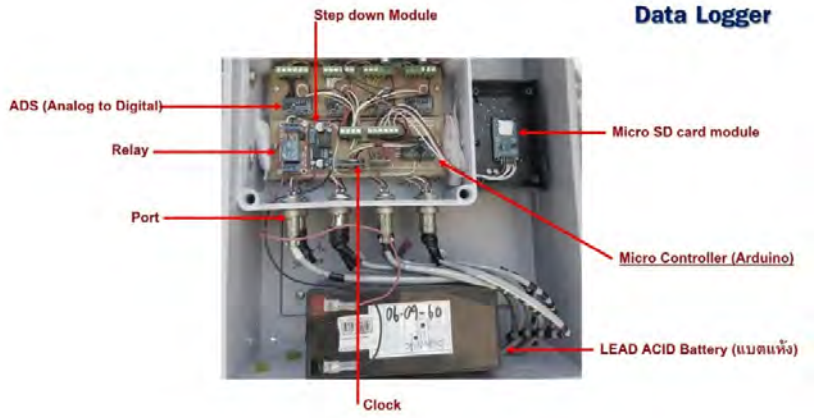
ด้วยความเคารพอย่างสูง

(รศ.ดร. ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี)
หัวหน้าโครงการฯ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทร ๐๒-๗๙๗-๐๙๙๙ ต่อ ๑๓๐๑-๔
โทรสาร ๐๒-๕๗๙-๗๕๖๕

รูปที่ 6.1 หนังสือพิจารณาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

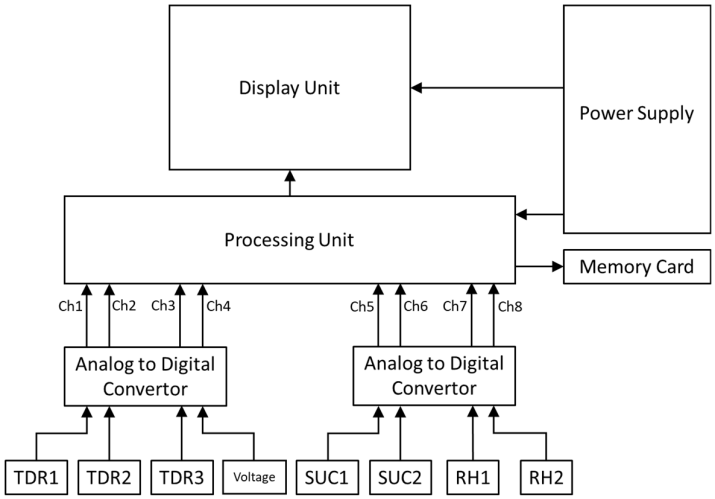
ในส่วนของชุด Data logger แบบพกพานี้ ที่ปรึกษาได้พัฒนาต่อยอดจากชุด Data Logger แบบติดตั้งอยู่กับที่โดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (รูปที่ 6.2) โดยชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจวัดได้ 8 ช่องสัญญาณด้วยหัวต่อชนิด 4 ขา (รูปที่ 6.3) ประกอบไปด้วย 3 ช่องสัญญาณสำหรับต่อเชื่อมกับ TDR เพื่อวัดค่าความชื้น, 2 ช่องสัญญาณสำหรับต่อเชื่อมกับ Tensiometer เพื่อวัดค่าแรงดูด, 2 ช่องสัญญาณสำหรับต่อเชื่อมกับ Relative Humudity Sensors เพื่อวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์และ 1 ช่องสัญญาณสำหรับการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ซึ่งชุดอุปกรณ์นี้ใช้ไฟเลี้ยงแรงดัน (Supply voltage) 5 โวลต์ สำหรับจ่ายไฟแยกให้แก่จอแสดงผลและอุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัด ความละเอียดของชุดแปลงสัญญาณไฟจาก Analog-to-digital คือ 16 บิต รูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์และลักษณะของ Data Logger แสดงไว้ดังรูปที่ 6.4 และรูปที่ 6.5 ตามลำดับ สามารถปรับแก้ไขคำสั่งการทำงานได้ผ่านโปรแกรมโอเพ่นซอร์ส Arduino Integrated Development Environment (IDE) ดังแสดงในรูปที่ 6.6 ทั้งนี้ความแตกต่างระหว่างชุด Data Logger แบบติดตั้งอยู่กับที่ และชุด Data Logger แบบพกพาที่พัฒนาขึ้นมานั้นแสดงไว้ดังตารางที่ 6.2



รูปที่ 6.2 ตัวอย่าง Data Logger แบบติดตั้งอยู่กับที่ โดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่มา: เสวก และคณะ (2562)



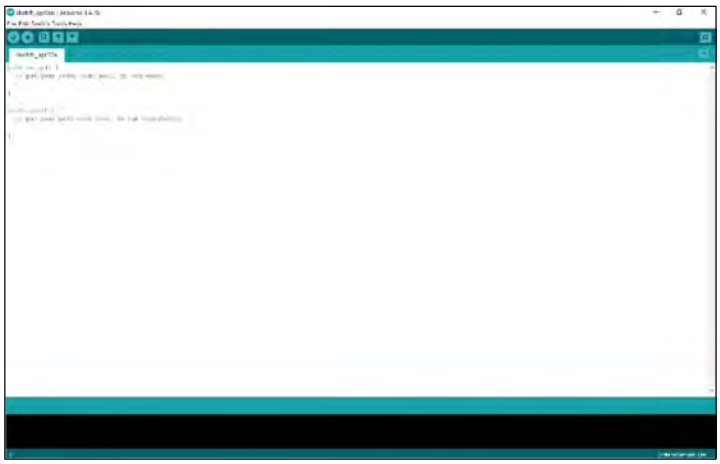
รูปที่ 6.3 หัวต่อชนิด 4 ขา



รูปที่ 6.4 แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์



รูปที่ 6.5 รูปร่างลักษณะ Data logger ที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 6.6 โปรแกรม Arduino Integrated Development Environment (IDE)

ตารางที่ 6.2 ความแตกต่างระหว่าง Data Logger ทั้งสองรุ่น ที่พัฒนาโดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Data Logger แบบติดตั้งอยู่กับที่	Data Logger แบบพกพาที่พัฒนาต่อยอดจากเดิม
1. ความแตกต่างด้านฮาร์ดแวร์	
ขนาดใหญ่ เคลื่อนย้ายลำบาก	ขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายได้
ไม่มีจอแสดงผล/จอแสดงผลประเภท Character LCD	จอแสดงผลประเภท LCD ขนาด 7 นิ้ว ความละเอียด 800 x 480 พิกเซล
ขนาดช่องสัญญาณ จำนวน 16 ช่องสัญญาณ	ขนาดช่องสัญญาณ จำนวน 8 ช่องสัญญาณ
เชื่อมต่อวงจร Analog-to-Digital ด้วยสายไฟ	เชื่อมต่อวงจร Analog-to-Digital ผ่านแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board, PCB)
ใช้แบตเตอรี่แห้งเป็นอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า	ใช้ Power Bank เป็นอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า
2. ความแตกต่างด้านซอฟต์แวร์	
แสดงผลเป็นค่าแรงดันไฟฟ้า	แสดงผลเป็นค่าความชื้น ค่าแรงดูด ค่าความชื้นสัมพัทธ์ และค่าแรงดันไฟฟ้า (ตามแต่ช่องสัญญาณที่ออกแบบ และขึ้นกับค่าสัมประสิทธิ์ของอุปกรณ์ตรวจวัด)

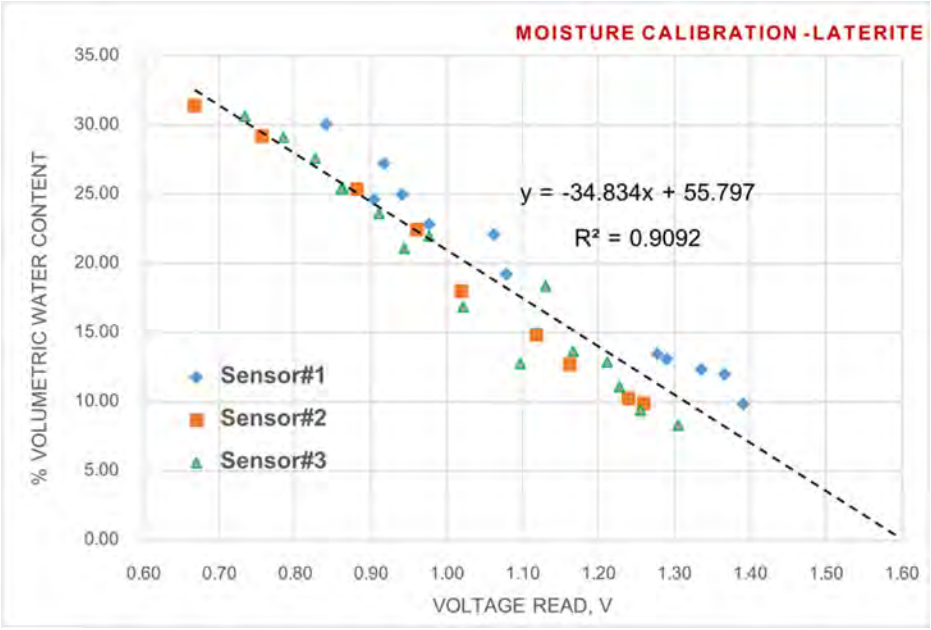
6.2 การสอบเทียบชุดอุปกรณ์ฯ

ที่ปรึกษาได้ทำการสอบเทียบชุดอุปกรณ์ฯในข้อ 4.1 พร้อมจัดทำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ตรวจวัดได้จากชุดอุปกรณ์ฯ กับค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวม ผลการสอบเทียบ (Calibration) กับวิธีการทดลองหาค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวมตามมาตรฐานสากล และข้อมูลคุณลักษณะของชุดอุปกรณ์ฯ ได้แก่ ความละเอียด (Resolution) ความแม่นยำ (Accuracy) ความเที่ยงตรง (Precision) ความคลาดเคลื่อน (Error) ความสามารถในการวัดซ้ำของคนวัดหรืออุปกรณ์วัด (Repeatability) ความสามารถในการวัดซ้ำระหว่างคนวัดหรือระหว่างเครื่องมือวัด (Reproducibility) เป็นต้น โดยรายละเอียดการดำเนินการเป็นดังต่อไปนี้

1) รูปที่ 6.7 แสดงตัวอย่างการสอบเทียบวัสดุ โดยเป็นการทดสอบหาค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากเซนเซอร์ที่ค่าความชื้นโดยปริมาตรของวัสดุที่ระดับความชื้นต่างๆ โดยสอบเทียบเซนเซอร์ภายในภาชนะ (Mold) ที่ใช้ในการทดลองเป็นกล่องสี่เหลี่ยมประกอบจากแผ่นอะครีลิคใส ปริมาตรภายใน 16.2x18.2x20.1 เซนติเมตร มีช่องสำหรับเสียบอุปกรณ์วัดความที่บริเวณกลางกล่อง และสามารถวางเซนเซอร์ด้านบน เพื่อให้เซนเซอร์มีรูปแบบการวางตัวเหมือนลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์วัดในสนาม การทดสอบกระทำกับวัสดุงานทาง 4 ชนิด ได้แก่ พื้นทางดินซีเมนต์ ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ดินลูกรัง และทราย เพื่อเป็นตัวแทนของวัสดุที่ใช้ทั่วไปในงานทาง รูปที่ 6.8 แสดงตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์วัดความชื้นดิน



รูปที่ 6.7 ตัวอย่างการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR



รูปที่ 6.8 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR

ที่มา: เสวก และคณะ (2561)

2) การสอบเทียบอุปกรณ์เทนซิโอมิเตอร์ กระทำโดยควบคุมแรงดูดในเซนเซอร์จากปั๊มสูญญากาศ ที่ระดับต่างๆเปรียบเทียบกับสัญญาณไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 6.9 ตัวอย่างผลการสอบเทียบดังแสดงในรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.9 ตัวอย่างการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าแรงดูด Tensiometer

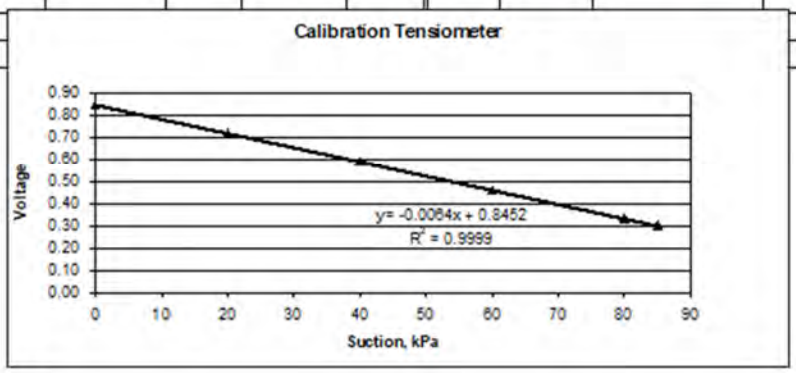
Calibration sheet: Tensiometer

Project Chiangrai — GIL monitor understand — Date 08/04/2009

Instrument no.	1 8.10m	Calibrated by	GIL
Storage location		Checked by	GIL
Calibrating gauge	Holland1	Calibrating pump	X1
Handheld readout unit no.	1		
Battery voltage =	9.01		

Gauge suction

Forward					Reverse			
	Gage		Prediction		Gage		Prediction	
mmHg	kPa	Volt	kPa	Diff	kPa	Volt	kPa	Diff
	85	0.301	84.844	0.156	85	0.302	84.688	0.313
	80	0.330	80.313	-0.313	80	0.331	80.156	-0.156
	60	0.458	60.313	-0.312	60	0.46	60.000	0.000
	40	0.590	39.688	0.313	40	0.589	39.844	0.156
	20	0.719	19.531	0.469	20	0.718	19.688	0.313
	0	0.844	0.000	0.000	0	0.844	0.000	0.000



Sensitivity = 0.0064 Volt/kPa

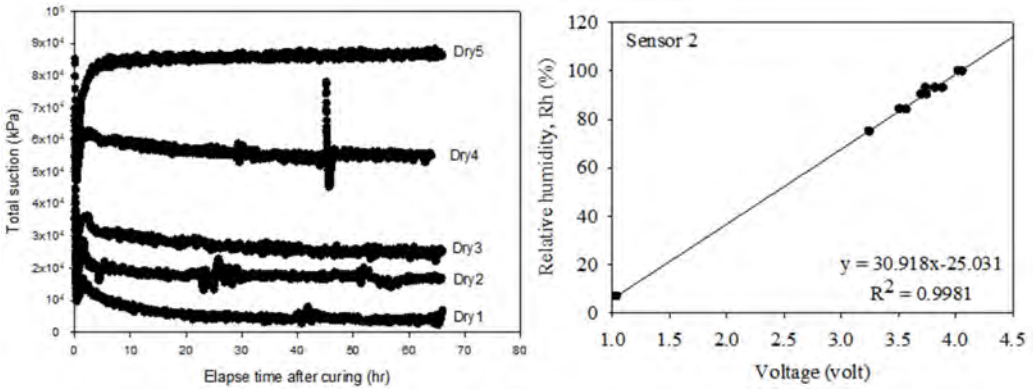
รูปที่ 6.10 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าแรงดูด Tensiometer

ที่มา: Jotisankasa (2009)

3) การสอบเทียบอุปกรณ์วัดแรงดูดรวม โดยการวัดความชื้นสัมพัทธ์ กระทำโดยควบคุมค่าความชื้นสัมพัทธ์โดยวิธี Isopiestic technique จากสารละลายเกลือ ที่ระดับต่างๆเปรียบเทียบกับสัญญาณไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 6.11 ตัวอย่างผลการสอบเทียบดังแสดงในรูปที่ 6.12



รูปที่ 6.11 ตัวอย่างการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ RH Sensor



รูปที่ 6.12 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ RH Sensor
ที่มา: อภินิติ (2555)

ทั้งนี้อุปกรณ์วัดความชื้นและแรงดูดในรูปแบบต่างๆจะมีการสอบเทียบอีกครั้งในสนาม โดยเปรียบเทียบกันเพื่อยืนยันความแม่นยำของการวัดค่าทั้งในห้องปฏิบัติการและในแบบจำลองสภาพการใช้งานดังแสดงในรูปที่ 6.13



รูปที่ 6.13 ตัวอย่างการตรวจวัดแรงดูดในสนาม

ในการสอบเทียบอุปกรณ์ได้อ้างอิงหลักการซึ่งเสนอโดย Dunnicliff (1993) เพื่อประเมินความน่าเชื่อถือในการตรวจวัดทางวิศวกรรมปฐพี ดังนี้

6.2.1 ความแม่นยำ (Accuracy)

ความแม่นยำ (Accuracy) คือความใกล้เคียงของค่าที่วัดได้จากชุดอุปกรณ์วัด เทียบกับค่าที่แท้จริง (True value) โดยค่าที่แท้จริง ต้องเป็นค่าที่สามารถอ้างอิงได้จากมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับ ในการสอบเทียบอุปกรณ์ TDR การศึกษานี้กำหนดให้ ค่าความชื้นโดยปริมาตรที่แท้จริง วัดได้จากน้ำหนักและปริมาตรของตัวอย่างดินในกล่องอะคริลิก ดังรูปที่ 6.14 แล้วนำมาคำนวณตามนิยามของค่าความชื้นโดยปริมาตรเท่ากับปริมาตรน้ำหารด้วยปริมาตรดินทั้งหมด (volumetric water content, $\theta = V_w / V$) ซึ่งมีการควบคุมการบดอัดในลักษณะเดียวกับมาตรฐานการบดอัดวัสดุงานทางของกรมทางหลวง และงานวิจัยโดย Suwansawat and Benson (1999) และ เสวก และคณะ (2561)

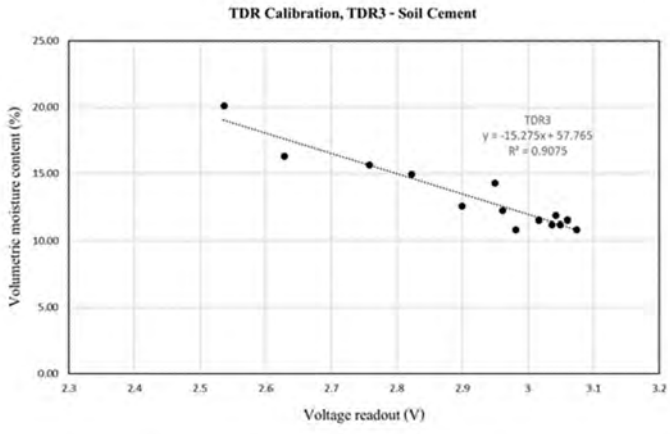
ในการศึกษานี้ใช้วิธีการบดอัดดินและดินซีเมนต์ตามมาตรฐานให้ได้ความแน่นและความชื้นที่จุดเหมาะสมเหมือนในสนาม และวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ที่อ่านได้จากอุปกรณ์วัด (หน่วยเป็นโวลต์) ซึ่งวางอยู่บนตัวอย่างดินในกล่อง จากนั้นนำตัวอย่างดินไปแช่น้ำเพื่อให้ดินอิ่มตัวเป็นระยะเวลาประมาณ 4-5 วัน นำตัวอย่างดินออกมาชั่งน้ำหนัก และวัดความสูงและขนาด (หากมีการเปลี่ยนแปลง) แล้ววัดค่าแรงดันไฟฟ้า อีกครั้ง จากนั้น นำตัวอย่างดินค่อยๆปล่อยให้แห้ง และอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า พร้อมชั่งน้ำหนักและวัดขนาด เมื่อดินแห้งมากที่สุด และน้ำหนักไม่มีการเปลี่ยนแปลง ก็สิ้นสุดกระบวนการสอบเทียบ

ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น สำหรับวัสดุงานทางแต่ละชนิดแสดงดังรูปที่ 6.15 ถึง รูปที่ 6.18 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า และค่าความชื้น แทนได้ด้วยสมการเส้นตรง โดยมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.772- 0.970 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของอุปกรณ์ และเมื่อนำสมการเส้นตรงที่ได้ไปคำนวณค่า **ความคลาดเคลื่อน (Error)** คือผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากสมการ Regression และค่าที่แท้จริง นำไปคำนวณ ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Average error) จากการสอบเทียบแต่ละครั้ง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึง ความแม่นยำ (Accuracy) โดย หากมีความแม่นยำมากค่า Average error ก็จะมีค่าน้อย สรุปผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นกับวัสดุแต่ละชนิดได้ดังตารางที่ 6.3 ถึงตารางที่ 6.6 ส่วนผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าแรงดูดแสดงไว้ในรูปที่ 6.19 และตารางที่ 6.7 และผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัด

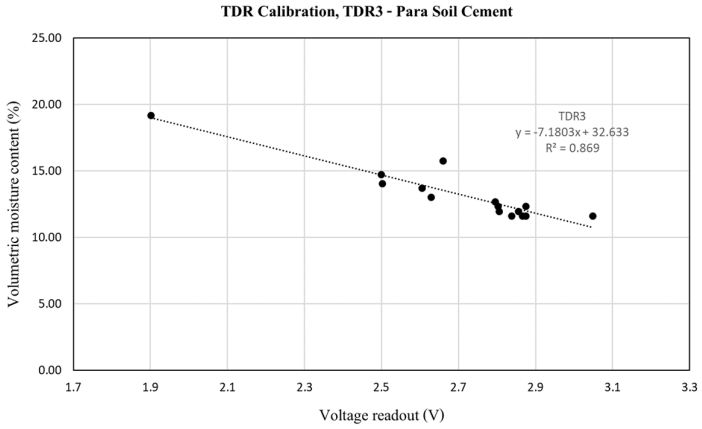
ค่าความชื้นสัมพัทธ์ แสดงไว้ในรูปที่ 6.20 และตารางที่ 6.8 โดยสมการสอบเทียบทั้งหมดนั้นแสดงไว้ในภาคผนวก ก



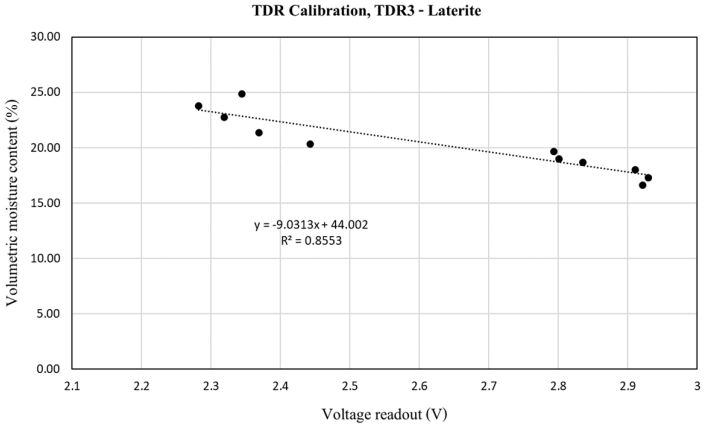
รูปที่ 6.14 การสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR



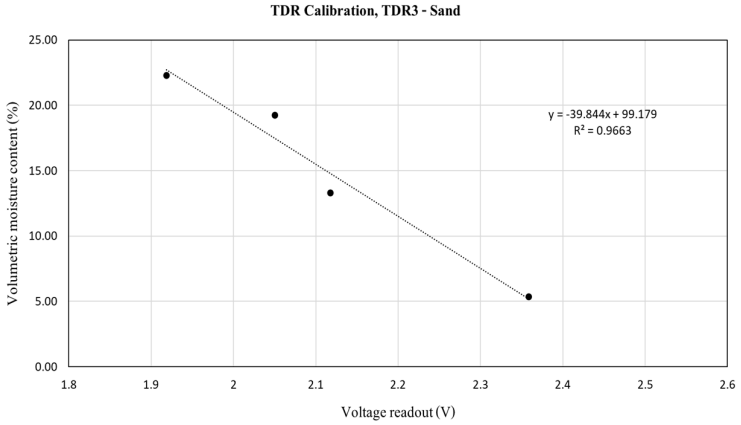
รูปที่ 6.15 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR สำหรับพื้นทางดินซีเมนต์



รูปที่ 6.16 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR สำหรับดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ



รูปที่ 6.17 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR สำหรับดินลูกรัง



รูปที่ 6.18 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR สำหรับทราย

ตารางที่ 6.3 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสำหรับพื้นทางดินซีเมนต์

	Calibration Equation	R^2	Accuracy (%)		Precision (%)		Reproducibility (%)		Resolution (%)	
			θ	w	θ	w	θ	w	θ	w
MS1	θ=-17.222V + 62.766	0.772	0.73	0.87	0.82	0.39	0.59	0.31	0.03	0.01
MS2	θ=-11.934V + 47.821	0.831	1.00	0.88	0.39	0.19	0.59	0.31	0.01	0.01
MS3	θ=-15.275V + 57.765	0.908	0.60	0.88	0.30	0.15	0.59	0.31	0.04	0.02
MS4	θ=-14.645V + 54.813	0.852	0.78	0.89	0.17	0.08	0.59	0.31	0.04	0.02
Generalized Calibration Curve	θ=-13.563V + 52.303	0.814	0.78	0.88	0.77	0.37	-	-	-	-
Average of all sensors	-	-	0.78	0.88	0.42	0.20	-	-	-	-

θ = Volumetric Water Content, V = Voltage, w = Gravimetric Water Content

ตารางที่ 6.4 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสำหรับดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

	Calibration Equation	R^2	Accuracy (%)		Precision (%)		Reproducibility (%)		Resolution (%)	
			θ	w	θ	w	θ	w	θ	w
MS1	θ=-9.233V + 37.726	0.932	0.48	0.72	0.40	0.19	0.25	0.13	0.03	0.01
MS2	θ=-6.310V + 30.036	0.970	0.26	0.74	0.38	0.18	0.25	0.13	0.01	0.01
MS3	θ=-7.180V + 32.633	0.869	0.51	0.77	0.19	0.09	0.25	0.13	0.04	0.02
MS4	θ=-5.781V + 28.497	0.899	0.49	0.75	0.33	0.16	0.25	0.13	0.04	0.02
Generalized Calibration Curve	θ=-6.662V + 30.992	0.888	0.43	0.74	0.55	0.26	-	-	-	-
Average of all sensors	-	-	0.44	0.75	0.33	0.16	-	-	-	-

θ = Volumetric Water Content, V = Voltage, w = Gravimetric Water Content

ตารางที่ 6.5 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสำหรับดินลูกรัง

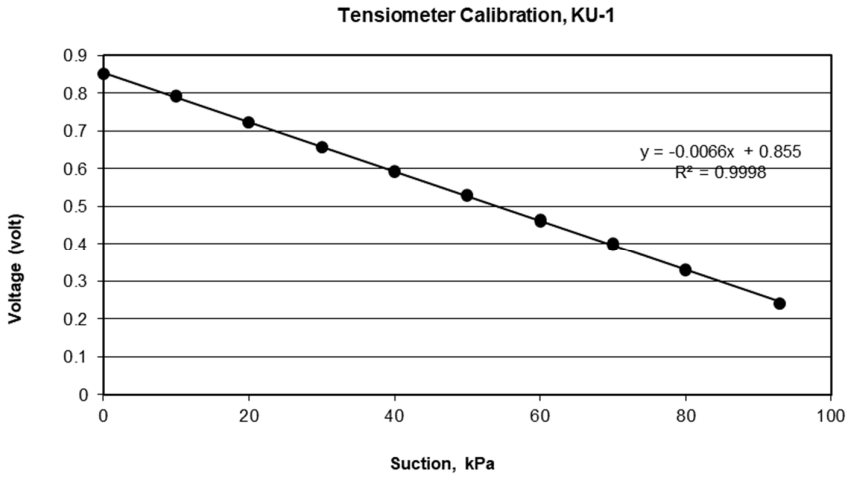
	Calibration Equation	R^2	Accuracy (%)		Precision (%)		Reproducibility (%)		Resolution (%)	
			θ	w	θ	w	θ	w	θ	w
MS1	θ=-10.848V + 48.721	0.908	0.72	1.29	1.22	0.58	0.30	0.17	0.03	0.01
MS2	θ=-9.621V + 45.280	0.870	0.84	1.29	0.57	0.27	0.30	0.17	0.01	0.01
MS3	θ=-8.934V + 43.247	0.855	0.93	1.29	1.07	0.51	0.30	0.17	0.04	0.02
MS4	θ=-9.066V + 43.764	0.934	0.73	1.29	1.09	0.52	0.30	0.17	0.04	0.02
Generalized Calibration Curve	θ= -9.500V + 44.934	0.850	0.81	1.29	1.30	0.62	-	-	-	-
Average of all sensors	-	-	0.81	1.29	0.99	0.47	-	-	-	-

θ = Volumetric Water Content, V = Voltage, w = Gravimetric Water Content

ตารางที่ 6.6 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสำหรับทราย

	Calibration Equation	R^2	Accuracy (%)		Precision (%)		Reproducibility (%)		Resolution (%)	
			θ	w	θ	w	θ	w	θ	w
MS1	θ=-35.956V + 94.675	0.891	1.81	0.97	7.43	3.96	5.29	3.51	0.03	0.01
MS2	θ=-36.135V + 90.951	0.765	2.48	1.44	6.57	3.49	5.29	3.51	0.01	0.01
MS3	θ=-39.844V + 99.179	0.966	0.97	0.66	5.91	3.12	5.29	3.51	0.04	0.02
MS4	θ=-43.036V + 105.95	0.959	1.10	0.69	3.69	1.93	5.29	3.51	0.04	0.02
Generalized Calibration Curve	θ=-35.482V + 90.794	0.820	2.34	1.35	13.57	7.48	-	-	-	-
Average of all sensors	-	-	1.59	0.69	5.90	3.13	-	-	-	-

θ = Volumetric Water Content, V = Voltage, w = Gravimetric Water Content

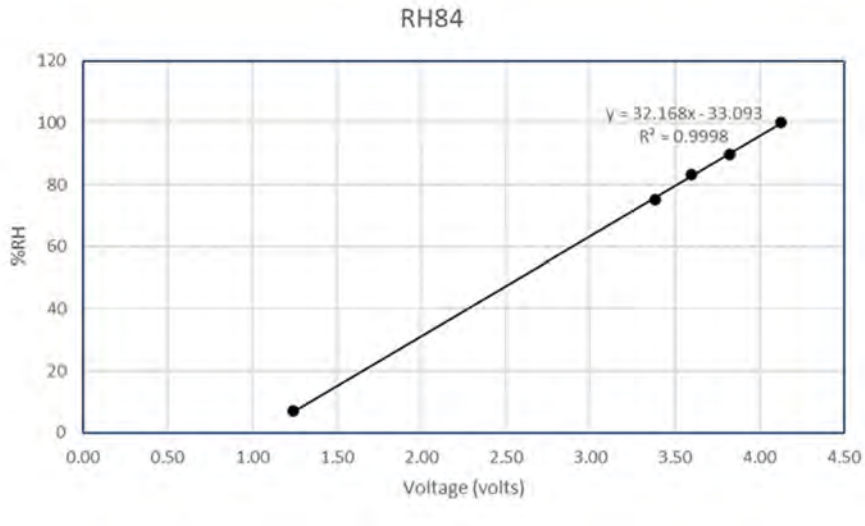


รูปที่ 6.19 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าแรงดูด Tensiometer

ตารางที่ 6.7 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์วัดค่าแรงดูด

	Calibration Equation	R^2	Accuracy (kPa)	Precision (kPa)	Reproducibility (kPa)	Resolution (kPa)
KU1	S = (0.855 - V)/0.0066	0.9998	0.89	0.27	0.53	0.18
KU2	S = (0.852 - V)/0.0066	0.9997	0.45	0.33	0.53	0.11
KU3	S = (0.849 - V)/0.0066	0.9998	0.90	0.29	0.53	0.10
Generalized Calibrationtion Curve	S = (0.852 - V)/0.0066	0.9995	0.53	2.60	-	-
Average of all sensors	-	-	0.75	0.30	-	-

S = Suction, V = Voltage



รูปที่ 6.20 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ RH Sensor

ตารางที่ 6.8 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์

	Calibration Equation	R^2	Accuracy (RH%)	Precision (RH%)	Reproducibility (RH%)	Resolution (RH%)
RH79	RH = 30.517V - 29.668	0.9897	2.88	0.09	0.03	0.08
RH84	RH = 32.168V - 33.093	0.9998	0.39	0.09	0.03	0.08
RH85	RH = 31.295V – 31.231	0.9982	1.02	0.11	0.03	0.09
RH87	RH = 31.626V – 31.617	0.9998	0.34	0.04	0.03	0.04
Generalized Calibrationtion Curve	RH=31.364V – 31.295	0.9960	1.41	0.70	-	-
Average of all sensors	-	-	1.16	0.08	-	-

RH = Relative Humidity, V = Voltage

6.2.2 ความเที่ยงตรง (Precision)

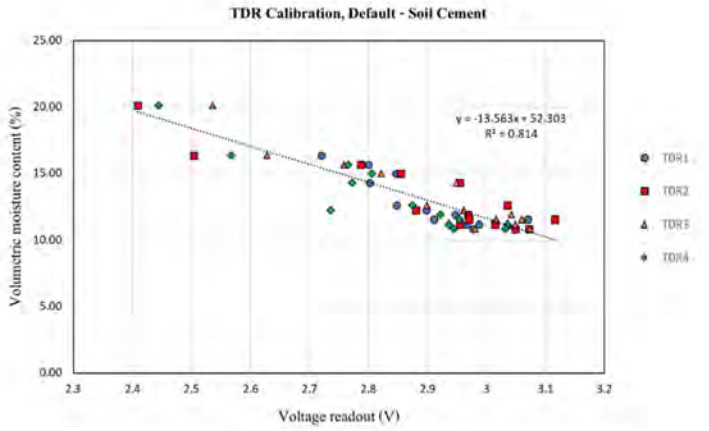
ความเที่ยงตรง คือ ความใกล้เคียงกันระหว่างค่าที่วัดได้โดยชุดตรวจวัด โดยวัดหลายๆครั้ง บนตัวอย่างดินเดียวกัน Dunnicliff (1993) กล่าวว่าค่า ความเที่ยงตรง (Precision) มีความหมายคล้ายกับ ความสามารถในการวัดซ้ำของคนวัดหรืออุปกรณ์วัด (Repeatability) และ ความสามารถในการวัดซ้ำระหว่างคนวัดหรือระหว่างเครื่องมือวัด (Reproducibility) ทั้งนี้ความเที่ยงตรง จะแตกต่างจาก ความแม่นยำ ดังแสดงในรูปที่ 6.21



รูปที่ 6.21 ความหมายและความแตกต่างของ ความเที่ยงตรง (Precision) และ ความแม่นยำ (Accuracy) ที่มา Dunnicliff (1993)

ซึ่งในการศึกษานี้ได้ประเมินความเที่ยงตรงในกรณีต่างๆดังนี้

- **ความเที่ยงตรง (Precision) หรือ ความสามารถในการวัดซ้ำของคนวัดหรืออุปกรณ์วัด (Repeatability)** วัดโดยใช้ชุดอุปกรณ์ วัดโดยใช้ชุดอุปกรณ์และผู้วัดคนเดียวกันกับ ตัวอย่างดินเดิม ทดสอบโดยการวัดหลายๆครั้ง แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย และหาผลต่างของค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดจากค่าเฉลี่ย แสดงค่าความเที่ยงตรง ในลักษณะ ±Precision ค่าที่วัดได้แสดงผลดังตารางที่ 6.3 ถึงตารางที่ 6.8
- **ความสามารถในการวัดซ้ำระหว่างคนวัดหรือระหว่างเครื่องมือวัด (Reproducibility)** ในกรณีนี้จะเปลี่ยนชุดเซนเซอร์ในการวัดตัวอย่างดินเดียวกัน ซึ่งเห็นได้ว่าค่าสมการ Regression สำหรับเซนเซอร์แต่ละตัวมีค่าต่างกัน หากพิจารณาที่ค่าความชื้นเดียวกัน ค่าที่วัดได้จะ**มีค่าต่างกัน โดยมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง** ±Reproducibility แสดงผลดังตารางที่ 6.3 ถึงตารางที่ 6.8
- ในการใช้งานจริง หากไม่มีผลสอบเทียบเฉพาะของแต่ละเซนเซอร์ อาจมีความจำเป็นต้องใช้สมการ Default ซึ่งได้จากการนำผลการสอบเทียบจากเซนเซอร์ทุกตัวมาหาสมการ Regression ดังแสดงในรูปที่ 6.22 ซึ่งจะมีค่าความแม่นยำและความเที่ยงตรงลดน้อยลง ดังแสดงในตารางที่ 6.3 ถึงตารางที่ 6.8



รูปที่ 6.22 สมการ Default จากการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR สำหรับชั้นพื้นทางดินซีเมนต์

6.2.3 ความละเอียด (Resolution)

ความละเอียด (Resolution) คือความสามารถของระบบการตรวจวัดเพื่อตรวจวัดและระบุการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในลักษณะของผลการวัด โดยค่าความละเอียดที่ดี (มีค่าน้อย) แสดงว่าระบบการตรวจวัดสามารถแยกแยะสิ่งที่มีค่าใกล้เคียงกันได้ ในขณะที่ค่าความละเอียดที่ไม่ดี (มีค่าสูง) แสดงว่าระบบการตรวจวัดสามารถแยกแยะสิ่งที่มีความห่างกันเท่านั้น โดยค่าความละเอียดของอุปกรณ์ตรวจวัดชนิดต่างๆแสดงไว้ดังตารางที่ 6.3 ถึงตารางที่ 6.8

6.3 การประยุกต์ใช้งานชุดตรวจวัดความชื้นโดย TDR สำหรับวัสดุงานทาง

เนื่องจากค่าความชื้นที่วัดโดย TDR เป็นความชื้นโดยปริมาตร (volumetric water content, $\theta = V_w / V$) แต่โดยทั่วไปวิศวกรโยธาจะนิยมแสดงความชื้นโดยน้ำหนัก (Gravimetric water content, $w = W_w / W_s$) ในการนำค่าจาก TDR ไปใช้จึงต้องมีการแปลงค่าโดยสมการต่อไปนี้

$$w = \frac{\theta \cdot \gamma_w / \gamma_t}{1 - \left(\theta \cdot \gamma_w / 100 \cdot \gamma_t \right)} \qquad (6\text{-}1)$$

เมื่อ θ มีหน่วยเป็น % และค่า w ที่คำนวณได้มีหน่วย %

ในกรณีที่ใช้งานในสนามโดยทั่วไปอาจจะไม่ทราบค่าหน่วยน้ำหนักของวัสดุ γ_t ในขณะที่ทำการทดสอบ แต่ก็สามารถสมมุติค่าทั่วไปประมาณ 2 ตันต่อลบ.ม. ได้โดยค่า w ที่คำนวณได้ไม่คลาดเคลื่อนมากนัก ในตารางที่ 6.3 ถึงตารางที่ 6.6 ได้สรุปค่าความเที่ยงตรงและความแม่นยำ สำหรับค่า w ที่วัดได้ ซึ่งเห็นได้ระดับความแม่นยำสำหรับค่า w ที่มากกว่า แสดงจากค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่า

7. งานทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรังในห้องปฏิบัติการ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรังที่เก็บมาจากแหล่งวัสดุ 2 แหล่ง ดังระบุไว้ในห้วข้อ 5.1 ได้แก่

1) บ่อดินสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม. พิกัด 15°15'55.4 N 100°08'03.7 E ดังแสดงตำแหน่งในรูปต่อไปนี้ และ

2) บ่อดิน ในจังหวัดชลบุรี บริเวณทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม. พิกัด 13°32'26.66 N 101°15'11.91 E ดังแสดงตำแหน่งในรูปต่อไปนี้

โดยสรุปปริมาณและผลการทดสอบคุณสมบัติมาตรฐานเป็นดังตารางที่ 7.1 และตารางที่ 7.2 ในขณะที่รายละเอียดผลการทดสอบแสดงในภาคผนวก ข และเป็นดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.1 สรุปปริมาณการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุในโครงการ

การทดสอบ	ดินลูกรัง ชลบุรี จำนวน (ตัวอย่าง)	ดินลูกรัง ชัยนาท จำนวน (ตัวอย่าง)	รวม จำนวน (ตัวอย่าง)
การทดสอบหาขนาดคละ (แบบล้าง)	3	3	6
การทดสอบ Liquid Limit	3	3	6
การทดสอบ Plastic Limit	3	3	6
การทดสอบหาค่าความสึกหรอ (L.A. Abrasion)	3	3	6
การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction)	3	3	6
การทดสอบ California Bearing Ratio (CBR)	3	3	6

ตารางที่ 7.2 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน วัสดุดินลูกรังจากแหล่งวัสดุจังหวัดชัยนาทและจังหวัดชลบุรี

No.	Source	Description of Sample	Sieve Analysis % Passing								Plasticity		Comp. DH-T 108//2517		Lab C.B.R.		LA	Remark
			50.0	25.0	19.0	9.5	#4	#10	#40	#200	LL.	PI.	O.M.C. %	*pd* gm./ml.	C.B.R. %	Swell %		
CN-1	บ่อลูกรังสุนีย์	ดินลูกรัง	100	91.84	85.28	76.12	61.6	46.9	28.6	15.3	NP	NP	5.4	2.330	35.5	0.04	36.8	
	ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท						A-1-b											
	ทางหลวงหมายเลข 1																	
	กม. 277+020 RT 10300 ม.																	
CN-2	บ่อลูกรังสุนีย์	ดินลูกรัง	100	96.76	93.46	79.91	64.3	49.9	31.1	17.1	NP	NP	5.0	2.320	61	0.04	41.6	
	ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท						A-1-b											
	ทางหลวงหมายเลข 1																	
	กม. 277+020 RT 10300 ม.																	
CN-3	บ่อลูกรังสุนีย์	ดินลูกรัง	100	95.44	89.21	72.39	57.7	43.6	26.6	14.8	NP	NP	5.5	2.330	42	0.04	39.1	
	ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท						A-1-a											
	ทางหลวงหมายเลข 1																	
	กม. 277+020 RT 10300 ม.																	
CB-1	บ่อดิน จ.ชลบุรี	ดินลูกรัง	100	100		95.34	77.5	55.9	38.0	23.9	25.5	9.24	9.7	2.050	13	0.19	53.1	
	ทางหลวงหมายเลข 331						A-2-4											
	ตอนหนองปรือ - แปลงยาว																	
	กม. 106+500 RT 2.50 กม.																	
CB-2	บ่อดิน จ.ชลบุรี	ดินลูกรัง	100	100		93.4	71.7	46.6	30.0	18.0	25.75	9.24	9.5	2.120	14.2	0.16	49.2	
	ทางหลวงหมายเลข 331						A-2-4											
	ตอนหนองปรือ - แปลงยาว																	
	กม. 106+500 RT 2.50 กม.																	
CB-3	บ่อดิน จ.ชลบุรี	ดินลูกรัง	100	100		94.49	76.0	54.6	36.7	22.7	26.75	10.04	10.8	2.080	15.9	0.16	46.6	
	ทางหลวงหมายเลข 331						A-2-4											
	ตอนหนองปรือ - แปลงยาว																	
	กม. 106+500 RT 2.50 กม.																	

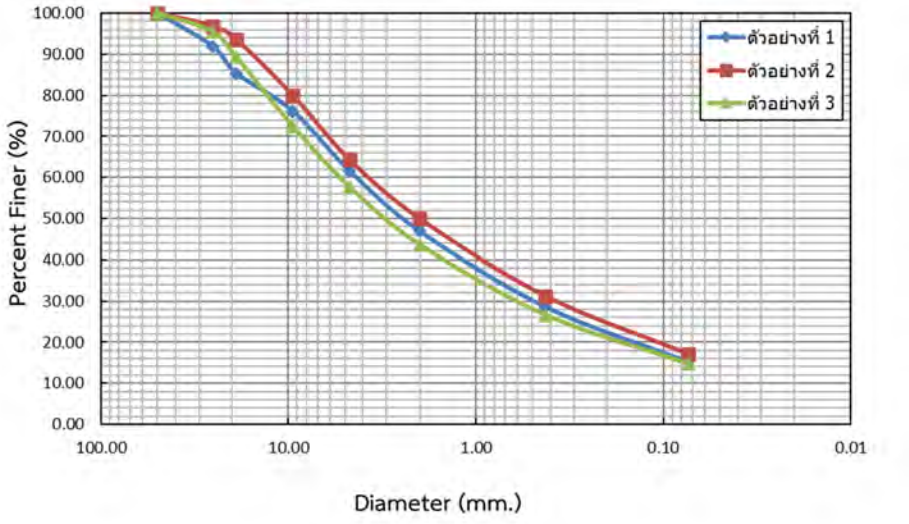
7.1 การทดสอบหาขนาดคละ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบหาขนาดคละตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 205 “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” จำนวน 3 ตัวอย่างต่อแหล่งวัสดุดินลูกรัง รวมจำนวนทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ดังแสดงในรูปที่ 7.1

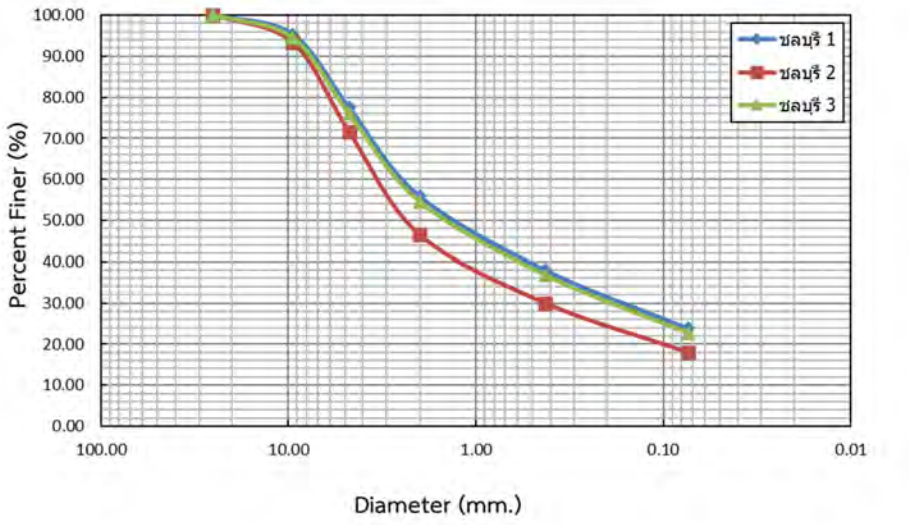
ลักษณะการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินสำหรับดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทและจังหวัดชลบุรีเป็นไปดังรูปที่ 7.2 และรูปที่ 7.3 ตามลำดับ โดยพบว่าวัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทมีปริมาณดินเม็ดใหญ่มากกว่าและมีปริมาณดินเม็ดละเอียดน้อยกว่าดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรี ทั้งนี้ดินลูกรังจากทั้งสองแหล่งวัสดุที่นำมาใช้นั้นมีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร มีส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 2.00 มิลลิเมตร (เบอร์ 10) ไม่เกินร้อยละ 70 และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร (เบอร์ 200) ไม่เกินร้อยละ 25 เป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง



รูปที่ 7.1 การทดสอบหาขนาดคละโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง



รูปที่ 7.2 ผลทดสอบขนาดคละ ดินลูกรัง จังหวัดชัยนาท

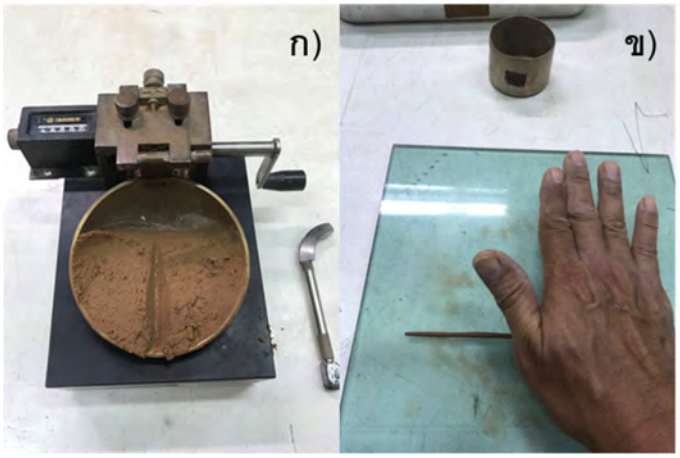


รูปที่ 7.3 ผลทดสอบขนาดคละ ดินลูกรัง จังหวัดชลบุรี

7.2 การทดสอบพิกัดอัตเตอร์เบิร์ก (Atterberg's Limits)

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบหาพิกัดอัตเตอร์เบิร์ก (Atterberg's Limits) ได้แก่ ค่า Liquid Limit ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 102 "วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (LL) ของดิน" และค่า Plasticity Index ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 103 "วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit (PL) และ Plasticity Index (PI) ของดิน" จำนวน 3 ตัวอย่างต่อแหล่งวัสดุดินลูกรัง รวมจำนวนทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ดังแสดงในรูปที่ 7.4

โดยสรุปผลการทดสอบเป็นไปดังตารางที่ 7.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทเป็นดินที่ไม่มีความเป็นพลาสติก (Non-Plastic) ในขณะที่วัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีมีค่าความเป็นพลาสติกสูงกว่า โดยมีค่าเฉลี่ยของค่า Liquid Limit (LL), Plastic Limit (PL) และ Plasticity Index (PI) เท่ากับ 26.00, 16.49 และ 9.51 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามวัสดุดินลูกรังจากทั้งสองแหล่งวัสดุนั้นมีค่า Liquid Limit ไม่เกินร้อยละ 40 และ Plasticity Index ไม่เกินร้อยละ 15 เป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง



รูปที่ 7.4 การทดสอบหาค่า ก) Liquid Limit และ ข) Plastic Limit

ตารางที่ 7.3 สรุปผลการทดสอบพิกัดอัตเตอร์เบิร์ก

แหล่งวัสดุ	Liquid Limit (LL)	Plastic Limit (PL)	Plasticity Index (PI)
ชัยนาท			
ตัวอย่างที่ 1	Non-Plastic	Non-Plastic	Non-Plastic
ตัวอย่างที่ 2	Non-Plastic	Non-Plastic	Non-Plastic
ตัวอย่างที่ 3	Non-Plastic	Non-Plastic	Non-Plastic
เฉลี่ย	**Non-Plastic**	**Non-Plastic**	**Non-Plastic**
ชลบุรี			
ตัวอย่างที่ 1	25.50	16.26	9.24
ตัวอย่างที่ 2	25.75	16.51	9.24
ตัวอย่างที่ 3	26.75	16.71	10.04
เฉลี่ย	**26.00**	**16.49**	**9.51**

7.3 การทดสอบหาค่าความสึกหรอ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบหาค่าความสึกหรอตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 202 “วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion” จำนวน 3 ตัวอย่างต่อแหล่งวัสดุดินลูกรัง รวมจำนวนทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ดังแสดงในรูปที่ 7.5

ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 7.4 อันแสดงให้เห็นว่าดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทมีค่าความสึกหรอเฉลี่ยประมาณร้อยละ 39.14 ซึ่งต่ำกว่าดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีซึ่งมีค่าความสึกหรอเฉลี่ยประมาณร้อยละ 49.64 อย่างไรก็ตามวัสดุดินลูกรังจากทั้งสองแหล่งนั้นมีค่าการสึกหรอไม่เกินร้อยละ 60 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง



รูปที่ 7.5 การทดสอบหาค่าความสึกหรอ

ตารางที่ 7.4 สรุปผลการทดสอบหาค่าความสึกหรอโดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion

แหล่งวัสดุ	การสึกหรอ (%)
ชัยนาท	
ตัวอย่างที่ 1	36.76
ตัวอย่างที่ 2	41.61
ตัวอย่างที่ 3	39.05
เฉลี่ย	**39.14**
ชลบุรี	
ตัวอย่างที่ 1	53.07
ตัวอย่างที่ 2	49.21
ตัวอย่างที่ 3	46.64
เฉลี่ย	**49.64**

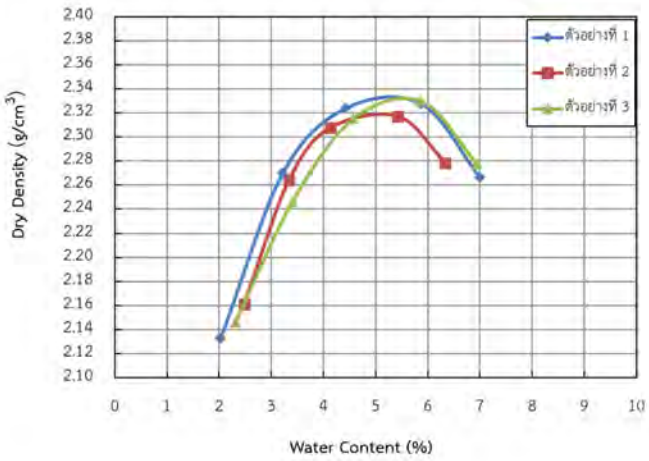
7.4 การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.108 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” จำนวน 3 ตัวอย่างต่อแหล่งวัสดุดินลูกรัง รวมจำนวนทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ดังแสดงในรูปที่ 7.6 เพื่อหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมและความหนาแน่นแห้งสูงสุดสำหรับใช้ในการจัดเตรียมตัวอย่างดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติในขั้นตอนถัดไป

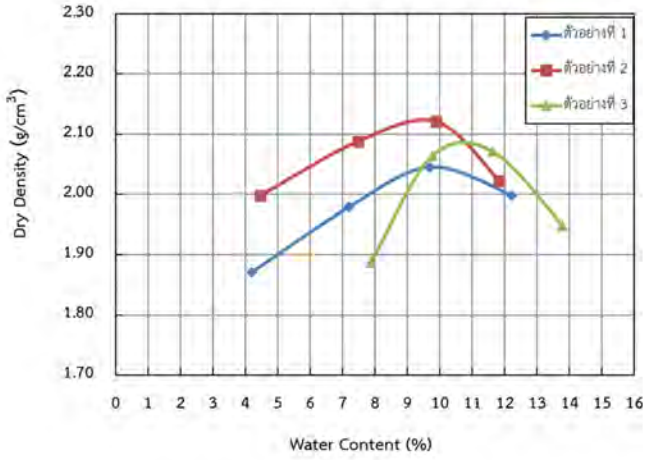
โดยผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาท (รูปที่ 7.7) มีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำที่เหมาะสมและความหนาแน่นแห้งสูงสุดเท่ากับร้อยละ 5.30 และ 2.33 g/cm^3 ตามลำดับ ในขณะที่ดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรี (รูปที่ 7.8) มีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำที่เหมาะสมสูงกว่าและความหนาแน่นแห้งสูงสุดต่ำกว่าและมีค่าเท่ากับร้อยละ 10.00 และ 2.08 g/cm^3 ตามลำดับ ซึ่งนับว่าสอดคล้องกับผลการทดสอบอัตเตอร์เบิร์กและปริมาณดินเม็ดละเอียดที่ทดสอบได้ ทั้งนี้สรุปผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 7.5



รูปที่ 7.6 การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน



รูปที่ 7.7 ผลการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ดินลูกรัง จังหวัดชัยนาท



รูปที่ 7.8 ผลการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ดินลูกรัง จังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 7.5 สรุปผลการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน

แหล่งวัสดุ	Maximum Dry Density (g/cm^3)	Optimum Water Content (%)
ชัยนาท		
ตัวอย่างที่ 1	2.33	5.40
ตัวอย่างที่ 2	2.32	5.00
ตัวอย่างที่ 3	2.33	5.50
เฉลี่ย	**2.33**	**5.30**
ชลบุรี		
ตัวอย่างที่ 1	2.05	9.70
ตัวอย่างที่ 2	2.12	9.50
ตัวอย่างที่ 3	2.08	10.80
เฉลี่ย	**2.08**	**10.00**

7.5 การทดสอบหาค่า California Bearing Ratio (CBR)

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบหาค่า California Bearing Ratio (CBR) ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.109 “วิธีการทดลองเพื่อหาค่า CBR” จำนวน 3 ตัวอย่างต่อแหล่งวัสดุดินลูกรัง รวมจำนวนทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 7.9

ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 7.6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดินลูกรังที่เก็บจากจังหวัดชัยนาทมีค่า CBR สูงกว่าดินลูกรังที่เก็บจากจังหวัดชลบุรีค่อนข้างมาก คาดว่าเป็นผลเนื่องจากปริมาณและขนาดเม็ดดินที่มีลักษณะแตกต่างกัน



รูปที่ 7.9 การทดสอบหาค่า California Bearing Ratio (CBR)

ตารางที่ 7.6 สรุปผลการทดสอบหาค่า California Bearing Ratio (CBR)

แหล่งวัสดุ	CBR
ชัยนาท	
ตัวอย่างที่ 1	35.5
ตัวอย่างที่ 2	61.0
ตัวอย่างที่ 3	42.0
เฉลี่ย	**46.2**
ชลบุรี	
ตัวอย่างที่ 1	13.0
ตัวอย่างที่ 2	14.2
ตัวอย่างที่ 3	15.9
เฉลี่ย	**14.4**

8. งานออกแบบส่วนผสม (Mix Design)

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการออกแบบส่วนผสม (Mix Design) ของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ เพื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณซีเมนต์และน้ำยางพาราต่อค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวและเพื่อคัดเลือกหาปริมาณอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้ในการก่อสร้างวัสดุดังกล่าว โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

8.1 งานพื้นทางดินซีเมนต์

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการออกแบบส่วนผสมงานพื้นทางดินซีเมนต์ รายละเอียดดังนี้

1) เตรียมตัวอย่างวัสดุดินลูกรังในข้อ 5 โดยผสมกับปูนซีเมนต์ตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 204 “มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์” ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ 1, 3 และ 5 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จำนวน 3 อัตราส่วนผสม ทั้งนี้ตัวอย่างการคำนวณอัตราส่วนผสมของวัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทและจังหวัดชลบุรีแสดงไว้ดังตารางที่ 8.1 และตารางที่ 8.2 ตามลำดับ และรายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ค

ตารางที่ 8.1 อัตราส่วนผสมงานพื้นทางดินซีเมนต์ แหล่งลูกรังจังหวัดชัยนาท (ปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 5.30)

ดิน	ซีเมนต์		น้ำ	
น.น. (กรัม)	ร้อยละ	น.น. (กรัม)	ร้อยละ	น.น. (กรัม)
3000	1	30	5.30	159
3000	3	90	5.30	159
3000	5	150	5.30	159

ตารางที่ 8.2 อัตราส่วนผสมงานพื้นทางดินซีเมนต์ แหล่งลูกรังจังหวัดชลบุรี (ปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 10)

ดิน	ซีเมนต์		น้ำ	
น.น. (กรัม)	ร้อยละ	น.น. (กรัม)	ร้อยละ	น.น. (กรัม)
3000	1	30	10	300
3000	3	90	10	300
3000	5	150	10	300

2) ทำการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.108 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” จำนวน 5 ตัวอย่างต่อ 1 อัตราส่วนผสม รวมจำนวนทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง (5 ตัวอย่าง x 3 อัตราส่วนผสม x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) เมื่อบดอัดแล้วเสร็จจะทำการบ่มตัวอย่างโดยการหุ้มด้วยแผ่นพลาสติกใสเป็นระยะเวลา 7 วัน ดังแสดงในรูปที่ 8.1 จากนั้นจะทำการแช่ตัวอย่างในน้ำเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 8.2 ก่อนดำเนินการทดสอบในขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 8.1 ก้อนตัวอย่างภายหลังการบดอัด



รูปที่ 8.2 การแช่ก้อนตัวอย่าง

3) ทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ท.105 “วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน” ในข้อก่อนหน้านี้ จำนวน 5 ตัวอย่างต่อ 1 อัตราส่วนผสม รวมจำนวนทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง (5 ตัวอย่าง x 3 อัตราส่วนผสม x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) โดยตัวอย่างการทดสอบกำลังรับแรงอัด แสดงไว้ดังรูปที่ 8.3

ทั้งนี้สรุปจำนวนตัวอย่างทดสอบงานพื้นทางดินซีเมนต์แสดงไว้ดังตารางที่ 8.3



รูปที่ 8.3 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

ตารางที่ 8.3 ปริมาณการทดสอบกำลังรับแรงอัดวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์

ปริมาณซีเมนต์ (ร้อยละ)	แหล่งวัสดุที่ 1 จำนวน (ตัวอย่าง)	แหล่งวัสดุที่ 2 จำนวน (ตัวอย่าง)	รวม จำนวน (ตัวอย่าง)
1	5	5	10
3	5	5	10
5	5	5	10

8.2 งานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการออกแบบส่วนผสมงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ รายละเอียดดังนี้

1) เตรียมตัวอย่างวัสดุดินลูกรังในข้อ 5 โดยผสมกับปูนซีเมนต์และยางธรรมชาติ ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ 1, 3 และ 5 โดยน้ำหนัก และน้ำยางธรรมชาติร้อยละ 1 และ 2 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จำนวน 6 อัตราส่วนผสม โดยการผสมยางพาราเข้าไปนั้นจะนำไปแทนที่ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ ในขณะที่สารลดแรงตึงผิวนั้นจะมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 5 ของน้ำหนักซีเมนต์ที่ต้องใช้ในแต่ละอัตราส่วนผสม ทั้งนี้รายละเอียดการคำนวณอัตราส่วนผสมของวัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทและจังหวัดชลบุรีแสดงไว้ดังตารางที่ 8.4 และตารางที่ 8.5 ตามลำดับ และการคำนวณโดยละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ค
2) ทำการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.108 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” จำนวน 5 ตัวอย่างต่อ 1 อัตราส่วนผสม รวมจำนวนทั้งสิ้น 60 ตัวอย่าง (5 ตัวอย่าง x 6 อัตราส่วนผสม x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) เมื่อบดอัดแล้วเสร็จจะทำการบ่มตัวอย่างโดยการหุ้มด้วยแผ่นพลาสติกใสเป็นระยะเวลา 7 วัน จากนั้นจะทำการแช่ตัวอย่างในน้ำเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนดำเนินการทดสอบในขั้นตอนถัดไป
3) ทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ท.105 “วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน” ในข้อก่อนหน้านี้ จำนวน 5 ตัวอย่างต่อ 1 อัตราส่วนผสม รวมจำนวนทั้งสิ้น 60 ตัวอย่าง (5 ตัวอย่าง x 6 อัตราส่วนผสม x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)

ทั้งนี้สรุปจำนวนตัวอย่างทดสอบงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติแสดงไว้ดังตารางที่ 8.6

ตารางที่ 8.4 อัตราส่วนผสมงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ แหล่งวัสดุดินลูกรังจังหวัดชัยนาท (ปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 5.30)

ดิน	ซีเมนต์		ยางพารา		น้ำ		สารลดแรงตึงผิว	
น.น. (กรัม)	ร้อยละ	น.น. (กรัม)	ร้อยละ	น.น. (กรัม)	ร้อยละ	น.น. (กรัม)	ร้อยละ ของ น.น. ซีเมนต์	น.น. (กรัม)
3000	1	30	1	30	4.25	127.5	5	1.5
3000	1	30	2	60	3.25	97.5	5	1.5
3000	3	90	1	30	4.15	124.5	5	4.5
3000	3	90	2	60	3.15	94.5	5	4.5
3000	5	150	1	30	4.05	121.5	5	7.5
3000	5	150	2	60	3.05	91.5	5	7.5

ตารางที่ 8.5 อัตราส่วนผสมงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ แหล่งวัสดุดินลูกรัง จังหวัดชลบุรี (ปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 10)

ดิน	ซีเมนต์		ยางพารา		น้ำ		สารลดแรงตึงผิว	
น.น. (กรัม)	ร้อยละ	น.น. (กรัม)	ร้อยละ	น.น. (กรัม)	ร้อยละ	น.น. (กรัม)	ร้อยละ ของ น.น. ซีเมนต์	น.น. (กรัม)
3000	1	30	1	30	8.95	268.5	5	1.5
3000	1	30	2	60	7.95	238.5	5	1.5
3000	3	90	1	30	8.85	265.5	5	4.5
3000	3	90	2	60	7.85	235.5	5	4.5
3000	5	150	1	30	8.75	262.5	5	7.5
3000	5	150	2	60	7.75	232.5	5	7.5

ตารางที่ 8.6 ปริมาณการทดสอบกำลังสำหรับการออกแบบส่วนผสมวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

ปริมาณซีเมนต์ (ร้อยละ)	ปริมาณยางพารา (ร้อยละ)	แหล่งวัสดุที่ 1 จำนวน (ตัวอย่าง)	แหล่งวัสดุที่ 2 จำนวน (ตัวอย่าง)	รวม จำนวน (ตัวอย่าง)
1	1	5	5	10
1	2	5	5	10
3	1	5	5	10
3	2	5	5	10
5	1	5	5	10
5	2	5	5	10

8.3 การคัดเลือกอัตราส่วนผสม

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากแหล่งวัสดุทั้งสองแสดงไว้ดังตารางที่ 8.7 - ตารางที่ 8.8 และรูปที่ 8.4 – รูปที่ 8.9 ในขณะที่รายละเอียดการทดสอบของแต่ละตัวอย่างแสดงไว้ในภาคผนวก ง

รูปที่ 8.4 แสดงค่าความเค้นที่เกิดขึ้นในตัวอย่างดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทที่ผสมกับปริมาณซีเมนต์แตกต่างกัน โดยผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อค่าความเค้นมีค่ามากขึ้นเมื่อปริมาณซีเมนต์มากขึ้น คาดว่าเป็นเพราะปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่ก่อให้เกิดการยึดเกาะระหว่างมวลดินเข้าด้วยกันและนับว่าสอดคล้องกับงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา (ศุภกิจและอติมนต์, 2544; กมล, 2545) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (รูปที่ 8.5) พบว่าการผสมยางพาราส่งผลให้ค่าความเค้นมีแนวโน้มลดลง ซึ่งนับว่าสอดคล้องกับงานศึกษาโดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง (2562) โดยพบว่าวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์มีค่าความเค้นเฉลี่ยสูงกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติที่มีปริมาณยางพาราเท่ากับร้อยละ 2 ในขณะที่ค่าความเค้นเฉลี่ยของวัสดุที่มีการผสมยางพาราเข้าไปร้อยละ 1 มีค่าค่อนข้างแปรปรวน โดยที่ปริมาณซีเมนต์ต่ำค่าความเค้นเฉลี่ยมีค่ามากกว่าวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์เล็กน้อย และที่ปริมาณซีเมนต์สูงค่าความเค้นเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าวัสดุที่ผสมยางพาราร้อยละ 2 เล็กน้อย

เมื่อพิจารณาค่าความเครียดที่เกิดขึ้นของตัวอย่างดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทดังแสดงในรูปที่ 8.6 พบว่าการผสมยางพาราร้อยละ 2 ส่งผลให้ค่าความเครียดเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่การผสมยางพาราร้อยละ 1 ส่งผลต่อค่าความเครียดเพียงเล็กน้อย คาดว่าเนื่องจากคุณสมบัติของยางพาราที่มีความยืดหยุ่นส่งผลให้วัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาตินั้นมีความเหนียวมากขึ้น

รูปที่ 8.7 และรูปที่ 8.8 แสดงค่าความเค้นที่เกิดขึ้นในตัวอย่างดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีที่ผสมกับปริมาณซีเมนต์และยางพาราที่แตกต่างกัน โดยผลการทดสอบมีแนวโน้มคล้ายกันกับตัวอย่างดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทคือค่าความเค้นมีค่ามากขึ้นเมื่อปริมาณซีเมนต์มากขึ้น และการผสมยางพาราร้อยละ 2 เข้าไปส่งผลให้ค่าความเค้นมีค่าต่ำลง และค่าความเค้นเฉลี่ยของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติที่มีปริมาณยางพาราร้อยละ 1 มีค่าระหว่างวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ที่ไม่ผสมยางพาราและผสมยางพาราร้อยละ 2

ค่าความเครียดที่เกิดขึ้นของตัวอย่างดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรี (แสดงไว้ดังรูปที่ 8.9) เป็นไปในทิศทางเดียวกับตัวอย่างดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาท โดยพบว่าการผสมยางพาราร้อยละ 2 ส่งผลให้ค่าความเครียดเพิ่มสูงขึ้น (ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นได้มากถึงร้อยละ 1.7) ในขณะที่การผสมยางพาราร้อยละ 1 มีค่าระหว่างวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ที่ไม่ผสมยางพาราและผสมยางพาราร้อยละ 2

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเค้นและความเครียดระหว่างตัวอย่างจากแหล่งวัสดุทั้งสองพบว่าวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากจังหวัดชัยนาทมีค่าความเค้นที่สูงกว่า และมีค่าความเครียดที่ต่ำกว่าเล็กน้อย คาดว่าเป็นผลเนื่องจากขนาดเม็ดดินที่แตกต่างกัน

การคัดเลือกอัตราส่วนผสมของวัสดุจากทั้งสองแหล่งแสดงไว้ดังรูปที่ 8.4 และรูปที่ 8.7 ซึ่งจะเห็นได้ว่าวัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทนั้นจะใช้ซีเมนต์ประมาณร้อยละ 1.9, 2.0, 2.2 และ 2.4 ของน้ำหนักดินแห้งเพื่อให้วัสดุดินซีเมนต์มีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 17.5 (กำลังอัด = 100% ตามมาตรฐาน), 18.4 (กำลังอัด = 105% ตามมาตรฐาน) ,20.1 (กำลังอัด = 115% ตามมาตรฐาน) และ 21.9 (กำลังอัด = 125% ตามมาตรฐาน) ksc ตามลำดับ โดยในการศึกษานี้ได้พิจารณาเผื่อค่ากำลังของวัสดุไว้ 25% ส่งผลให้อัตราส่วนซีเมนต์ที่เหมาะสมของวัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทคือร้อยละ 2.4 ของน้ำหนักดินแห้ง ในขณะที่วัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีนั้นจะใช้ซีเมนต์มากกว่าที่ประมาณร้อยละ 3.0, 3.2, 3.6 และ 3.9 ของน้ำหนักดินแห้งเพื่อให้วัสดุดินซีเมนต์มีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 17.5, 18.4, 20.1 และ 21.9 ksc ตามลำดับ ดังนั้นอัตราส่วนซีเมนต์ที่เหมาะสมของวัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีคือร้อยละ 3.9 ของน้ำหนักดินแห้ง

ในส่วนของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาตินั้น ได้พิจารณาใช้อัตราส่วนซีเมนต์เท่ากับวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ คือสำหรับวัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทจะใช้ปริมาณซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 2.4 และดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีจะใช้ปริมาณซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 3.9 ในขณะที่ปริมาณยางพาราที่ใช้นั้นจะเท่ากับร้อยละ 2 สำหรับทั้งสองแหล่งวัสดุ

ตารางที่ 8.7 สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียววัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากแหล่งวัสดุจังหวัดชัยนาท

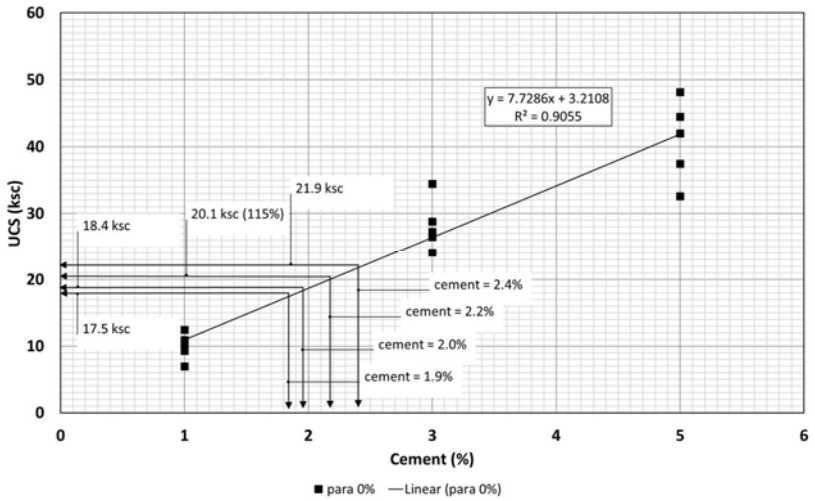
Name	Cement (%)	Para Rubber (%)	γ_t (g/cm^3)	γ_d (g/cm^3)	Water Content (%)	q_u (ksc)	Strain (%)	Avg. q_u (ksc)	Avg. Strain (%)
CN-C1P0-1	1	0	2.348	2.238	4.94	9.30	2.86	10.02	3.29
CN-C1P0-2	1	0	2.334	2.228	4.75	10.94	3.00		
CN-C1P0-3	1	0	2.358	2.256	4.51	12.47	2.84		
CN-C1P0-4	1	0	2.330	2.222	4.87	10.41	2.88		
CN-C1P0-5	1	0	2.312	2.215	4.36	6.99	4.88		

CN-C1P1-1	1	1	2.340	2.214	5.68	11.20	4.11	11.71	3.44
CN-C1P1-2	1	1	2.339	2.222	5.24	12.71	3.11		
CN-C1P1-3	1	1	2.333	2.220	5.11	13.65	3.16		
CN-C1P1-4	1	1	2.338	2.215	5.56	11.15	3.17		
CN-C1P1-5	1	1	2.331	2.213	5.33	9.86	3.64		
CN-C1P2-1	1	2	2.312	2.216	4.34	7.26	3.53	7.81	4.00
CN-C1P2-2	1	2	2.312	2.215	4.40	8.44	3.83		
CN-C1P2-3	1	2	2.318	2.215	4.65	8.39	4.52		
CN-C1P2-4	1	2	2.322	2.222	4.50	7.02	3.95		
CN-C1P2-5	1	2	2.324	2.225	4.45	7.95	4.18		
CN-C3P0-1	3	0	2.359	2.240	5.31	24.11	2.91	28.23	2.63
CN-C3P0-2	3	0	2.359	2.244	5.11	34.47	2.60		
CN-C3P0-3	3	0	2.357	2.240	5.23	27.28	2.47		
CN-C3P0-4	3	0	2.365	2.248	5.19	26.51	2.44		
CN-C3P0-5	3	0	2.373	2.269	5.03	28.79	2.72		
CN-C3P1-1	3	1	2.338	2.245	4.12	19.65	3.06	21.62	2.60
CN-C3P1-2	3	1	2.309	2.215	4.25	14.37	2.61		
CN-C3P1-3	3	1	2.322	2.232	4.04	24.61	2.89		
CN-C3P1-4	3	1	2.326	2.235	4.06	26.37	2.11		
CN-C3P1-5	3	1	2.306	2.215	4.11	23.11	2.30		
CN-C3P2-1	3	2	2.313	2.218	4.25	21.73	3.60	19.67	3.47
CN-C3P2-2	3	2	2.306	2.217	4.02	20.41	3.34		
CN-C3P2-3	3	2	2.308	2.217	4.08	21.75	3.46		
CN-C3P2-4	3	2	2.307	2.214	4.17	19.15	3.34		
CN-C3P2-5	3	2	2.310	2.215	4.32	15.29	3.59		
CN-C5P0-1	5	0	2.328	2.224	4.65	44.46	3.22	40.94	2.76
CN-C5P0-2	5	0	2.355	2.249	4.71	48.18	2.59		
CN-C5P0-3	5	0	2.354	2.245	4.85	41.99	2.18		
CN-C5P0-4	5	0	2.363	2.248	5.12	37.45	2.81		
CN-C5P0-5	5	0	2.351	2.239	5.03	32.61	3.02		
CN-C5P1-1	5	1	2.338	2.224	4.36	34.90	2.31	30.48	2.59
CN-C5P1-2	5	1	2.322	2.219	4.65	29.49	2.86		
CN-C5P1-3	5	1	2.342	2.237	4.70	31.32	2.20		
CN-C5P1-4	5	1	2.329	2.219	4.96	26.75	2.33		
CN-C5P1-5	5	1	2.341	2.239	4.56	29.94	3.28		
CN-C5P2-1	5	2	2.336	2.231	4.71	37.49	3.16	33.64	3.31
CN-C5P2-2	5	2	2.335	2.230	4.68	37.31	3.27		
CN-C5P2-3	5	2	2.343	2.234	4.90	33.68	3.80		
CN-C5P2-4	5	2	2.336	2.222	5.14	31.09	3.15		
CN-C5P2-5	5	2	2.326	2.215	5.03	28.64	3.16		

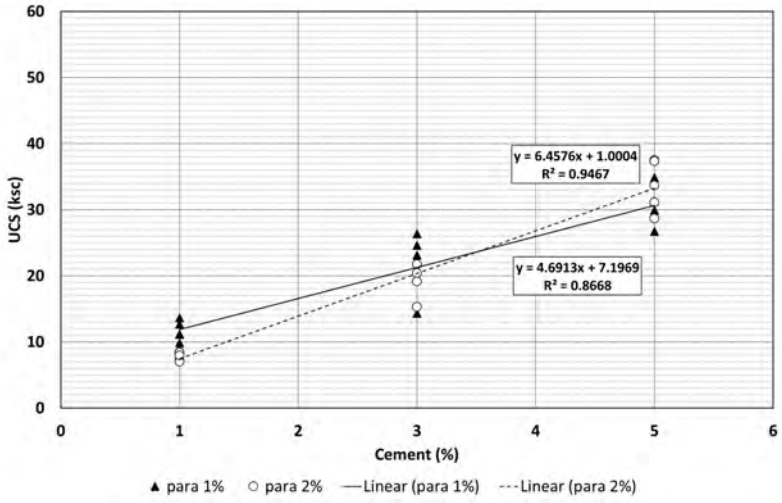
ตารางที่ 8.8 สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียววัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากแหล่งวัสดุจังหวัดชลบุรี

Name	Cement (%)	Para Rubber (%)	g_t (g/cm^3)	g_d (g/cm^3)	Water Content (%)	q_u (ksc)	Strain (%)	Avg. q_u (ksc)	Avg. Strain (%)
CB-C1P0-1	1	0	2.247	2.041	10.07	5.75	3.62		
CB-C1P0-2	1	0	2.258	2.057	9.78	6.24	4.49		
CB-C1P0-3	1	0	2.258	2.044	10.48	7.80	2.35	5.52	3.22
CB-C1P0-4	1	0	2.249	2.047	9.87	2.96	2.46		
CB-C1P0-5	1	0	2.265	2.056	10.18	4.86	3.16		
CB-C1P1-1	1	1	2.229	2.014	10.65	3.31	6.15		
CB-C1P1-2	1	1	2.217	2.000	10.88	2.90	6.05		
CB-C1P1-3	1	1	2.223	2.003	10.99	4.49	4.03	3.83	4.48
CB-C1P1-4	1	1	2.208	1.995	10.7	3.72	3.21		
CB-C1P1-5	1	1	2.226	2.008	10.85	4.72	2.97		
CB-C1P2-1	1	2	2.186	1.987	10.01	4.50	7.51		
CB-C1P2-2	1	2	2.218	2.033	9.12	4.98	5.45		
CB-C1P2-3	1	2	2.237	2.071	8.03	6.53	4.04	5.00	4.95
CB-C1P2-4	1	2	2.234	2.028	10.15	6.04	3.58		
CB-C1P2-5	1	2	2.207	2.023	9.09	2.97	4.20		
CB-C3P0-1	3	0	2.265	2.079	8.93	20.39	3.64		
CB-C3P0-2	3	0	2.278	2.084	9.31	15.77	3.63		
CB-C3P0-3	3	0	2.280	2.094	8.88	20.29	2.24	19.79	2.61
CB-C3P0-4	3	0	2.266	2.075	9.22	23.76	1.91		
CB-C3P0-5	3	0	2.281	2.092	9.05	18.73	1.62		
CB-C3P1-1	3	1	2.231	2.056	8.51	17.90	4.29		
CB-C3P1-2	3	1	2.242	2.069	8.36	21.00	2.60		
CB-C3P1-3	3	1	2.242	2.067	8.48	20.37	2.18	19.89	2.75
CB-C3P1-4	3	1	2.235	2.065	8.26	23.95	2.32		
CB-C3P1-5	3	1	2.234	2.061	8.37	16.23	2.36		
CB-C3P2-1	3	2	2205	2032	8.5	16.24	5.04		
CB-C3P2-2	3	2	2209	2032	8.69	13.41	3.90		
CB-C3P2-3	3	2	2226	2055	8.31	17.31	2.50	15.94	3.40
CB-C3P2-4	3	2	2204	2028	8.65	18.58	3.01		
CB-C3P2-5	3	2	2215	2042	8.48	14.16	2.54		
CB-C5P0-1	5	0	2255	2073	8.76	29.83	3.04		
CB-C5P0-2	5	0	2271	2086	8.83	27.46	2.70		
CB-C5P0-3	5	0	2272	2086	8.88	30.77	1.91	26.21	2.42
CB-C5P0-4	5	0	2263	2076	9	22.71	1.88		
CB-C5P0-5	5	0	2258	2073	8.94	20.26	2.58		

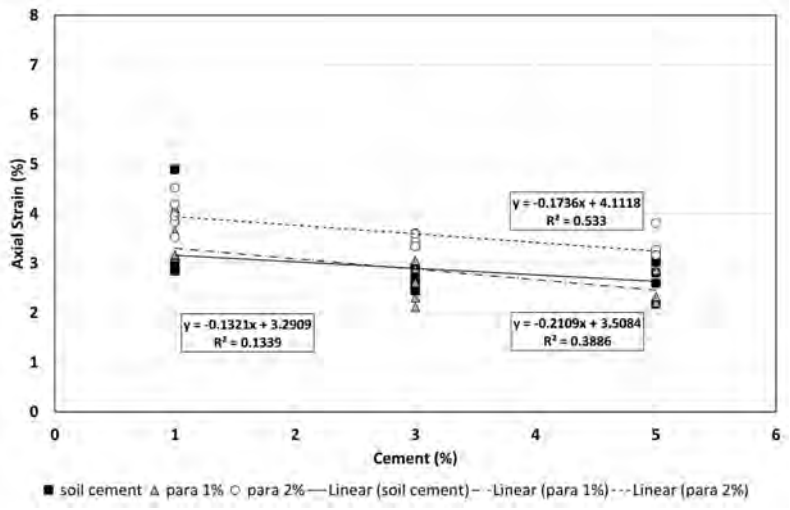
CB-C5P1-1	5	1	2244	2067	8.57	26.34	3.38	23.25	2.84
CB-C5P1-2	5	1	2244	2068	8.5	31.87	2.92		
CB-C5P1-3	5	1	2235	2060	8.47	18.22	3.16		
CB-C5P1-4	5	1	2217	2036	8.91	20.95	1.99		
CB-C5P1-5	5	1	2220	2043	8.69	18.86	2.75		
CB-C5P2-1	5	2	2218	2031	9.2	20.18	3.15	21.30	3.20
CB-C5P2-2	5	2	2240	2053	9.13	26.49	3.90		
CB-C5P2-3	5	2	2223	2038	9.1	21.44	2.74		
CB-C5P2-4	5	2	2238	2055	8.92	19.60	3.30		
CB-C5P2-5	5	2	2227	2043	9.01	18.79	2.92		



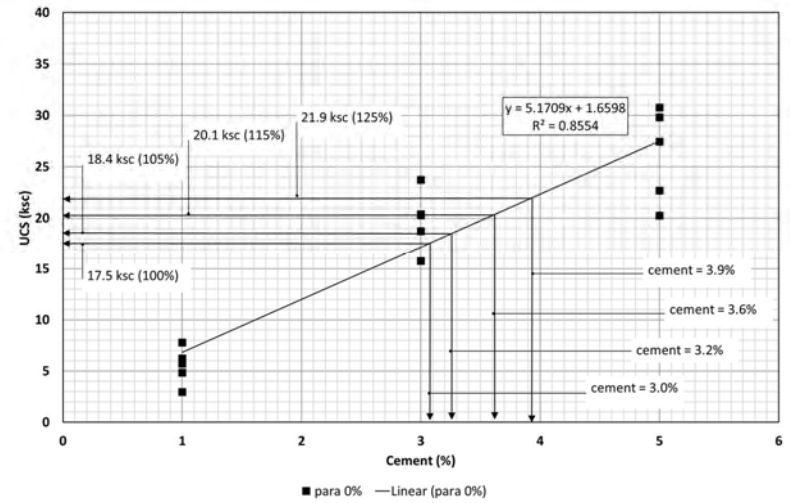
รูปที่ 8.4 ความเค้นของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ (ดินลูกรังจังหวัดชัยนาท)



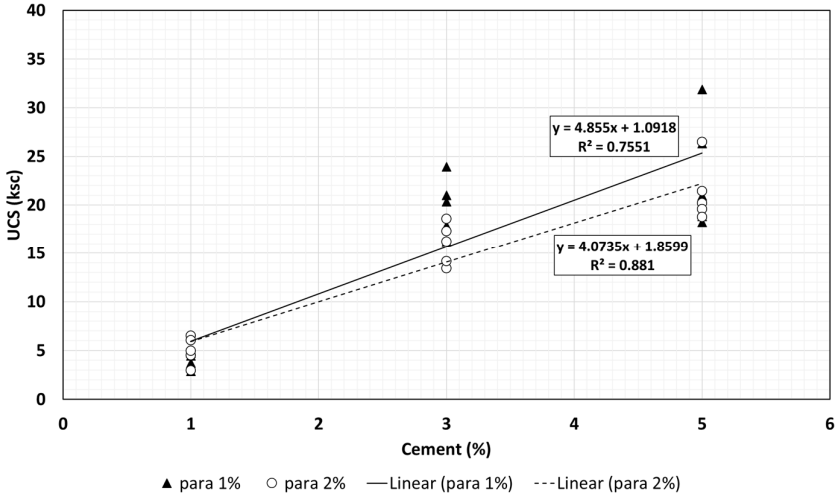
รูปที่ 8.5 ความเค้นของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (ดินลูกรังจังหวัดชัยนาท)



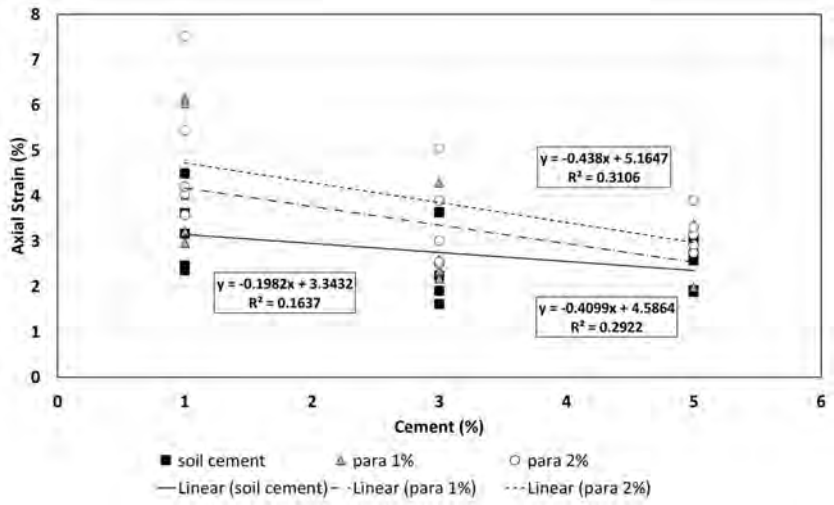
รูปที่ 8.6 ความเครียดของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (ดินลูกรังจังหวัดชัยนาท)



รูปที่ 8.7 ความเค้นของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ (ดินลูกรังจังหวัดชลบุรี)



รูปที่ 8.8 ความเค้นของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (ดินลูกรังจังหวัดชลบุรี)



รูปที่ 8.9 ความเครียดของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (ดินลูกรังจังหวัดชลบุรี)

9. งานทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Performance Test)

ที่ปรึกษาได้เตรียมตัวอย่างวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์ที่อัตราส่วนเหมาะสมตามผลการออกแบบส่วนผสม จำนวน 1 อัตราส่วน (การใช้ปริมาณซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 2.4 และ 3.9 สำหรับวัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทและชลบุรีตามลำดับ) และตัวอย่างวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติที่อัตราส่วนเหมาะสมตามผลการออกแบบส่วนผสม จำนวน 1 อัตราส่วนผสม (การใช้ปริมาณซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 2.4 ปริมาณยางพาราเท่ากับร้อยละ 2 สำหรับวัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาท และปริมาณซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 3.9 ปริมาณยางพาราเท่ากับร้อยละ 2 สำหรับวัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรี) เพื่อทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะในห้องปฏิบัติการ (ผลการทดสอบทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก จ) โดยที่ปรึกษาได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการบริหารโครงการก่อนดำเนินงาน ทั้งนี้ปริมาณการทดสอบแสดงไว้ดังตารางที่ 9.1 และมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 9.1 ปริมาณการทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบ	ประเภทวัสดุ	ดินลูกรัง จ.ชัยนาท (ตัวอย่าง)	ดินลูกรัง จ.ชลบุรี (ตัวอย่าง)	รวม จำนวน (ตัวอย่าง)
Indirect Tensile Strength	พื้นทางดินซีเมนต์	3	3	6
	พื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ	3	3	6
Resilient Modulus	พื้นทางดินซีเมนต์	3	3	6
	พื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ	3	3	6
Fatigue Resistance	พื้นทางดินซีเมนต์	3	3	6
	พื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ	3	3	6
Water Permeability	พื้นทางดินซีเมนต์	3	3	6
	พื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ	3	3	6

9.1 การทดสอบกำลังแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength)

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบกำลังแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength, IDT) ของตัวอย่างวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ จำนวน 3 ตัวอย่าง และตัวอย่างวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จำนวน 3 ตัวอย่าง รวมจำนวนทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) + (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ตามมาตรฐาน ASTM D6931-17 หรือเทียบเท่า

โดยใช้ตัวอย่างที่เตรียมด้วย modified compaction mold บดอัดให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. และความสูงไม่น้อยกว่า 50 มม. จัดวางตัวอย่างเพื่อเตรียมการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 9.1 หลังจากนั้นตัวอย่างจะถูกกดให้แตก โดยใช้ความเร็วในการกดเท่ากับ 50 ± 5 มม./นาที ค่าแรงสูงสุดที่ทำให้ตัวอย่างวิบัติ (P) จะถูกบันทึกไว้ กำลังรับแรงดึงทางอ้อม (IDT) สามารถคำนวณได้จาก

$$IDT = \frac{2{,}000 \times P}{\pi \times t \times D} \qquad (9\text{-}1)$$

เมื่อ IDT คือค่ากำลังรับแรงดึงทางอ้อม (kPa), P คือ แรงกดสูงสุดที่ทำให้ตัวอย่างวิบัติ (N), t คือ ความสูงของตัวอย่างที่ทำการทดสอบ (มม.) และ D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่างที่ทำการทดสอบ (มม.) ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตารางที่ 9.2 แสดงให้เห็นว่า ค่า IDT เฉลี่ย ของตัวอย่างพื้นทางดินซีเมนต์โดยทั่วไปมีค่าสูงกว่าตัวอย่างพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ นอกจากนี้ ยังพบอีกว่า IDT ที่วัดได้จาก ตัวอย่างที่ใช้ดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีเป็นส่วนผสมมีค่าสูงกว่า IDT ที่วัดได้จากตัวอย่างที่ใช้ดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาท ทั้งนี้ สันนิษฐานได้ว่า ปริมาณซีเมนต์มีส่วนสำคัญที่ทำให้ค่า IDT ของตัวอย่างพื้นทางบดอัดสูงขึ้น และยางพาราส่งผลให้ค่า IDT ของตัวอย่างพื้นทางซีเมนต์ลดลง



รูปที่ 9.1 การทดสอบกำลังรับแรงดึงทางอ้อม

ตารางที่ 9.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงทางอ้อม

ประเภทวัสดุ	แหล่งวัสดุ	IDT (kPa)
พื้นทางดินซีเมนต์	**ชัยนาท**	
	ตัวอย่างที่ 1	457
	ตัวอย่างที่ 2	372
	ตัวอย่างที่ 3	445
	เฉลี่ย	**424**
	ชลบุรี	
	ตัวอย่างที่ 1	397
	ตัวอย่างที่ 2	566
	ตัวอย่างที่ 3	576
	เฉลี่ย	**513**
พื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ	**ชัยนาท**	
	ตัวอย่างที่ 1	203
	ตัวอย่างที่ 2	250
	ตัวอย่างที่ 3	251
	เฉลี่ย	**234**
	ชลบุรี	
	ตัวอย่างที่ 1	486
	ตัวอย่างที่ 2	359
	ตัวอย่างที่ 3	438
	เฉลี่ย	**428**

9.2 การทดสอบค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus)

ที่ปรึกษาดำเนินการทดสอบค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus, MR) ของตัวอย่างวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ จำนวน 3 ตัวอย่าง และตัวอย่างวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจำนวน 3 ตัวอย่าง รวมจำนวนทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) + (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ตามมาตรฐาน ASTM D7369-11 หรือเทียบเท่า ดังแสดงไว้ในรูปที่ 9.2

โดยใช้ตัวอย่างขนาดเดียวกันกับการทดสอบกำลังแรงดึงทางอ้อม (IDT) ในการทดสอบ ในการวัดค่าโมดูลัสคืนตัว ตัวอย่างจะถูกให้แรงกระทำซ้ำคงที่ (constant) เป็นจำนวน 5 รอบ แต่ละรอบตัวอย่างจะถูกแรงกระทำในรูปแบบฮาฟเวอร์ไซน์ (Haversine) เป็นระยะเวลา 0.1 วินาที และถูกปล่อยให้คืนตัว 0.9 วินาที ก่อนที่แรงกระทำในรอบที่สองจะเริ่มขึ้นอีก ASTM D7369-11 แนะนำแรงกระทำที่เหมาะสมในการทดสอบควรมีค่าไม่เกินร้อยละ 20 ของกำลังแรงดึงทางอ้อมที่วัดได้จากส่วนผสมนั้น ๆ ทั้งนี้ เพื่อให้แน่ใจว่า แรงกระทำระหว่างการทดสอบ ส่งผลให้วัสดุตอบสนองในรูปแบบอีลาสติก (Elastic) ในทุกรอบของการให้แรงกระทำซ้ำ ค่าการบวมตัวออกทางด้านข้างของตัวอย่างจะถูกวัดค่าด้วย LVDT และเก็บบันทึกไว้ หลังจากที่ตัวอย่างถูกแรงกระทำซ้ำครบ 5 รอบแล้ว ค่าโมดูลัสคืนตัวจะถูกคำนวนจากแรงกระทำซ้ำและการบวมตัวออกทางด้านข้างของตัวอย่างตามสมการและขั้นตอนที่ระบุไว้ใน ASTM D7369-11

ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตารางที่ 9.3 แสดงให้เห็นว่า ค่าโมดูลัสคืนตัวเฉลี่ย ของตัวอย่างพื้นทางดินซีเมนต์โดยทั่วไปมีค่าสูงกว่าตัวอย่างพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ นอกจากนี้ ยังพบอีกว่าโมดูลัสคืนตัวที่วัดได้จากตัวอย่างที่ใช้ดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีเป็นส่วนผสมมีค่าต่ำกว่า โมดูลัสคืนตัวที่วัดได้จากตัวอย่างที่ใช้ดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาท ซึ่งตรงข้ามกับผลการทดสอบ IDT ทั้งนี้ สันนิษฐานได้ว่า คุณภาพของดินพื้นทางมีส่วนสำคัญที่ทำให้ค่าโมดูลัสคืนตัวของตัวอย่างพื้นทางบดอัดสูงขึ้น และยางพาราส่งผลให้ค่าโมดูลัสคืนตัวของตัวอย่างพื้นทางซีเมนต์ลดลง



รูปที่ 9.2 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบค่าโมดูลัสคืนตัว

ตารางที่ 9.3 ผลการทดสอบค่าโมดูลัสคืนตัว

ประเภทวัสดุ	แหล่งวัสดุ	MR (MPa)
พื้นทางดินซีเมนต์	**ชัยนาท**	
	ตัวอย่างที่ 1	19,831
	ตัวอย่างที่ 2	13,145
	ตัวอย่างที่ 3	12,726
	เฉลี่ย	**15,234**
	ชลบุรี	
	ตัวอย่างที่ 1	7,645
	ตัวอย่างที่ 2	6,749
	ตัวอย่างที่ 3	7,912
	เฉลี่ย	**7,435**
พื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ	**ชัยนาท**	
	ตัวอย่างที่ 1	10,103
	ตัวอย่างที่ 2	NA
	ตัวอย่างที่ 3	NA
	เฉลี่ย	**10,103**
	ชลบุรี	
	ตัวอย่างที่ 1	4,776
	ตัวอย่างที่ 2	7,880
	ตัวอย่างที่ 3	6,985
	เฉลี่ย	**6,547**

9.3 การทดสอบค่าความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า (Fatigue Resistance)

ที่ปรึกษาดำเนินการทดสอบค่าความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า (Fatigue Resistance, FR) ของตัวอย่างวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ จำนวน 3 ตัวอย่าง และตัวอย่างวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จำนวน 3 ตัวอย่าง รวมจำนวนทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) + (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ตามมาตรฐาน BS DD ABF: 1995 หรือเทียบเท่า ดังแสดงไว้ในรูปที่ 9.3

ค่าความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า (Fatigue Resistance) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแข็งแรงของวัสดุต่อแรงกระทำซ้ำ ๆ มักจะใช้จำนวนรอบของแรงกระทำซ้ำ (Number of Cycle) ที่ทำให้ตัวอย่างวิบัติ (Failure) เป็นตัวแทนค่าความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Fatigue Life การทดสอบจะใช้ตัวอย่างขนาดเดียวกันกับการทดสอบกำลังแรงดึงทางอ้อม (IDT) ในการทดสอบค่าความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า ตัวอย่างจะถูกให้แรงกระทำซ้ำคงที่ (constant) ไปเรื่อย ๆ จนตัวอย่างเกิดการแตกร้าวและวิบัติ เช่นเดียวกับการทดสอบโมดูลัสคืนตัว ตัวอย่างจะถูกแรงกระทำในรูปแบบฮาฟเวอร์ไซน์ (Haversine) เป็นระยะเวลา 0.1 วินาที และถูกปล่อยให้คืนตัว 0.9 วินาที สำหรับการทดสอบค่าความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้าในการศึกษานี้ ตัวอย่างทดสอบจะถูกแรงกระทำซ้ำคงที่ มีค่าเท่ากับร้อยละ 30 ถึงร้อยละ 40 ของ IDTสำหรับตัวอย่างที่ใช้ดินจากชัยนาท และใช้แรงกระทำซ้ำเท่ากับร้อยละ 60 ถึง

70 ของ IDT สำหรับตัวอย่างที่ใช้ดินจากชลบุรี จนตัวอย่างเกิดการวิบัติ จำนวนรอบที่ทำให้ตัวอย่างวิบัติ (No. of Cycle to Failure) จะถูกบันทึกและนำมาใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้าในการศึกษานี้ ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตารางที่ 9.4 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างดินซีเมนต์มีประสิทธิภาพความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้าต่ำกว่าดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางพาราเมื่อทดสอบด้วย applied stress ratio (อัตราส่วนระหว่างแรงกระทำซ้ำกับ IDT) ที่เท่ากัน ทั้งนี้อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องพึงระลึกไว้ว่า การทดสอบที่ใช้ applied stress ratio เท่ากัน เป็นการทดสอบที่นักวิจัยมักใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุศึกษา โดยนิยามว่า วัสดุต่าง ๆ มีการตอบสนอง (responses) ต่อแรงกระทำซ้ำเหมือนกัน เมื่อใช้ applied stress ratio เท่ากันในการทดสอบ ทั้งนี้ ค่าแรงกระทำซ้ำที่ให้กับวัสดุทดสอบจะขึ้นอยู่กับค่า IDT ของวัสดุนั้น ๆ เช่น ตัวอย่างที่ใช้ดินจากชัยนาท ใช้ค่า applied stress ratio ในการทดสอบเท่ากับร้อยละ 40 หมายถึง ระหว่างการทดสอบตัวอย่างดินซีเมนต์จะต้องใช้แรงกระทำซ้ำคงที่เท่ากับ 425×0.4 = 170 kPa ในการทดสอบ ส่วนตัวอย่างดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางพาราจะใช้แรงกระทำซ้ำคงที่เท่ากับ 235×0.4 = 94 kPa ระหว่างการทดสอบ เป็นต้น นอกจากนี้ตัวอย่างที่ทดสอบในการศึกษานี้ถูกจัดเตรียมและทดสอบในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ในความเป็นจริง ยางพาราอาจมีการเสื่อมสภาพเนื่องจากสภาพแวดล้อม อุณหภูมิและความชื้น ซึ่งอาจส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า



รูปที่ 9.3 การทดสอบค่าความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า

ตารางที่ 9.4 ผลการทดสอบค่าความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า

ประเภทวัสดุ	แหล่งวัสดุ	FR (No. of Cycle to Failure)
พื้นทางดินซีเมนต์	**ชัยนาท**	
	ตัวอย่างที่ 1	171
	ตัวอย่างที่ 2	11
	ตัวอย่างที่ 3	11
	เฉลี่ย	**64**
	ชลบุรี	
	ตัวอย่างที่ 1	62
	ตัวอย่างที่ 2	11
	ตัวอย่างที่ 3	11
	เฉลี่ย	**28**

พื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ	**ชัยนาท**	
	ตัวอย่างที่ 1	2,521
	ตัวอย่างที่ 2	201
	ตัวอย่างที่ 3	171
	เฉลี่ย	**964**
	ชลบุรี	
	ตัวอย่างที่ 1	11
	ตัวอย่างที่ 2	1,351
	ตัวอย่างที่ 3	11
	เฉลี่ย	**458**

9.4 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ (Water Permeability)

ที่ปรึกษาทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ (Water Permeability, k) ของตัวอย่างวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ จำนวน 3 ตัวอย่าง และตัวอย่างวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จำนวน 3 ตัวอย่าง รวมจำนวนทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) + (3 ตัวอย่าง x 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ตามมาตรฐาน ASTM D2434 หรือเทียบเท่า ดังแสดงไว้ในรูปที่ 9.4

โดยการทดสอบดำเนินการโดยวิธีทดสอบแบบ constant head และมีผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตารางที่ 9.5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทในการบดอัด ดินซีเมนต์มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำต่ำกว่าดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซึ่งนับว่าสอดคล้องกับผลการวิจัยของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง (2562) อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีในการบดอัดพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำของทั้งวัสดุงานดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติมีค่าใกล้เคียงกัน คาดว่าเนื่องจากวัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีนั้นมีปริมาณวัสดุเม็ดละเอียดมากกว่า ส่งผลให้เกิดการยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคที่มากกว่า ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำนั้นไม่แตกต่างกันมากนัก และส่งผลให้ตัวอย่างจากจังหวัดชลบุรีมีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำต่ำกว่าตัวอย่างจากจังหวัดชัยนาทเช่นกัน



รูปที่ 9.4 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ

ตารางที่ 9.5 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ

ประเภทวัสดุ	แหล่งวัสดุ	k (cm/sec)
พื้นทางดินซีเมนต์	**ชัยนาท**	
	ตัวอย่างที่ 1	4.966×10^{-7}
	ตัวอย่างที่ 2	6.776×10^{-7}
	ตัวอย่างที่ 3	1.221×10^{-7}
	เฉลี่ย	**4.321×10^{-7}**
	ชลบุรี	
	ตัวอย่างที่ 1	1.367×10^{-8}
	ตัวอย่างที่ 2	1.781×10^{-8}
	ตัวอย่างที่ 3	1.165×10^{-8}
	เฉลี่ย	**1.438×10^{-8}**
พื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ	**ชัยนาท**	
	ตัวอย่างที่ 1	4.030×10^{-6}
	ตัวอย่างที่ 2	2.087×10^{-6}
	ตัวอย่างที่ 3	3.006×10^{-6}
	เฉลี่ย	**3.041×10^{-6}**
	ชลบุรี	
	ตัวอย่างที่ 1	1.127×10^{-8}
	ตัวอย่างที่ 2	1.722×10^{-8}
	ตัวอย่างที่ 3	1.051×10^{-8}
	เฉลี่ย	**1.300×10^{-8}**

10. งานทดสอบคุณสมบัติและวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน (Physical Model Experiment)

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบคุณสมบัติและวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน (Physical Model Experiment) โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

10.1 งานทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน

10.1.1 การเตรียมตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการเตรียมตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 204 “มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์” บดอัดในแบบจำลองสภาพการใช้งาน ขนาด 120 × 120 ตารางเซนติเมตร หนา 20 เซนติเมตร จำนวน 2 ตัวอย่างแบบจำลอง รวมจำนวนทั้งสิ้น 2 ตัวอย่างแบบจำลอง (1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)

โดยแบบของแบบจำลองสภาพการใช้งานนั้นสร้างขึ้นจากแผ่นเหล็กหนา 9 มม. เชื่อมต่อกันเป็นกล่องเหล็กขนาดภายในกว้าง 120 ซม. ยาว 120 ซม. สูง 40 ซม. เพื่อป้องกันการโก่งตัวขณะบดอัดก่อสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 10.1 การบดอัดวัสดุนั้นใช้การควบคุมความหนาแน่น (น้ำหนักและปริมาตร) ของวัสดุที่นำมาใช้บดอัด จากนั้นทำการบดอัดจำนวนทั้งสิ้น 6 ชั้นด้วยเครื่องตบกระแทก ซึ่งการเตรียมตัวอย่างแต่ละชั้นนั้นจะเริ่มจากการเตรียมตัวอย่างแห้งโดยการคลุกเคล้าดินและซีเมนต์ให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นจะทำการคลุกเคล้ากับน้ำที่ปริมาณน้ำที่เหมาะสมและทำการบดอัดต่อไปดังแสดงในรูปที่ 10.2 ทั้งนี้ดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทจะใช้ปริมาณซีเมนต์ 2.4% ปริมาณน้ำที่เหมาะสม 5.30% และความหนาแน่นแห้งสูงสุด 2.33 ตัน/ตร.ม. ในขณะที่ดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีจะใช้ปริมาณซีเมนต์ 3.9% ปริมาณน้ำที่เหมาะสม 10.00% และความหนาแน่นแห้งสูงสุด 2.08 ตัน/ตร.ม.

10.1.2 การเตรียมตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการเตรียมตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ บดอัดในแบบจำลองสภาพการใช้งาน ขนาด 120 × 120 ตารางเซนติเมตร หนา 20 เซนติเมตร จำนวน 2 ตัวอย่างแบบจำลอง รวมจำนวนทั้งสิ้น 2 ตัวอย่างแบบจำลอง (1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)

โดยการเตรียมแบบจำลองสภาพการใช้งานและการบดอัดนั้นดำเนินการเฉกเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ อย่างไรก็ตามส่วนผสมเปียกสำหรับวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาตินั้นจะเป็นส่วนผสมระหว่างยางพารา สารผสมเพิ่ม และน้ำ ซึ่งแตกต่างจากส่วนผสมเปียกของวัสดุงานดินซีเมนต์ที่ใช้เพียงน้ำอย่างเดียว ทั้งนี้ดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทจะใช้ปริมาณซีเมนต์ 2.4% ปริมาณยางพารา 2% ปริมาณน้ำที่เหมาะสม 5.30% และความหนาแน่นแห้งสูงสุดเท่ากับ 2.33 ตัน/ตร.ม. ในขณะที่ดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีจะใช้ปริมาณซีเมนต์ 3.9% ปริมาณยางพารา 2% ปริมาณน้ำที่เหมาะสม 10.00% ความหนาแน่นแห้งสูงสุด 2.08 ตัน/ตร.ม.



รูปที่ 10.1 แบบกล่องเหล็กสำหรับการก่อสร้างแบบจำลองสภาพการใช้งาน



รูปที่ 10.2 การก่อสร้างแบบจำลองสภาพการใช้งาน ก) การเตรียมตัวอย่างวัสดุ ข) การบดอัด

10.1.3 การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างวัสดุที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ

ที่ปรึกษาได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างวัสดุที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ ดังนี้

O ตัวอย่างวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์

ที่ปรึกษาได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์ที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ ดังแสดงจำนวนในตารางที่ 10.1 และมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 10.1 จำนวนการทดสอบในแบบจำลองสภาพการใช้งาน วัสดุดินซีเมนต์

แบบจำลองที่	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	จำนวนการทดสอบ				
		ความชื้นและความหนาแน่น-นิวเคลียร์เกจ	เจาะเก็บตัวอย่างและทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว	ความชื้น-ชุดอุปกรณ์ตรวจวัด	การทดสอบ SASW	การทดสอบ LWD*
ดินซีเมนต์ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชัยนาท)	0*	2	-	1	-	1
	1	2	-	1	-	-
	3	2	2	1	1	1
	5	2	-	1	-	-
	7	2	2	1	1	1
	14	2	2	1	1	1
	21	2	2	1	1	-
	28	2	2	1	1	1
ดินซีเมนต์ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชลบุรี)	0*	2	-	1	-	1
	1	2	-	1	-	-
	3	2	2	1	1	1
	5	2	-	1	-	-
	7	2	2	1	1	1
	14	2	2	1	1	1
	21	2	2	1	1	-
	28	2	2	1	1	1
รวม		32	20	16	10	10

*การทดสอบ LWD เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของวัสดุตามระยะเวลาบ่ม วันที่ทดสอบอาจไม่ตรงตามที่ระบุไว้ในตาราง

- การทดสอบหาค่าความหนาแน่นและความชื้นของตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์โดยใช้วิธีนิวเคลียร์

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบหาค่าความแน่นและค่าความชื้นของตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ในข้อ 5.1.1 ตามมาตรฐาน ทล.-ท.607 “วิธีการทดลองหาค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวมในสนามระดับตื้นโดยใช้วิธีนิวเคลียร์” ภายหลังการบดอัดแล้วเสร็จ จำนวน 2 หลุม (Back Scatter 1 หลุม และ Direct Transmission 1 หลุม) และที่ระยะเวลาการบ่ม 1, 3, 5, 7, 14, 21 และ 28 วัน จำนวน 2 หลุม (Back Scatter 1 หลุม และ Direct Transmission 1 หลุม) ต่อระยะเวลาบ่มตามลำดับ รวมจำนวนทั้งสิ้น 32 หลุม (16 หลุม x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) โดยผลการทดสอบค่าความหนาแน่นและความชื้นของวัสดุดินซีเมนต์แสดงไว้ดังตารางที่ 10.2 ซึ่งจะเห็นว่าวัสดุงานดินซีเมนต์จากจังหวัดชัยนาทมีค่า

ความหนาแน่นสูงกว่าและมีค่าความชื้นที่ต่ำกว่าวัสดุงานดินซีเมนต์จากจังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นไปตามผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 10.2 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นโดยวิธีทดสอบนิวเคลียร์ วัสดุดินซีเมนต์

แบบจำลอง	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	Back Scatter		Direct Transmission	
		ความหนาแน่นแห้ง (ตัน/ลบ.ม.)	ความชื้น (%)	ความหนาแน่นแห้ง (ตัน/ลบ.ม.)	ความชื้น (%)
ดินซีเมนต์ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชัยนาท)	0*	2.104	7.7	2.131	7.4
	1	2.091	7.1	2.081	7.7
	3	2.280	6.9	2.153	8.0
	5	2.165	7.7	2.388	7.1
	7	2.214	8.1	2.220	7.9
	14	2.275	7.2	2.112	8.4
	21	2.103	7.6	2.030	7.7
	28	2.317	6.9	2.199	6.9
ดินซีเมนต์ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชลบุรี)	0*	2.146	13.5	1.985	13.4
	1	2.013	13.6	2.146	13.5
	3	2.115	14.6	2.008	14.3
	5	2.048	15.0	2.019	15.0
	7	2.017	14.8	2.015	14.6
	14	2.164	13.0	1.892	13.6
	21	1.906	13.8	1.873	14.2
	28	2.240	12.5	2.002	13.8

- การเจาะเก็บตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการเจาะเก็บตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9 เซนติเมตร ในข้อ 10.1.1 เพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ทล.-ท.105 “วิธีการทดลองหา Unconfined Compressive Strength ของดิน” ที่ระยะเวลาการบ่ม 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน จำนวน 2 หลุมต่อระยะเวลาบ่ม ตามลำดับ ทดสอบตัวอย่างแบบแช่น้ำ รวมจำนวนทั้งสิ้น 10 ก้อนตัวอย่าง (5 หลุม x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) และแบบไม่แช่น้ำ รวมจำนวนทั้งสิ้น 10 ก้อนตัวอย่าง (5 หลุม x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) รวมจำนวนก้อนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้น 20 ก้อนตัวอย่าง

ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวของวัสดุดินซีเมนต์แสดงไว้ดังตารางที่ 10.3 รูปที่ 10.4 และรูปที่ 10.5 เนื่องจากตัวอย่างที่เจาะเก็บมาได้นั้นมีความสูงของแต่ละตัวอย่างแตกต่างกัน ดังนั้นค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่แสดงไว้ในตารางนั้นเป็นค่ากำลังที่ได้รับการปรับแก้อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางให้เท่ากับตัวอย่างขนาด 4 นิ้ว x 4.6 นิ้ว โดยอาศัยสมการดังต่อไปนี้

(Guneyli and Rusen, 2015) เมื่อ UCS_2 คือค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างที่มีอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับสอง, UCS คือค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างที่มีอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ L/D, L คือความสูงของตัวอย่างและ D คือเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่าง ส่วนผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ตรวจวัดได้นั้นแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ทั้งนี้พบว่าตัวอย่างดินซีเมนต์จากจังหวัดชัยนาทที่ระยะเวลาบ่ม 3 วัน มีการเสียสภาพภายหลังจากการนำไปแช่น้ำ

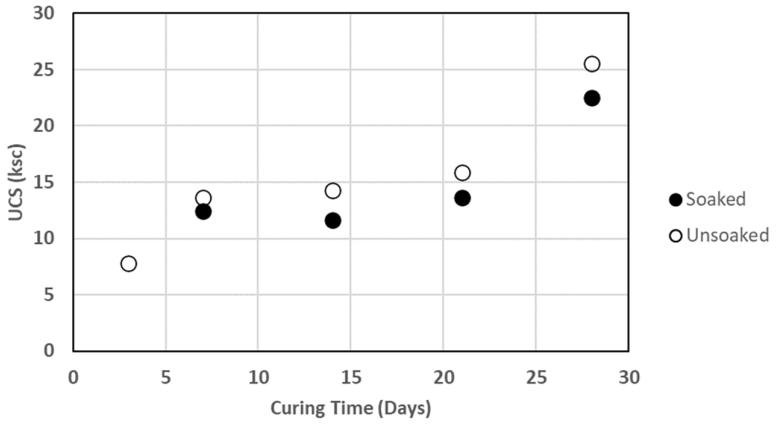
$$UCS_2 = UCS \Big/ \left[1.828 - 0.39\left(L/D\right)\right] \qquad (10\text{-}1)$$



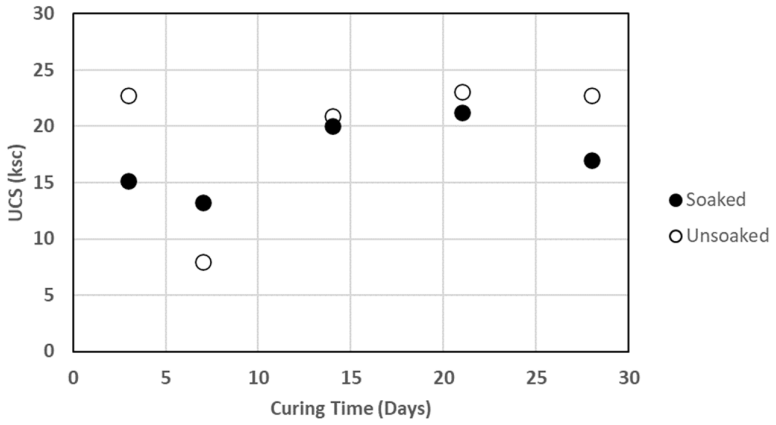
รูปที่ 10.3 การเจาะเก็บตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์

ตารางที่ 10.3 ผลการเจาะเก็บตัวอย่างและทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว วัสดุดินซีเมนต์

แบบจำลอง	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	การทดสอบประเภทแช่น้ำ		การทดสอบประเภทไม่แช่น้ำ	
		q_u (ksc)	Strain (%)	q_u (ksc)	Strain (%)
ดินซีเมนต์ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ.ชัยนาท)	3	N/A	N/A	7.82	11.31
	7	12.47	12.45	13.66	10.13
	14	11.62	5.05	14.30	13.67
	21	13.61	10.18	15.90	3.42
	28	22.54	11.62	25.55	6.07
ดินซีเมนต์ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ.ชลบุรี)	3	15.18	6.83	22.76	14.26
	7	13.24	15.99	9.65	3.86
	14	20.04	3.16	20.90	15.80
	21	21.21	13.66	23.09	9.80
	28	17.00	2.65	22.77	9.58



รูปที่ 10.4 ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ วัสดุงานดินซีเมนต์ จังหวัดชัยนาท



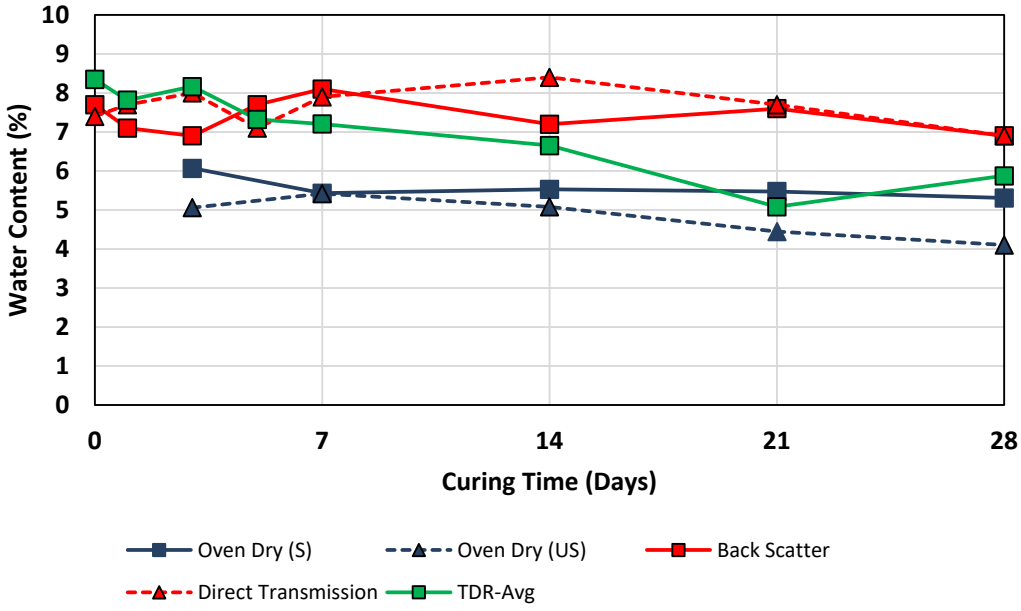
รูปที่ 10.5 ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ วัสดุงานดินซีเมนต์ จังหวัดชลบุรี

<u>- การทดสอบหาค่าความชื้นของตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ด้วยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย</u>

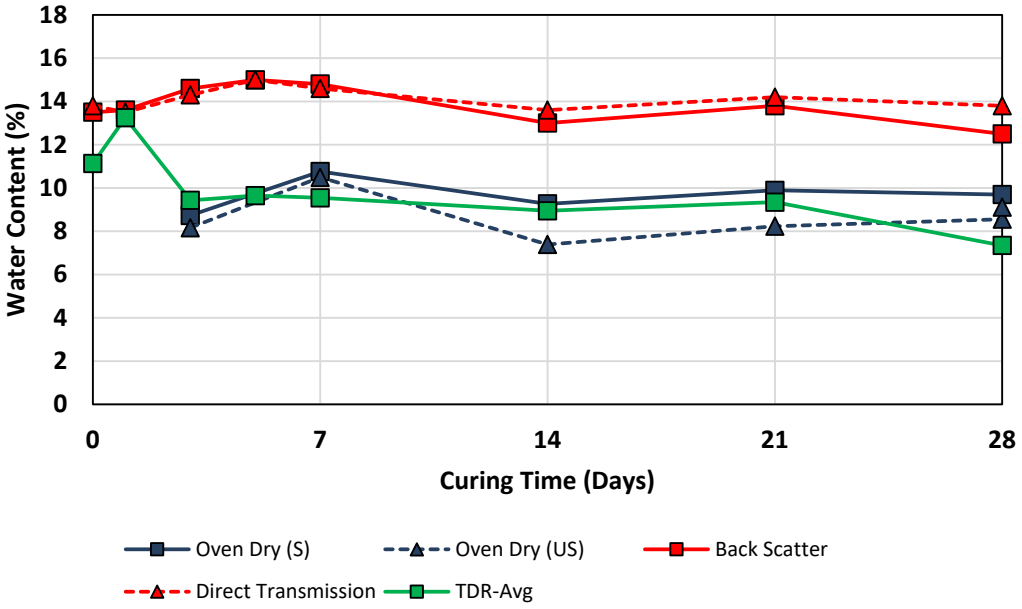
ที่ปรึกษาได้ดำเนินการตรวจวัดค่าความชื้นของตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ที่เตรียมไว้ในแบบจำลองสภาพการใช้งานโดยด้วยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย ภายหลังการบดอัดแล้วเสร็จ จำนวน 1 การทดสอบ และที่ระยะเวลาการบ่ม 1, 3, 5, 7, 14, 21 และ 28 วัน จำนวน 1 การทดสอบต่อระยะเวลาบ่มตามลำดับ รวมจำนวนทั้งสิ้น 16 การทดสอบ (8 การทดสอบ x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) โดยผลการตรวจวัดแสดงไว้ดังตารางที่ 10.4 และผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นที่ตรวจวัดได้จากชุดอุปกรณ์ฯ เทียบกับตัวอย่างที่ได้จากการอบตัวอย่างในตู้อบและการทดสอบวิธีนิวเคลียร์ของวัสดุงานดินซีเมนต์จากจังหวัดชัยนาทและชลบุรีแสดงไว้ดังรูปที่ 10.6 และรูปที่ 10.7 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความชื้นที่ตรวจวัดได้จากชุดอุปกรณ์ฯ มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากการอบตัวอย่างในตู้อบ ในส่วนของการทดสอบโดยวิธีนิวเคลียร์มีค่าความแตกต่างกับค่าที่วัดได้จากการอบตัวอย่างมากกว่าซึ่งคาดว่าเป็นผลเนื่องจากข้อจำกัดในด้านขอบเขตการทดสอบ

ตารางที่ 10.4 ผลการตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย วัสดุดินซีเมนต์

แบบจำลอง	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความชื้น (Gravimetric Water Content, %)				
		TDR 1	TDR 2	TDR 3	TDR 4	เฉลี่ย
ดินซีเมนต์ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชัยนาท)	0*	8.10	8.20	8.99	8.10	8.35
	1	7.29	8.30	8.40	7.28	7.82
	3	8.73	7.20	8.00	8.73	8.16
	5	9.36	6.24	7.26	6.42	7.32
	7	6.58	7.43	7.63	7.20	7.21
	14	6.22	5.89	7.93	6.57	6.65
	21	5.44	4.92	5.44	4.52	5.08
	28	5.97	6.4	6.61	4.88	5.88
ดินซีเมนต์ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชลบุรี)	0*	11.88	9.35	11.89	11.40	11.13
	1	13.51	12.94	13.94	12.60	13.25
	3	8.54	8.06	10.60	10.51	9.43
	5	8.55	7.13	11.83	11.09	9.65
	7	8.85	7.14	11.40	10.79	9.55
	14	10.02	8.11	10.32	7.34	8.95
	21	10.83	8.99	9.77	7.79	9.34
	28	7.46	7.97	6.80	7.14	7.34



รูปที่ 10.6 การเปรียบเทียบความชื้นที่ตรวจวัดได้จากวิธีทดสอบต่างๆของวัสดุดินซีเมนต์ จ.ชัยนาท



รูปที่ 10.7 การเปรียบเทียบความชื้นที่ตรวจวัดได้จากวิธีทดสอบต่างๆของวัสดุดินซีเมนต์ จ.ชลบุรี

- การทดสอบหาค่าความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุงานดินซีเมนต์โดยวิธีทดสอบ SASW

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบด้วยวิธี Spectral Analysis of Surface Waves (SASW) เพื่อตรวจวัดและศึกษาการพัฒนาค่าความเร็วคลื่นของตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ที่เตรียมไว้ในแบบจำลองสภาพการใช้งาน ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 10 การทดสอบ (5 การทดสอบ x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) โดยการทดสอบนั้นใช้ค้อนเป็นอุปกรณ์กำเนิดคลื่นและใช้ระยะห่างระหว่างตัวรับสัญญาณเท่ากับ 10 และ 20 เซนติเมตร ทำการตรวจวัดสัญญาณด้วยเครื่อง Spectrum Analyzer ดังแสดงในรูปที่ 10.8 และวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม WinSASW

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุดินซีเมนต์ที่ก่อสร้างด้วยดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทและจังหวัดชลบุรี มีค่าระหว่าง 380-635 เมตร/วินาที และ 320-476 เมตร/วินาที ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบแนวโน้มพบว่าดินซีเมนต์ที่ก่อสร้างจากทั้งสองแหล่งวัสดุนั้นมีค่าความเร็วคลื่นเฉือนเฉลี่ยที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยดินซีเมนต์จากจังหวัดชัยนาทนั้นมีค่าความเร็วคลื่นในช่วงต้นของระยะเวลาบ่มสูงกว่าเล็กน้อย



รูปที่ 10.8 การทดสอบ SASW

ตารางที่ 10.5 ผลการทดสอบค่าความเร็วคลื่นเฉือนโดยวิธีทดสอบ SASW วัสดุดินซีเมนต์

แบบจำลอง	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ความเร็วคลื่นเฉือน (เมตร/วินาที)
ดินซีเมนต์ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชัยนาท)	3	381
	7	600
	14	635
	21	380
	28	410
ดินซีเมนต์ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชลบุรี)	3	320
	7	476
	14	460
	21	470
	28	430

<u>การทดสอบหาค่าโมดูลัสและการแอ่นตัวของวัสดุงานดินซีเมนต์ โดยวิธีทดสอบ LWD</u>

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบด้วยวิธี Light Weight Deflectometer (LWD) เพื่อตรวจวัดค่าโมดูลัสและการแอ่นตัวของวัสดุงานดินซีเมนต์ที่เตรียมไว้ในแบบจำลองสภาพการใช้งาน ที่ระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน รวมจำนวนทั้งสิ้น 10 การทดสอบ (5 การทดสอบ x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ดังแสดงในรูปที่ 10.9

โดยการทดสอบนั้นทำการตรวจวัดทั้งค่าอีลาสติกโมดูลัส (Elastic Modulus, E) ค่าการแอ่นตัว (Deflection, D) และแรงกระทำ (Force, F) โดยผลการทดสอบแสดงไว้ดังตารางที่ 10.6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดินซีเมนต์จากจังหวัดชัยนาทมีค่าความแข็งที่มากกว่าดินซีเมนต์จากจังหวัดชลบุรี เนื่องจากมีค่าโมดูลัสสูงกว่าและค่าการแอ่นตัวต่ำกว่า ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากขนาดและคุณสมบัติของดินลูกรังที่แตกต่างกัน



รูปที่ 10.9 การทดสอบ LWD

ตารางที่ 10.6 ผลการทดสอบ LWD วัสดุดินซีเมนต์

แบบจำลอง	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	D (Micron)	E (MPa)	F (kN)
ดินซีเมนต์ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชัยนาท)	2	100.04	335.97	5.88
	5	107.53	320.72	6.02
	7	97.61	350.99	5.99
	14	125.62	269.36	5.92
	28	138.61	243.58	5.91
ดินซีเมนต์ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชลบุรี)	1	233.02	145.33	5.93
	4	294.93	116.67	6.02
	6	170.53	199.86	5.96
	13	168.84	207.86	6.14
	27	214.67	155.07	5.83

O ตัวอย่างวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

ที่ปรึกษาได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ ดังแสดงจำนวนในตารางที่ 10.7 และมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 10.7 จำนวนการทดสอบในแบบจำลองสภาพการใช้งาน วัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

แบบจำลองที่	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	จำนวนการทดสอบ				
		ความชื้นและความหนาแน่น-นิวเคลียร์เกจ	เจาะเก็บตัวอย่างและทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว	ความชื้น-ชุดอุปกรณ์ตรวจวัด	การทดสอบ SASW	การทดสอบ LWD*
ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชัยนาท)	0*	2	-	1	-	1
	1	2	-	1	-	-
	3	2	2	1	1	1
	5	2	-	1	-	-
	7	2	2	1	1	1
	14	2	2	1	1	1
	21	2	2	1	1	-
	28	2	2	1	1	1
ดินซีเมนต์ปรับปรุง	0*	2	-	1	-	1
	1	2	-	1	-	-

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชลบุรี)	3	2	2	1	1	1
	5	2	-	1	-	-
	7	2	2	1	1	1
	14	2	2	1	1	1
	21	2	2	1	1	-
	28	2	2	1	1	1
รวม		32	20	16	10	10

*การทดสอบ LWD เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของวัสดุตามระยะเวลาบ่ม วันที่ทดสอบอาจไม่ตรงตามที่ระบุไว้ในตาราง

- การทดสอบหาค่าความหนาแน่นและความชื้นของตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยใช้วิธีนิวเคลียร์

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบหาค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติในข้อ 5.1.2 ตามมาตรฐาน ทล.-ท.607 “วิธีการทดลองหาค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวมในสนามระดับตื้นโดยใช้วิธีนิวเคลียร์” ภายหลังการบดอัดแล้วเสร็จ จำนวน 2 หลุม (Back Scatter 1 หลุม และ Direct Transmission 1 หลุม) และที่ระยะเวลาการบ่ม 1, 3, 5, 7, 14, 21 และ 28 วัน จำนวน 2 หลุม (Back Scatter 1 หลุม และ Direct Transmission 1 หลุม) ต่อระยะเวลาบ่มตามลำดับ รวมจำนวนทั้งสิ้น 32 หลุม (16 หลุม x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง)

โดยผลการทดสอบค่าความหนาแน่นและความชื้นของวัสดุดินซีเมนต์แสดงไว้ดังตารางที่ 10.8 ซึ่งจะเห็นว่าวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากจังหวัดชัยนาทมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าและมีค่าความชื้นที่ต่ำกว่าวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากจังหวัดชลบุรี ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 10.8 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นโดยวิธีทดสอบนิวเคลียร์ วัสดุดินซีเมนต์) ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

แบบจำลอง	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	Back Scatter		Direct Transmission	
		ความหนาแน่นแห้ง (ตัน/ลบ.ม.)	ความชื้น (%)	ความหนาแน่นแห้ง (ตัน/ลบ.ม.)	ความชื้น (%)
ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชัยนาท)	0*	2.278	7.6	2.251	7.4
	1	2.281	7.2	2.097	7.6
	3	2.108	8.8	1.880	9.6
	5	2.205	9.0	2.092	9.5
	7	2.215	8.7	2.148	9.2
	14	2.202	8.6	2.118	8.2
	21	2.107	7.8	1.918	9.9
	28	2.064	8.5	2.018	9.4

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชลบุรี)	0*	2.153	11.9	1.927	13.4
	1	2.066	11.8	1.975	13.0
	3	1.968	15.9	1.878	17.1
	5	2.105	14.0	2.007	14.3
	7	1.965	16.3	1.932	17.3
	14	1.963	14.7	1.839	16.0
	21	1.749	17.3	1.856	16.5
	28	1.982	15.0	1.871	16.6

- การเจาะเก็บตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

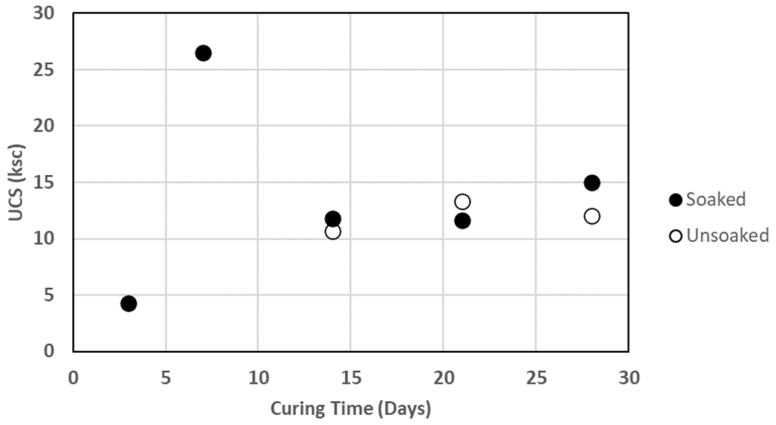
ที่ปรึกษาได้ดำเนินการเจาะเก็บตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9 เซนติเมตร ในข้อ 10.1.2 เพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ทล.-ท.105 “วิธีการทดลองหา Unconfined Compressive Strength ของดิน” ที่ระยะเวลาการบ่ม 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน จำนวนอย่างน้อย 2 หลุมต่อระยะเวลาบ่มตามลำดับ ทดสอบตัวอย่างแบบแช่น้ำ รวมจำนวนทั้งสิ้น 10 ก้อนตัวอย่าง (5 หลุม x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) และแบบไม่แช่น้ำ รวมจำนวนทั้งสิ้น 10 ก้อนตัวอย่าง (5 หลุม x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) รวมจำนวนก้อนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้น 20 ก้อนตัวอย่าง

ทั้งนี้ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่แสดงในตารางที่ 10.9 รูปที่ 10.10 และรูปที่ 10.11 นั้นเป็นค่าที่ได้รับการปรับแก้เนื่องจากอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเช่นเดียวกับวัสดุงานดินซีเมนต์เช่นกัน ในขณะที่ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ตรวจวัดได้นั้นแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ โดยตัวอย่างที่มีค่าอัตราส่วน L/D ต่ำกว่า 0.5 นั้นไม่ได้ถูกนำมาคำนวณเนื่องจากค่ากำลังรับแรงอัดที่วัดได้นั้นไม่ได้สะท้อนถึงพฤติกรรมของวัสดุอย่างเหมาะสม

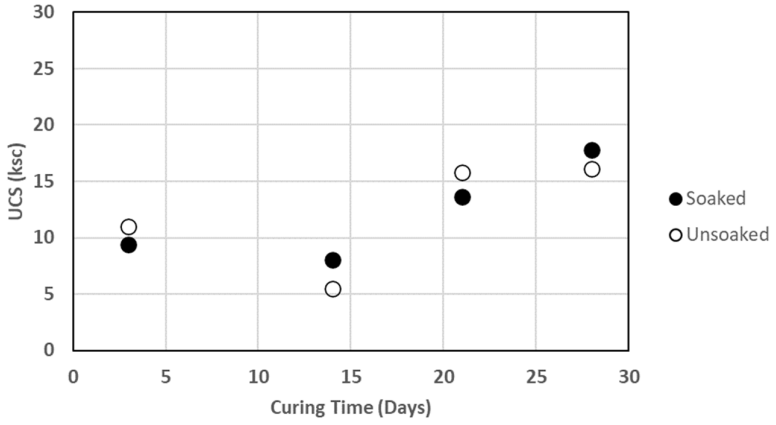
ตารางที่ 10.9 ผลการเจาะเก็บตัวอย่างและทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว วัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

แบบจำลอง	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	การทดสอบประเภทแช่น้ำ		การทดสอบประเภทไม่แช่น้ำ	
		q_u (ksc)	Strain (%)	q_u (ksc)	Strain (%)
ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ.ชัยนาท)	3	4.31	11.51	N/A	N/A
	7	26.49	9.93	N/A	N/A
	14	11.77	9.86	10.66	8.68
	21	11.65	13.79	13.35	5.74
	28	15.03	7.67	12.06	8.78

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ.ชลบุรี)	3	9.42	6.83	10.96	12.53
	7	N/A	N/A	N/A	N/A
	14	8.03	5.63	5.48	9.05
	21	13.64	5.74	15.83	4.62
	28	17.79	2.62	16.15	5.60



รูปที่ 10.10 ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ วัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จังหวัดชัยนาท



รูปที่ 10.11 ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ วัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จังหวัดชลบุรี

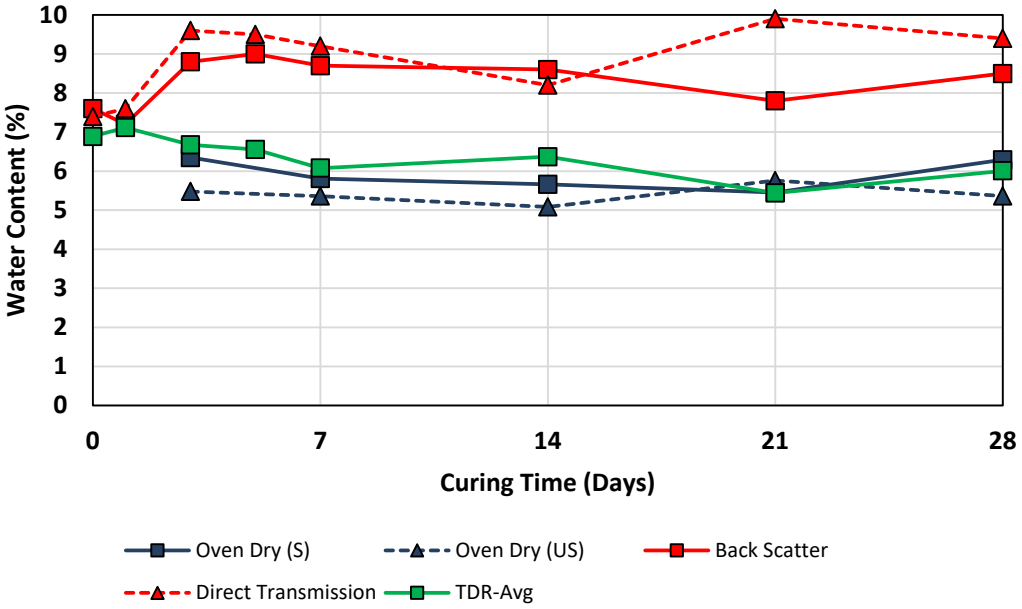
<u>- การทดสอบหาค่าความชื้นของตัวอย่างวัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติด้วยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย</u>

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการตรวจวัดค่าความชื้นของตัวอย่างวัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติที่เตรียมไว้ในแบบจำลองสภาพการใช้งาน ด้วยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย ภายหลังการบดอัดแล้วเสร็จ จำนวน 1 การทดสอบ และที่ระยะเวลาการบ่ม 1, 3, 5, 7, 14, 21 และ 28 วัน จำนวน 1 การทดสอบ ต่อระยะเวลาบ่มตามลำดับ รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 16 การทดสอบ (8 การทดสอบ x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x

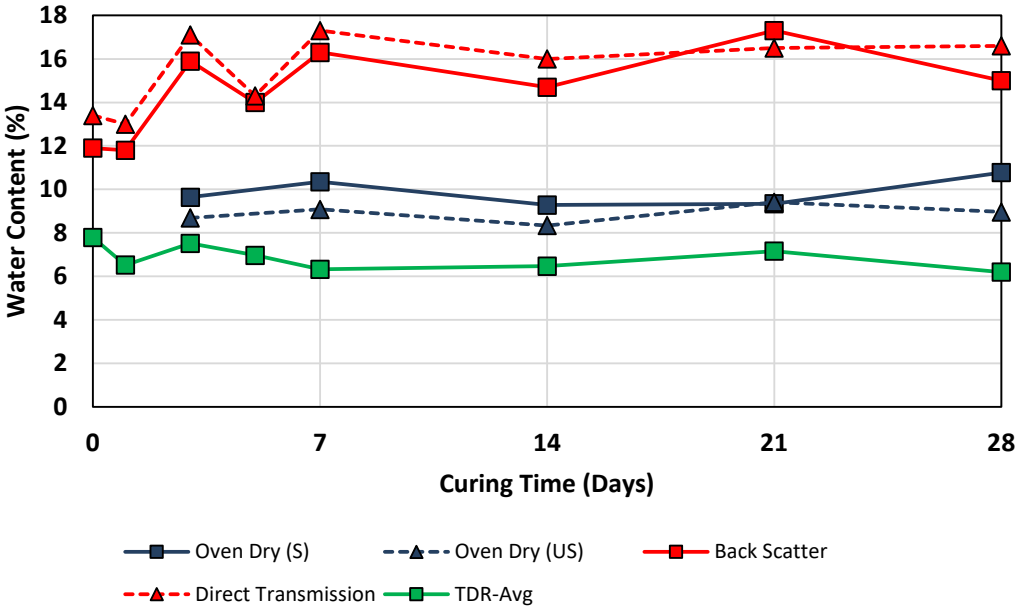
2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) ซึ่งผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 10.10 รูปที่ 10.12 และรูปที่ 10.13 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความชื้นที่ตรวจวัดได้จากชุดอุปกรณ์ฯนั้น มีค่าใกล้เคียงกับค่าความชื้นที่วัดได้จากการอบตัวอย่างในตู้อบ ในส่วนของการทดสอบโดยวิธีนิวเคลียร์มีค่าความแตกต่างกับค่าความชื้นที่วัดได้จากการอบตัวอย่างมากกว่าคาดว่าเป็นผลเนื่องจากข้อจำกัดในด้านขอบเขตการทดสอบเช่นเดียวกับวัสดุงานดินซีเมนต์

ตารางที่ 10.10 ผลการตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย วัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

แบบจำลอง	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความชื้น (Gravimetric Water Content, %)				
		TDR 1	TDR 2	TDR 3	TDR 4	เฉลี่ย
ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชัยนาท)	0*	7.01	6.70	6.82	7.03	6.89
	1	6.56	6.76	7.29	7.84	7.11
	3	6.09	6.36	7.74	6.52	6.68
	5	5.84	6.37	7.11	6.90	6.56
	7	5.05	5.50	6.82	6.94	6.08
	14	5.78	6.61	6.61	6.48	6.37
	21	4.89	5.25	5.72	5.91	5.44
	28	5.85	6.27	6.26	5.65	6.01
ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชลบุรี)	0*	7.84	7.62	7.22	8.49	7.79
	1	6.37	6.60	7.17	5.96	6.52
	3	7.96	7.57	7.64	6.90	7.52
	5	7.47	7.14	6.69	6.57	6.97
	7	6.88	6.15	5.82	6.46	6.33
	14	6.07	6.43	6.85	6.54	6.47
	21	7.73	7.09	7.29	6.52	7.16
	28	5.75	5.45	6.96	6.63	6.20



รูปที่ 10.12 การเปรียบเทียบความชื้นที่ตรวจวัดได้จากวิธีทดสอบต่างๆของวัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จ.ชัยนาท



รูปที่ 10.13 การเปรียบเทียบความชื้นที่ตรวจวัดได้จากวิธีทดสอบต่างๆของวัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จ.ชลบุรี

<u>- การทดสอบหาค่าความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบ SASW</u>

ทำการทดสอบด้วยวิธี SASW เพื่อตรวจวัดและศึกษาการพัฒนาค่าความเร็วคลื่นของตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติที่เตรียมไว้ในแบบจำลองสภาพการใช้งาน ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน รวมจำนวนทั้งสิ้น 10 การทดสอบ (5 การทดสอบ x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) โดยใช้ค้อนเป็นอุปกรณ์กำเนิดคลื่นและใช้ระยะห่างระหว่างตัวรับสัญญาณเท่ากับ 10 และ 20 เซนติเมตร เช่นกัน โดยผลการทดสอบดังแสดงในตาราง

ที่ 10.11 แสดงให้เห็นว่าค่าความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากทั้งสองแหล่งวัสดุมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับวัสดุงานดินซีเมนต์ที่กล่าวไว้เบื้องต้นนั้น พบว่าค่าความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติมีค่าต่ำกว่าวัสดุดินซีเมนต์

ตารางที่ 10.11 ผลการทดสอบค่าความเร็วคลื่นเฉือนโดยวิธีทดสอบ SASW วัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

แบบจำลอง	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ความเร็วคลื่นเฉือน (เมตร/วินาที)
ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ.ชัยนาท)	3	269
	7	370
	14	440
	21	441
	28	270
ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ.ชลบุรี)	3	391
	7	275
	14	363
	21	460
	28	313

<u>- การทดสอบหาค่าโมดูลัสและการแอ่นตัวของวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบ LWD</u>

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบด้วยวิธี LWD เพื่อตรวจวัดค่าโมดูลัสและการแอ่นตัวของวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติที่เตรียมไว้ในแบบจำลองสภาพการใช้งาน ที่ระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน รวมจำนวนทั้งสิ้น 10 การทดสอบ (5 การทดสอบ x 1 ตัวอย่างแบบจำลอง x 2 แหล่งวัสดุดินลูกรัง) โดยผลการทดสอบ LWD แสดงไว้ดังตารางที่ 10.12 แสดงให้เห็นว่าวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากจังหวัดชัยนาทมีค่าโมดูลัสสูงกว่าและมีค่าการแอ่นตัวต่ำกว่าวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากจังหวัดชลบุรี อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติดังกล่าวกับวัสดุงานดินซีเมนต์พบว่า วัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติมีค่าโมดูลัสต่ำกว่าและมีค่าการแอ่นตัวสูงกว่าวัสดุงานดินซีเมนต์

ตารางที่ 10.12 ผลการทดสอบ LWD วัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

แบบจำลอง	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	D (Micron)	E (MPa)	F (kN)
ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชัยนาท)	0	366.00	94.78	6.07
	3	241.54	140.48	5.94
	5	346.60	97.61	5.92
	12	216.69	160.06	6.07
	26	237.48	145.00	6.03
ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (แหล่งวัสดุดินลูกรัง จ. ชลบุรี)	2	579.03	58.65	5.94
	4	480.97	70.83	5.96
	7	643.86	52.50	5.91
	11	367.30	96.20	6.18
	25	330.92	102.25	5.92

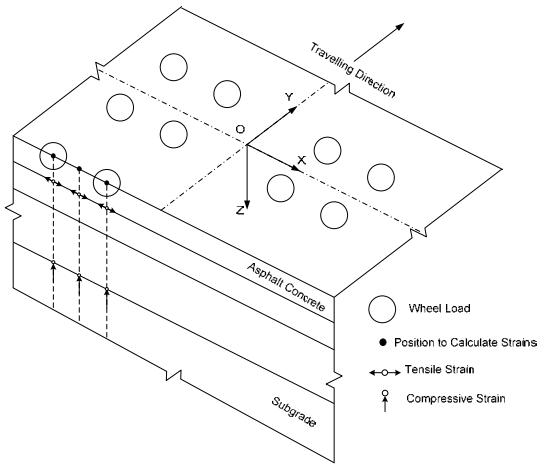
10.2 งานวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่างวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์และตัวอย่างวัสดุงานพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติในแบบจำลองสภาพการใช้งาน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ (Numerical Analysis) ภายใต้ทฤษฎี Linear-Elastic และค่าคุณสมบัติด้านสมรรถนะของวัสดุในบทที่ 4 เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบพฤติกรรมตอบสนอง ได้แก่ ความเค้น (Stress) ความเครียด (Strain) และการแอ่นตัว (Deflection) ของโครงสร้างถนนลาดยางซึ่งมีพื้นทางดินซีเมนต์ และโครงสร้างถนนลาดยางซึ่งมีพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยมีรายละเอียดการดำเนินการดังต่อไปนี้

<u>สมมติฐาน</u>

1. วิเคราะห์วัสดุในโครงสร้างชั้นทางโดยวิธีการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ ภายใต้ทฤษฎี Layer-Elastic
2. วัสดุชั้นทางเป็นวัสดุอีลาสติก (Elastic) เนื้อเดียว (Homogeneous) มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกทิศทาง (Isotropic) โดยมีคุณสมบัติเป็นค่าอีลาสติกโมดูลัส (Elastic Modulus) และอัตราส่วนปัวซอง (Poisson's Ratio)
3. วัสดุชั้นทางไม่มีน้ำหนัก ไม่มีขอบเขตในแนวราบ และวัสดุชั้นล่างสุดมีความหนาเป็นอนันต์
4. น้ำหนักจากล้อรถเป็นน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ (Uniform Pressure) มีค่าเท่ากับแรงดันลมยาง กระทำเป็นพื้นที่รูปวงกลม

แบบจำลองโครงสร้างชั้นทาง



รูปที่ 10.14 แบบจำลองโครงสร้างชั้นทาง

โปรแกรม

วิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางด้วยโปรแกรม EVERSTRESS 5.0 ซึ่งสามารถคำนวณความเค้น (Stress) ความเครียด (Strain) และการแอ่นตัว (Deflection) ในโครงสร้างชั้นวัสดุอีลาสติกที่เรียงซ้อนกัน (Layered Elastic System) ได้

การกำหนดตำแหน่งแรงกระทำ ความหนาชั้นโครงสร้างทาง และตำแหน่งวิเคราะห์ค่าความเค้น ความเครียดและการแอ่นตัวของแบบจำลองในโปรแกรม EVERSTRESS 5.0 ใช้ระบบพิกัด X, Y, Z โดยแกน X อยู่ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของยานยนต์ แกน Y มีทิศทางขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของยานยนต์ และแกน Z มีทิศทางลงในแนวดิ่ง โดย Z = 0 ที่ผิวทาง

ตำแหน่งวิเคราะห์ค่าความเค้นและความเครียด

วิเคราะห์ค่าความเครียดที่ใต้จุดกึ่งกลางแรงกระทำจากล้อ กึ่งกลางระหว่างล้อ และกึ่งกลางระหว่างเพลา โดยวิเคราะห์ความเครียดจากแรงดึง (Tensile Strain) ที่ใต้ชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ความเครียดจากแรงดึง (Tensile Strain) ที่ใต้ชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ ความเค้นจากแรงอัด (Compressive Strain) เหนือชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ และความเครียดจากแรงอัด (Compressive Strain) เหนือชั้น Subgrade

โครงสร้างชั้นทางตามมาตรฐานกรมทางหลวง

กำหนดให้โครงสร้างชั้นทางตามมาตรฐานกรมทางหลวง ออกแบบให้มีความหนาและคุณสมบัติอีลาสติก ดังนี้

วัสดุโครงสร้างชั้นทาง	ความหนา (มม.)	อีลาสติกโมดูลัส (MPa)	อัตราส่วนปัวซอง
ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต	100	2,500	0.35
พื้นทางปรับปรุงคุณภาพ, E = Varied	200	350, 450, 650, 850	0.20
รองพื้นทางวัสดุมวลรวม, CBR = 25 %	200	150	0.35
วัสดุคัดเลือก, CBR = 10 %	200	100	0.35
Subgrade, CBR = 4 %	-	40	0.40

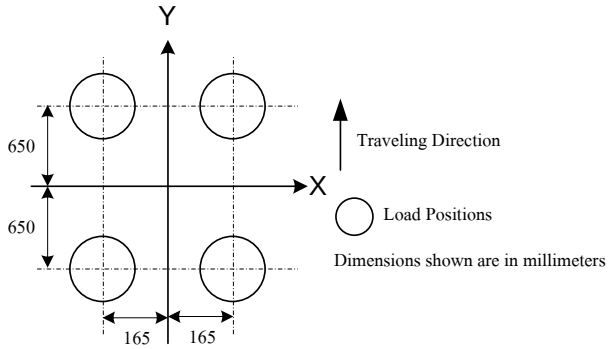
การวิเคราะห์ความเครียดในโครงสร้างชั้นทาง

เพลาคู่ ยางคู่ มีน้ำหนักลงกลุ่มเพลา 20,000 กิโลกรัม

แรงกระทำจากล้อรถ

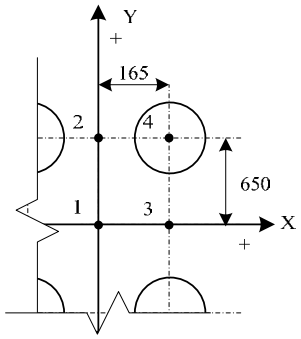
น้ำหนักลงเพลา	10,000	กิโลกรัม
น้ำหนักลงล้อ	2,500	กิโลกรัม
แรงดันลมยาง	100	psi (690 kPa)
รัศมีพื้นที่สัมผัส	107.4	มิลลิเมตร

ตำแหน่งแรงจากล้อรถ



รูปที่ 10.15 ตำแหน่งแรงจากล้อรถ

ตำแหน่งวิเคราะห์ค่าความเค้นและความเครียด



รูปที่ 10.16 ตำแหน่งวิเคราะห์ค่าความเค้นและความเครียด

ผลการวิเคราะห์

- ค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพเท่ากับ 350 MPa

ตำแหน่งหมายเลข	ความเครียดในแนวราบที่ใต้ชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (microstrain)	ความเครียดในแนวราบที่ใต้ชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (microstrain)	ความเค้นในแนวดิ่งเหนือชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (kPa)	ความเครียดในแนวดิ่งเหนือชั้น Subgrade (microstrain)
1	+39.77	-117.80	+2.68	+221.00
2	-205.53	-242.96*	+155.24	+318.02*
3	+36.73	-105.67	+2.55	+212.07
4	-239.88*	-225.12	+270.55*	+299.51

หมายเหตุ : 1. เครื่องหมาย (-) หมายถึงแรงดึง (Tension) เครื่องหมาย (+) หมายถึงแรงอัด (Compression)

2. * ความเครียด ความเค้นที่เกิดขึ้นสูงสุด

- ค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพเท่ากับ 450 MPa

ตำแหน่งหมายเลข	ความเครียดในแนวราบที่ใต้ชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (microstrain)	ความเครียดในแนวราบที่ใต้ชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (microstrain)	ความเค้นในแนวดิ่งเหนือชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (kPa)	ความเครียดในแนวดิ่งเหนือชั้น Subgrade (microstrain)
1	+32.18	-117.06	+3.18	+219.71
2	-167.53	-234.64*	+153.63	+305.43*
3	+29.91	-105.21	+3. 30	+211. 71
4	-201.02*	-217.81	+292.96*	+288.28

หมายเหตุ : 1. เครื่องหมาย (-) หมายถึงแรงดึง (Tension) เครื่องหมาย (+) หมายถึงแรงอัด (Compression)

2. * ความเครียด ความเค้นที่เกิดขึ้นสูงสุด

- ค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพเท่ากับ 650 MPa

ตำแหน่งหมายเลข	ความเครียดในแนวราบที่ใต้ชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (microstrain)	ความเครียดในแนวราบที่ใต้ชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (microstrain)	ความเค้นในแนวดิ่งเหนือชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (kPa)	ความเครียดในแนวดิ่งเหนือชั้น Subgrade (microstrain)
1	+22.91	-112.76	+3.57	+216.93
2	-116.91	-214.86*	+148.84	+287.11*
3	+21.58	-101.69	+3.61	+208.95
4	-147.91*	-200.08	+327.48*	+271.88

หมายเหตุ : 1. เครื่องหมาย (-) หมายถึงแรงดึง (Tension) เครื่องหมาย (+) หมายถึงแรงอัด (Compression)

2. * ความเครียด ความเค้นที่เกิดขึ้นสูงสุด

- ค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพเท่ากับ 850 MPa

ตำแหน่งหมายเลข	ความเครียดในแนวราบที่ใต้ชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (microstrain)	ความเครียดในแนวราบที่ใต้ชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (microstrain)	ความเค้นในแนวดิ่งเหนือชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (kPa)	ความเครียดในแนวดิ่งเหนือชั้น Subgrade (microstrain)
1	+17.40	-107.74	+4.11	+214.13
2	-84.43	-196.80*	+143.94	+274.00*
3	+16.80	-97.42	+3.91	+206.56
4	-112.84*	-183.71	+352.77*	+260.09

หมายเหตุ : 1. เครื่องหมาย (-) หมายถึงแรงดึง (Tension) เครื่องหมาย (+) หมายถึงแรงอัด (Compression)

2. * ความเครียด ความเค้นที่เกิดขึ้นสูงสุด

- จำนวนเที่ยวที่ยอมให้ (N) ในกรณี Fatigue Cracking และในกรณี Permanent Deformation

ค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (MPa)	Tensile Strain ใต้ชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (microstrain)	จำนวนเที่ยวที่ยอมให้ (ESALs)	Tensile Strain ใต้ชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (microstrain)	จำนวนเที่ยวที่ยอมให้ (ESALs)	Compressive Strain เหนือชั้น Subgrade (microstrain)	จำนวนเที่ยวที่ยอมให้ (ESALs)
350	-239.88	3.8×10^{6}	-242.96	1.3×10^{8}	+318.02	6.0×10^{7}
450	-201.02	9.2×10^{6}	-234.64	6.9×10^{7}	+305.43	7.0×10^{7}
650	-147.91	4.3×10^{7}	-214.86	3.7×10^{7}	+287.11	9.0×10^{7}
850	-112.84	1.7×10^{8}	-196.80	2.8×10^{7}	+274.00	1.1×10^{8}

หมายเหตุ : แบบจำลองคำนวณจำนวนเที่ยวที่ยอมให้ (N)

กรณี Fatigue Cracking ใต้ชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (DOH, 2001) :

$$N = \left[\frac{180}{\mu\varepsilon_{t,ac}} \times \left(\frac{E_{ac}}{10000}\right)^{-0.4}\right]^{5} \times 10^{6} \qquad (10\text{-}1)$$

กรณี Fatigue Cracking ใต้ชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (Jameson et al., 1992):

$$N = \left(\frac{35000}{\mu\varepsilon_{t} \times E^{0.45}}\right)^{8.0} \qquad (10\text{-}2)$$

กรณี Permanent Deformation เหนือชั้น Subgrade (DOH, 2001):

$$N = \left(\frac{885}{\mu\varepsilon_{c,sg}}\right)^{4} \times 10^{6} \qquad (10\text{-}3)$$

- จำนวนเที่ยวที่ยอมให้ (N) ในกรณี Crushing Failure

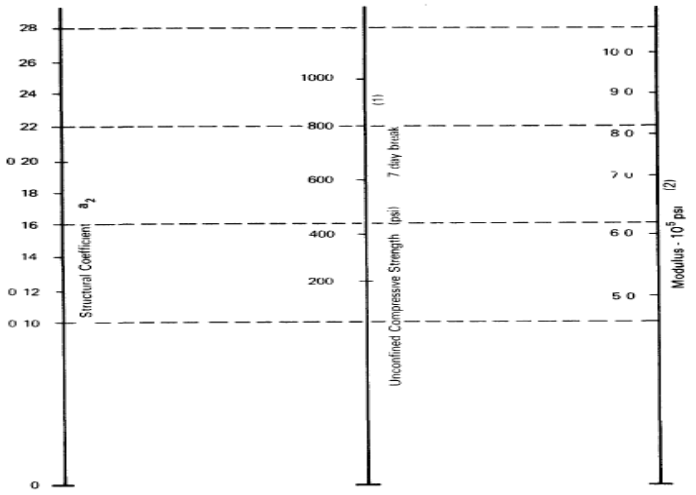
ค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (MPa)	ค่า UCS ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (kPa)	Compressive Stress เหนือชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (kPa)	จำนวนเที่ยวที่ยอมให้ (ESALs)
350	73*	270.55	0.01
450	94*	292.96	0.04
650	136*	327.48	0.31
850	178*	352.77	1.4
3,275	686	465.74	5.2×10^{3}
3,723	1,716	474.56	5.2×10^{6}
4,033	2,403	479.87	6.4×10^{7}
4,500	3,447	486.91	9.1×10^{8}
5,000	4,482	493.43	6.2×10^{9}

หมายเหตุ : 1. ค่า Unconfined Compressive Strength (UCS) แปลงได้จาก Nomograph (AASHTO, 1993)

2. * Extrapolate จาก Nomograph (AASHTO, 1993)

3. แบบจำลองคำนวณจำนวนเที่ยวที่ยอมให้ (N) กรณี Crushing Failure เหนือชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (De Beer, 1989)

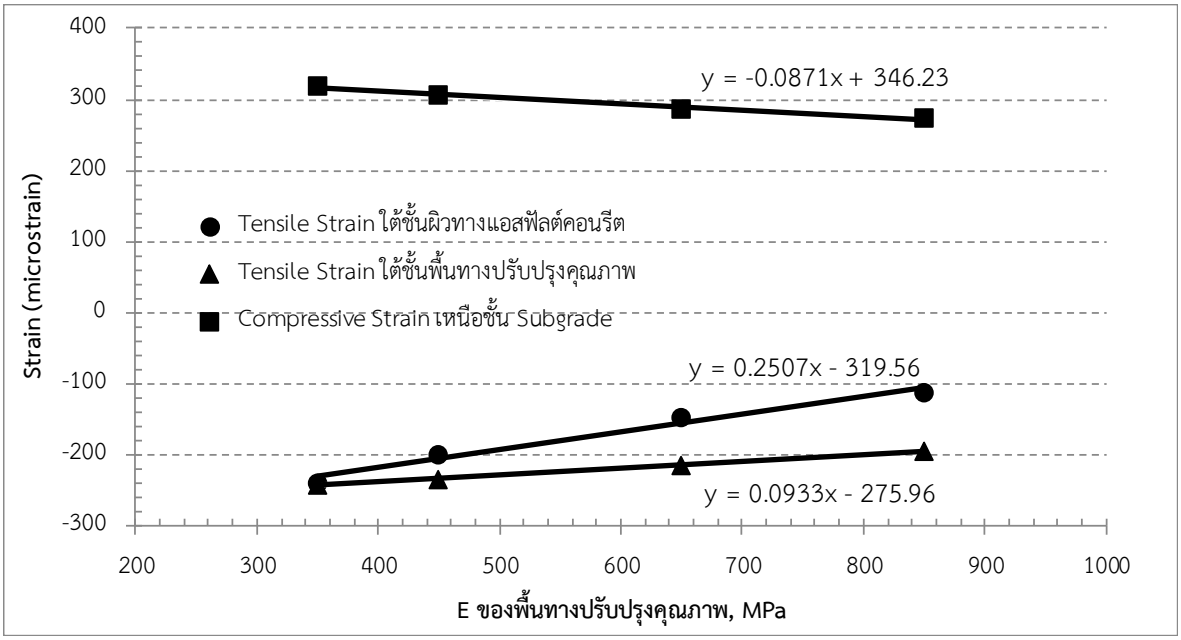
$$N = 266\left(\frac{UCS}{\sigma_v}\right)^{7.69} \qquad (10\text{-}4)$$



รูปที่ 10.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า UCS กับ ค่า E จาก Nomograph (AASHTO, 1993)

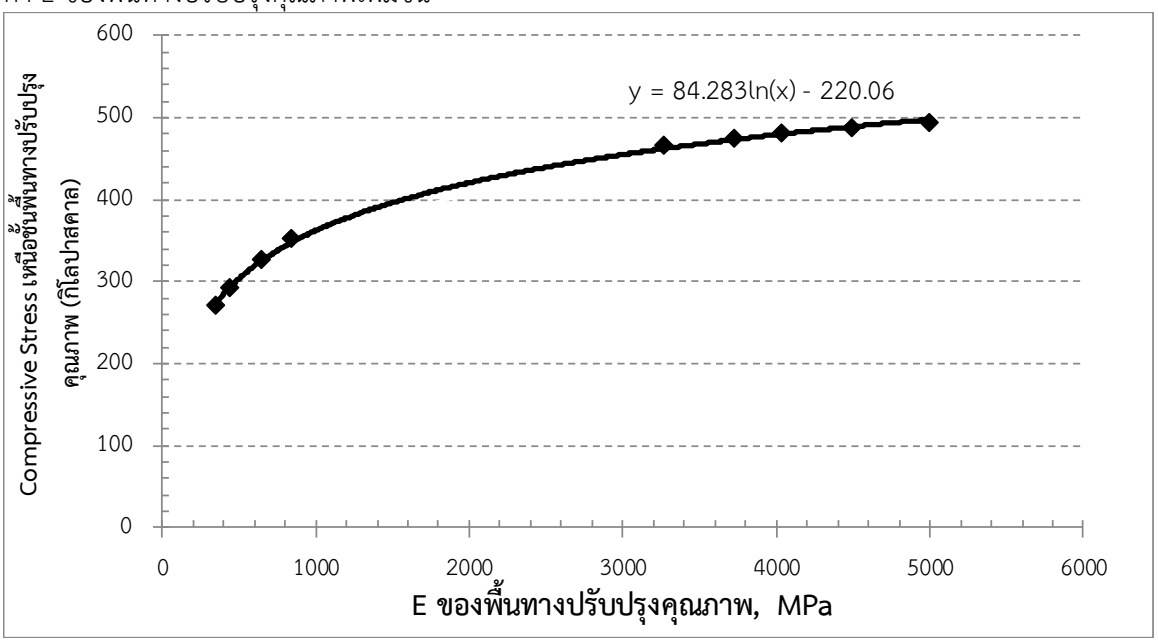
<u>ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและความเค้นกับค่าอีลาสติกโมดูลัสของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ</u>

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า (1) ความเครียดจากแรงดึง (Tensile Strain) ใต้ชั้นผิวทางจะมีค่าลดลง เมื่อค่าอีลาสติกโมดูลัส (E) ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพเพิ่มขึ้น (2) ความเครียดจากแรงดึง (Tensile Strain) ใต้ชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพจะมีค่าลดลง เมื่อค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพเพิ่มขึ้น และ (3) ความเครียดจากแรงอัด (Compressive Strain) เหนือชั้น Subgrade จะมีค่าลดลง เมื่อค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพเพิ่มขึ้น



รูปที่ 10.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับค่าอีลาสติกโมดูลัสของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ

นอกจากนี้ ความเค้นจากแรงอัด (Compressive Stress) เหนือชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพเพิ่มขึ้น

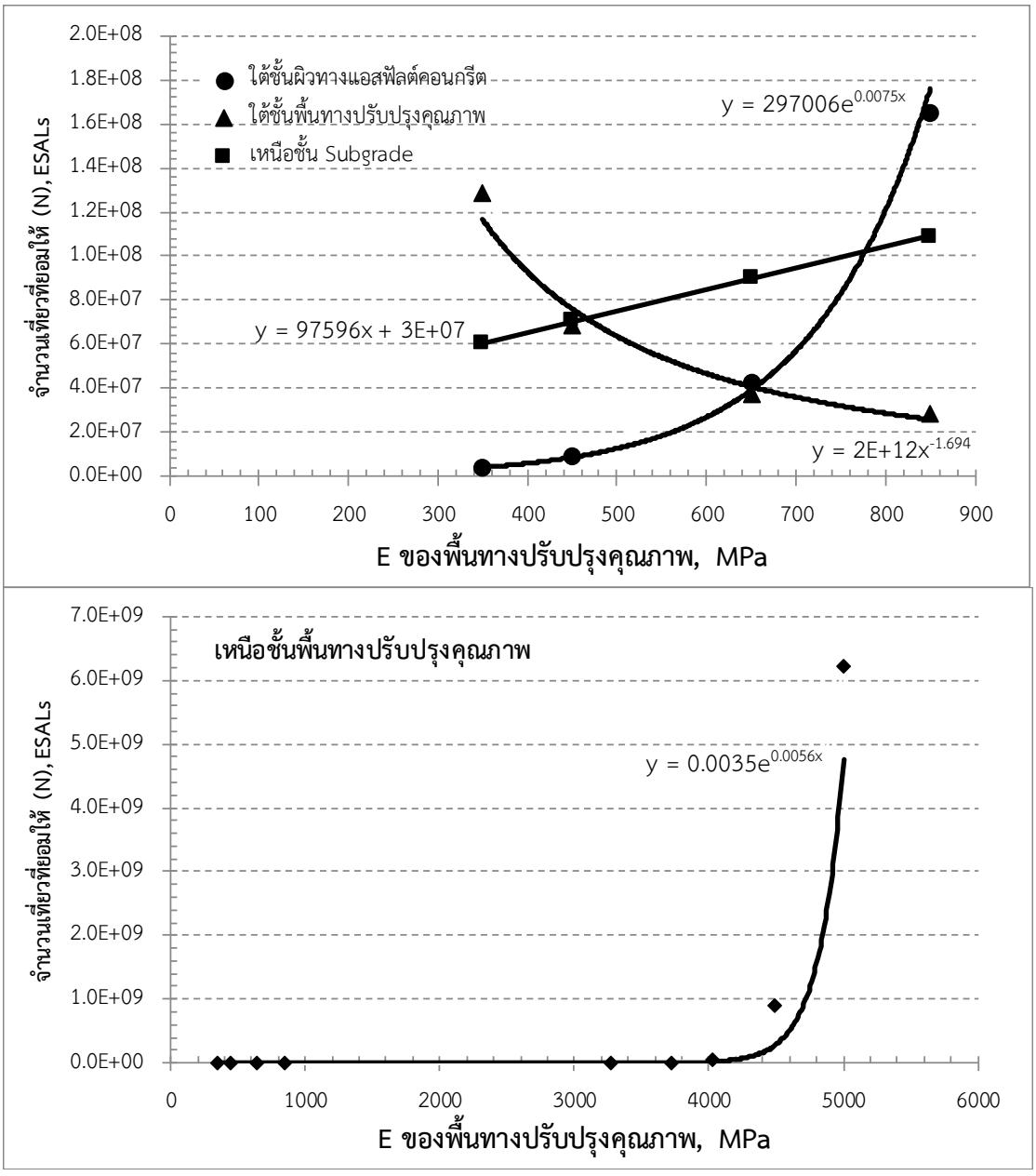


รูปที่ 10.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับค่าอีลาสติกโมดูลัสของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ

<u>ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเที่ยวที่ยอมให้กับค่าอีลาสติกโมดูลัสของชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ</u>

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า (1) จำนวนเที่ยวที่ยอมให้ของชั้นผิวทาง คำนวณจาก Tensile Strain ใต้ชั้นผิวทางจะมีค่าสูงขึ้น เมื่อค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพเพิ่มขึ้น (2) จำนวนเที่ยวที่ยอมให้ของชั้น Subgrade คำนวณจาก Compressive Strain เหนือชั้น Subgrade จะมีค่าสูงขึ้น เมื่อค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพเพิ่มขึ้น (3) จำนวนเที่ยวที่ยอมให้ของชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ คำนวณจาก Tensile Strain ใต้ชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพจะมีค่าลดลง เมื่อค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพเพิ่มขึ้น และ (4) จำนวนเที่ยวที่ยอมให้

ของชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ คำนวณจาก Compressive Stress เหนือชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพจะมีค่าสูงขึ้น เมื่อค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพเพิ่มขึ้นสูงกว่า 3,500 MPa



รูปที่ 10.20 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเที่ยวที่ยอมให้กับค่าอีลาสติกโมดูลัสของชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ

จากผลการทดสอบค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus, M_R) ของตัวอย่างดินซีเมนต์และตัวอย่างดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่าค่า M_R เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6,550 – 16,500 MPa ซึ่งสูงกว่าค่า E ออกแบบตามมาตรฐานกรมทางหลวง ประมาณ 20 เท่า

ผลการเปรียบเทียบจำนวนเที่ยวที่ยอมให้ของชั้นผิวทาง ชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ และชั้น Subgrade คำนวณจาก Stress และ Strain โดยใช้แบบจำลองความเสียหายพัฒนาจากหน่วยงานต่างๆ สรุปได้ดังนี้

ค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (MPa)	Tensile Strain ใต้ชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (microstrain)	จำนวนเที่ยวที่ยอมให้ (ESALs)					
		DOH (2001)	AI (1982)	Shell (1978)	U.S. Army (1988)	Austroads (1992)	TRRL (1984)
350	-239.88	3.8×10^{6}	1.2×10^{6}	1.7×10^{6}	9.8×10^{5}	7.3×10^{5}	7.2×10^{5}
450	-201.02	9.2×10^{6}	2.1×10^{6}	4.6×10^{6}	2.4×10^{6}	1.8×10^{6}	1.5×10^{6}
650	-147.91	4.3×10^{7}	5.7×10^{6}	2.6×10^{7}	1.1×10^{7}	8.2×10^{6}	5.8×10^{6}
850	-112.84	1.7×10^{8}	1.4×10^{7}	1.2×10^{8}	4.3×10^{7}	3.2×10^{7}	1.9×10^{7}

ค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (MPa)	Tensile Strain ใต้ชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (microstrain)	จำนวนเที่ยวที่ยอมให้ (ESALs)	
		Jameson et al. (1992)	Austroads (2004)
350	-242.96	1.3×10^{8}	2.3×10^{8}
450	-234.64	6.9×10^{7}	4.7×10^{7}
650	-214.86	3.7×10^{7}	8.2×10^{6}
850	-196.80	2.8×10^{7}	3.4×10^{6}

ค่า E ของพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (MPa)	Compressive Strain เหนือชั้น Subgrade (microstrain)	จำนวนเที่ยวที่ยอมให้ (ESALs)				
		DOH (2001)	AI (1982)	Shell (1978)	Austroads (1992)	TRRL (1984)
350	+318.02	6.0×10^{7}	6.2×10^{6}	1.0×10^{7}	1.6×10^{10}	4.0×10^{6}
450	+305.43	7.0×10^{7}	7.5×10^{6}	1.2×10^{7}	2.1×10^{10}	4.7×10^{6}
650	+287.11	9.0×10^{7}	9.8×10^{6}	1.5×10^{7}	3.2×10^{10}	6.0×10^{6}
850	+274.00	1.1×10^{8}	1.2×10^{7}	1.9×10^{7}	4.5×10^{10}	7.3×10^{6}

<u>การวิเคราะห์ค่าการแอ่นตัวจากเครื่องมือ LWD</u>

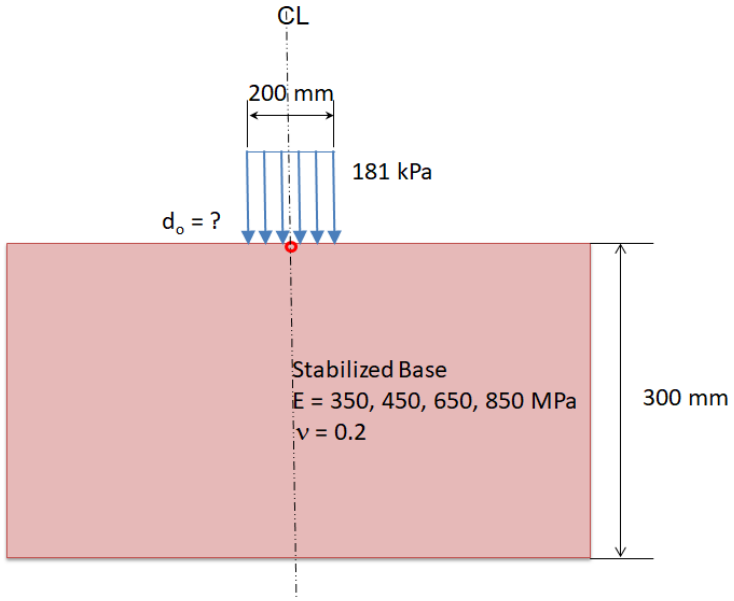
หน่วยแรงกระทำ (σ_0)

LWD เท่ากับ 181 kPa

รัศมีของแผ่นจานโลหะ (a)

LWD เท่ากับ 100 มิลลิเมตร

รูปแบบการวิเคราะห์



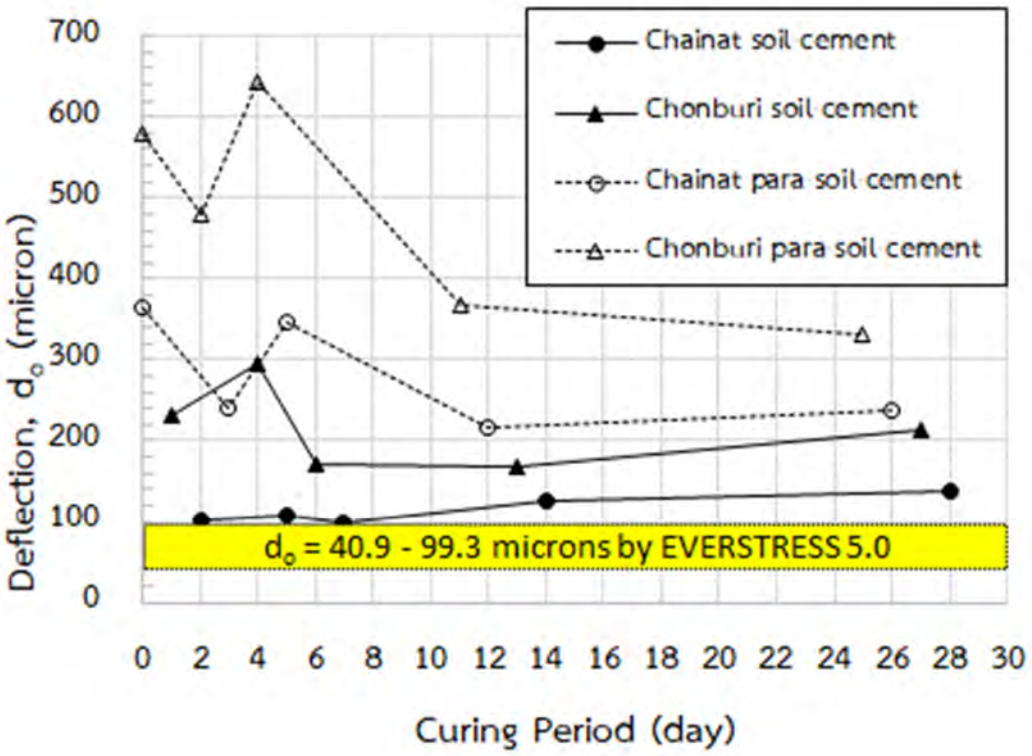
รูปที่ 10.21 แบบจำลองการวิเคราะห์การแอ่นตัวจากเครื่องมือ LWD

ผลการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ค่าการแอ่นตัว (Surface Deflection, d_o) จากเครื่องมือ LWD ทดสอบบนชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ ความหนา 30 เซนติเมตร สรุปได้ดังนี้

ค่า E ของชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ (MPa)	Surface Deflection, d_0 (micron)
350	99.3
450	77.2
650	53.5
850	40.9

ผลการเปรียบเทียบระหว่างค่า d_o จากเครื่องมือ LWD ทดสอบบนชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพ กับค่า d_o จากแบบจำลองสภาพการใช้งานด้วยโปรแกรม EVERSTRESS 5.0 แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์และตัวอย่างวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติบดอัดในแบบจำลองสภาพการใช้งาน มีสภาพค่อนข้างอ่อน เมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์วัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน โดยใช้ค่า E ตามมาตรฐานกรมทางหลวง



รูปที่ 10.22 ค่าการแอ่นตัวเทียบกับระยะเวลาบ่ม

11. งานทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในสนาม (Field Test)

ที่ปรึกษาได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของชั้นพื้นทางดินซีเมนต์บนแปลงทดสอบในโครงการที่อยู่ระหว่างก่อสร้างของกรมทางหลวงจำนวน 2 แปลง ได้แก่

1) ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1 เป็นดินลูกรังผสมซีเมนต์ร้อยละ 3 ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด 2.246 ตัน/ลบ.ม., ค่าความชื้นที่เหมาะสม ร้อยละ 7.3, LL 28.8, PI 8.6 และ CBR ร้อยละ 36.9 และ

2) ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2 เป็นหินคลุกปลายตะแกรงผสมทรายผสมซีเมนต์ ร้อยละ 3.6 ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด 2.248 ตัน/ลบ.ม., ค่าความชื้นที่เหมาะสม ร้อยละ 6.9, ไม่มีความเป็นพลาสติก (Non-plastic) และ CBR ร้อยละ 42.9

โดยได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในสนามที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ (Curing Time) ดังแสดงรายการไว้ในตารางที่ 11.1 และมีรายละเอียดการทดสอบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 11.1 จำนวนการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในสนาม

แปลงทดสอบ	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	จำนวนการทดสอบ				
		ความชื้นและความหนาแน่น-นิวเคลียร์เกจ	เจาะเก็บตัวอย่างและทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว	ความชื้น-ชุดอุปกรณ์ตรวจวัด	การทดสอบ SASW	การทดสอบ LWD*
ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1	0*	10	-	5	-	-
	1	10	-	5	-	-
	3	10	10	5	5	5
	5	10	-	5	-	-
	7	10	10	5	5	5
	10	10	10	5	5	5
	14	10	10	5	5	5
ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2	0*	10	-	5	-	-
	1	10	-	5	-	-
	3	10	10	5	5	5
	5	10	-	5	-	-
	7	10	10	5	5	5
	10	10	10	5	5	5
	14	10	10	5	5	5
รวม		140	80	70	40	40

11.1 การทดสอบหาค่าความหนาแน่นและความชื้นของวัสดุพื้นทางในสนามโดยใช้วิธีนิวเคลียร์

ที่ปรึกษาได้ทำการทดสอบหาค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของวัสดุพื้นทางในสนาม ตามมาตรฐาน ทล.-ท.607 “วิธีการทดลองหาค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวมในสนามระดับตื้นโดยใช้วิธีนิวเคลียร์” ภายหลังการบดอัดแล้วเสร็จ จำนวน 10 หลุม และที่ระยะเวลาการบ่ม 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน จำนวน 10 หลุมต่อระยะเวลาบ่มตามลำดับ รวมจำนวนทั้งสิ้น 140 หลุม (10 หลุม x 7 ระยะเวลาบ่ม x 2 แปลงทดสอบ) ตัวอย่างการทดสอบแสดงดังรูปที่ 11.1 และผลการทดสอบของทั้งสองแปลงทดสอบแสดงดังตารางที่ 11.2 และตารางที่ 11.3



รูปที่ 11.1 การทดสอบโดยวิธีนิวเคลียร์

ตารางที่ 11.2 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นโดยวิธีทดสอบนิวเคลียร์ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1

ก.ม.	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	Back Scatter		Direct Transmission	
		ความหนาแน่นแห้ง (ตัน/ลบ.ม.)	ความชื้น (%)	ความหนาแน่นแห้ง (ตัน/ลบ.ม.)	ความชื้น (%)
ก.ม. 1+680	0*	1.955	6.4	2.103	6.1
	1	1.976	8.8	2.060	8.4
	3	1.865	7.9	2.078	7.5
	5	1.785	7.0	2.03	5.3
	7	1.932	7.0	2.118	6.0
	10	1.851	8.0	2.034	7.9
	14	1.953	6.8	2.067	6.5
ก.ม. 1+710	0*	1.606	9.0	1.949	7.4
	1	2.050	8.1	2.026	8.3
	3	1.714	7.9	2.063	6.1
	5	1.994	6.7	2.081	5.4
	7	1.989	7.2	2.090	5.6

	10	2.046	6.9	2.134	6.7
	14	1.972	6.8	2.157	6.7
ก.ม. 1+740	0*	1.761	6.8	2.133	5.9
	1	2.201	6.3	2.080	6.4
	3	1.643	7.2	2.130	6.1
	5	2.047	6.2	2.102	6.2
	7	2.050	5.6	2.140	5.2
	10	1.973	8.1	2.164	6.9
	14	1.969	7.3	2.048	5.6
ก.ม. 1+770	0*	1.409	8.5	1.906	6.5
	1	2.088	7.9	2.111	7.5
	3	1.658	8.1	2.015	7.1
	5	1.715	7.2	1.991	6.0
	7	1.997	6.3	2.068	5.5
	10	1.749	10.2	2.11	8.3
	14	1.702	8.0	2.053	5.9
ก.ม. 1+800	0*	1.86	10.0	2.006	9.2
	1	2.015	6.8	2.007	6.9
	3	1.772	8.7	1.945	8.0
	5	1.976	8.3	2.050	8.2
	7	2.011	7.0	2.108	6.4
	10	1.821	13.3	1.867	13.4
	14	1.746	9.8	1.841	9.7

ตารางที่ 11.3 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นโดยวิธีทดสอบนิวเคลียร์ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2

ก.ม.	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	Back Scatter		Direct Transmission	
		ความหนาแน่นแห้ง (ตัน/ลบ.ม.)	ความชื้น (%)	ความหนาแน่นแห้ง (ตัน/ลบ.ม.)	ความชื้น (%)
ก.ม. 23+130	0*	1.800	6.2	2.169	5.3
	1	2.273	6	2.180	6.5
	3	2.016	5.7	2.229	5.9

	5	2.058	5.7	2.08	6
	7	2.069	6.2	2.169	5.4
	10	2.058	7.7	2.129	7.6
	14	1.967	5.9	2.064	5.8
ก.ม. 23+160	0*	1.600	6.5	2.188	5.1
	1	2.045	7.5	2.107	7.5
	3	1.943	7.1	2.178	6.1
	5	1.995	7.3	2.125	6.2
	7	1.861	4.9	2.113	4.4
	10	1.815	8.1	2.121	6.9
	14	1.948	4.8	2.102	4.7
ก.ม. 23+190	0*	1.853	6.7	2.054	6.1
	1	2.170	5.1	2.105	5.4
	3	1.871	7.7	2.218	6.3
	5	2.165	5.8	2.089	6.6
	7	2.104	6.2	2.126	6.1
	10	1.850	7.1	2.139	6.3
	14	2.111	6.3	2.203	6.0
ก.ม. 23+220	0*	1.745	8.7	2.197	6.3
	1	2.111	4.9	2.162	6.0
	3	1.746	9.0	2.181	7.2
	5	1.970	6.3	2.112	5.3
	7	2.004	7.4	2129	5.4
	10	1.643	8.7	2.151	7.1
	14	2.046	7.5	2.147	6.6
ก.ม. 23+250	0*	1.962	8.3	2.138	7.1
	1	2.207	6.7	2.183	5.9
	3	1.633	9.4	2.188	6.3
	5	2.041	6.9	2.172	6.0
	7	2.001	5.1	2.053	4.9
	10	1.553	11.2	2.117	7.4
	14	2.178	6.3	2.248	6.2

11.2 การเจาะเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัด

ที่ปรึกษาได้ทำการเจาะเก็บตัวอย่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9 เซนติเมตร เพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ทล.-ท.105 “วิธีการทดลองหา Unconfined Compressive Strength ของดิน” ที่ระยะเวลาการบ่ม 3, 7, 10 และ 14 วัน จำนวนอย่างน้อย 10 หลุมต่อระยะเวลาบ่ม ตามลำดับ ทดสอบตัวอย่างแบบแช่น้ำรวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 40 ก้อนตัวอย่าง (5 หลุม x 4 ระยะเวลาบ่มx 2 แปลงทดสอบ) และแบบไม่แช่น้ำ รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 40 ก้อนตัวอย่าง (5 หลุม x 4 ระยะเวลาบ่ม x 2 แปลงทดสอบ) รวมจำนวนก้อนตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้นอย่างน้อย 80 ก้อนตัวอย่าง ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 11.2 โดยผลการทดสอบที่ได้รับการปรับแก้เนื่องจากอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางแสดงไว้ดัง ตารางที่ 11.4 และตารางที่ 11.5 ส่วนผลการทดสอบก่อนทำการปรับแก้แสดงไว้ในภาคผนวก ช



รูปที่ 11.2 การเจาะเก็บตัวอย่างในสนาม

ตารางที่ 11.4 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1

ก.ม.	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	การทดสอบประเภทแช่น้ำ		การทดสอบประเภทไม่แช่น้ำ	
		q_u (ksc)	Strain (%)	q_u (ksc)	Strain (%)
ก.ม. 1+680	3	15.46	5.47	12.50	4.10
	7	11.84	2.12	17.27	2.45
	10	16.88	2.13	20.20	2.10
	14	33.25	4.63	27.86	2.63
ก.ม. 1+710	3	12.43	3.33	11.33	2.89
	7	8.47	3.28	11.54	2.98
	10	20.79	2.16	23.94	2.58
	14	23.17	4.02	26.11	6.46
ก.ม. 1+740	3	9.75	2.66	10.03	2.73
	7	13.48	6.48	12.00	5.38
	10	18.43	2.51	22.24	2.43

	14	24.42	2.43	27.13	3.58
ก.ม. 1+770	3	10.91	6.43	13.57	1.73
	7	8.57	5.23	12.80	4.83
	10	21.72	3.24	26.49	3.38
	14	6.52	2.87	4.76	8.22
ก.ม. 1+800	3	5.95	10.60	15.35	2.48
	7	16.31	3.58	22.11	3.09
	10	15.30	3.33	23.22	3.12
	14	24.29	3.47	9.75	2.77

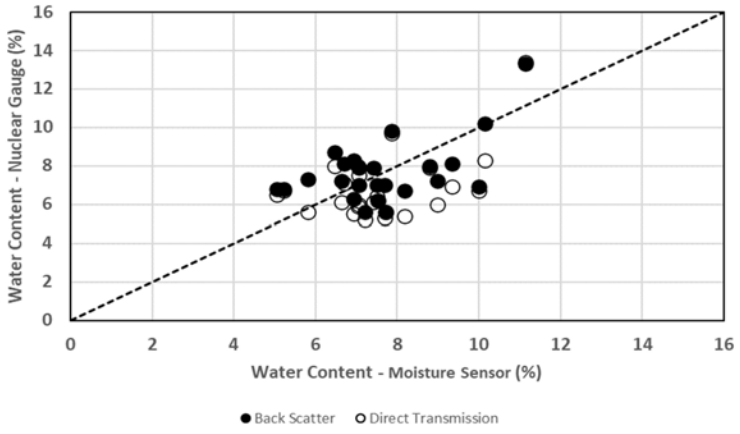
ตารางที่ 11.5 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2

ก.ม.	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	การทดสอบประเภทแช่น้ำ		การทดสอบประเภทไม่แช่น้ำ	
		q_u (ksc)	Strain (%)	q_u (ksc)	Strain (%)
ก.ม. 23+130	3	7.43	21.26	14.16	19.04
	7	14.85	3.46	15.37	4.14
	10	9.57	3.34	7.33	5.62
	14	12.78	4.63	16.97	2.14
ก.ม. 23+160	3	1.74	12.12	4.65	22.55
	7	13.10	3.46	14.78	3.77
	10	10.74	3.16	10.48	3.11
	14	13.66	3.29	15.03	3.61
ก.ม. 23+190	3	9.31	2.21	13.29	3.46
	7	14.15	2.57	13.65	3.90
	10	17.96	2.48	17.68	2.64
	14	17.89	2.09	18.60	3.25
ก.ม. 23+220	3	9.77	2.19	12.29	4.00
	7	14.40	2.60	15.33	4.20
	10	13.41	3.53	16.38	3.42
	14	12.66	3.48	9.60	5.62
ก.ม. 23+250	3	14.21	3.54	15.91	3.77

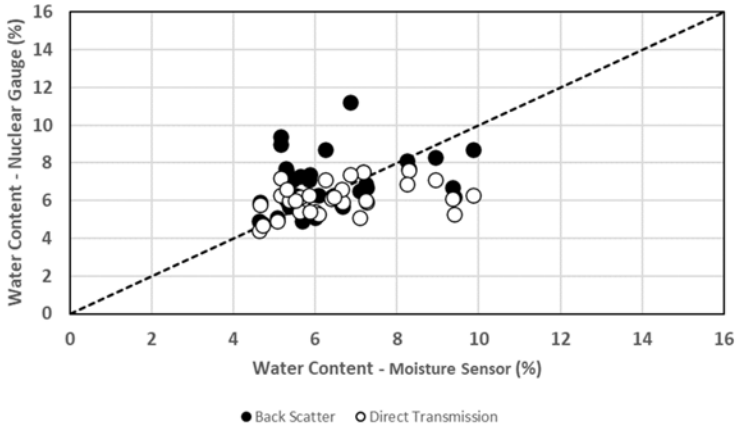
	7	10.38	5.38	11.73	4.32
	10	19.16	4.93	9.97	6.12
	14	17.73	3.10	18.37	4.36

11.3 การทดสอบหาค่าความชื้นของวัสดุในสนามด้วยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการตรวจวัดค่าความชื้นของวัสดุในสนามด้วยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย ภายหลังการบดอัดแล้วเสร็จ จำนวน 1 การทดสอบ และที่ระยะเวลาการบ่ม 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน จำนวน 1 การทดสอบต่อระยะเวลาบ่มตามลำดับ รวมจำนวนทั้งสิ้น 70 การทดสอบ (5 การทดสอบ x 7 ระยะเวลาบ่ม x 2 แปลงทดสอบ) โดยผลการตรวจวัดแสดงไว้ดังตารางที่ 11.6 และตารางที่ 11.7 ขณะที่ผลการเปรียบเทียบค่าความชื้นที่ตรวจวัดได้จากชุดอุปกรณ์ฯ เทียบกับตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบโดยวิธีนิวเคลียร์ของแปลงทดสอบที่ 1 และแปลงทดสอบที่ 2 แสดงไว้ดังรูปที่ 11.3 และรูปที่ 11.4 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความชื้นที่ตรวจวัดได้จากชุดอุปกรณ์ฯ มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากการทดสอบโดยวิธีนิวเคลียร์



รูปที่ 11.3 การเปรียบเทียบความชื้นที่ตรวจวัดได้จากชุดอุปกรณ์และการทดสอบโดยวิธีนิวเคลียร์ แปลงทดสอบที่ 1



รูปที่ 11.4 การเปรียบเทียบความชื้นที่ตรวจวัดได้จากชุดอุปกรณ์และการทดสอบโดยวิธีนิวเคลียร์ แปลงทดสอบที่ 2

ตารางที่ 11.6 ผลการตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1

ก.ม.	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความชื้น (Gravimetric Water Content, %)				
		TDR 1	TDR 2	TDR 3	TDR 4	เฉลี่ย
ก.ม. 1+680	0*	11.37	12.23	16.44	13.22	13.32
	1	9.46	8.69	10.89	8.03	9.27
	3	7.33	5.78	7.39	5.35	6.46
	5	6.19	7.26	7.05	7.21	6.93
	7	7.17	8.92	7.87	6.08	7.51
	10	13.34	10.84	10.10	10.26	11.13
	14	9.39	7.67	7.99	6.39	7.86
ก.ม. 1+710	0*	16.37	13.37	9.10	6.06	11.23
	1	11.53	10.45	13.56	12.65	12.05
	3	7.58	6.14	7.29	5.77	6.69
	5	9.39	9.23	9.24	8.08	8.99
	7	7.40	7.13	7.33	5.88	6.94
	10	13.15	8.52	10.30	8.63	10.15
	14	7.36	6.78	7.74	6.26	7.03
ก.ม. 1+740	0*	12.05	10.96	12.91	11.58	11.87
	1	13.21	8.27	11.83	10.92	11.06
	3	6.26	6.89	5.77	7.65	6.64
	5	7.58	8.30	7.80	6.38	7.52
	7	7.00	5.96	8.54	7.34	7.21
	10	10.30	8.10	10.79	8.19	9.35
	14	5.61	6.30	6.11	5.26	5.82
ก.ม. 1+770	0*	14.23	12.02	12.22	10.58	12.26
	1	10.46	10.92	9.95	8.95	10.07
	3	6.85	6.64	6.84	9.32	7.41
	5	8.89	8.01	8.48	7.31	8.17
	7	8.37	7.56	7.30	7.61	7.71
	10	9.88	9.57	12.26	8.28	10.00

	14	5.50	5.78	5.11	4.50	5.22
ก.ม. 1+800	0*	9.87	8.50	15.38	13.37	11.78
	1	9.61	8.39	9.04	7.33	8.59
	3	7.83	7.13	7.41	5.85	7.05
	5	8.65	8.39	6.87	6.86	7.69
	7	7.95	7.72	6.74	5.87	7.07
	10	9.67	8.86	8.38	8.25	8.79
	14	4.67	5.58	5.53	4.40	5.05

ตารางที่ 11.7 ผลการตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2

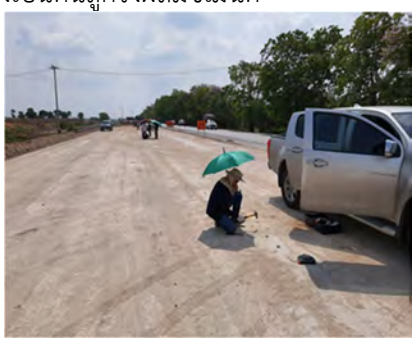
ก.ม.	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ค่าความชื้น (Gravimetric Water Content, %)				
		TDR 1	TDR 2	TDR 3	TDR 4	เฉลี่ย
ก.ม. 23+130	0*	8.86	11.05	9.49	8.23	9.41
	1	4.56	5.05	7.00	4.58	5.30
	3	7.38	5.90	7.79	5.55	6.66
	5	5.64	6.66	5.27	3.88	5.36
	7	5.64	5.62	5.76	5.44	5.62
	10	8.47	8.22	8.63	7.86	8.30
	14	4.80	4.99	4.67	4.12	4.64
ก.ม. 23+160	0*	6.37	5.99	9.95	6.06	7.09
	1	6.24	7.71	7.06	7.71	7.18
	3	5.95	5.49	6.15	4.18	5.44
	5	6.08	5.70	6.03	4.75	5.64
	7	4.43	5.37	4.67	4.03	4.63
	10	8.24	8.01	7.97	8.77	8.25
	14	4.40	5.13	4.78	4.56	4.72
ก.ม. 23+190	0*	11.68	7.32	11.37	7.10	9.37
	1	6.70	5.33	5.51	6.46	6.00
	3	5.98	4.95	6.19	4.01	5.28
	5	7.54	6.45	6.08	6.50	6.64
	7	6.50	6.89	6.29	5.89	6.39

	10	5.39	6.54	5.18	6.30	5.85
	14	6.60	6.66	4.75	4.04	5.51
ก.ม. 23+220	0*	8.63	9.96	13.05	7.78	9.85
	1	6.17	5.05	5.86	5.60	5.67
	3	5.00	5.25	5.81	4.54	5.15
	5	7.91	6.68	4.91	4.80	6.08
	7	7.43	6.63	4.89	4.55	5.87
	10	6.40	6.00	6.77	5.79	6.24
	14	5.46	6.47	5.00	4.26	5.30
ก.ม. 23+250	0*	10.62	9.29	8.21	7.67	8.95
	1	7.34	7.35	8.19	6.13	7.25
	3	4.67	5.16	6.53	4.24	5.15
	5	8.33	6.23	7.41	6.96	7.23
	7	5.04	5.60	4.93	4.72	5.07
	10	7.01	7.12	6.34	6.98	6.86
	14	7.12	6.73	6.60	5.39	6.46

11.4 การทดสอบหาค่าความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุในสนามโดยวิธีทดสอบ SASW

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบด้วยวิธี SASW เพื่อตรวจวัดและศึกษาการพัฒนาค่าความเร็วคลื่นของวัสดุในสนาม (รูปที่ 11.5) ที่ระยะเวลาบ่ม 3, 7, 10, และ 14 วัน รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 40 การทดสอบ (5 การทดสอบ x 4 ระยะเวลาบ่ม x 2 แปลงทดสอบ) ดังแสดงข้อมูลไว้ในตารางที่ 11.8 และตารางที่ 11.9 โดยการทดสอบนั้นใช้ค้อนเป็นอุปกรณ์กำเนิดคลื่นและใช้ระยะห่างระหว่างตัวรับสัญญาณเท่ากับ 10, 20 และ 40 เซนติเมตร ทำการตรวจวัดสัญญาณด้วยเครื่อง Spectrum Analyzer และวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม WinSASW เช่นเดียวกับการทดสอบในแบบจำลองสภาพการใช้งาน

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุในแปลงที่ 1 และแปลงที่ 2 มีค่าระหว่าง 585-1030 เมตร/วินาที และ 770-1450 เมตร/วินาที ตามลำดับ โดยพบว่าวัสดุในแปลงที่ 2 นั้นมีค่าความเร็วคลื่นเฉือนสูงกว่าเนื่องจากวัสดุในแปลงที่ 2 นั้นเป็นหินคลุกปลายตะแกรงผสมทรายผสมซีเมนต์ซึ่งมีส่วนผสมของหินมากกว่าวัสดุในแปลงที่ 1 ซึ่งเป็นดินลูกรังผสมซีเมนต์



รูปที่ 11.5 การทดสอบ SASW ในสนาม

ตารางที่ 11.8 ผลการทดสอบค่าความเร็วคลื่นเฉือนโดยวิธีทดสอบ SASW ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1

ก.ม.	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ความเร็วคลื่นเฉือน (เมตร/วินาที)
ก.ม. 1+680	3	640
	7	770
	10	709
	14	686
ก.ม. 1+710	3	730
	7	616
	10	744
	14	585
ก.ม. 1+740	3	870
	7	760
	10	950
	14	890
ก.ม. 1+770	3	700
	7	680
	10	960
	14	850
ก.ม. 1+800	3	720
	7	739
	10	1006
	14	1030

ตารางที่ 11.9 ผลการทดสอบค่าความเร็วคลื่นเฉือนโดยวิธีทดสอบ SASW ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2

ก.ม.	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	ความเร็วคลื่นเฉือน (เมตร/วินาที)
ก.ม. 23+130	3	850
	7	1260
	10	1450
	14	1000
	3	800

ก.ม. 23+160	7	850
	10	1110
	14	930
ก.ม. 23+190	3	960
	7	830
	10	1200
	14	1250
ก.ม. 23+220	3	1060
	7	1060
	10	1160
	14	1280
ก.ม. 23+250	3	770
	7	1140
	10	1250
	14	1330

11.5 การทดสอบหาค่าโมดูลัสและการแอ่นตัวของวัสดุงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบ LWD

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทดสอบ LWD เพื่อตรวจวัดค่าโมดูลัสและการแอ่นตัวของวัสดุในสนามที่ระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน รวมจำนวนทั้งสิ้นอย่างน้อย 40 การทดสอบ (5 การทดสอบ x 4 ระยะเวลาบ่ม x 2 แปลงทดสอบ) ดังแสดงในรูปที่ 11.6

โดยผลการทดสอบแสดงไว้ดังตารางที่ 11.10 และตารางที่ 11.11 ซึ่งพบว่าวัสดุในแปลงทดสอบที่ 2 มีค่าโมดูลัสสูงกว่าและค่าการแอ่นตัวต่ำกว่าวัสดุในแปลงที่ 1 ซึ่งผลการทดสอบนั้นนับว่าค่อนข้างสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าความเร็วคลื่นเฉือน และคาดว่าเป็นผลจากขนาดและคุณสมบัติของวัสดุที่แตกต่างกัน



รูปที่ 11.6 การทดสอบ LWD ในสนาม

ตารางที่ 11.10 ผลการทดสอบ LWD ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1

ก.ม.	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	D (Micron)	E (MPa)	F (kN)
ก.ม. 1+680	3	61.5	1124	5.987
	7	28.3	1966	5.945
	10	69.4	1582	6.110
	14	24.8	1132	6.012
ก.ม. 1+710	3	35.8	1177	5.984
	7	24.4	1261	5.885
	10	31.0	1366	5.993
	14	20.0	1294	6.021
ก.ม. 1+740	3	29.9	1164	6.091
	7	29.5	1119	5.780
	10	37.7	899	5.930
	14	25.5	1340	5.975
ก.ม. 1+770	3	28.7	954	5.907
	7	26.1	1380	5.749
	10	24.7	1104	5.898
	14	26.5	1721	6.008
ก.ม. 1+800	3	30.2	556	5.930
	7	16.9	1201	5.767
	10	21.0	503	5.933
	14	29.7	1399	5.881

ตารางที่ 11.11 ผลการทดสอบ LWD ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2

ก.ม.	ระยะเวลาบ่ม (วัน)	D (Micron)	E (MPa)	F (kN)
ก.ม.23+130	3	15.2	2124	5.636
	7	13.6	2443	5.793
	10	22.5	1519	5.972
	14	22.5	1503	5.930
ก.ม.23+160	3	16.1	2078	5.841
	7	30.6	1091	5.842
	10	23.1	1493	6.024
	14	17.7	1903	5.905
ก.ม.23+190	3	15.1	2222	5.847
	7	13.3	2476	5.751
	10	8.7	3951	5.965
	14	15.3	2216	5.923
ก.ม.23+220	3	13.0	2977	5.833
	7	16.5	1990	5.746
	10	16.6	2024	5.889
	14	13.7	2437	5.863
ก.ม.23+250	3	14.6	2366	5.959
	7	15.8	2007	5.677
	10	14.3	2414	5.905
	14	12.6	2642	5.969

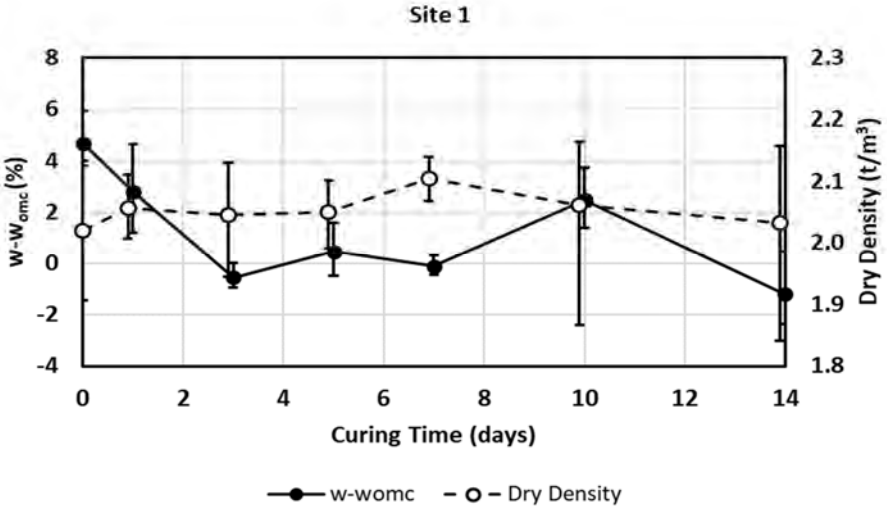
12. การวิเคราะห์คุณสมบัติและพฤติกรรมของวัสดุ

ที่ปรึกษาได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นต่อคุณสมบัติด้านต่างๆของวัสดุในสนาม ไม่ว่าจะเป็น ระยะเวลาบ่ม ค่าความหนาแน่น ค่าการแอ่นตัวจากการทดสอบ LWD และค่าความเร็วคลื่นเฉือนจากการทดสอบ SASW รวมถึงค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว เพื่อศึกษาถึงแนวทางในการพัฒนาการตรวจสอบคุณภาพการก่อสร้างโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย โดยมีรายละเอียดการดำเนินการดังต่อไปนี้

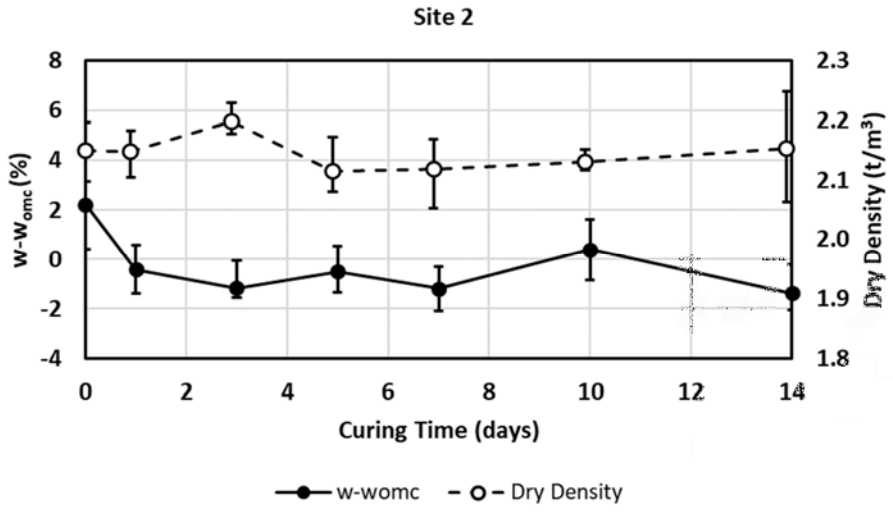
12.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและค่าความหนาแน่น

รูปที่ 12.1 และรูปที่ 12.2 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นและความหนาแน่นของวัสดุที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ ของแปลงทดสอบที่ 1 และแปลงทดสอบที่ 2 ตามลำดับ ตามลำดับ โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของวัสดุในแปลงทดสอบที่ 1 มีค่าเริ่มต้นค่อนข้างสูง คาดว่าเนื่องจากการทดสอบโดยใช้ชุดอุปกรณ์นั้นได้ดำเนินการทันทีภายหลังจากการพ่นน้ำ อย่างไรก็ตามพบว่าค่าความชื้นที่ตรวจวัดได้หลังจากนั้นอยู่ในช่วงใกล้เคียงค่าความชื้นที่เหมาะสม (Optimum moisture content) เป็นส่วนมาก ทั้งนี้พบว่าที่ระยะเวลาบ่ม 10 วัน ค่าความชื้นมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยยะ เนื่องจากเกิดฝนตกที่บริเวณแปลงทดสอบในช่วงระยะเวลาบ่มที่ 8, 9, 10 และ 11 วัน ในส่วนของแปลงทดสอบที่ 2 พบว่าค่าความชื้นมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นเช่นเดียวกับแปลงทดสอบที่ 1

ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นที่ตรวจวัดได้จากวิธีทดสอบนิวเคลียร์นั้นพบว่าค่าความหนาแน่นของวัสดุทั้ง 2 แปลงมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ตลอดทุกช่วงระยะเวลาบ่ม



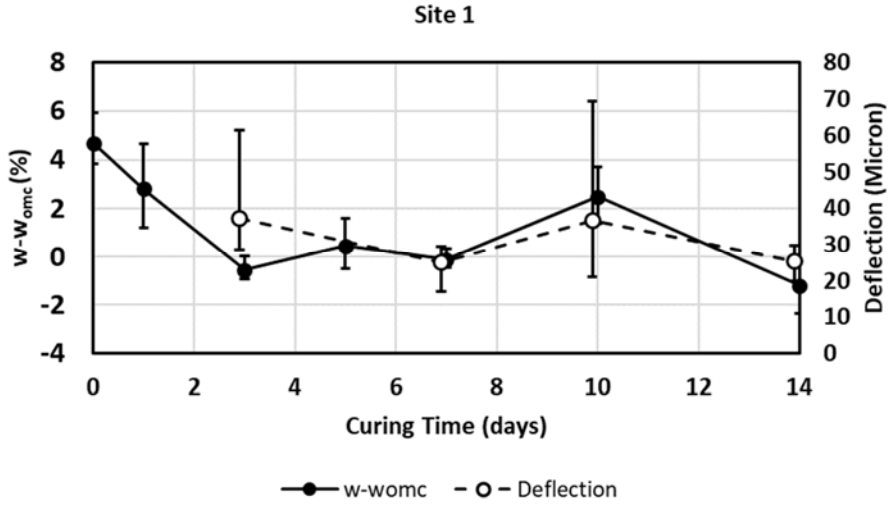
รูปที่ 12.1 ค่าความชื้นและค่าความหนาแน่นแห้งที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 1 (w_{omc} = 7.3%)



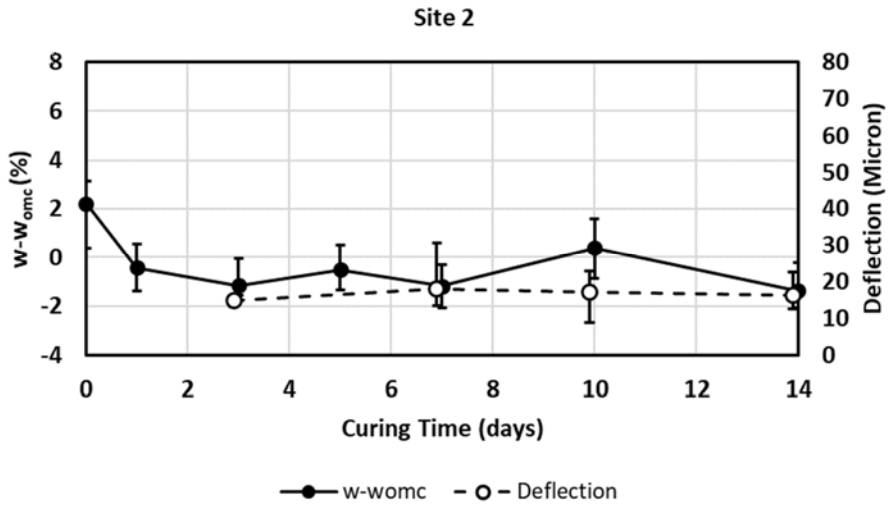
รูปที่ 12.2 ค่าความชื้นและค่าความหนาแน่นแห้งที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 2 (w_{omc} = 6.9%)

12.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและค่าการแอ่นตัว

ผลการทดสอบค่าการแอ่นตัวของวัสดุมีแนวโน้มเป็นไปดังรูปที่ 12.3 และรูปที่ 12.4 สำหรับวัสดุในแปลงทดสอบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยพบว่าค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้น ยกเว้นที่ระยะเวลาบ่ม 10 วัน อย่างไรก็ตามพบว่าวัสดุในแปลงทดสอบที่ 2 นั้นมีค่าการแอ่นตัวเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และพบว่าค่าการแอ่นตัวในแปลงทดสอบที่ 2 นั้นมีค่าน้อยกว่าแปลงทดสอบที่ 1 คาดว่าเนื่องจากวัสดุในแปลงทดสอบที่ 2 นั้นเป็นหินคลุกปลายตะแกรงผสมทรายและซีเมนต์ ซึ่งมีค่าความแข็งที่ค่อนข้างมากกว่าวัสดุในแปลงทดสอบที่ 1 ซึ่งเป็นดินลูกรังผสมซีเมนต์



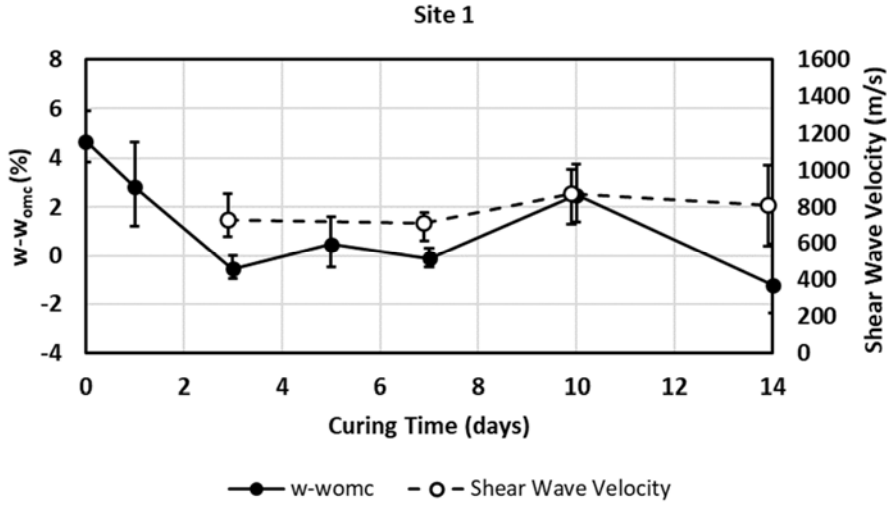
รูปที่ 12.3 ค่าความชื้นและค่าการแอ่นตัวที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 1 (w_{omc} = 7.3%)



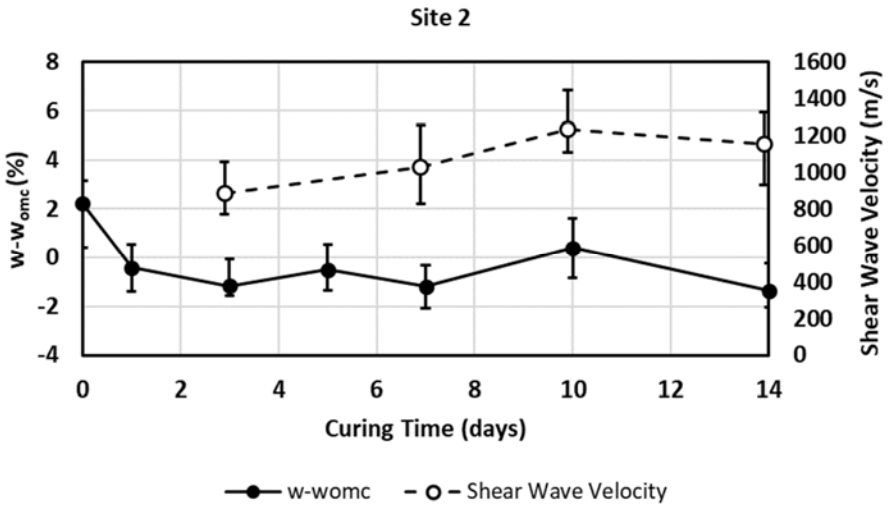
รูปที่ 12.4 ค่าความชื้นและค่าการแอ่นตัวที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 2 (w_{omc} = 6.9%)

12.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและค่าความเร็วคลื่นเฉือน

ผลการทดสอบความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุโดยวิธีทดสอบ SASW มีแนวโน้มเป็นไปดังรูปที่ 12.5 และรูปที่ 12.6 สำหรับวัสดุในแปลงทดสอบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยพบว่าสำหรับวัสดุทั้งสองแปลงทดสอบนั้นค่าความเร็วคลื่นเฉือนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าวัสดุมีความแข็งเพิ่มขึ้น และพบว่าวัสดุในแปลงทดสอบที่ 2 นั้นมีค่าความเร็วคลื่นเฉือนสูงกว่าแปลงทดสอบที่ 1 คาดว่าด้วยเหตุผลเดียวกันกับการทดสอบ LWD คือวัสดุในแปลงทดสอบที่ 2 นั้นเป็นหินคลุกปลายตะแกรงผสมทรายและซีเมนต์ ซึ่งมีค่าความแข็งที่ค่อนข้างมากกว่าวัสดุในแปลงทดสอบที่ 1 ซึ่งเป็นดินลูกรังผสมซีเมนต์ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการตรวจสอบและควบคุมค่าความชื้นให้ใกล้เคียงค่าความชื้นที่เหมาะสม ส่งผลให้วัสดุมีแนวโน้มพัฒนาค่าความเร็วคลื่นเฉือนได้ โดยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายซึ่งเป็นวิธีตรวจวัดเชิงเปรียบเทียบ (Relative measurement) นั้นทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน แม้ด้วยข้อจำกัดของเครื่องมือที่มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยนประมาณ ร้อยละ 1 แต่ไม่มีผลต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วคลื่นเฉือน อย่างไรก็ตามต้องมีการตรวจวัดค่าความชื้นโดยวิธีมาตรฐานเพื่อให้มั่นใจว่าวัสดุมีค่าความชื้นที่เหมาะสมเป็นไปตามมาตรฐาน



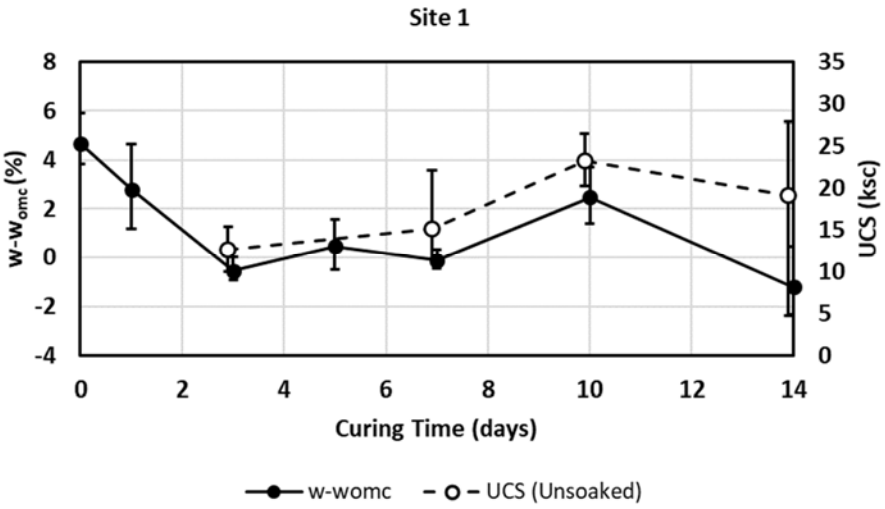
รูปที่ 12.5 ค่าความชื้นและค่าความเร็วคลื่นเฉือน ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 1 (w_{omc} = 7.3%)



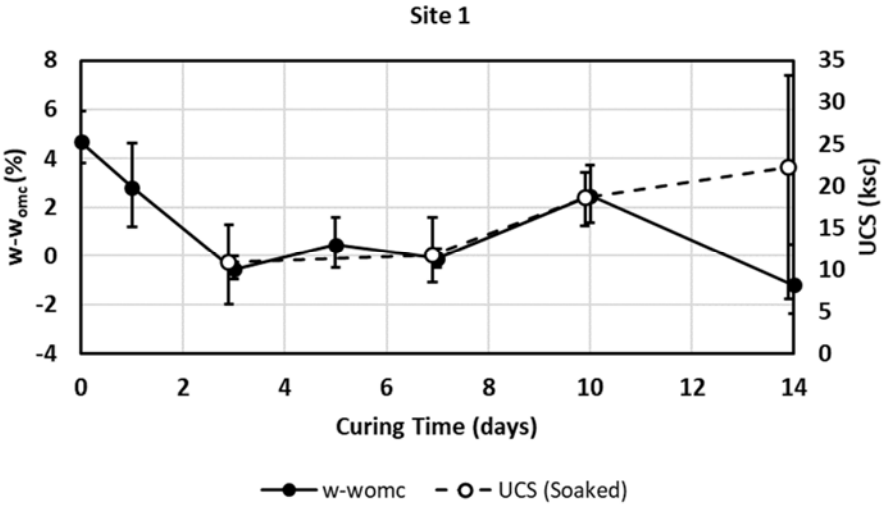
รูปที่ 12.6 ค่าความชื้นและค่าความเร็วคลื่นเฉือน ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 2 (w_{omc} = 6.9%)

12.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว

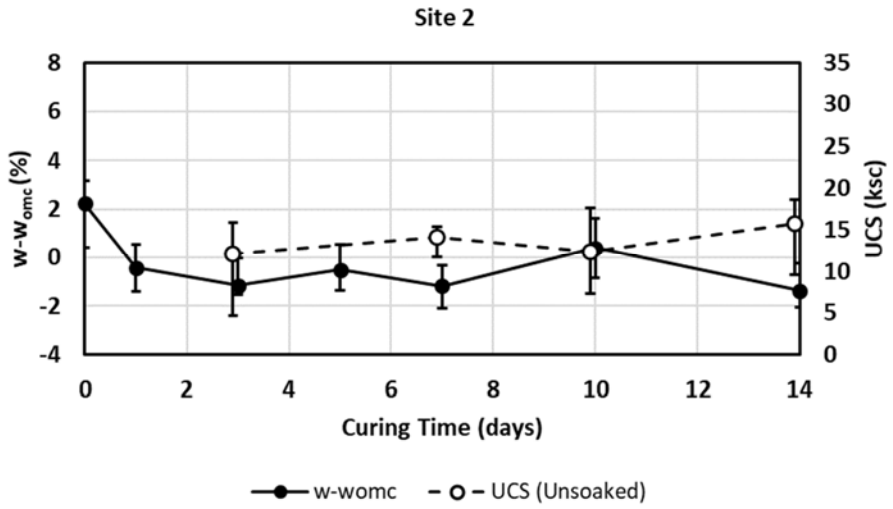
ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวนั้น พบว่าการตรวจสอบและควบคุมค่าความชื้นให้เหมาะสม ส่งผลให้วัสดุมีแนวโน้มพัฒนาค่ากำลังของวัสดุได้เช่นเดียวกับค่าความเร็วคลื่นเฉือน อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าค่าความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุในแปลงทดสอบที่ 2 มีค่าสูงกว่าวัสดุในแปลงทดสอบที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแข็งของวัสดุที่มากกว่า แต่ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่วัดได้จากการเจาะเก็บตัวอย่างในแปลงทดสอบที่ 2 กลับมีค่าต่ำกว่าแปลงทดสอบที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 12.7 ถึงรูปที่ 12.10 คาดว่าเนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุในแปลงทดสอบทั้ง 2 ที่แตกต่างกัน เนื่องจากการเจาะเก็บตัวอย่างตัวอย่างวัสดุในสนามนั้นอาจจะส่งผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของตัวอย่าง ซึ่งส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวนั้นมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริงได้ โดยเฉพาะเมื่อตัวอย่างนั้นมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้วัสดุในแปลงทดสอบที่ 2 นั้นเป็นหินคลุกปลายตะแกรงผสมทรายผสมซีเมนต์ ซึ่งมีวัสดุเม็ดใหญ่มากกว่าส่งผลให้ค่าความเร็วคลื่นเฉือนมีค่าสูงกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเจาะเก็บตัวอย่าง วัสดุดังกล่าวมีแนวโน้มจะสูญเสียกำลังเนื่องจากการถูกรบกวนมากกว่าเนื่องจากค่าความยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคนั้นมีค่าต่ำกว่าวัสดุในแปลงทดสอบที่ 1 ซึ่งเป็นดินลูกรังผสมซีเมนต์ ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบเนื่องจากการเจาะเก็บตัวอย่าง จึงได้พิจารณาใช้ผลการทดสอบในสนามโดยวิธีทดสอบ SASW และวิธีทดสอบ Free-Free Resonance (FFR) มาใช้ในการประเมินค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวต่อไป



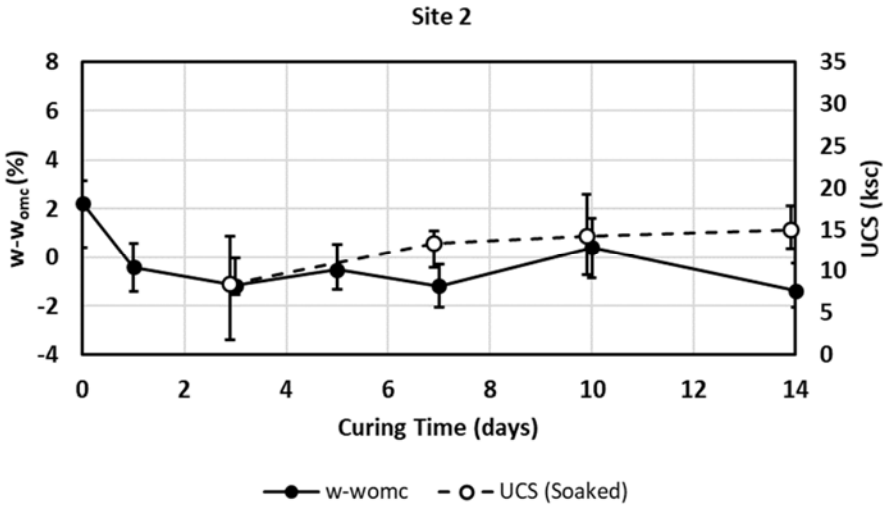
รูปที่ 12.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและกำลังรับแรงอัดแกนเดียว (ตัวอย่างไม่แช่น้ำ) ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 1 (w_{omc} = 7.3%)



รูปที่ 12.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและกำลังรับแรงอัดแกนเดียว (ตัวอย่างแช่น้ำ) ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 1 (w_{omc} = 7.3%)

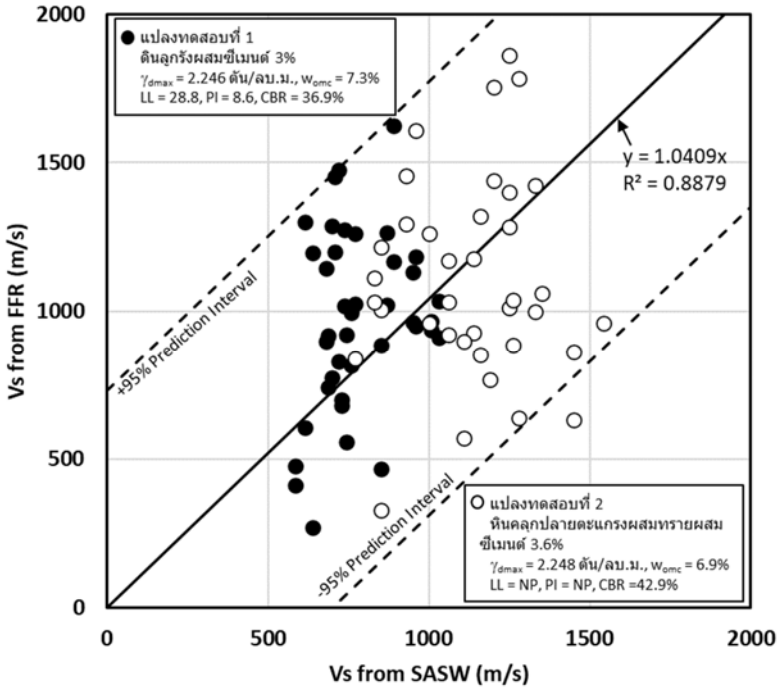


รูปที่ 12.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและกำลังรับแรงอัดแกนเดียว (ตัวอย่างไม่แช่น้ำ) ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 2 (w_{omc} = 6.9%)

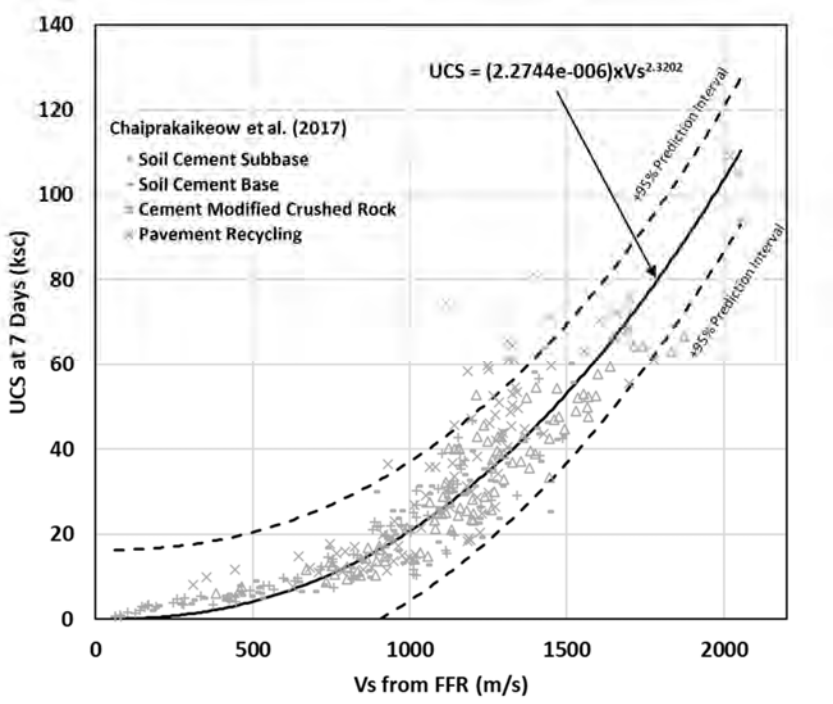


รูปที่ 12.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและกำลังรับแรงอัดแกนเดียว (ตัวอย่างแช่น้ำ) ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 2 (w_{omc} = 6.9%)

โดยการวิเคราะห์เริ่มต้นจากการนำค่าความเร็วคลื่นเฉือนที่ตรวจวัดได้โดยวิธี SASW มาประเมินค่าความเร็วคลื่นเฉือนที่เป็นไปได้โดยวิธี FFR (พิจารณาที่ Prediction Interval = 95%) โดยอาศัยความสัมพันธ์ดังรูปที่ 12.11 จากนั้นนำค่าความเร็วคลื่นเฉือนนั้นไปวิเคราะห์ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวตามความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 12.12 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว และค่าความเร็วคลื่นเฉือนที่ทดสอบโดยวิธี FFR จากตัวอย่างวัสดุโครงสร้างชั้นทางผสมซีเมนต์ 4 ประเภท ได้แก่ รองพื้นทางดินซีเมนต์ พื้นทางดินซีเมนต์ พื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ และ Pavement Recycling (Chaiprakaikeow et al., 2017) โดยใช้ค่า Prediction Interval = 95% เช่นกัน



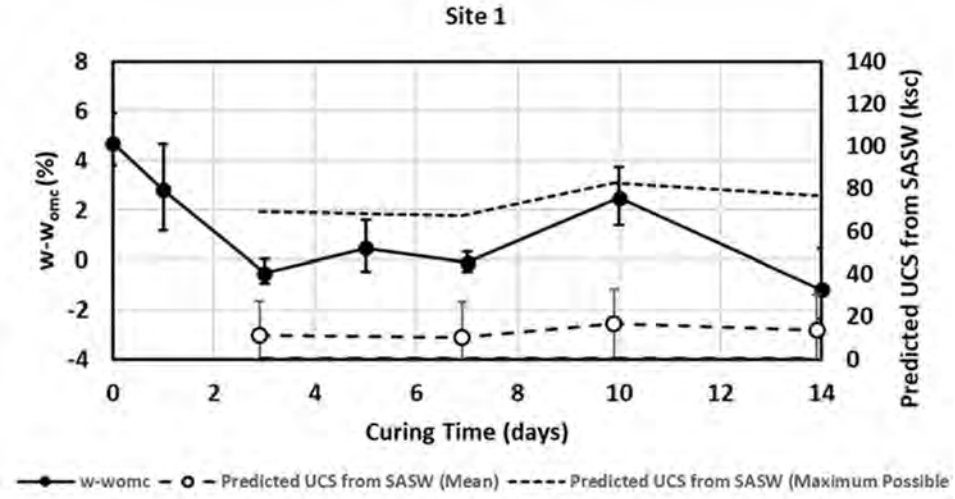
รูปที่ 12.11 การเปรียบเทียบค่าความเร็วคลื่นเฉือนโดยวิธีทดสอบ FFR ในห้องปฏิบัติการและวิธีทดสอบ SASW ในสนาม



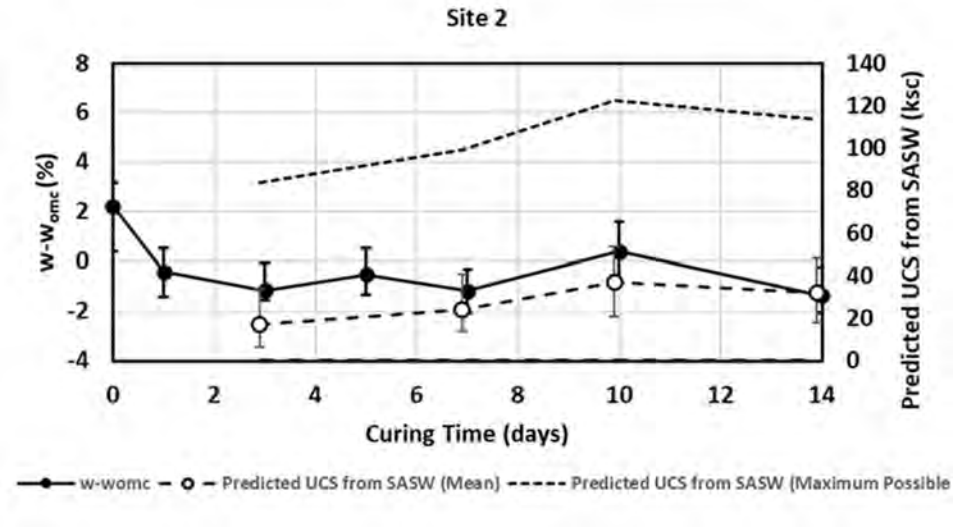
รูปที่ 12.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ระยะเวลาบ่ม 7 วัน และค่าความเร็วคลื่นเฉือนจากการทดสอบ FFR ในห้องปฏิบัติการ (ดัดแปลงจาก Chaiprakaikeow et al., 2017)

ผลการวิเคราะห์ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ระยะเวลาบ่มต่างๆซึ่งได้จากการทดสอบ SASW ในแปลงทดสอบที่ 1 และแปลงทดสอบที่ 2 แสดงไว้ดังรูปที่ 12.13 และรูปที่ 12.14 ตามลำดับ โดยผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ประเมินได้นั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามช่วงระยะเวลาการบ่ม

และแปลงทดสอบที่ 2 มีค่าประเมินกำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่สูงกว่าแปลงทดสอบที่ 1 ซึ่งสดอคล้องกับผลการทดสอบค่าความเร็วคลื่นเฉือนโดยวิธี SASW และผลการทดสอบค่าความแอ่นตัวโดยวิธี LWD อย่างไรก็ตาม เป็นที่สังเกตว่าค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ประเมินได้นั้นมีช่วงค่อนข้างกว้าง เนื่องจากการวิเคราะห์นั้นมีจำนวนตัวอย่างที่นำมาสร้างความสัมพันธ์ค่อนข้างน้อย ซึ่งหากมีการเพิ่มการทดสอบให้มากขึ้นจะส่งผลให้ค่าการประเมินกำลังรับน้ำหนักมีค่าแม่นยำมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 12.13 ค่าความชื้นและค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ประเมินได้จากการทดสอบ SASW ในสนาม ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 1 (w_{omc} = 7.3%)



รูปที่ 12.14 ค่าความชื้นและค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวที่ประเมินได้จากการทดสอบ SASW ในสนาม ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ แปลงทดสอบที่ 2 (w_{omc} = 6.9%)

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุดินซีเมนต์พอสรุปโดยสังเขปได้ว่า

1. มาตรฐานการควบคุมคุณภาพการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางดินซีเมนต์ พื้นทางดินซีเมนต์ พื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ และข้อกำหนดพิเศษดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ที่กำหนดไว้โดยกรมทางหลวงมีความเหมาะสม
2. ค่าความหนาแน่นในสนามของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดระยะเวลาบ่ม

3. การควบคุมค่าความชื้นดินซีเมนต์ให้ใกล้เคียงค่าความชื้นที่เหมาะสมตามมาตรฐานของกรมทางหลวง ส่งผลให้การพัฒนากำลัง ค่าความเร็วคลื่นเฉือนมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาบ่ม โดยแม้การตรวจวัดค่าความชื้นโดยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 1 แต่ไม่ส่งผลต่อแนวโน้มการพัฒนากำลังและค่าความเร็วคลื่นเฉือน อย่างไรก็ตามวิธีการทดสอบดังกล่าวเป็นทางเลือกให้แก่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน จำเป็นต้องมีการตรวจวัดค่าความชื้นโดยวิธีมาตรฐานเพื่อให้มั่นใจว่าวัสดุมีค่าความชื้นที่เหมาะสมเป็นไปตามมาตรฐานการก่อสร้างของกรมทางหลวง
4. การเจาะเก็บตัวอย่างตัวอย่างวัสดุในสนามนั้นอาจจะส่งผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของตัวอย่าง ซึ่งอาจส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวนั้นมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริงได้ โดยเฉพาะเมื่อตัวอย่างทดสอบนั้นเป็นตัวอย่างที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคค่อนข้างต่ำเช่น หินคลุก ทราย เป็นต้น ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบเนื่องจากการเจาะเก็บตัวอย่าง การพิจารณาใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย เช่น การทดสอบ SASW การทดสอบ LWD เป็นต้น มาใช้ประเมินและควบคุมคุณภาพการก่อสร้างวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ควบคู่ไปกับค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว จึงนับว่ามีความน่าสนใจ อย่างไรก็ตาม เนื่องด้วยฐานข้อมูลในปัจจุบันนั้นมีอยู่อย่างค่อนข้างจำกัด ส่งผลให้การประเมินค่าด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ยังมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพัฒนาฐานข้อมูลของการทดสอบดังกล่าวเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ถึงค่าควบคุมที่เหมาะสมจากการทดสอบแบบไม่ทำลายเหล่านี้ได้

13. งานจัดทำคู่มือ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำคู่มือ ดังนี้

1) คู่มือวิธีการทดสอบ (Operation Manual) ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย จำนวนอย่างน้อย 50 ชุด

2) คู่มือกระบวนการและเกณฑ์การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย จำนวนอย่างน้อย 50 ชุด



รูปที่ 13.1 คู่มือวิธีการทดสอบฯ และคู่มือกระบวนการและเกณฑ์การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพฯ

14. งานฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดการฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้ให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวงในหัวข้อดังต่อไปนี้

- การพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย
- การประยุกต์ใช้ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย
- กระบวนการและเกณฑ์การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

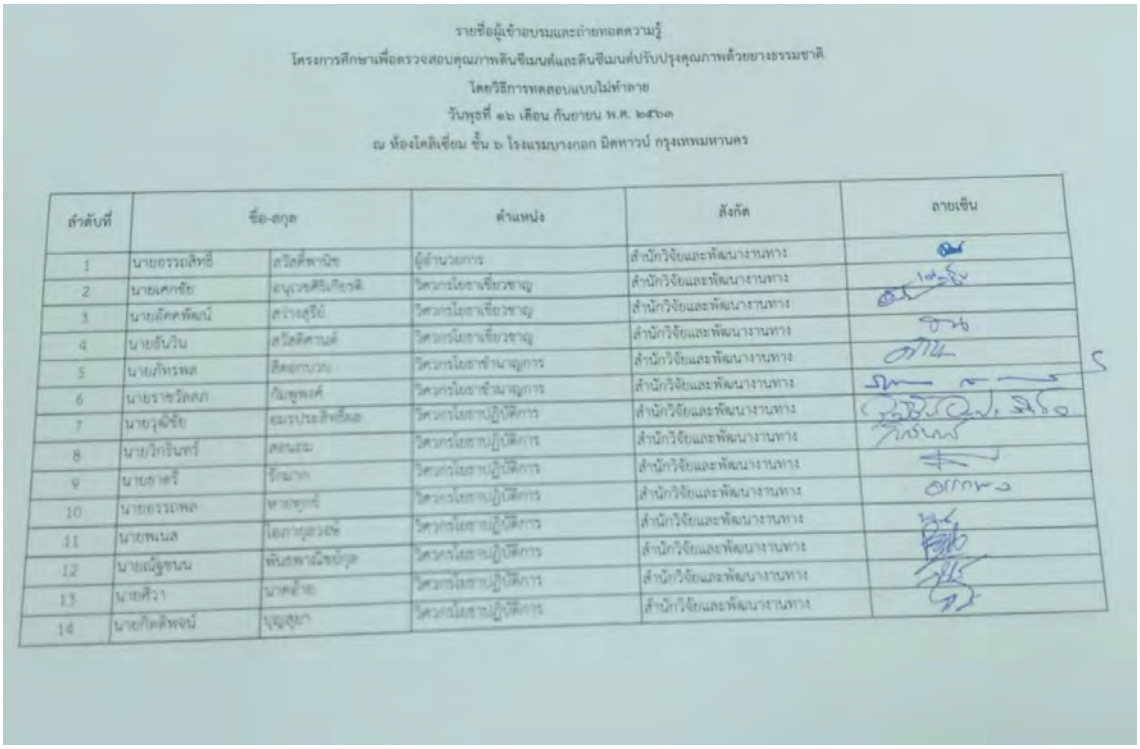
การจัดการฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้จัดขึ้นในวันที่ 16 กันยายน 2563 ณ โรงแรมมิดทาวน์กรุงเทพ ถนนพระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ มีผู้เข้าร่วมอบรมจำนวนทั้งหมด 30 คน แบ่งตามหน่วยงานที่สังกัด ดังแสดงในตารางที่ 14.1 โดยภาพบรรยากาศการฝึกอบรมและรายชื่อผู้เข้าร่วมอบรมแสดงไว้ดังรูปต่อไปนี้

ตารางที่ 14.1 สรุปจำนวนผู้เข้าร่วมอบรม

ลำดับที่	หน่วยงาน	จำนวน (คน)
1	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	19
2	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	11



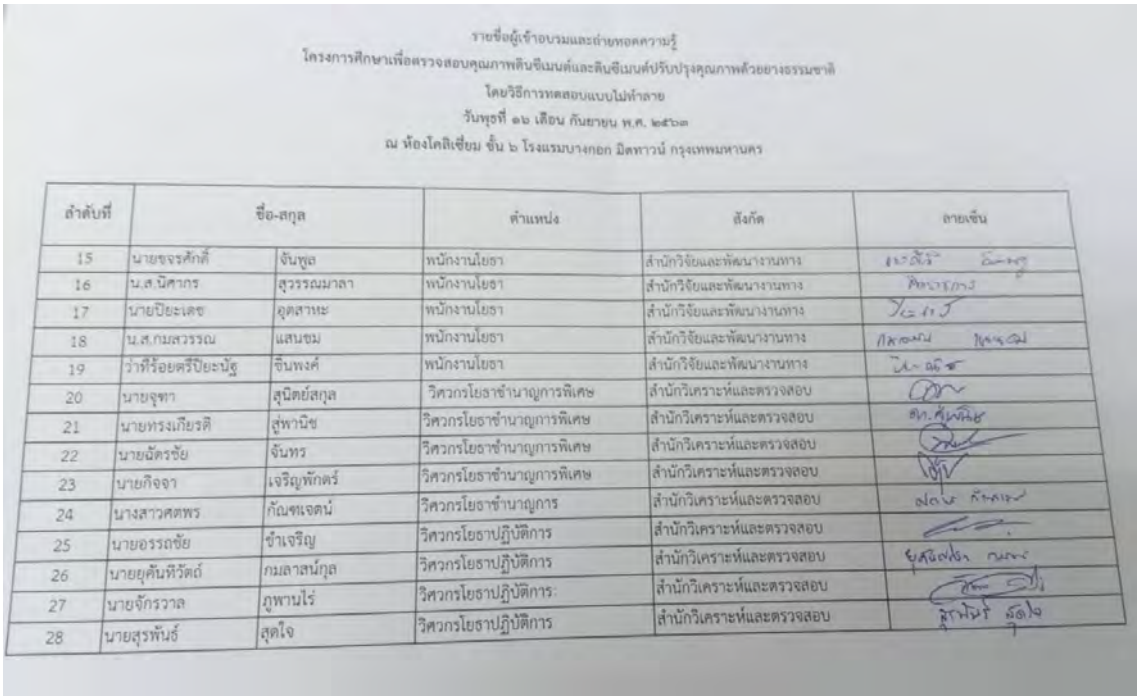
รูปที่ 14.1 การฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้



รายชื่อผู้เข้าอบรมและถ่ายทอดความรู้
โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ
โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย
วันพุธที่ ๑๖ เดือน กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๓
ณ ห้องโคลิเซี่ยม ชั้น ๖ โรงแรมบางกอก มิดทาวน์ กรุงเทพมหานคร

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล		ตำแหน่ง	สังกัด	ลายเซ็น
1	นายธรรมสิทธิ์	สวัสดิ์ศานิช	ผู้อำนวยการ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
2	นายเดชชัย	อนุวรรตศิริเกียรติ	วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
3	นายอัคคพัฒน์	สว่างสุริย์	วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
4	นายธันวิน	สวัสดิศานต์	วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
5	นายภัทรพล	สิตอาบวน	วิศวกรโยธาชำนาญการ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
6	นายราชวัลลภ	กิมพูพงศ์	วิศวกรโยธาชำนาญการ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
7	นายวุฒิชัย	ธนะประสิทธิผล	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
8	นายวิกรินทร์	สอนสะอะ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
9	นายธาตรี	รักมาก	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
10	นายธรรมพล	หายทุกข์	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
11	นายพนม	โอภากุลวงษ์	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
12	นายณัฐชนน	พันธพาณิชย์กุล	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
13	นายศิวา	นาคอ้าย	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
14	นายกิตติพจน์	บุญสุยา	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	

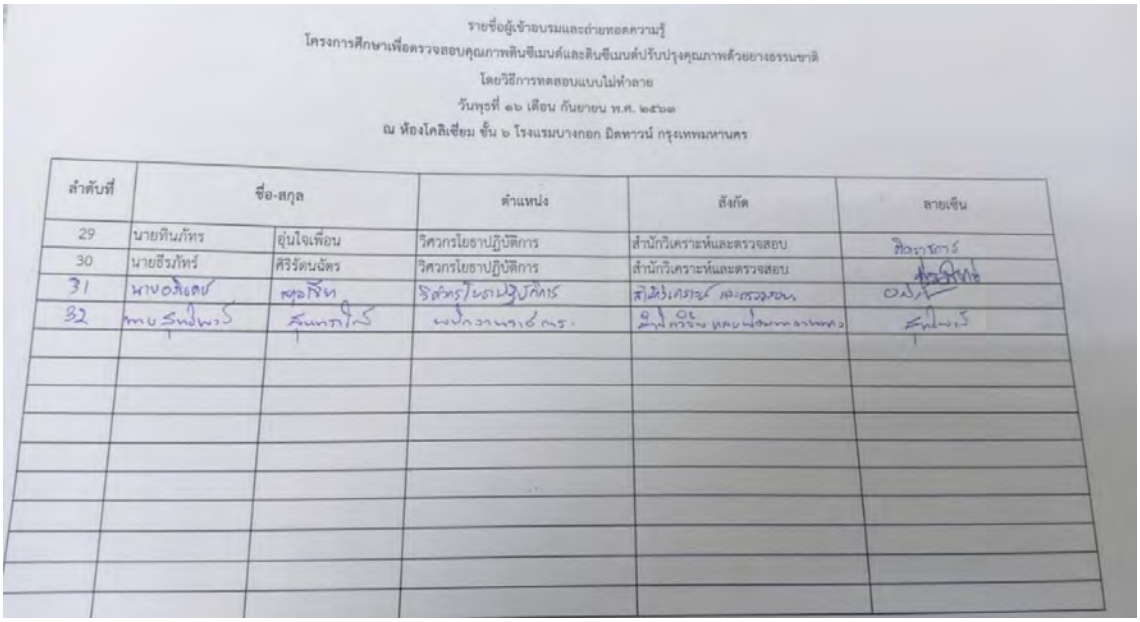
รูปที่ 14.2 รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรม-1



รายชื่อผู้เข้าอบรมและถ่ายทอดความรู้
โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ
โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย
วันพุธที่ ๑๖ เดือน กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๓
ณ ห้องโคลิเซี่ยม ชั้น ๖ โรงแรมบางกอก มิดทาวน์ กรุงเทพมหานคร

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล		ตำแหน่ง	สังกัด	ลายเซ็น
15	นายชจรศักดิ์	จันพูล	พนักงานโยธา	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
16	น.ส.นิศากร	สุวรรณมาลา	พนักงานโยธา	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
17	นายปิยะเดช	อุตสาหะ	พนักงานโยธา	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
18	น.ส.กมลวรรณ	แสนชม	พนักงานโยธา	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
19	ว่าที่ร้อยตรีปิยะนัฐ	จินพงศ์	พนักงานโยธา	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง	
20	นายจุฑา	สุนิตย์สกุล	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	
21	นายทรงเกียรติ	สู่พานิช	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	
22	นายฉัตรชัย	จันทร	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	
23	นายกิจจา	เจริญพักตร์	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	
24	นางสาวศศพร	กัณฑเจตน์	วิศวกรโยธาชำนาญการ	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	
25	นายอรรถชัย	ชำเจริญ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	
26	นายยุคันธีวัฒน์	กมลาสน์กุล	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	
27	นายจักรวาล	ภูพานไร่	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	
28	นายสุรพันธ์	สุดใจ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	

รูปที่ 14.3 รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรม-2



รายชื่อผู้เข้าอบรมและถ่ายทอดความรู้
โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ
โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย
วันพุธที่ ๑๖ เดือน กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๓
ณ ห้องโคลิเซียม ชั้น ๖ โรงแรมบางกอก มิดทาวน์ กรุงเทพมหานคร

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล		ตำแหน่ง	สังกัด	ลายเซ็น
29	นายทินภัทร	อุ่นใจเพื่อน	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	
30	นายธีรภัทร์	ศิริรัตนฉัตร	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	
31	นางอลิสสา	สุขสิริ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	
32	นายรุ่งโรจน์	สันทราโรจ์	นักวิชาการช่างกล	สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ	

รูปที่ 14.4 รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรม-3

15. งานจัดทำวีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการและเผยแพร่ผลการศึกษา

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำวีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการและเผยแพร่ผลการศึกษา ดังนี้

1) วีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการระยะเวลาไม่น้อยกว่า 10 นาที ดังแสดงในรูปต่อไปนี้

2) บทความวิชาการเพื่อเผยแพร่ผลการศึกษา จำนวน 2 เรื่อง ดังแสดงในภาคผนวก ฌ



รูปที่ 15.1 วีดีทัศน์ประชาสัมพันธ์โครงการ

16. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะจากโครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย มีรายละเอียดดังนี้

1) ที่ปรึกษาได้ดำเนินการพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายที่สามารถตรวจวัดค่าความชื้นได้จากผิวดิน โดยไม่ต้องขุดเจาะทำลายชั้นทางขณะก่อสร้าง ตรวจวัดความชื้นได้รวดเร็ว ทราบผลทดสอบได้ทันที และไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน ทำให้การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้างชั้นดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ครอบคลุมพื้นที่ก่อสร้างบริเวณกว้าง ส่งผลให้การก่อสร้างชั้นดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติมีความแข็งแรงสม่ำเสมอต่อเนื่องตามมาตรฐานและข้อกำหนดของกรมทางหลวง อย่างไรก็ตามวิธีการตรวจวัดค่าความชื้นโดยชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเป็นเพียงวิธีทางเลือก ไม่ได้นำมาแทนที่วิธีการทดลองตามมาตรฐานของกรมทางหลวง

2) เนื่องจากวิธีการตรวจวัดค่าความชื้นโดยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายยังไม่มีมาตรฐานรองรับ ที่ปรึกษาจึงได้จัดทำ “คู่มือวิธีการทดสอบ (Operation Manual) ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย” และ “คู่มือกระบวนการและเกณฑ์การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย” เพื่อให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานสามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างได้

3) การควบคุมความชื้นของการบดทับให้ดำเนินการทดสอบตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 603/2517 “วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนาม โดยใช้ทราย” หรือ วิธีการทดลองที่ ทล.ท. 607/2555 “วิธีการทดลองหาค่าความแน่นและค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวมในสนามระดับตื้นโดยใช้วิธีนิวเคลียร์” หรือ วิธีการตรวจวัดความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย ทั้งนี้ปริมาณความชื้นให้เป็นไปตามมาตรฐานและข้อกำหนดของกรมทางหลวง อนึ่งวิธีการตรวจวัดความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายเป็นวิธีทางเลือกในการตรวจวัดปริมาณความชื้นและความสม่ำเสมอของความชื้นระหว่างก่อสร้าง ไม่สามารถใช้ทดแทนวิธีการทดลองตามมาตรฐานของกรมทางหลวงได้

4) การเจาะเก็บตัวอย่างวัสดุดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติในสนาม อาจส่งผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของก้อนตัวอย่างและค่ากำลังรับแรงอัดของวัสดุได้ โดยเฉพาะก้อนตัวอย่างซึ่งเป็นวัสดุมวลรวมมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดวัสดุค่อนข้างต่ำ (ค่า PI ต่ำ) ดังนั้นที่ปรึกษาจึงเสนอวิธีการประเมินกำลังของวัสดุโดยการทดสอบแบบไม่ทำลาย เช่น Spectral Analysis of Surface Waves หรือ Light Weight Deflectometer เป็นต้น มาใช้ประเมินและควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้างชั้นดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ควบคู่ไปกับการทดลองที่ ทล.-ท.105 “วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน”

17. เอกสารอ้างอิง

กมล อมรฟ้า (2545) “การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนโดยใช้ซีเมนต์และปูนขาว” วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรมทางหลวง (2531) (ทล.-ม. 202/2531) มาตรฐานพื้นทางกรวดโม่

กรมทางหลวง (2532) (ทล.-ม. 205/2532) มาตรฐานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม

กรมทางหลวง (2532), มาตรฐานที่ ทล.-ม. 206/2532 มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์

กรมทางหลวง (2543), มาตรฐานที่ ทล.-ม. 213/2543 การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่

กรมทางหลวง (2544) (ทล.-ม. 201/2544) มาตรฐานพื้นทางหินคลุก

กรมทางหลวง (2556ก), มาตรฐานที่ ทล.-ม. 203/2556 มาตรฐานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์

กรมทางหลวง (2556ข), มาตรฐานที่ ทล.-ม. 204/2556 มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์

กรมทางหลวง (2560), ข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ 1/2560 ข้อกำหนดพิเศษดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

กฤช เหลาสุภาพ (2554) “พฤติกรรมของดินเหนียวบดอัดที่เกี่ยวข้องกับการแตกร้าวของไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีต” วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

รูป Arduino Uno สืบค้นเมื่อ 15 มี.ค. 2563 จาก https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoUno

รูป Nuclear Density Gauge สืบค้นเมื่อ 15 มี.ค. 2563 จาก https://www.epa.gov/radtown/nuclear-gauges

ศุภกิจ และ อติมนต์ (2544) “อิทธิพลของปริมาณซีเมนต์และน้ำในมวลดินที่มีต่อความแข็งแรงของ ดินลูกรังผสมซีเมนต์” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 7, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง (2562) “โครงการเพื่อประยุกต์ใช้ยางพาราในงานซ่อมบำรุงผิวทางหลวง”, สำนักวิจัยและพัฒนาทาง, กรมทางหลวง

สุราษฎร์ สุทธิเนตร (2546) การสอบเทียบเครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์. คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม. ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

สุสิทธิ์ ฉายประกายแก้ว, J.A. Bay, สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์, มนตรี จินากุลวิพัฒน์ และชิตินทรีย์ โสภณพงษ์ (2559) “โครงการจ้างเหมาจัดทำเครื่องมือเพื่อทดสอบคุณสมบัติด้านพลศาสตร์ของวัสดุโครงสร้างทาง” รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

เสวก จีนโต, อภินิติ โชติสังกาศ, สุสิทธิ์ ฉายประกายแก้ว และประกิต ไชยศรี (2562), การประยุกต์ระบบวัดความชื้นเพื่อการวัดความสมบูรณ์ของโครงสร้างชั้นทางเสริมกำลังด้วยวัสดุสังเคราะห์, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24, จ.อุดรธานี, 10-12 กรกฎาคม 2562, หน้า 2641-2650

อภินิติ โชติสังกาศ และ วิษณุพงศ์ พ่อลิละ, 2551. การพัฒนาเครื่องมือวัดศักย์แรงดูดน้ำในดิน. การประชุมวิชาการครั้งที่ 46 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 29 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2551, จำนวน 8 หน้า

อภินิติ โชติสังกาศ (2555) “กลศาสตร์ของดินไม่อิ่มน้ำ Unsaturated Soil Mechanics” เอกสารคำสอนวิชา 01203536 จัดพิมพ์โดย หจก.พรี-วัน จำนวน 254 หน้า ISBN 978 616 321 171 2

AASHTO (1993) AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.

Asphalt Institute (AI) (1982) Research and Development of the Asphalt Institute’s Thickness Design Manual (MS-1), 9th Edition, The Asphalt Institute, College Park, MA.

ASTM D4694-09(2015), Standard Test Method for Deflections with a Falling-Weight-Type Impulse Load Device, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015, www.astm.org

ASTM D6951 / D6951M-18, Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018, www.astm.org

ASTM D7830 / D7830M-13, Standard Test Method for In-Place Density (Unit Weight) and Water Content of Soil Using an Electromagnetic Soil Density Gauge, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013, www.astm.org

ASTM E2583-07(2015), Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015, www.astm.org

Austroads (1992) Pavement Design- A Guide to the Structural Design of Road Pavements, Sydney, Australia.

Austroads (2004) Pavement Design- A Guide to the Structural Design of Road Pavements, Sydney, Australia.

Baghini, M. S., Ismail, A., Asghar, M. P., Fendereski, G. and Sadeghi, M. (2017) "Measuring the Effects of Styrene Butadiene Copolymer Latex-Portland Cement Additives on Properties of Stabilized Soil-Aggregate Base", International Journal of Pavement Research and Technology, 11, 458-469

Bay, J. A. (2002) "Site Characterization Using the Spectral-Analysis-of-Surface-Waves (SASW) Method", Short Course Presentation. The University of Alabama at Birmingham, AL.

Brown, S. F. (1996). Soil mechanics in Pavement Engineering, Geotechnique 46, No. 3, 383-426

Chaiprakaikeow, S.; Soponpong, C.; Sukolrat, J. Development of a Quality Control Index of Cement Stabilized Road Structures using Shear Wave Velocity. In Proceedings of the 2nd World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'17), Barcelona, Spain, 2–4 April 2017; pp. ICGRE113-1–ICGRE113-10.

Chen, Y., He, X., Wang, P., Wan, Y. and Tan, X. (2020) "Experimental Study of Moisture Content Effect on Geotechnical Properties of Solidified Municipal Sludge", Advances in Polymer Technology, Vol. 2020, Article ID 8794076, 10 pages

Davich, P., Camargo, F., Larsen, B., Roberson, R., and Siekmeier, J. (2006), Validation of DCP and LWD Moisture Specifications for Granular Materials, Report No. MN/RC-2006-20, Minnesota Depart of Transportation, Maplewood, MN.

De Beer, M. (1989) "Compression failure of lightly cementitious materials", Research report (South African Council for Scientific and Industrial Research. Division for Roads and Transport Technology), DPVT 37. Roads and Transport Technology, CSIR, Pretoria.

Department of Highways (DOH) (2001), Analytical Design of New Flexible Pavements in Thailand. Pavement Technology Project, Department of Highways, Thailand.

Elhakim, A. F., Elbaz, K. and Amer, M. I. (2014) "The Use of Light Weight Deflectometer for In Situ Evaluation of Sand Degree of Compaction" HBRC Journal 10, 298-307

Freeman, R.B., Mann, A.T., Mason, L.W., Gartrell, C.A. and Moore, V.M. (2008) "Quality Assurance for Rapid Airfield Construction", Final Report ERDC/GSL TR-08-7, Headquarters, U.S. Army Corps of Engineers, Washington

Glagola, C., Rilko, W., Agdas, D., Avila, L., Zheng, X. and Patel, J. (2015) "Performance-Based Quality Assurance/Quality Control (QA/QC) Acceptance Procedures for In-Place Soil Testing Phase 3" Final Report FDOT Contract No. BDV31-977-25, Florida Department of Transportation

Guneyli, H. and Rusen, T. (2015) "Effect of length-to-diameter ratio on the unconfined compressive strength of cohesive soil specimens", Bulletin of Engineering Geology and Environment, DOI 10.1007/s10064-015-0835-5

Guo, Q., Li, L., Cheng, Y., Jiao, Y. and Xu, C. (2015) "Laboratory Evaluation on Performance of Diatomite and Glass Fiber Compound Modified Asphalt Mixture", Materials and Design, 66, pp. 51-59

Hazra, S. and Kumar, J. (2014) "SASW Testing of Asphaltic Pavement by Dropping Steel Balls" International Journal of Geotechnical Engineering, 8:1, 34-45

Heitor, A., Indraratna, B. and Rujikiatkamjorn, C. (2014) "Assessment of The Post-Compaction Characteristics of a Silty Sand" Australian Geomechanics Journal, 49 (4), 125-131

Hillel, D. (1998). Environmental soil physics. Academic Press

Holmquist, D. (1998) Development of Pavement Design Concepts. Prepared for: Metropolitan Government Pavement Engineers Council, Job No. 24,442, February 5, 1998

Horpibulsuk, S., Katkan, W.,Sirilerdwattana, W., and Rachan, R. (2006) "Strength Development in Cement Stabilized Low Plasticity and Coarse Grained Soil: Laboratory and Field Study" Soil and Foundation, Vol.46, No.3, pp.351-366

Hossain, M.S. and Apeagyei, A.K. (2010) "Evaluation of the lightweight deflectometer for in situ determination of pavement layer moduli", Final Report No. FHWA/VTRC 10-R6, Virginia Transportation Research Council, Charlottesville, VA

Huang, Y. H. (2004) Pavement Analysis and Design Second Edition, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ

Ismail M. A., Samsudin A. R., Rafek A. G. and Nayan K. A. M. (2012) "Road Pavement Stiffness Determination using SASW Method" UNIMAS E-Journal of Civil Engineering, Vol. 3 (Special Issue) December 2012

Jameson, G.W., Sharp, K.G. and Yeo, R. (1992) "Cement-treated crushed rock pavement fatigue under accelerated loading: the Mulgrave (Victoria) ALF Trial, 1989/1991", No. ARR229, ARRB.

Jotisankasa, A. (2005). Collapse behaviour of a compacted silty clay.. Ph.D. thesis, Imperial College London.

Jotisankasa, A., Porlila, W., Soralump, S., and Mairiang W. (2007). Development of a low cost miniature tensiometer and its applications. Proc. 3rd Asian Conference on Unsaturated Soils (Unsat-Asia 2007), Nanjing, China, pp. 475-480.

Jotisankasa, A., Vadhanabhuti, B, Lousuphap, K. & Sawangsuriya, A. (2011) Mechanisms of longitudinal cracks along highway shoulder in central Thailand, Proc. 5th Asia-Pacific Conf. on Unsaturated Soils, Pattaya, Thailand.

Kolase, P., Mayank, S., Desai, K., Desai, A. and Angadi, S. (2015) "Study of the Light Weight Deflectometer and Reviews" International Journal of Engineering Research and General Science. 3. 5.

Lai, J., Wu, S. and Chiang, C. H. (2011) "Evaluating the Compaction Quality of Backfills by Stress Wave Velocities", ASTM Journal of Testing and Evaluation, Vol.39, No.5, pp.785-791.

Leroueil, S. and Hight, D.W. (2013) "Compacted soils: From physics to hydraulic and mechanical behaviour" Advances in Unsaturated Soils - Proceedings of the 1st Pan-American Conference on Unsaturated Soils, PanAmUNSAT 2013

Li, S. (2016) "Compaction Quality Assessment and Soil-cement Stabilization for Iowa Embankment Construction", Dissertation, Iowa State University, Ames, Iowa, USA

Livneh, M. and Goldberg, Y. (2001) "Quality Assessment During Road Formation and Foundation Construction: Use of Falling-Weight Deflectometer and Light Drop Weight" Transportation Research Record, 1755, 69–77

Lu, N. & Likos, W.J. (2004). Unsaturated soil mechanics. Wiley.

Mata, D., Ferguson, N., Cooper III, S.B., Gautreau, G. (2018) "Evaluation of Non-Destructive Density Determination for QA/QC Acceptance Testing" Technical Report No. FHWA/LA.16/600

Mazari, M., Velarde, J., Lopez, A. and Nazarian, S. (2017) "Impact of Moisture Variation on Stiffness Properties of Compacted Geomaterials", Proceedings of the 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 17-21 September 2017, Seoul

McLouglin, A. and Lovelae, R. (2014) "Engineering in Development: Transport", EWB-UK, Isbn: 978-0-9933631-0-8

Meehan, C.L., Tehrani, F.S., and Vahedifard, F. (2012), "A Comparison of Density-Based and Modulus-Based In Situ Test Measurements for Compaction Control", Geotechnical Testing Journal, ASTM, Vol. 35, No. 3, pp. 387-399

Murray, E.J., Sivakumar, V. (2010) Unsaturated soils: a fundamental interpretation of soil behaviour, Wiley & Blackwell.

Nazarian, S. and Stokoe, K. H. (1983) "Use of Spectral Analysis of Surface Waves for Determination of Moduli and Thickness of Pavement Systems", Transportation Research Record 954, Transportation Research Board, Washington, D.C.

Pinwiset K., Raksuntorn, W. and Witchayangkoon, B. (2018) "An Investigation and Test of Natural Rubber Latex Soil Cement Road", International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, Vol. 9, No. 2, pp. 67-74

Ribeiro, D., Neri, R. and Cardoso, R. (2016) "Influence of Water Content in the UCS of Soil-Cement Mixtures for Different Cement Dosages", Procedia Engineering, Vol. 143, pp. 59-66

Rice, J. A. and Lloyd J. (2014) "Optimization of a Pavement Instrumentation Plan for a Full-Scale Test Road: Evaluation", Final Report Number BDV-31-977-04, Florida Department of Transportation

Rosyidi, S.A., Nayan, K.A.M., Taha M.R. and Ismail, A. (2006) "Estimating G-max of Soil Subgrade Using a Seismic Method", The-e Journal of Non Destructive Testing, Vol. 11 No. 6

Rosyidi, S.A., Taha M.R., Nayan, K.A.M., Chik, Z. and Siegfried, M. (2007) "Development of Vs-CBR-DCP Empirical Model for Determining Dynamic Stiffness of Pavement Base Layer Using SASW", Advanced Characterisation of Pavement and Soil Engineering Materials - Proceedings of the International Conference on Advanced Characterisation of Pavement and Soil Engineering Materials. Vol.1, pp. 895-902.

Ryden, N. and Ekdahl, U. (2006) "Quality Control of Cement Stabilized Soil Using Non-Destructive Seismic Tests", Advanced Testing of Fresh Cementitious Materials, Stuttgart, Germany

Sawangsuriya, A., Edil, T. B. and Bosscher, P. J. (2008) "Modulus–Suction–Moisture Relationship for Compacted Soils", Canadian Geotechnical Journal, 45(7), pp. 973-983

Sawangsuriya, A., Edil, T. B. and Bosscher, P. J. (2009) "Modulus-Suction-Moisture Relationship for Compacted Soils in Postcompaction State", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 135, Issue 10, pp. 1390-1403

Sebesta, S., Shon, C. S. and Scullion T. (2012) "Alternative Methods of Flexible Base Compaction Acceptance" Technical Report Number FHWA/TX-13/0-6587-2, Texas Department of Transportation

Sekine, E. and Momoya Y. (2007) "Geotechnical Characteristics of Crushed Concrete for Mechanical Stabilization" Design and Construction of Pavements and Rail Tracks: Geotechnical Aspects and Processed Materials, Taylor & Francis Group, London, UK

Shell (1978) Shell Pavement Design Manual- Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic, Shell International Petroleum Company Limited, London, UK.

Shivamanth, A., Kolase, P.K., Shama, P.S., Desai, M.K., and Desai, A.K., (2015) "Study of the Light Weight Deflectometer and Reviews," International Journal of Engineering Research and General Science, Vol. 3, No. 6, pp. 42-46

Shrestha A., Jotisankasa A., Chaiprakaikeow S., Pramusandi S., Soralump S. and Nishimura S. (2019), Determining Shrinkage Cracks Based on the Small-Strain Shear Modulus–Suction Relationship, Geosciences, 9, 362

Siekmeier, J., Pinta, C., Merth, S., Jensen, J., Davich, P., Camargo, F. and Beyer, M. (2009) "Using the Dynamic Cone Penetrometer and Light Weight Deflectometer for Construction Quality Assurance" Technical Report Number MN/RC 2009-12, Minnesota Department of Transportation

Steinert, B.C., Humphrey, D.N, and Kestler, M.A. (2005) "Portable Falling Weight Deflectometer Study" Report No. NETCR52, New England Transportation Consortium, Storrs, CT.

Stokoe, K. H., Wright, S. G., Bay, J. A. and Roesset, J. M. (1994) "Characterization of Geotechnical Sites by SASW Method", Geophysical Characterization of Sites, R. D. Woods, ed., A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 15-25

Sulewskaa, M. J. and Bartnikb, G. (2017) Application of the Light Falling Weight Deflectometer (LFWD) to Test Aggregate Layers on Geosynthetic Base, Procedia Engineering 189, 221 – 226

Suriyavanagul, P. (1998) "Characterization of Pavement Structure on the OH-SHRP Test Road Using Spectral-Analysis-Of-Surface-Waves Method" Ph.D. Dissertation, Ohio University

Terashi (1997). Theme Lecture: Deep Mixing Method-Brief State of the Art, In Proceeding of the 14th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Hamburg, September 6-12, Vol. 4, pp. 2475-2478.

Timm, D. H., Priest, A. L., and McEwen, T. V. (2004) "Design and Instrumentation of the Structural Pavement Experiment at the NCAT Test Track", NCAT Report 04-01, Alabama, USA

Tokeshi, K., Harutoonian, P., Leo, C. J. and Liyanapathirana, S. (2013) "Use of Surface Waves for Geotechnical Engineering Applications in Western Sydney", Advances in Geosciences. 35. 37-44. 10.5194/adgeo-35-37-2013

TRRL (1984) The Structural Design of Bituminous Roads, TRRL Laboratory Report 1132, Transportation and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, UK.

Tutumluer, E., Pekcan, O. and Ghaboussi, J. (2009) "Nondestructive Pavement Evaluation Using Finite Element Analysis Based Soft Computing Models" USDOT Region V Regional University Transportation Center Final Report, NEXTRANS Project No 010IY01

U.S. Army (1988) Pavement Design for Roads, Streets, and Open Storage Areas, Technical Manual TM 5-800-09.

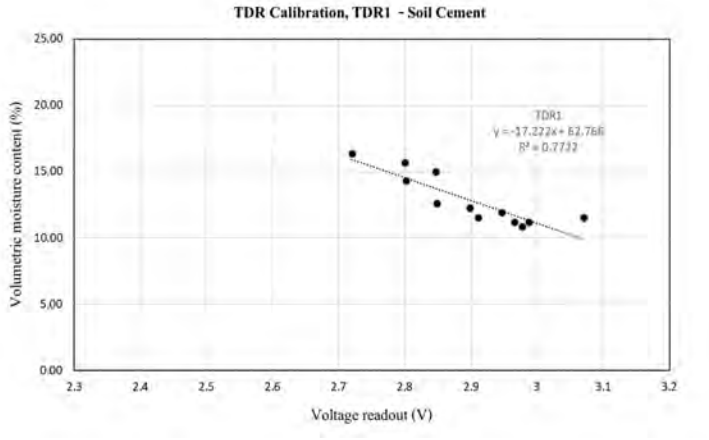
Van Gurp, C., Groenendijk, J., and Beuving, E. (2000) "Experience with Various Types of Foundation Tests," Proceedings of the Unbound Aggregates in Road Construction – UNBAR 5, Rotterdam, U.K., pp. 239-246

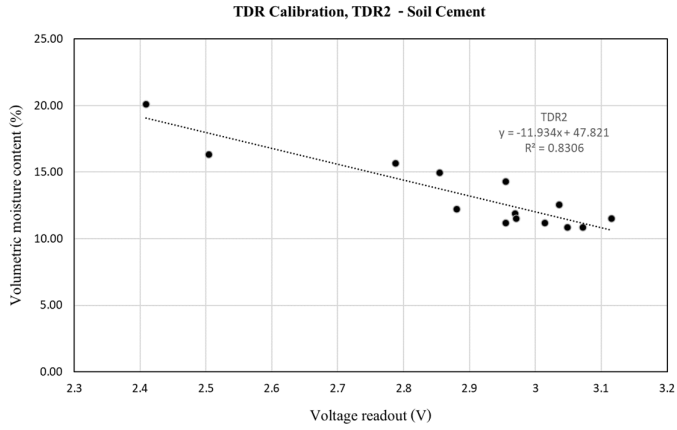
ภาคผนวก ก

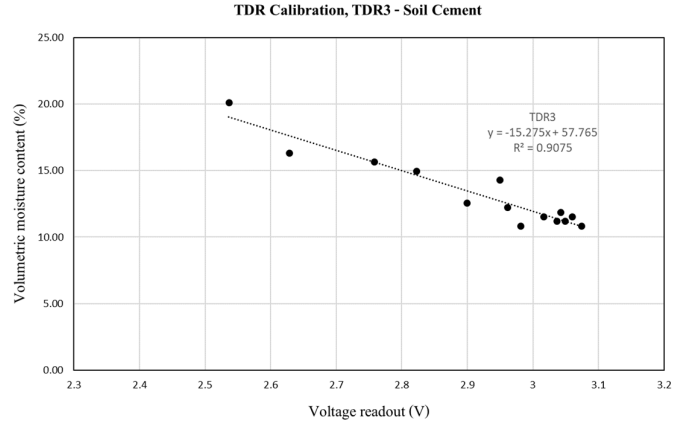
ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น

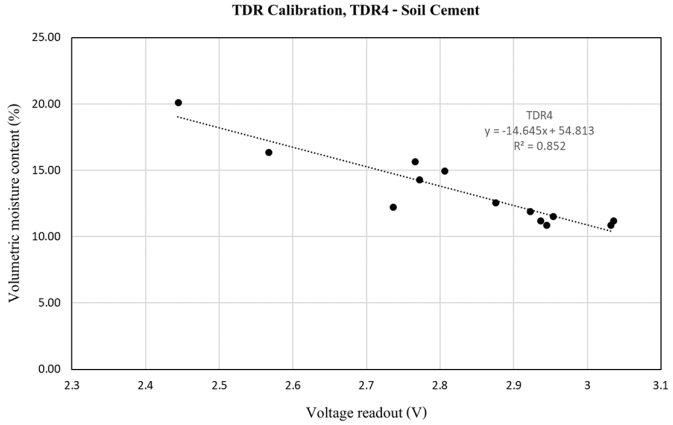
1. ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น Time Domain Reflectometry กับวัสดุ

1.1 พื้นทางดินซีเมนต์

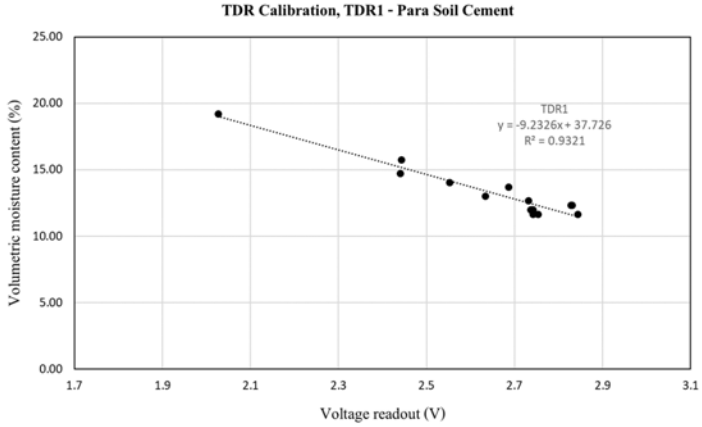


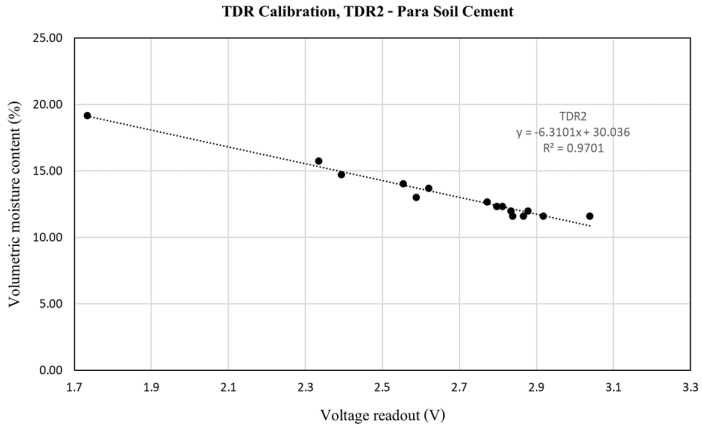


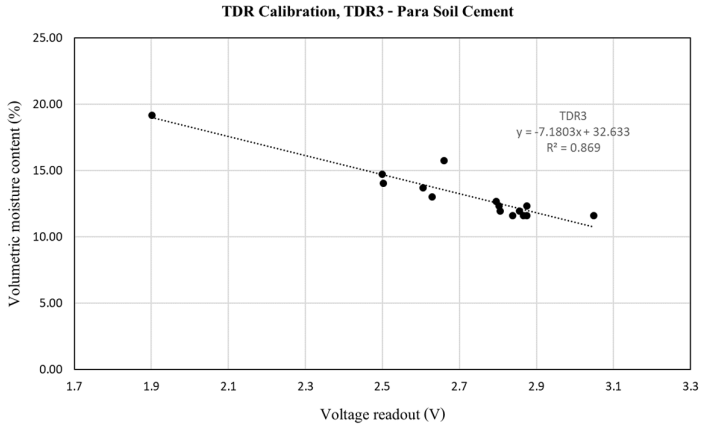


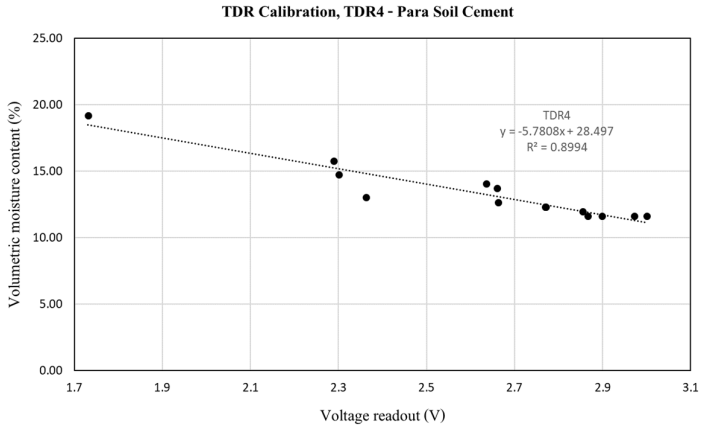


1.2 ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

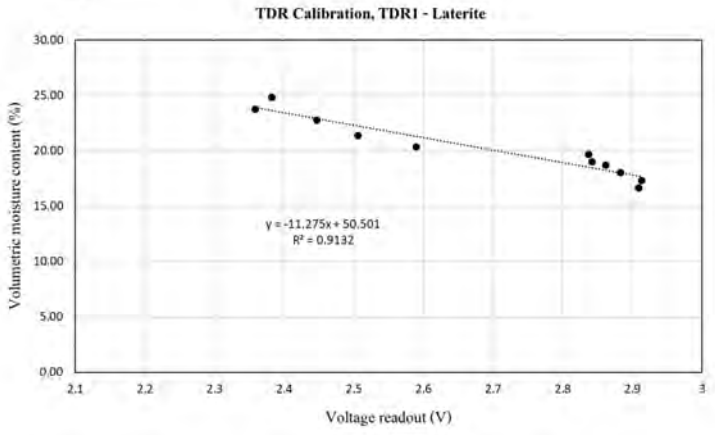


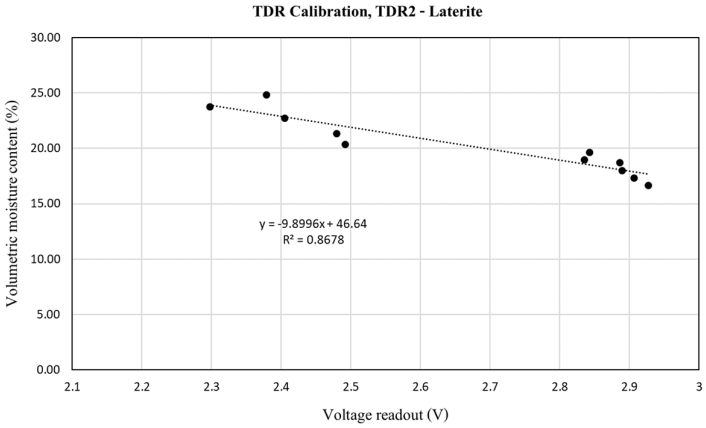


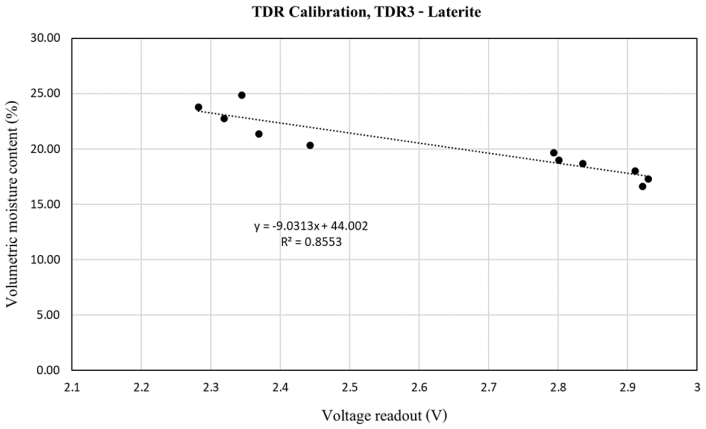

TDR Calibration, TDR3 - Para Soil Cement
Volumetric moisture content (%)
Voltage readout (V)
TDR3
y = -7.1803x + 32.633
R² = 0.869

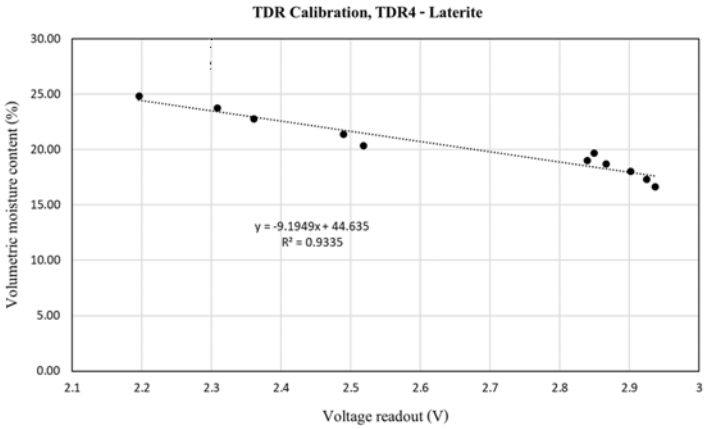

TDR Calibration, TDR4 - Para Soil Cement
Volumetric moisture content (%)
Voltage readout (V)
TDR4
y = -5.7808x + 28.497
R² = 0.8994

1.3 ดินลูกรัง

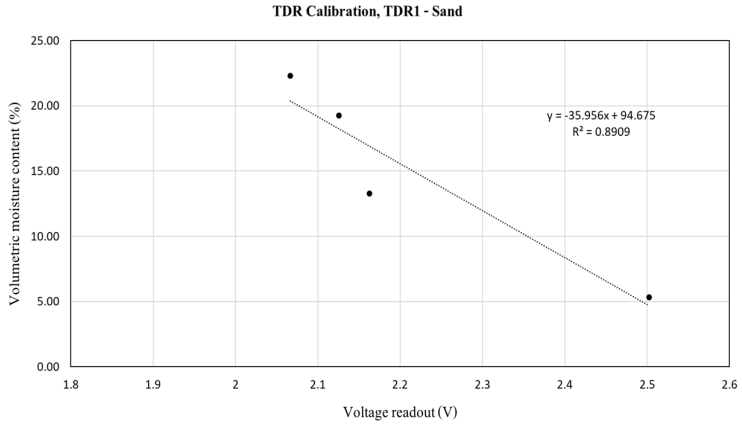

TDR Calibration, TDR1 - Laterite
Volumetric moisture content (%)
Voltage readout (V)
y = -11.275x + 50.501
R² = 0.9132

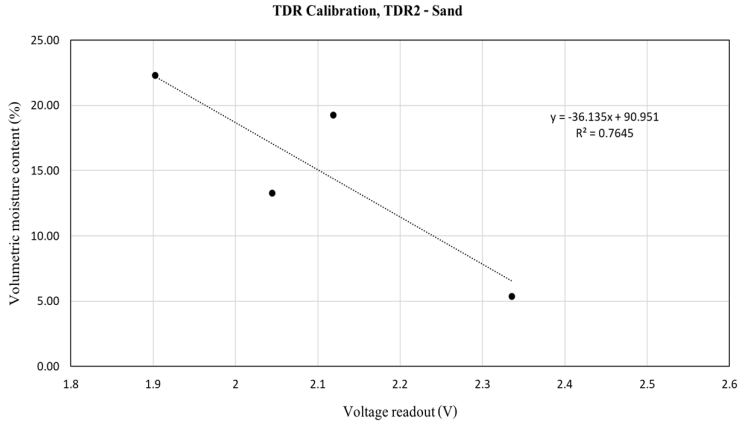

TDR Calibration, TDR2 - Laterite
Volumetric moisture content (%)
Voltage readout (V)
y = -9.8996x + 46.64
R² = 0.8678

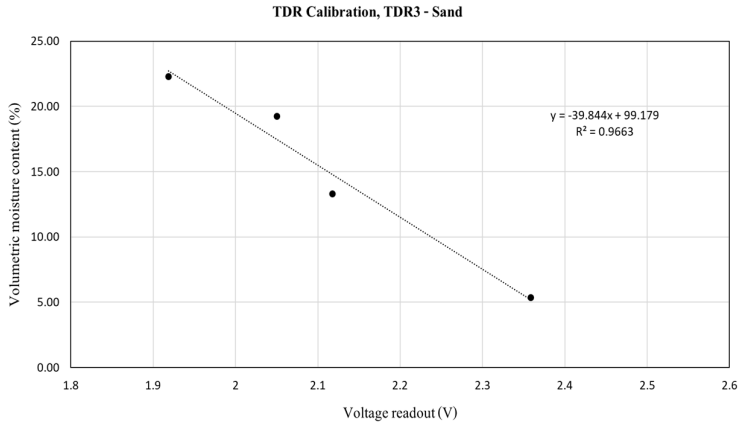

TDR Calibration, TDR3 - Laterite
Volumetric moisture content (%)
Voltage readout (V)
y = -9.0313x + 44.002
R² = 0.8553

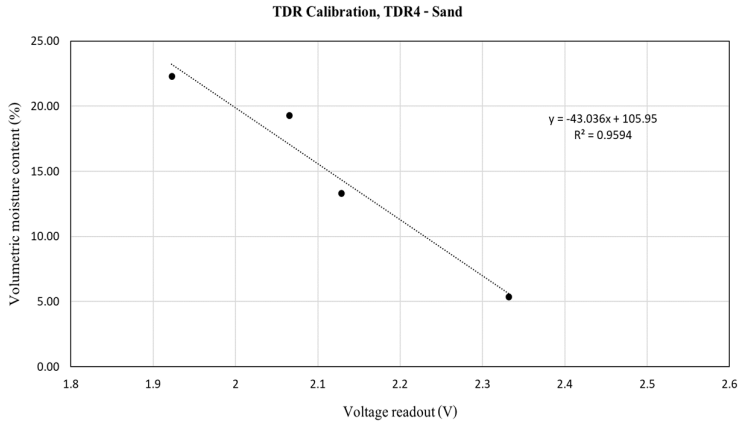

TDR Calibration, TDR4 - Laterite
Volumetric moisture content (%)
Voltage readout (V)
y = -9.1949x + 44.635
R² = 0.9335

1.4 ทราย

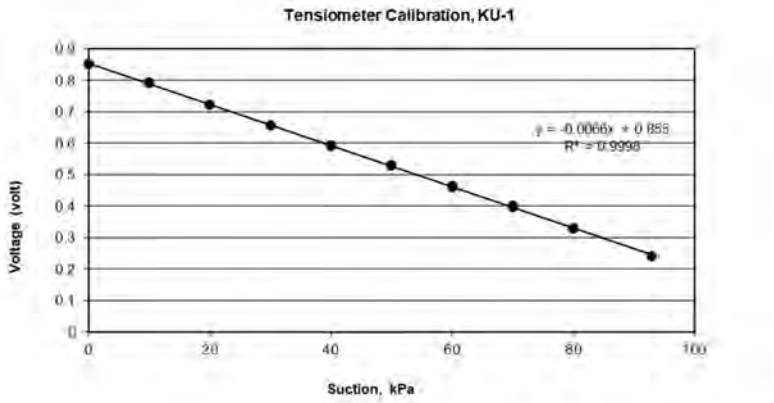

TDR Calibration, TDR1 - Sand
y = -35.956x + 94.675
R² = 0.8909
Volumetric moisture content (%)
Voltage readout (V)
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
1.8
1.9
2
2.1
2.2
2.3
2.4
2.5
2.6

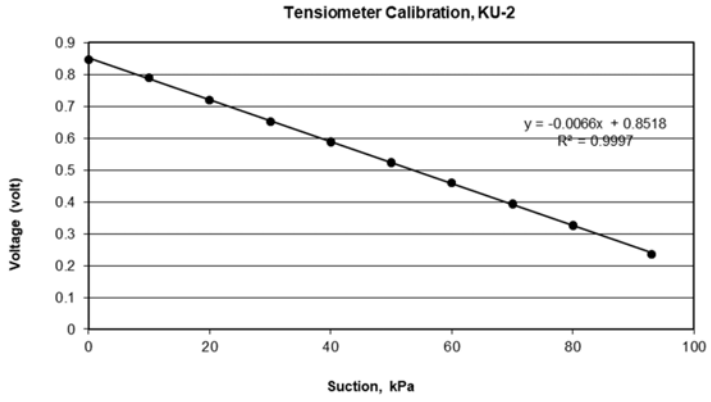

TDR Calibration, TDR2 - Sand
y = -36.135x + 90.951
R² = 0.7645
Volumetric moisture content (%)
Voltage readout (V)
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
1.8
1.9
2
2.1
2.2
2.3
2.4
2.5
2.6

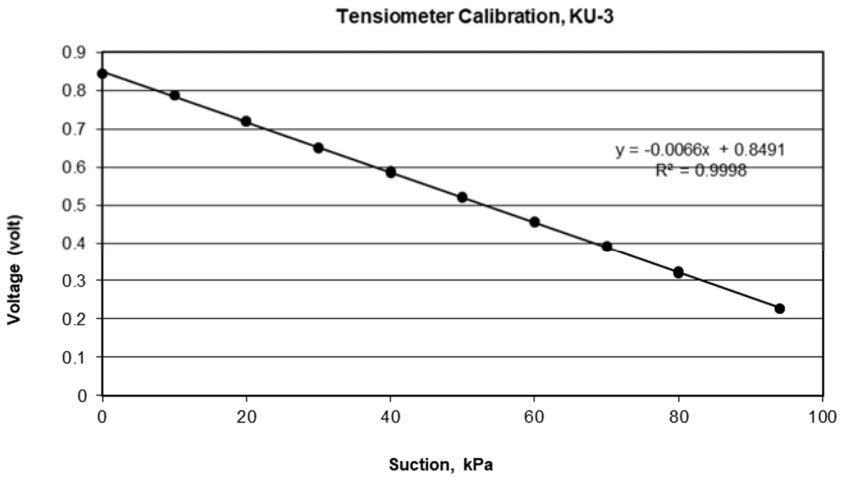

TDR Calibration, TDR3 - Sand
y = -39.844x + 99.179
R² = 0.9663
Volumetric moisture content (%)
Voltage readout (V)
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
1.8
1.9
2
2.1
2.2
2.3
2.4
2.5
2.6



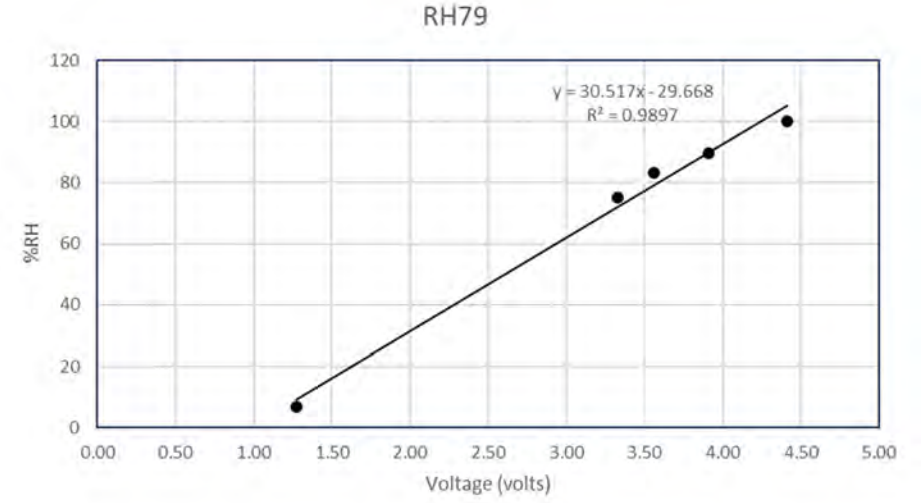
2. ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าแรงดูด Tensiometer

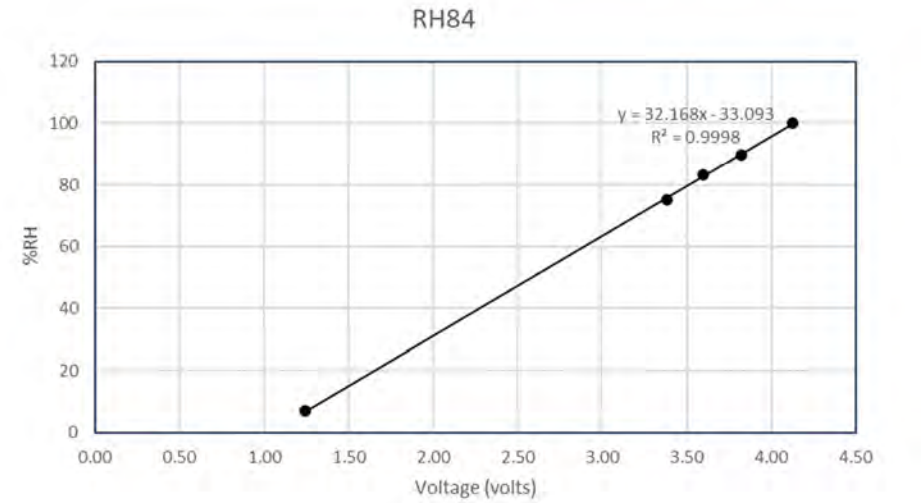


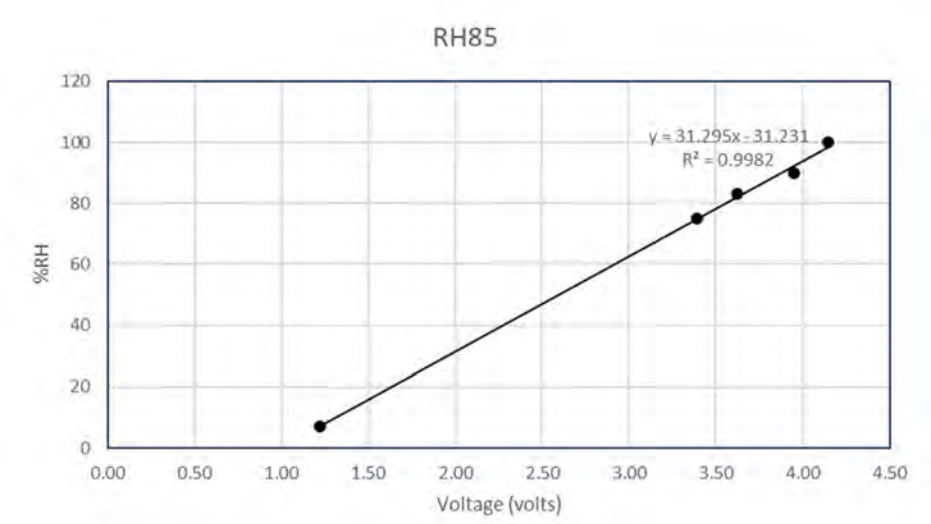


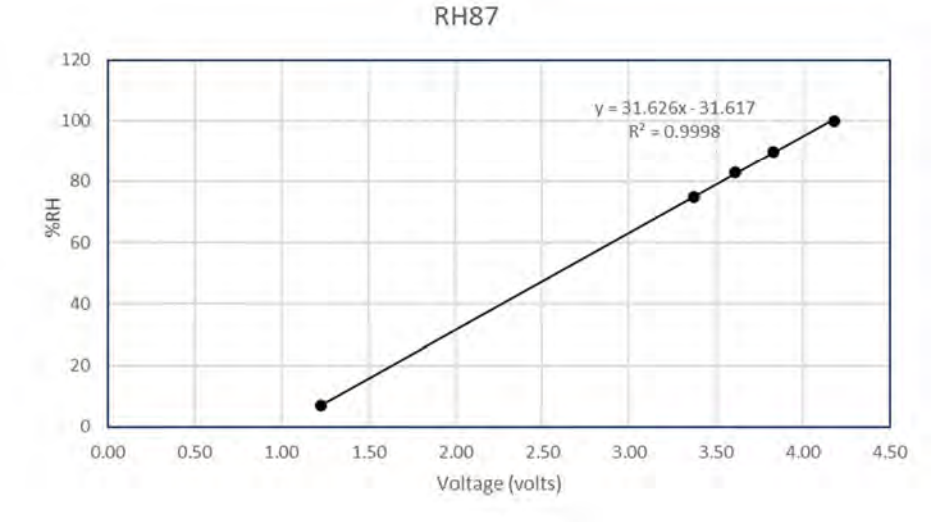


3. ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ Relative Humidity Sensor






RH85
y = 31.295x - 31.231
R² = 0.9982
%RH
Voltage (volts)
0
20
40
60
80
100
120
0.00
0.50
1.00
1.50
2.00
2.50
3.00
3.50
4.00
4.50


RH87
y = 31.626x - 31.617
R² = 0.9998
%RH
Voltage (volts)
0
20
40
60
80
100
120
0.00
0.50
1.00
1.50
2.00
2.50
3.00
3.50
4.00
4.50

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุดินลูกรัง

ภาคผนวก ค

อัตราส่วนผสม

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียวของวัสดุในห้องปฏิบัติการ

ภาคผนวก จ

ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านสมรรถนะในห้องปฏิบัติการ

ภาคผนวก ฉ

ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวของวัสดุในแบบจำลองสภาพการใช้งาน

ภาคผนวก ช

ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวของวัสดุในสนาม

ภาคผนวก ซ

ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นโดยวิธีนิวเคลียร์

ภาคผนวก ฌ

บทความวิชาการเพื่อเผยแพร่ผลการศึกษา

การพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

บทคัดย่อ

ความชื้นนับเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพการก่อสร้างงานทาง อย่างไรก็ตามการหาค่าความชื้นในปัจจุบันนั้นมักจะใช้การเก็บตัวอย่างจากสนาม และทดสอบในห้องปฏิบัติการเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง หรือใช้เครื่องมือ Nuclear density gauge ที่อาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพ หรือประยุกต์ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นประเภท Time-domain reflectometry ซึ่งจำเป็นต้องเจาะหลุมสำหรับเสียบอุปกรณ์ทำให้ไม่สามารถดำเนินการได้อย่างสะดวก การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลายและสามารถทราบผลได้ทันที เพื่อใช้ควบคุมคุณภาพการก่อสร้างชั้นทางให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้ทำการพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นประเภท TDR ที่สามารถตรวจวัดค่าความชื้นได้ด้วยการวางอุปกรณ์ไปบนผิวดิน ผลการศึกษาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้ากับค่าความชื้นของวัสดุงานทาง 4 ชนิด คุณสมบัติต่างๆของชุดอุปกรณ์ฯ ทั้งค่าความแม่นยำ ความเที่ยงตรงและความละเอียด รวมทั้งแนวทางในการประยุกต์ใช้งานชุดอุปกรณ์ฯสำหรับวัสดุงานทาง

1. บทนำ

ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางนั้น ค่าความชื้นนับเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นค่าความหนาแน่นของการบดอัดของวัสดุดิน หรือแม้แต่การพัฒนากำลังของวัสดุดินซีเมนต์เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (ศุภกิจและอติมนท์, 2544; กมล, 2545; Terashi, 1997; Horpibulsuk, 2006; Cortez, 2007; Ribeiro et al., 2016; Chen et al., 2020) ทั้งนี้การวัดค่าความชื้นในดินและวัสดุงานทางมีหลากหลายวิธีการ ซึ่งในปัจจุบันการตรวจวัดค่าความชื้นในการก่อสร้างภาคสนามนั้นมักจะอาศัยการเก็บตัวอย่างจากสนาม เพื่อนำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ทำให้ทราบค่าความชื้นล่าช้า ส่งผลให้การควบคุมประสิทธิภาพการก่อสร้างนั้นเป็นไปอย่างยากลำบากและไม่เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในขณะที่การทดสอบโดย Nuclear Density Gauge ซึ่งอาศัยการใช้สารกัมมันตภาพรังสีในการตรวจสอบความหนาแน่นและความชื้นของวัสดุนั้นนับว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพ ต้องการการบำรุงรักษาและการขออนุญาตเคลื่อนย้ายทำให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างยากลำบาก นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์นำอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นประเภท Time-Domain Reflectometry (TDR) มาใช้ในการตรวจวัดค่าความชื้นของวัสดุชั้นทาง (เสวกและคณะ 2562; Timm et al., 2004) อย่างไรก็ตามการใช้ TDR นั้นจำเป็นต้องเจาะหลุมสำหรับเสียบอุปกรณ์หรือแม้แต่ฝังอุปกรณ์ลงไปในชั้นทาง ทำให้ไม่สามารถดำเนินการได้อย่างสะดวก

ด้วยข้อจำกัดดังที่กล่าวไว้เบื้องต้นนี้ทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลายและสามารถทราบผลได้ทันที เพื่อใช้ควบคุมคุณภาพการก่อสร้างชั้นทางให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

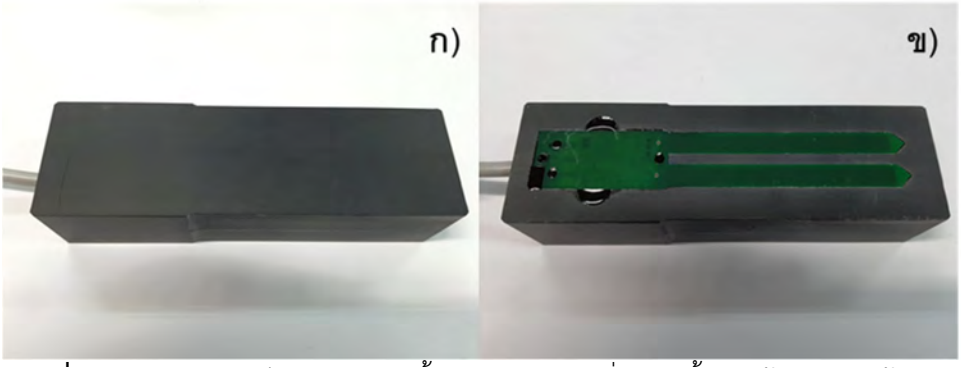
2. การพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

2.1 อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้น อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นประเภท TDR นั้นอาศัยหลักการวัดค่า Dieletric constant หรือ Relative permittivity ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความชื้นโดยปริมาตร (Volumetric water content) ของดิน (Hillel, 1998) โดยลักษณะทั่วไปของ TDR จะประกอบด้วยแท่งโลหะสองแท่งวางตัวในทิศทางขนานกัน และต่อเข้ากับตัวรับสัญญาณไฟฟ้า (ภาพที่ 1) ซึ่งดินที่อยู่ระหว่างแท่งโลหะนั้นจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางและเมื่อทำการปล่อยสัญญาไฟฟ้าตกกระทบให้เคลื่อนที่ผ่านดิน คลื่นจะเดินทางไป

ถึงปลายแท่งโลหะแล้วสะท้อนกลับ และสามารถวัดระยะเวลาและสามารถคำนวณความเร็วที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านดินได้ ซึ่งถ้าวัสดุมีค่า Dieletric constant สูง (ดินมีความชื้นสูง) คลื่นจะต้องใช้ระยะเวลาในการเดินทางเพิ่มขึ้น ทำให้ความเร็วคลื่นต่ำ (Topp and Davis, 1985) ในส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นที่พัฒนาขึ้นในการศึกษานี้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นประเภท TDR ซึ่งถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นรูปกล่องสี่เหลี่ยม มีขนาดกว้าง x ยาว x สูง ประมาณ 4.1 ซ.ม. x 13.6 ซ.ม. x 3.1 ซ.ม. และมีผิวสัมผัสระหว่างแท่งโลหะกับวัสดุเพียงด้านเดียวดังแสดงในภาพที่ 2 เพื่อให้สามารถนำ TDR ไปวางบนผิววัสดุเพื่อตรวจวัดค่าความชื้นโดยไม่จำเป็นต้องฝังอุปกรณ์ไว้ภายในวัสดุนั้น ตัวอุปกรณ์จะมีสายสัญญาณเพื่อส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ไปยังชุดอุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัด (Data Logger) เพื่อประมวลผลการตรวจวัดต่อไป



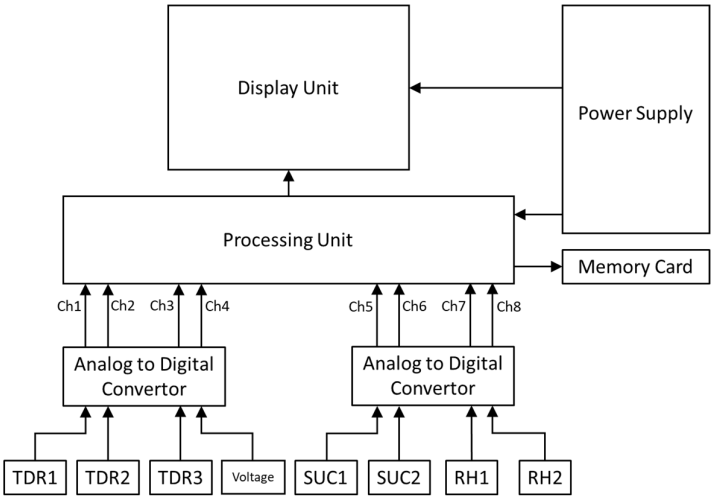
ภาพที่ 1 ลักษณะอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นประเภท TDR โดย NECTEC



ภาพที่ 2 ลักษณะอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นประเภท TDR ที่พัฒนาขึ้น ก) ด้านบน ข) ด้านล่าง

2.2 ชุดอุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัด (Data Logger) ในส่วนของชุดอุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัดแบบพกพาที่พัฒนาขึ้นนี้ คณะผู้วิจัยได้พัฒนาต่อยอดจากชุดอุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัดแบบติดตั้งอยู่กับที่โดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เสวกและคณะ 2562) โดยชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้ Microcontroller Board รุ่น Arduino Uno เป็นตัวประมวลผล สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นได้ 8 ช่องสัญญาณ ประกอบไปด้วย 3 ช่องสัญญาณสำหรับต่อเชื่อมกับ TDR เพื่อวัดค่าความชื้น, 2 ช่องสัญญาณสำหรับต่อเชื่อมกับ Tensiometer เพื่อวัดค่าแรงดูด, 2 ช่องสัญญาณสำหรับต่อเชื่อมกับ Relative Humidity Sensors เพื่อวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์และ 1 ช่องสัญญาณสำหรับการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ซึ่งชุดอุปกรณ์นี้ใช้ไฟเลี้ยงแรงดัน (Supply Voltage) 5 โวลต์ สำหรับจ่ายไฟแยกให้แก่จอแสดงผลและอุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัด ความละเอียดของชุดแปลงสัญญาณไฟจาก Analog-to-Digital คือ 16 บิต รูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์และลักษณะของชุดอุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัด แสดงไว้ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4

ตามลำดับ สามารถปรับแก้ไขคำสั่งการทำงานได้ผ่านโปรแกรมโอเพ่นซอร์ส Arduino Integrated Development Environment (IDE)



ภาพที่ 3 แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์

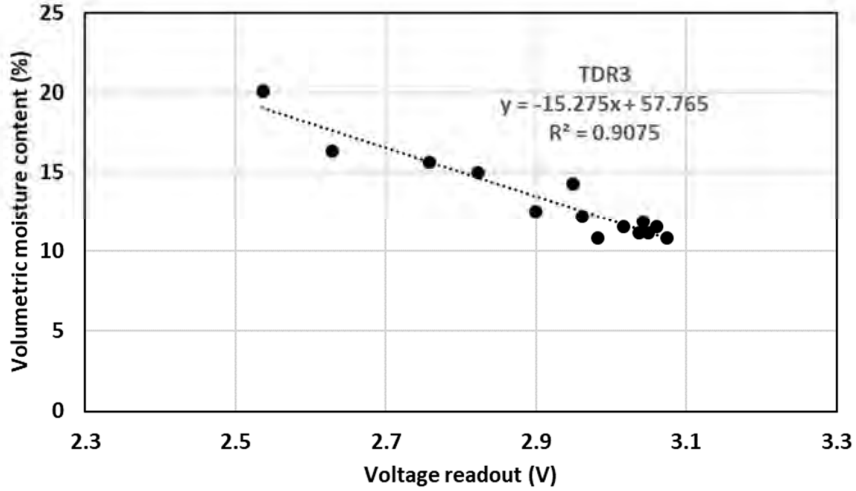


ภาพที่ 4 ลักษณะชุดอุปกรณ์ควบคุมการตรวจวัด

3 การสอบเทียบชุดอุปกรณ์ฯ (Calibration)

3.1 วิธีการสอบเทียบชุดอุปกรณ์ฯ การสอบเทียบชุดอุปกรณ์ฯ เป็นการทดสอบหาค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นที่ค่าความชื้นโดยปริมาตรของวัสดุที่ระดับความชื้นต่างๆ โดยใช้ภาชนะ (Mold) ซึ่งมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมประกอบจากแผ่นอะครีลิคใส ปริมาตรภายใน 16.2 ซ.ม. x 18.2 ซ.ม. x 20.1 ซ.ม. ซึ่งสามารถวางอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นไว้ด้านบนของวัสดุ เพื่อให้มีรูปแบบการวางตัวเช่นเดียวกับการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดในสนาม โดยการสอบเทียบนั้นกระทำกับวัสดุงานทาง 4 ชนิด ได้แก่ พื้นทางดินซีเมนต์ พื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ดินลูกรัง และทราย เพื่อเป็นตัวแทนของวัสดุที่ใช้ทั่วไปในงานทาง ในการศึกษานี้ใช้วิธีการบดอัดดินตามมาตรฐานให้ได้ความแน่นและความชื้นที่จุดเหมาะสมเหมือนในสนาม และวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านได้จากอุปกรณ์ตรวจวัด (หน่วยเป็นโวลต์) ซึ่งวางอยู่บนตัวอย่างดินในกล่อง จากนั้นนำตัวอย่างดินไปแช่น้ำเพื่อให้ดินอิ่มตัวเป็นระยะเวลาประมาณ 4-5

วัน นำตัวอย่างดินออกมาชั่งน้ำหนัก และวัดความสูงและขนาด (หากมีการเปลี่ยนแปลง) แล้ววัดค่าแรงดันไฟฟ้าอีกครั้ง จากนั้นนำตัวอย่างดินค่อยๆปล่อยให้แห้ง และอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า พร้อมชั่งน้ำหนักและวัดขนาด เมื่อดินแห้งมากที่สุดและน้ำหนักไม่มีการเปลี่ยนแปลง ก็สิ้นสุดกระบวนการสอบเทียบ ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ TDR สำหรับวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์แสดงไว้ดังภาพที่ 5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าความชื้นแทนได้ด้วยสมการเส้นตรง โดยมีค่า R^2 จากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นทั้ง 4 ชิ้นอยู่ในช่วงระหว่าง 0.772- 0.970 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของอุปกรณ์ และสามารถนำไปคำนวณคุณสมบัติต่างๆของอุปกรณ์ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป



ภาพที่ 5 ตัวอย่างผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR สำหรับพื้นทางดินซีเมนต์

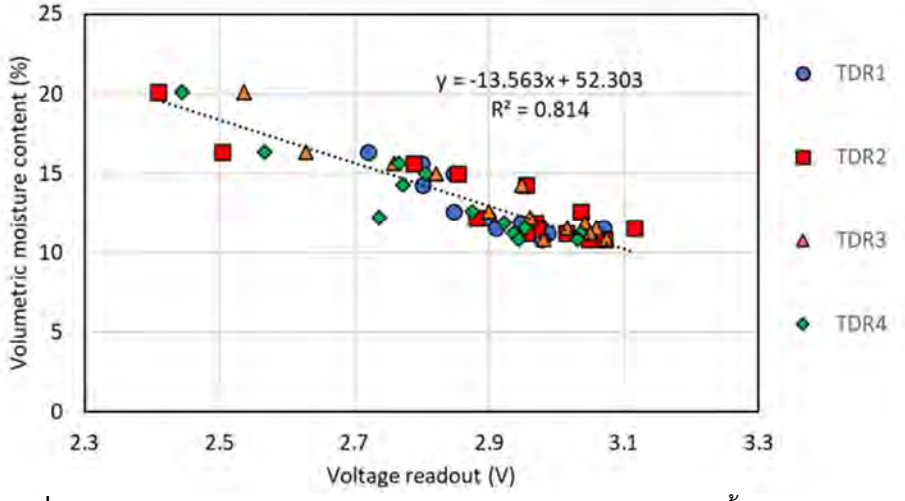
3.2 ความแม่นยำ (Accuracy) ความแม่นยำ คือความใกล้เคียงของค่าที่วัดได้จากชุดอุปกรณ์วัด เทียบกับค่าที่แท้จริง (True value) โดยค่าที่แท้จริง ต้องเป็นค่าที่สามารถอ้างอิงได้จากมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับ ในการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้น TDR ในการศึกษานี้กำหนดให้ ค่าความชื้นโดยปริมาตรที่แท้จริงวัดได้จากน้ำหนักและปริมาตรของตัวอย่างดินในกล่องอะคริลิก แล้วนำมาคำนวณตามนิยามของค่าความชื้นโดยปริมาตร (Volumetric water content, $\theta=V_w/V$) ซึ่งเท่ากับปริมาตรน้ำ (V_w) หารด้วยปริมาตรดิน (V) ซึ่งมีการควบคุมการบดอัดในลักษณะเดียวกับมาตรฐานการบดอัดวัสดุงานทางของกรมทางหลวง และงานวิจัยโดย Suwansawat and Benson (1999) และเสวกและคณะ (2561) โดยการคำนวณค่าความแม่นยำนั้น เริ่มจากการนำสมการเส้นตรงที่ได้จากการสอบเทียบไปคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ซึ่งคือผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากสมการเส้นตรงและค่าที่แท้จริง จากนั้นนำไปคำนวณความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Average error) จากการสอบเทียบแต่ละครั้ง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึง ความแม่นยำ โดยหากมีความแม่นยำมากค่า Average error ก็จะมีค่าน้อย โดยค่าความแม่นยำของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นกับวัสดุแต่ละชนิดแสดงไว้ดังตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4

3.3 ความเที่ยงตรง (Precision) ความเที่ยงตรง คือความใกล้เคียงกันระหว่างค่าที่วัดได้โดยชุดตรวจวัด โดยทำการวัดหลายๆครั้งบนตัวอย่างดินเดียวกัน Dunnicliff (1993) กล่าวว่าค่าความเที่ยงตรงมีความหมายคล้ายกับความสามารถในการวัดซ้ำของคนวัดหรืออุปกรณ์วัด (Repeatability) และความสามารถในการวัดซ้ำระหว่างคนวัดหรือระหว่างเครื่องมือวัด (Reproducibility) ทั้งนี้ความเที่ยงตรงจะแตกต่างจากความแม่นยำดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ความหมายและความแตกต่างของความเที่ยงตรงและความแม่นยำ (Dunnicliff, 1993)

ซึ่งในการศึกษานี้ได้ประเมินความเที่ยงตรงในกรณีต่างๆดังนี้ (ก) ความเที่ยงตรง หรือ ความสามารถในการวัดซ้ำของคนวัดหรืออุปกรณ์วัด วัดโดยใช้ชุดอุปกรณ์และผู้วัดคนเดียวกันกับตัวอย่างดินเดิม ทดสอบโดยการวัดหลายๆครั้ง แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย และหาผลต่างของค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดจากค่าเฉลี่ย แสดงค่าความเที่ยงตรง ในลักษณะ ±Precision ค่าที่วัดได้แสดงผลดังตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4 (ข) ความสามารถในการวัดซ้ำระหว่างคนวัดหรือระหว่างเครื่องมือวัด (Reproducibility) ในกรณีนี้จะเปลี่ยนอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในการวัดตัวอย่างดินเดียวกัน ซึ่งเห็นได้ว่าค่าสมการ Regression สำหรับเซนเซอร์แต่ละตัวมีค่าต่างกัน หากพิจารณาที่ค่าความชื้นเดียวกัน ค่าที่วัดได้จะมีค่าต่างกัน โดยมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง ±Reproducibility แสดงผลดังตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4 ซึ่งในการใช้งานจริง หากไม่มีผลสอบเทียบเฉพาะของแต่ละเซนเซอร์ อาจมีความจำเป็นต้องใช้สมการ Default ซึ่งได้จากการนำผลการสอบเทียบจากเซนเซอร์ทุกตัวมาหาสมการ Regression ดังแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งจะมีค่าความแม่นยำและความเที่ยงตรงลดน้อยลง



ภาพที่ 7 สมการ Default จากการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น TDR สำหรับชั้นพื้นทางดินซีเมนต์

3.4 ความละเอียด (Resolution) ความละเอียด คือความสามารถของอุปกรณ์เพื่อตรวจวัดและระบุการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในลักษณะของผลการวัด โดยค่าความละเอียดที่ดี (มีค่าต่ำ) แสดงว่าอุปกรณ์ตรวจวัดสามารถแยกแยะสิ่งที่มีค่าใกล้เคียงกันได้ ในขณะที่ค่าความละเอียดที่ไม่ดี (มีค่าสูง) แสดงว่าอุปกรณ์ตรวจวัดสามารถแยกแยะสิ่งที่มีความห่างกันเท่านั้น โดยค่าความละเอียดของอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นแสดงไว้ดังตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4

4. การประยุกต์ใช้งานชุดอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นประเภท TDR สำหรับวัสดุงานทาง

เนื่องจากค่าความชื้นที่วัดโดย TDR เป็นความชื้นโดยปริมาตร แต่โดยทั่วไปวิศวกรโยธาจะนิยมแสดงความชื้นโดยน้ำหนัก (Gravimetric water content, w = W_w/W_s) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากน้ำหนักน้ำ (W_w) หารด้วยน้ำหนักดินแห้ง (W_s) ดังนั้นในการนำค่าจาก TDR ไปใช้จึงต้องมีการแปลงค่าโดยสมการต่อไปนี้

$$w = \frac{\theta \cdot \gamma_w / \gamma_t}{1 - \left[\theta \cdot \gamma_w / 100 \cdot \gamma_t\right]}$$

เมื่อ γ_w คือหน่วยน้ำหนักของน้ำ γ_t คือหน่วยน้ำหนักของดิน θ คือปริมาณความชื้นโดยปริมาตร (หน่วยเป็น %) และค่า w คือปริมาณความชื้นโดยน้ำหนักที่คำนวณได้มีหน่วย % ในกรณีที่ใช้งานในสนามโดยทั่วไปอาจจะไม่ทราบค่าหน่วยน้ำหนักของวัสดุในขณะที่ทำการทดสอบ แต่ก็สามารถสมมุติค่าทั่วไปประมาณ 2 ตัน/ลบ.ม. ได้ โดยค่า w ที่คำนวณได้ไม่คลาดเคลื่อนมากนัก

ตารางที่ 1 ผลการสอบเทียบชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น สำหรับดินซีเมนต์

	Calibration Equation	R^2	Accuracy (%)		Precision (%)		Reproducibility (%)		Resolution (%)	
			θ	w	θ	w	θ	w	θ	w
MS1	θ=-17.222V + 62.766	0.772	0.73	0.87	0.82	0.39	0.59	0.31	0.03	0.01
MS2	θ=-11.934V + 47.821	0.831	1.00	0.88	0.39	0.19	0.59	0.31	0.01	0.01
MS3	θ=-15.275V + 57.765	0.908	0.60	0.88	0.30	0.15	0.59	0.31	0.04	0.02
MS4	θ=-14.645V + 54.813	0.852	0.78	0.89	0.17	0.08	0.59	0.31	0.04	0.02
Generalized Calibration Curve	θ=-13.563V + 52.303	0.814	0.78	0.88	0.77	0.37	-	-	-	-
Average of all sensors	-	-	0.78	0.88	0.42	0.20	-	-	-	-

θ = Volumetric Water Content, V = Voltage, w = Gravimetric Water Content

ตารางที่ 2 ผลการสอบเทียบชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น สำหรับดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

	Calibration Equation	R^2	Accuracy (%)		Precision (%)		Reproducibility (%)		Resolution (%)	
			θ	w	θ	w	θ	w	θ	w
MS1	θ=-9.233V + 37.726	0.932	0.48	0.72	0.40	0.19	0.25	0.13	0.03	0.01
MS2	θ=-6.310V + 30.036	0.970	0.26	0.74	0.38	0.18	0.25	0.13	0.01	0.01
MS3	θ=-7.180V + 32.633	0.869	0.51	0.77	0.19	0.09	0.25	0.13	0.04	0.02
MS4	θ=-5.781V + 28.497	0.899	0.49	0.75	0.33	0.16	0.25	0.13	0.04	0.02
Generalized Calibration Curve	θ=-6.662V + 30.992	0.888	0.43	0.74	0.55	0.26	-	-	-	-
Average of all sensors	-	-	0.44	0.75	0.33	0.16	-	-	-	-

θ = Volumetric Water Content, V = Voltage, w = Gravimetric Water Content

ตารางที่ 3 ผลการสอบเทียบชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น สำหรับดินลูกรัง

	Calibration Equation	R^2	Accuracy (%)		Precision (%)		Reproducibility (%)		Resolution (%)	
			θ	w	θ	w	θ	w	θ	w
MS1	θ=-10.848V + 48.721	0.908	0.72	1.29	1.22	0.58	0.30	0.17	0.03	0.01
MS2	θ=-9.621V + 45.280	0.870	0.84	1.29	0.57	0.27	0.30	0.17	0.01	0.01
MS3	θ=-8.934V + 43.247	0.855	0.93	1.29	1.07	0.51	0.30	0.17	0.04	0.02
MS4	θ=-9.066V + 43.764	0.934	0.73	1.29	1.09	0.52	0.30	0.17	0.04	0.02
Generalized Calibration Curve	θ= -9.500V + 44.934	0.850	0.81	1.29	1.30	0.62	-	-	-	-
Average of all sensors	-	-	0.81	1.29	0.99	0.47	-	-	-	-

θ = Volumetric Water Content, V = Voltage, w = Gravimetric Water Content

ตารางที่ 4 ผลการสอบเทียบชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้น สำหรับทราย

	Calibration Equation	R^2	Accuracy (%)		Precision (%)		Reproducibility (%)		Resolution (%)	
			θ	w	θ	w	θ	w	θ	w
MS1	θ=-35.956V + 94.675	0.891	1.81	0.97	7.43	3.96	5.29	3.51	0.03	0.01
MS2	θ=-36.135V + 90.951	0.765	2.48	1.44	6.57	3.49	5.29	3.51	0.01	0.01
MS3	θ=-39.844V + 99.179	0.966	0.97	0.66	5.91	3.12	5.29	3.51	0.04	0.02
MS4	θ=-43.036V + 105.95	0.959	1.10	0.69	3.69	1.93	5.29	3.51	0.04	0.02
Generalized Calibration Curve	θ=-35.482V + 90.794	0.820	2.34	1.35	13.57	7.48	-	-	-	-
Average of all sensors	-	-	1.59	0.69	5.90	3.13	-	-	-	-

θ = Volumetric Water Content, V = Voltage, w = Gravimetric Water Content

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้แสดงถึงการพัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในสนามโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายประเภท TDR ที่สามารถวัดค่าความชื้นได้โดยการวางอุปกรณ์ตรวจวัดบนพื้นผิวและสามารถทราบผลการทดสอบได้ทันที ทำให้ไม่จำเป็นต้องทำการเก็บตัวอย่าง สามารถลดระยะเวลาทดสอบ และไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติด้านต่างๆทั้งค่าความแม่นยำ ความเที่ยงตรงและความละเอียดของชุดอุปกรณ์ฯ รวมทั้งแนวทางในการประยุกต์ใช้งานชุดอุปกรณ์ฯ สำหรับวัสดุงานทาง อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ทำการทดสอบวัสดุที่เป็นเพียงตัวแทนของวัสดุก่อสร้างงานทางเท่านั้น ซึ่งค่าความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นจากวัสดุทดสอบที่ใช้ในการศึกษานี้อาจมีความแตกต่างจากวัสดุก่อสร้างในบริเวณอื่นๆเนื่องจากคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังนั้นการทดสอบด้วยวัสดุจากแหล่งที่มาที่หลากหลายจะส่งผลให้ชุดอุปกรณ์ฯ มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

กมล อมรฟ้า (2545) “การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนโดยใช้ซีเมนต์และปูนขาว” วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศุภกิจ และ อติมนต์ (2544) “อิทธิพลของปริมาณซีเมนต์และน้ำในมวลดินที่มีต่อความแข็งแรงของ ดินลูกรังผสมซีเมนต์” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 7, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

เสวก จีนโต, อภินิติ โชติสังกาศ, สุสิทธิ์ ฉายประกายแก้ว และประกิต ไชยศรี (2562) “การประยุกต์ระบบวัดความชื้นเพื่อการวัดความสมบูรณ์ของโครงสร้างชั้นทางเสริมกำลังด้วยวัสดุสังเคราะห์” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24, จ.อุดรธานี, 10-12 กรกฎาคม 2562, หน้า 2641-2650

Chen, Y., He, X., Wang, P., Wan, Y. and Tan, X. (2020) “Experimental Study of Moisture Content Effect on Geotechnical Properties of Solidified Municipal Sludge”, Advances in Polymer Technology, Vol. 2020, Article ID 8794076, 10 pages

Cortez E. R. (2007) “Moisture effects on the mechanical behavior of flexible pavement subgrades” Ph.D. Dissertation, University of New Hampshire, Durham, NH, USA

Hillel, D. (1998). Environmental soil physics. Academic Press

Horpibulsuk, S., Katkan, W.,Sirilerdwattana, W., and Rachan, R. (2006) "Strength Development in Cement Stabilized Low Plasticity and Coarse Grained Soil: Laboratory and Field Study" Soil and Foundation, Vol.46, No.3, pp.351-366

Ribeiro, D., Neri, R. and Cardoso, R. (2016) "Influence of Water Content in the UCS of Soil-Cement Mixtures for Different Cement Dosages", Procedia Engineering, Vol. 143, pp. 59-66

Suwansawat, S. and Benson, C. H. (1999) "Cell Size for Water Content-Dielectric Constant Calibrations for Time Domain Reflectometry" Geotechnical Testing Journal, GTJODJ, Vol. 22, pp. 3-12

Terashi, M. (1997). "Theme Lecture: Deep Mixing Method-Brief State of the Art" vol.4, pp. 2475-2478. In Proceeding of the 14th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering.

Timm, D. H., Priest, A. L. and McEwen, T. V. (2004) "Design and Instrumentation of the Structural Pavement Experiment at the NCAT Test Track" NCAT Report 04-01

Topp, G. C., and Davis, J. L. (1985) "Measurement of soil water content using time-domain reflectometry (TDR): a field evaluation" Soil Sci. Soc. Amer. J. 49:19-24.

คุณสมบัติด้านกำลังและด้านพลศาสตร์ของวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางพาราเข้มข้น
Strength and Dynamic Properties of Concentrated Para-Rubber Modified Soil Cement Base

บทคัดย่อ

เนื่องด้วยผลกระทบด้านราคายางพาราตกต่ำ กรมทางหลวงจึงได้มีการนำยางพารามาใช้ในงานพันธกิจหลัก ซึ่งหนึ่งในนั้นคือการนำยางพารามาใช้ปรับปรุงคุณภาพวัสดุชั้นโครงสร้างทางดินซีเมนต์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาถึงคุณสมบัติด้านกำลังและด้านพลศาสตร์ของวัสดุชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราเข้มข้น โดยการศึกษานั้นได้ทำการผสมดินลูกรังด้วยซีเมนต์ที่อัตราส่วน 1, 3 และ 5% และยางพาราที่อัตราส่วน 1 และ 2% ของน้ำหนักดินแห้ง จากนั้นทำการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวและค่าความเร็วคลื่นเฉือนด้วยวิธีทดสอบ Free-Free Resonance (FFR) ที่ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวของวัสดุมีค่าสูงขึ้นเมื่อปริมาณซีเมนต์มากขึ้น ในขณะที่เมื่อผสมยางพาราเข้าไป 1% พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังรับแรงอัดเพียงเล็กน้อย และเมื่อผสมยางพาราเข้าไป 2% พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าลดน้อยลง ขณะที่ค่าความเครียดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณยางพาราเพิ่มขึ้น ซึ่งคาดว่าที่ปริมาณซีเมนต์ต่ำยางพาราช่วยยึดเหนี่ยวเม็ดดินให้ไม่กระจายตัวออกเมื่อนำตัวอย่างไปแช่น้ำ อย่างไรก็ตามที่ปริมาณซีเมนต์สูงคาดว่าการยึดเหนี่ยวของยางพาราไม่ได้มีผลกระทบเท่าการเกิดพันธะระหว่างอนุภาค เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นแต่กลับส่งผลต่อคุณภาพการบดอัดทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อดินมากขึ้น ผลการทดสอบ FFR นั้นมีความสอดคล้องกับผลการทดสอบด้านกำลัง ซึ่งค่าความเร็วคลื่นเฉือนที่ลดน้อยลงนี้สามารถช่วยยืนยันถึงปริมาณช่องว่างที่เพิ่มมากขึ้นได้เช่นกัน

คำสำคัญ: ยางพารา, ดินซีเมนต์, กำลัง, ความเร็วคลื่นเฉือน

Abstract

Due to the slump of the price of Para-rubber, the Department of Highway has adopted the rubber for use in their main missions, one of them is to use it to improve the quality of the cement stabilized materials. So, this research aims to study the strength and dynamic properties of soil cement base course modified with concentrated Para-rubber. In this study, lateritic soil was mixed with cement at the ratio of 1, 3 and 5% and para-rubber at the ratio of 1 and 2% of dry soil weight. Afterward, the unconfined compressive strength (UCS) and shear wave velocity, using Free-Free Resonance (FFR) test, were tested at 7 days of curing. The results indicated that the compressive strength of the materials increases with increasing of cement ratio. The results also showed that the strength changes just slightly after mixing with 1% Para-rubber but decreases further after mixing with 2% Para-rubber. The strain, on the other hand, tends to increase with increasing of the added Para-rubber. It is expected that at low cement content, Para-rubber created some bonding to the soil particles preventing them from slaking when soaking under water. However, at high cement content, the bonding of Para-rubber did not have enough effect comparing to the bonding of hydration reaction

but instead the Para-rubber affects the compaction quality resulting in the increment of void ratio. The results of FFR test were in good agreement with the results of the strength test. The reduction of shear wave velocity was able to confirm the increment of void ratio as well.

Keywords: Para-rubber, Soil Cement, Strength, Shear Wave Velocity

1. **บทนำ**

กรมทางหลวงได้มีการใช้ซีเมนต์เพื่อปรับปรุงคุณภาพโครงสร้างทางมาเป็นเวลานาน เนื่องจากการผสมซีเมนต์เข้าไปกับดินและน้ำก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดของชั้นดินปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้น (กมล, 2545; Terashi, 1997; Horpibulsuk, 2006; Cortez, 2007; Ribeiro et al., 2016) สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจากการจราจรได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามเนื่องด้วยผลกระทบด้านราคายางพาราตกต่ำ กรมทางหลวงจึงได้มีการนำยางพารามาใช้ในงานพันธกิจหลัก ซึ่งหนึ่งในนั้นคือการนำยางพารามาใช้ปรับปรุงคุณภาพวัสดุชั้นโครงสร้างทางดินซีเมนต์เพื่อเป็นการเพิ่มการอุปโภคบริโภคยางพาราในประเทศให้มากขึ้น ดังนั้นการเพิ่มปริมาณยางพาราเข้าไปในส่วนผสมให้มากขึ้นจะช่วยเหลือเกษตรกรสวนยางพาราให้สามารถขายผลผลิตได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณยางพารานั้นอาจส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทั้งด้านกำลังและด้านพลศาสตร์ของวัสดุโครงสร้างทางดินซีเมนต์ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงผลกระทบดังกล่าว

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณยางพาราต่อคุณสมบัติด้านกำลังและด้านพลศาสตร์ของวัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ทั้งค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว ค่าความเครียด และค่าความเร็วคลื่นเฉือน รวมทั้งศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ค่าความเร็วคลื่นเฉือนในการตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

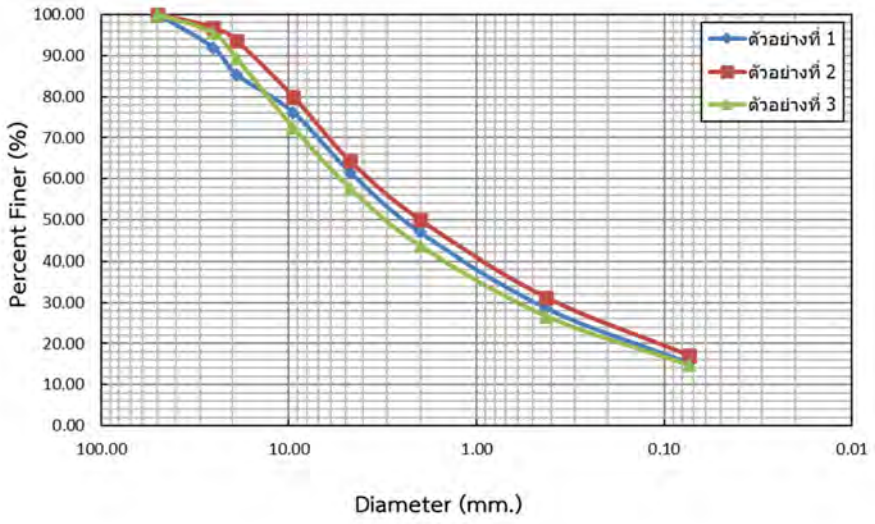
2. **คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ**

ดินตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ได้แก่ ดินลูกรัง จาก 2 แหล่งวัสดุ ได้แก่ ดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาท และดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรี โดยดินลูกรังจากทั้งสองแหล่งวัสดุได้ถูกนำมาทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานตามมาตรฐานของกรมทางหลวง ได้แก่ การทดสอบหาค่า Liquid Limit และ Plasticity Index, การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง, การทดสอบ Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน, การทดลองหาความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion และการทดลองเพื่อหาค่า California Bearing Ratio (CBR) โดยผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าดินลูกรังจากทั้งสองแหล่งมีคุณสมบัติตามมาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์ (กรมทางหลวง, 2556) และข้อกำหนดพิเศษดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (กรมทางหลวง, 2560) โดยพบว่าวัสดุดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทเป็นดินที่ไม่มีความเป็นพลาสติก มีปริมาณดินเม็ดละเอียดน้อยกว่า ค่าความหนาแน่นแห้งสูงกว่า ปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับการบดอัดต่ำกว่า ค่า CBR สูงกว่า และค่า LA Abrasion ต่ำกว่า เมื่อเทียบกับดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรี โดยสรุปผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรังในห้องปฏิบัติการเป็นดังตารางที่ 1 และขนาดคละของดินลูกรัง จังหวัดชัยนาท และจังหวัดชลบุรี แสดงไว้ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ตามลำดับ

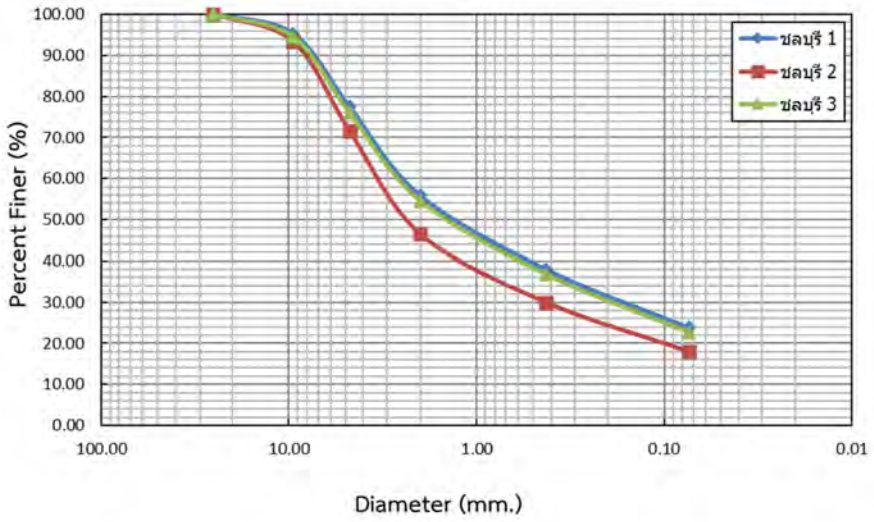
ในส่วนของน้ำยางธรรมชาติที่ใช้ได้แก่ น้ำยางพาราเข้มข้น (Concentrated Latex) ประเภท HA (High Ammonia) ที่มีส่วนผสมของยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC) ไม่น้อยกว่า 60% และใช้สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ชนิดไม่มีประจุ NP9 (Nonylphenol Ethoxylate 9 MOLES) เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้อนุภาคของยางพาราจับตัวกันก่อนที่จะทำการผสมกับวัสดุมวลรวมให้เข้ากันได้อย่างสม่ำเสมอ

ตารางที่ **1** คุณสมบัติพื้นฐานนของวัสดุ

คุณสมบัติวัสดุ	ดินลูกรัง จังหวัดชัยนาท	ดินลูกรัง จังหวัดชลบุรี
Liquid Limit	Non-Plastic	26.00
Plasticity Index	Non-Plastic	9.51
Maximum Dry Density (t/m^3)	2.33	2.08
Optimum Water Content (%)	5.30	10.00
LA Abrasion (%)	39.14	49.64
CBR (%)	46.2	14.4



รูปที่ **1** ขนาดคละของดินลูกรัง จังหวัดชัยนาท



รูปที่ **2** ขนาดคละของดินลูกรัง จังหวัดชัยนาท

3. **วิธีการทดสอบ**

3.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างดินลูกรังจากทั้งสองแหล่งวัสดุ จะถูกบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานในแบบ (Mold) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ความสูง 4.6 นิ้ว โดยได้พิจารณาใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ 1, 3 และ 5% และใช้อัตราส่วนน้ำยางธรรมชาติเข้มข้นร้อยละ 0 (ดินซีเมนต์), 1 และ 2% เพื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณซีเมนต์และน้ำยางพาราต่อค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว และทำการเตรียม 5 ตัวอย่างต่ออัตราส่วนผสม เมื่อทำการบดอัดแล้ว จะนำตัวอย่างบงไปบ่มโดยการห่อพลาสติกทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 7 วัน (รูปที่ 3) และเมื่อครบกำหนดจะนำตัวอย่างไปแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำตัวอย่างไปทดสอบหาค่าความเร็วคลื่นเฉือนโดยวิธีทดสอบ Free-Free Resonance (FFR) และทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวต่อไป

ตารางที่ **2** จำนวนตัวอย่างในการศึกษา

ปริมาณซีเมนต์ (% โดยน้ำหนัก)	ปริมาณยางพารา (% โดยน้ำหนัก)	ดินลูกรัง จ.ชัยนาท (ตัวอย่าง)	ดินลูกรัง จ.ชลบุรี (ตัวอย่าง)
1	0	5	5
1	1	5	5
1	2	5	5
3	0	5	5
3	1	5	5
3	2	5	5
5	0	5	5
5	1	5	5
5	2	5	5



รูปที่ **3** การบ่มตัวอย่างภายหลังการบดอัด

3.2 การทดสอบ Free-Free Resonance (FFR)

การทดสอบโดยวิธี FFR เป็นการทดสอบประเภทความเครียดต่ำ เพื่อหาค่าความถี่พ้องและค่าความเร็วคลื่นเฉือนของวัสดุ ซึ่งเป็นวิธีที่ทดสอบได้ง่าย เชื่อถือได้ และมีการนำมาประยุกต์ใช้ในงานดินซีเมนต์ (Ryden and Ekdahl, 2006 and Verastegui-Flores et al., 2015) โดยจะทำการวางตัวอย่างไว้บนฟองน้ำเพื่อให้มีสภาพใกล้เคียง Free-Boundary Condition จากนั้นทำการติดตั้ง Accelerometer ไว้ที่ปลายด้านหนึ่งในทิศทางตั้งฉากกับด้านยาวของตัวอย่าง จากนั้นทำการสร้างคลื่นเฉือนโดยการเคาะตัวอย่างในทิศทางตั้งฉากกับ Accelerometer ดังแสดงในรูปที่ 4 จำนวน 5-15 ครั้งต่อการทดสอบ และทำการบันทึกค่าความถี่พ้องที่เกิดขึ้นโดยใช้ Spectrum Analyzer จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่าความเร็วคลื่นเฉือนด้วยสมการต่อไปนี้

$$v_s = f\lambda = 2Lf \quad (1)$$

เมื่อ v_s = ค่าความเร็วคลื่นเฉือน, f = ความถี่พ้อง, λ = ความยาวคลื่น และ L = ความยาวของตัวอย่าง



รูปที่ 4 การทดสอบ FFR

3.3 การทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว

เมื่อทำการทดสอบ FFR แล้ว จะนำตัวอย่างไปทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวและค่าความเครียดที่เกิดขึ้น ดังแสดงตัวอย่างการทดสอบในรูปที่ 5



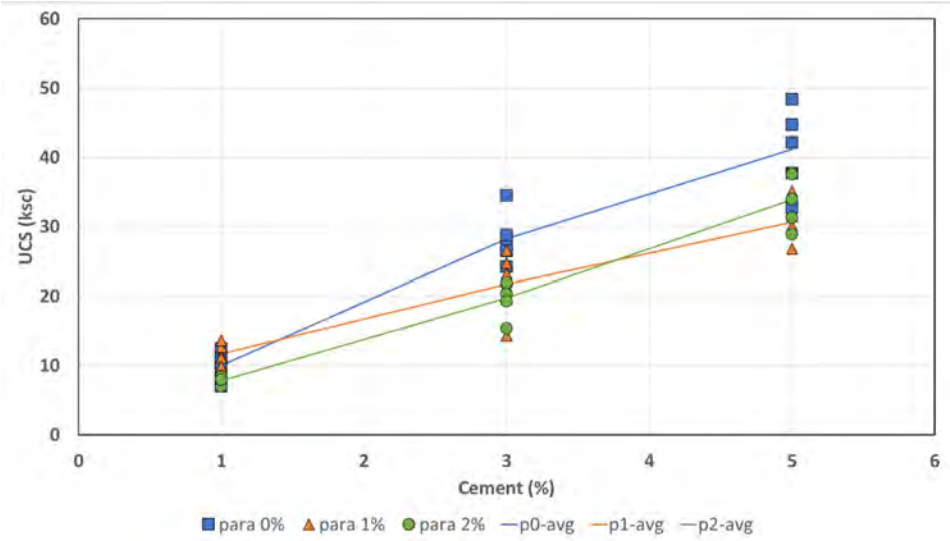
รูปที่ **5** การทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว

4. **การวิเคราะห์และผลการทดสอบ**

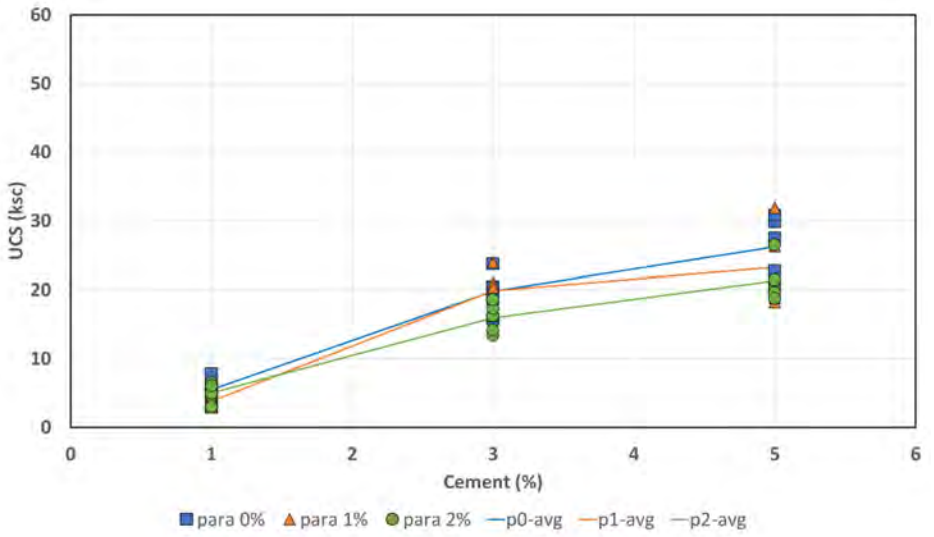
4.1 **ผลกระทบของปริมาณซีเมนต์และยางพาราต่อกำลังรับแรงอัดแกนเดียว**

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของปริมาณซีเมนต์และปริมาณยางธรรมชาติต่อการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวของดินลูกรังปรับปรุงคุณภาพจากจังหวัดชัยนาท (รูปที่ 6) และดินลูกรังปรับปรุงคุณภาพจากจังหวัดชลบุรี (รูปที่ 7) ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าที่ปริมาณยางพาราเท่ากัน กำลังรับแรงอัดแกนเดียวของวัสดุมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณซีเมนต์เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในอดีต (ศุภกิจและอติมนท์, 2544 และ Horpibulsuk et al., 2010) โดยพบว่าที่ปริมาณซีเมนต์เท่ากันวัสดุดินซีเมนต์จากจังหวัดชัยนาทมีค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวสูงกว่าดินซีเมนต์จากจังหวัดชลบุรี คาดว่าเนื่องจากคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทมีคุณสมบัติพื้นฐานที่ค่อนข้างดีกว่า ไม่ว่าจะเป็นด้านปริมาณดินเม็ดละเอียดที่ต่ำกว่า ค่า LA Abrasion ต่ำกว่า หรือแม้แต่ค่า CBR ที่สูงกว่า

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ปริมาณซีเมนต์เท่ากันพบว่าการเพิ่มปริมาณยางพาราเข้าไปในส่วนผสมกลับส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวลดต่ำลง เป็นที่น่าสังเกตว่าที่ปริมาณซีเมนต์ต่ำ ปริมาณยางพาราส่งผลกระทบต่อค่ากำลังของวัสดุดินซีเมนต์จากจังหวัดชัยนาทมากกว่าดินซีเมนต์จากจังหวัดชลบุรี คาดว่าเนื่องจากดินลูกรังจากจังหวัดชัยนาทนั้นไม่มีความเป็นพลาสติก ในขณะที่ดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีนั้นมีความเป็นพลาสติกสูงกว่า มีความเชื่อมแน่นระหว่างอนุภาคมากกว่า ในขณะที่ปริมาณซีเมนต์สูง ผลกระทบของยางพารามีค่ามากขึ้นเนื่องจากวัสดุมีความแข็งเปราะ แต่ยางพาราจับตัวกับอนุภาควัสดุเพียงแค่บางส่วน ดังแสดงในรูปที่ 5 ส่งผลให้มีช่องว่างระหว่างอนุภาคสูงขึ้น ซึ่งผลการทดสอบด้านกำลังนับว่าสอดคล้องกับงานวิจัยโดย สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง (2562) และ Pinwiset et al. (2018)



รูปที่ 6 กำลังรับแรงอัดแกนเดียว ดินลูกรังปรับปรุงคุณภาพ จังหวัดชัยนาท



รูปที่ 7 กำลังรับแรงอัดแกนเดียว ดินลูกรังปรับปรุงคุณภาพ จังหวัดชลบุรี

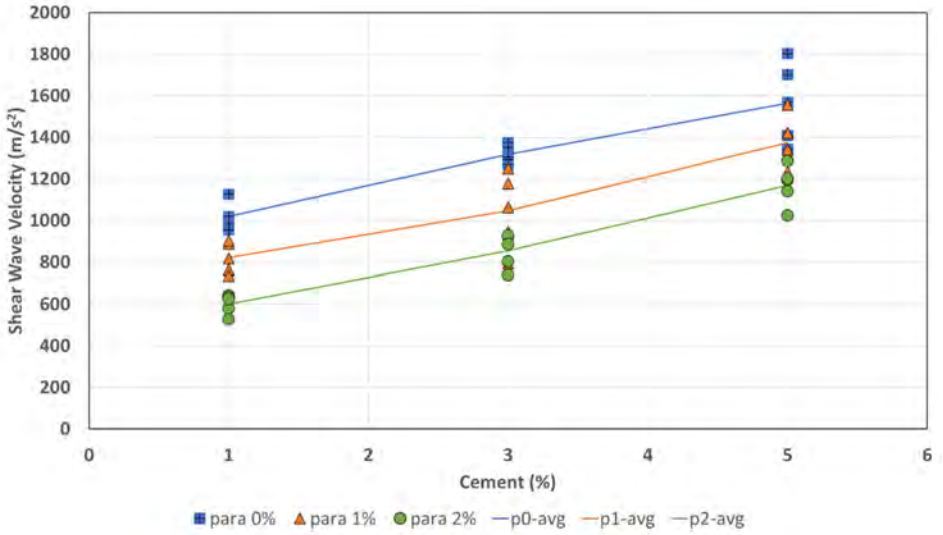


รูปที่ 8 การยืดเหนี่ยวของยางพาราในดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

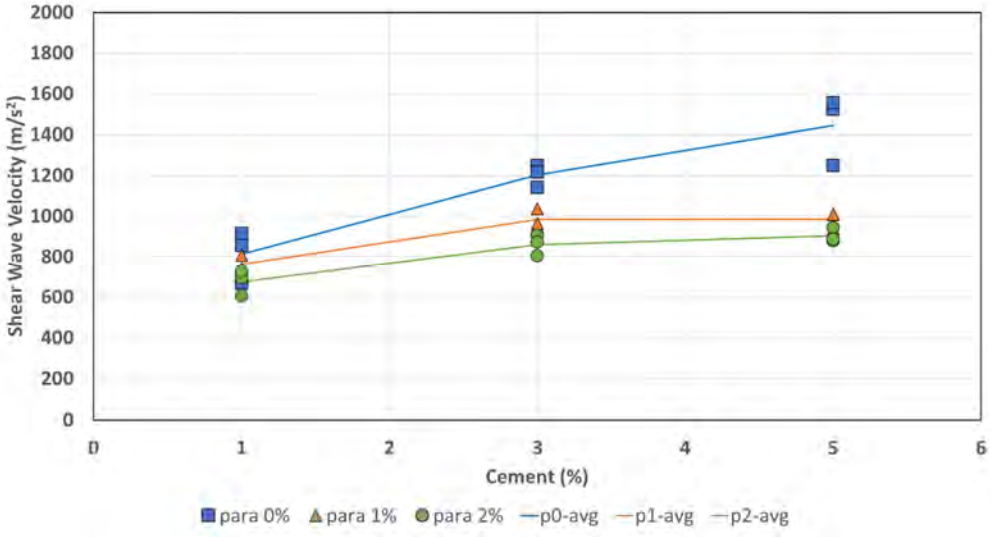
4.2 ผลกระทบของปริมาณซีเมนต์และยางพาราต่อค่าความเร็วคลื่นเฉือน

เมื่อพิจารณาถึงค่าความเร็วคลื่นเฉือนของดินลูกรังปรับปรุงคุณภาพจากแหล่งวัสดุทั้งสองซึ่งแสดงผลไว้ในรูปที่ 9 และ 10 นั้น พบว่าผลการทดสอบมีความสอดคล้องกับผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวเช่นกัน โดยค่าความเร็วคลื่นเฉือนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อกำลังรับแรงอัดแกนเดียวสูงขึ้น และค่าความเร็วคลื่นเฉือนของดินปรับปรุงคุณภาพจากจังหวัดชัยนาทมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าดินจากจังหวัดชลบุรี

เมื่อทำการผสมยางพาราเข้าไปก็ได้ผลในลักษณะเดียวกับการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียวคือ ค่าความเร็วคลื่นเฉือนมีค่าลดน้อยลงเมื่อปริมาณยางพารามากขึ้น แสดงให้เห็นว่าดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติมีความแข็งต่ำกว่าดินซีเมนต์



รูปที่ 9 ค่าความเร็วคลื่นเฉือน ดินลูกรังปรับปรุงคุณภาพ จังหวัดชัยนาท

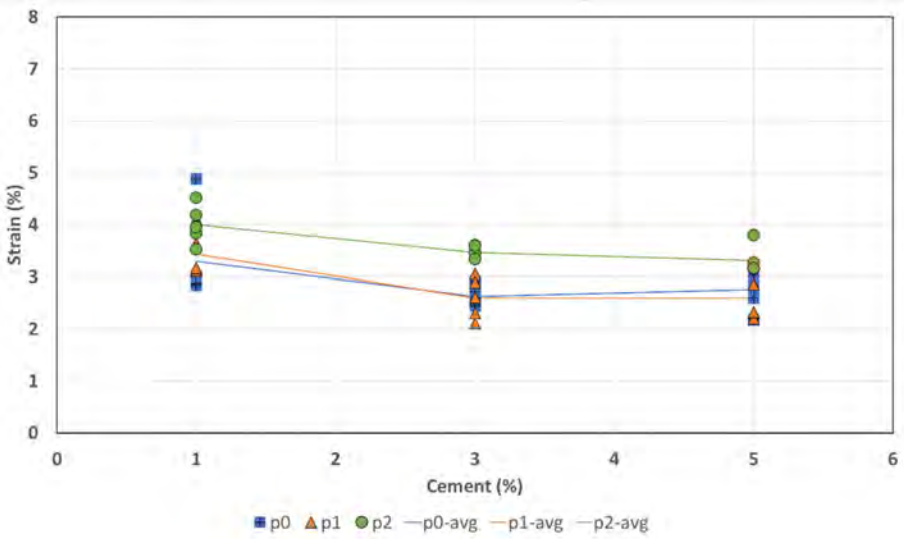


รูปที่ 10 ค่าความเร็วคลื่นเฉือน ดินลูกรังปรับปรุงคุณภาพ จังหวัดชลบุรี

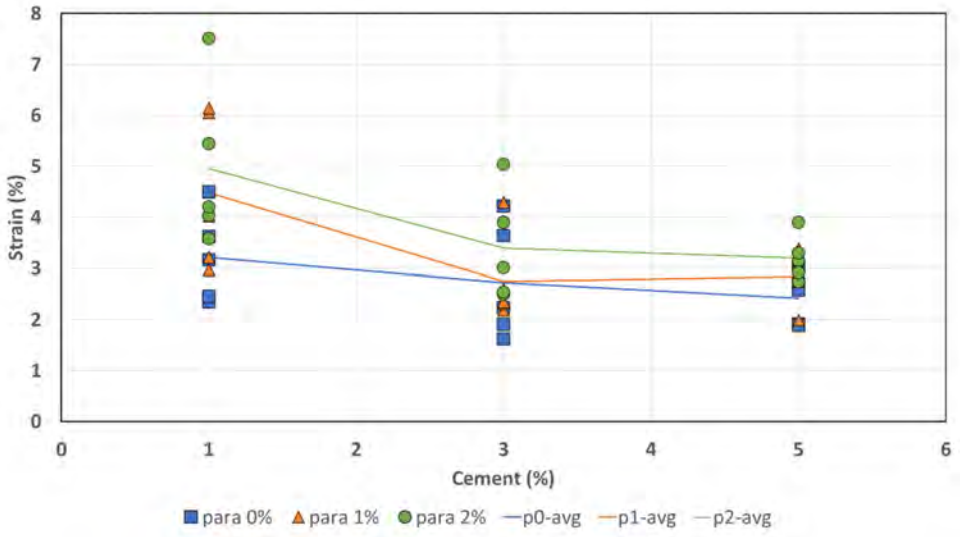
4.3 ผลกระทบของปริมาณซีเมนต์และยางพาราต่อค่าความเครียด

ในส่วนของค่าความเครียดที่เกิดขึ้นแสดงไว้ดังรูปที่ 11 และ 12 สำหรับดินลูกรังปรับปรุงคุณภาพจากจังหวัดชัยนาทและชลบุรี ตามลำดับ พบว่าเมื่อปริมาณซีเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าความเครียดมีแนวโน้มลดต่ำลง แสดงให้เห็นว่าปริมาณซีเมนต์ส่งผลให้วัสดุมีแนวโน้มเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นวัสดุประเภทแข็งเปราะ เมื่อเปรียบเทียบที่ปริมาณซีเมนต์เท่ากัน ดินซีเมนต์จากจังหวัดชัยนาทมีค่าความเครียดต่ำกว่าดินซีเมนต์จากจังหวัดชลบุรี คาดว่าเนื่องจากคุณสมบัติพื้นฐานของดินจากจังหวัดชลบุรีที่มีความเป็นพลาสติกสูงกว่า

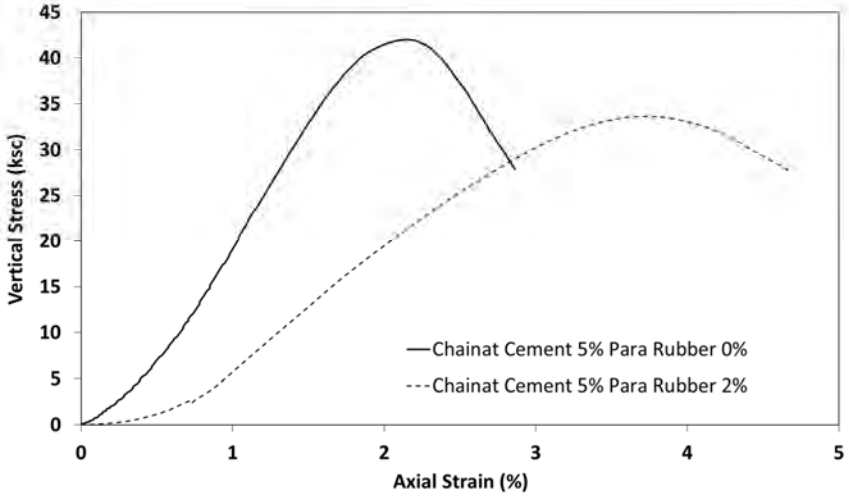
เมื่อทำการผสมยางพาราเข้าไปในส่วนผสมพบว่าปริมาณยางพาราที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความเครียดของวัสดุมีค่าสูงขึ้น คาดว่าเนื่องจากยางพารานั้นมีความยืดหยุ่นสูงส่งผลให้วัสดุดินซีเมนต์ผสมยางพารามีค่าความเครียดสูงกว่าดินซีเมนต์ที่ไม่ได้ผสมยางพารา และเมื่อทำการพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างวัสดุจากจังหวัดชัยนาทและจังหวัดชลบุรี พบว่าค่าความเครียดของวัสดุจากชลบุรีมีค่าสูงกว่า เนื่องจากดินลูกรังจากจังหวัดชลบุรีมีความเป็นพลาสติกสูงกว่า รูปที่ 13 แสดงตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นและความเครียดของดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ 2% จากจังหวัดชัยนาท ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความเครียดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อผสมยางพาราเข้าไปในวัสดุ



รูปที่ 11 ค่าความเครียดเมื่อตัวอย่างพังทลาย ดินลูกรังปรับปรุงคุณภาพ จังหวัดชัยนาท



รูปที่ 12 ค่าความเครียดเมื่อตัวอย่างพังทลาย ดินลูกรังปรับปรุงคุณภาพ จังหวัดชลบุรี



รูปที่ 13 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นและความเครียดของดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ 2% จากจังหวัดชัยนาท

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษาแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของปริมาณซีเมนต์และปริมาณยางพาราต่อคุณสมบัติของวัสดุ ทั้งค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว ค่าความเร็วคลื่นเฉือน และความเครียดของวัสดุดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จากดินลูกรัง 2 แหล่งที่มีคุณสมบัติพื้นฐานแตกต่างกัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวและค่าความเร็วคลื่นเฉือนมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่าความเครียดมีค่าลดลง ในขณะที่เมื่อปริมาณยางพาราเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวและค่าความเร็วคลื่นเฉือนมีค่าลดลง ในขณะที่ค่าความเครียดเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากปริมาณซีเมนต์ส่งผลให้วัสดุมีพฤติกรรมแข็งเปราะ ส่วนยางพาราส่งผลให้วัสดุมีพฤติกรรมยืดหยุ่น

6. เอกสารอ้างอิง

กมล อมรฟ้า (2545) “การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนโดยใช้ซีเมนต์และปูนขาว” วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรมทางหลวง (2556ข), มาตรฐานที่ ทล.-ม. 204/2556 มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์

กรมทางหลวง (2560), ข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ 1/2560 ข้อกำหนดพิเศษดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

ศุภกิจ และ อติมนต์ (2544) “อิทธิพลของปริมาณซีเมนต์และน้ำในมวลดินที่มีต่อความแข็งแรงของ ดินลูกรังผสมซีเมนต์” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 7, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง (2562) “โครงการเพื่อประยุกต์ใช้ยางพาราในงานซ่อมบำรุงผิวทางหลวง”, สำนักวิจัยและพัฒนาทาง, กรมทางหลวง

Cortez E. R. (2007) “Moisture effects on the mechanical behavior of flexible pavement subgrades” Ph.D. Dissertation, University of New Hampshire, Durham, NH, USA

Horpibulsuk, S., Katkan, W.,Sirilerdwattana, W., and Rachan, R. (2006) “Strength Development in Cement Stabilized Low Plasticity and Coarse Grained Soil: Laboratory and Field Study” Soil and Foundation, Vol.46, No.3, pp.351-366

Horpibulsuk, S., Rachan, R., Chinkulkijniwat, A., Raksachon Y. and Suddeepong, A. 2010. Analysis of strength development in cement-stablilized silty clay from microstructural consideration. Construction and Building Materials 24: 2011-2021. Lai, J., S. Wu and C.H. Chiang. 2011. Evaluating the compaction quality of backfills by stress wave velocities, ASTM Journal of Testing and Evaluation, 39(5): 785-791.\

Pinwiset K., Raksuntorn, W. and Witchayangkoon, B. (2018) “An Investigation and Test of Natural Rubber Latex Soil Cement Road”, International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, Vol. 9, No. 2, pp. 67-74

Ribeiro, D., Neri, R. and Cardoso, R. (2016) “Influence of Water Content in the UCS of Soil-Cement Mixtures for Different Cement Dosages”, Procedia Engineering, Vol. 143, pp. 59-66

Ryden, N. and Ekdahl, U. (2006) “Quality control of cement stabilized soil using non-destructive seismic tests”, Advanced Testing of Fresh Cementitious Materials, Stuttgart, Germany

Terashi (1997). Theme Lecture: Deep Mixing Method-Brief State of the Art, vol.4, pp. 2475-2478. In Proceeding of the 14th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering.

Verastegui-Flores, R.D., Di Emidio, G., Bezuijen, A., Vanwelleghem, J. and Kersemans, M. (2015) “Evaluation of the free-free resonant frequency method to determine stiffness moduli of cement-treated soil”. Soils and Foundations, 55(5), pp. 943-950, September.

สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน วัสดุดินลูกรัง

No.	Source	Description of Sample	Sieve Analysis % Passing								Plasticity		Comp. DH-T 108//2517		Lab C.B.R.		LA	Remark
			50.0	25.0	19.0	9.5	#4	#10	#40	#200	LL.	PI.	O.M.C. %	*pd* gm./ml.	C.B.R. %	Swell %		
CN-1	บ่อลูกรังสุนีย์	ดินลูกรัง	100	91.8	85.3	76.1	61.6	46.9	28.6	15.3	NP	NP	5.4	2.330	35.5	0.04	36.8	
	ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท						A-1-b											
	ทางหลวงหมายเลข 1																	
	กม. 277+020 RT 10300 ม.																	
CN-2	บ่อลูกรังสุนีย์	ดินลูกรัง	100	96.8	93.5	79.9	64.3	49.9	31.1	17.1	NP	NP	5.0	2.320	61	0.04	41.6	
	ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท						A-1-b											
	ทางหลวงหมายเลข 1																	
	กม. 277+020 RT 10300 ม.																	
CN-3	บ่อลูกรังสุนีย์	ดินลูกรัง	100	95.4	89.2	72.4	57.7	43.6	26.6	14.8	NP	NP	5.5	2.330	42	0.04	39.1	
	ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท						A-1-a											
	ทางหลวงหมายเลข 1																	
	กม. 277+020 RT 10300 ม.																	
CB-1	บ่อดิน จ.ชลบุรี	ดินลูกรัง	100	100		95.3	77.5	55.9	38.0	23.9	25.5	9.24	9.7	2.050	13	0.19	53.1	
	ทางหลวงหมายเลข 331						A-2-4											
	ตอนหนองปรือ - แปลงยาว																	
	กม. 106+500 RT 2.50 กม.																	
CB-2	บ่อดิน จ.ชลบุรี	ดินลูกรัง	100	100		93.4	71.7	46.6	30.0	18.0	25.8	9.24	9.5	2.120	14.2	0.16	49.2	
	ทางหลวงหมายเลข 331						A-2-4											
	ตอนหนองปรือ - แปลงยาว																	
	กม. 106+500 RT 2.50 กม.																	
CB-3	บ่อดิน จ.ชลบุรี	ดินลูกรัง	100	100		94.5	76.0	54.6	36.7	22.7	26.8	10	10.8	2.080	15.9	0.16	46.6	
	ทางหลวงหมายเลข 331						A-2-4											
	ตอนหนองปรือ - แปลงยาว																	
	กม. 106+500 RT 2.50 กม.																	

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

SIEVE ANALYSIS TEST

FOR : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Test Date : 07-04-20

Tested by : Chalermchai Trakulphudphong

Sample : CN-1 (ดินลูกรัง)

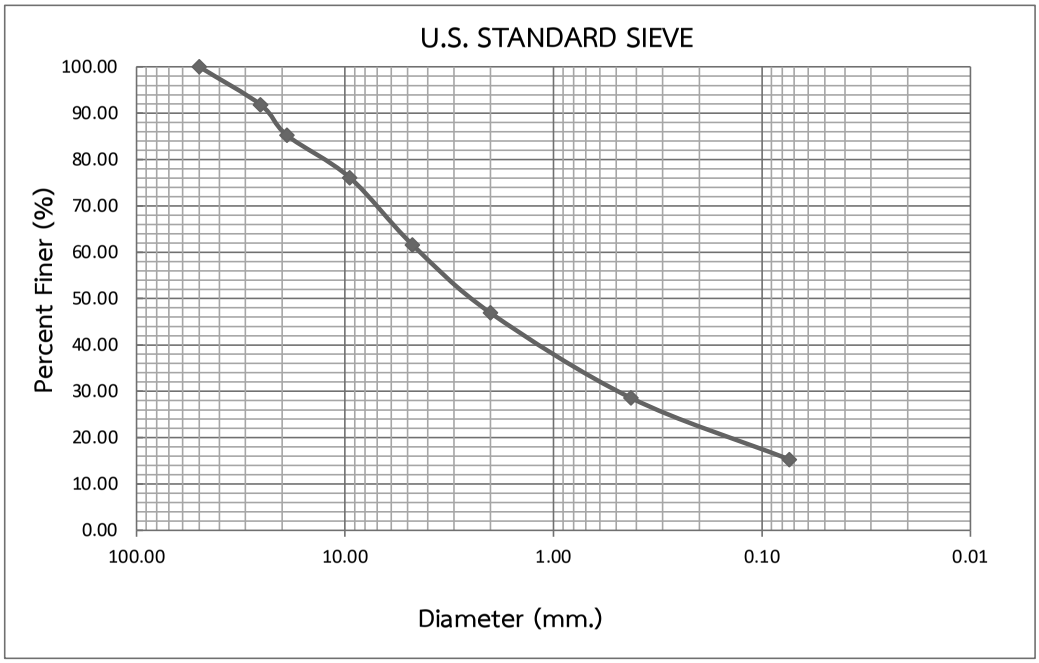
Location : บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

SAMPLE WEIGHT	
CONTAINER NO.	-
WEIGHT OF CONTAINER + DRY SOIL (gm.)	-
WEIGHT OF CONTAINER (gm.)	-
WEIGHT OF SOIL (gm.)	1000.00

SIEVE NO.	SIEVE OPENING mm.	WEIGHT OF SIEVE gm.	WEIGHT OF SIEVE + SOIL, gm.	WEIGHT OF SOIL RETAINED, gm.	CUMULATIVE RETAINED, gm.	CUMULATIVE RETAINED, %	PERCENT FINER %
2"	50.0	721.72	721.72	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	735.00	816.57	81.57	81.57	8.16	91.84
3/4"	19.0	814.01	879.61	65.60	147.17	14.72	85.28
3/8"	9.50	778.00	869.68	91.68	238.85	23.89	76.12
4	4.75	775.36	920.28	144.92	383.77	38.38	61.62
10	2.00	681.62	828.92	147.30	531.07	53.11	46.89
40	0.425	566.12	749.28	183.16	714.23	71.42	28.58
200	0.074	497.02	629.97	132.95	847.18	84.72	15.28
PAN	-	488.60	641.42	152.82	1000.00	100.00	0.00

Approved by : .....

Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow


U.S. STANDARD SIEVE
Percent Finer (%)
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
100.00
10.00
1.00
0.10
0.01
Diameter (mm.)

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

SIEVE ANALYSIS TEST

FOR : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Test Date : 07-04-20

Tested by : Chalermchai Trakulphudphong

Sample : CN-2 (ดินลูกรัง)

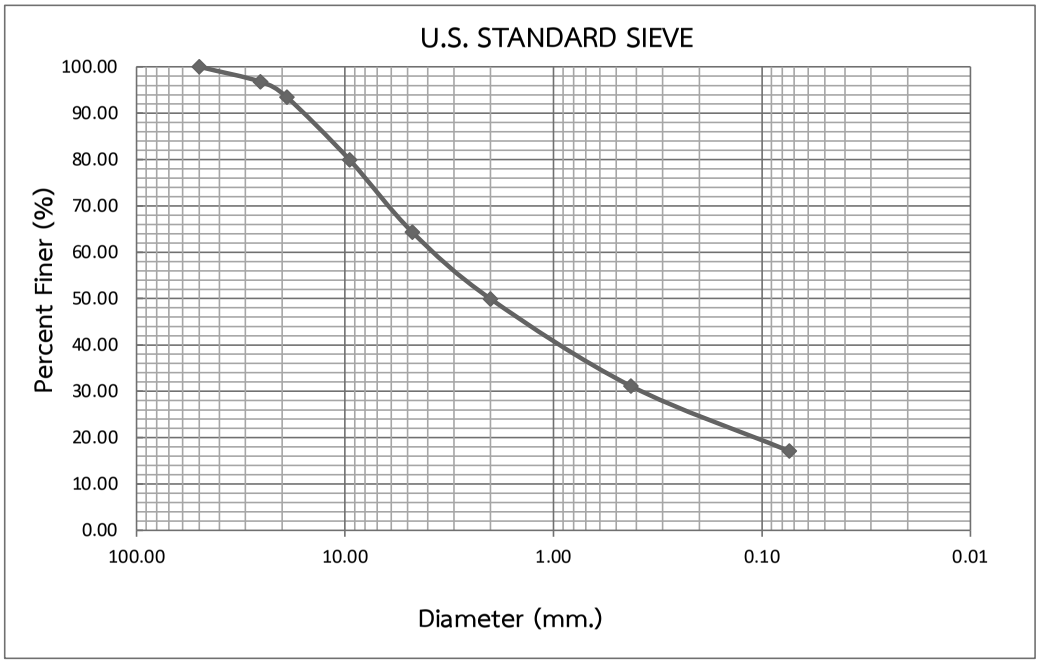
Location : บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

SAMPLE WEIGHT	
CONTAINER NO.	-
WEIGHT OF CONTAINER + DRY SOIL (gm.)	-
WEIGHT OF CONTAINER (gm.)	-
WEIGHT OF SOIL (gm.)	1000.00

SIEVE NO.	SIEVE OPENING mm.	WEIGHT OF SIEVE gm.	WEIGHT OF SIEVE + SOIL, gm.	WEIGHT OF SOIL RETAINED, gm.	CUMULATIVE RETAINED, gm.	CUMULATIVE RETAINED, %	PERCENT FINER %
2"	50.0	721.72	721.72	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	735.00	767.36	32.36	32.36	3.24	96.76
3/4"	19.0	819.26	852.27	33.01	65.37	6.54	93.46
3/8"	9.50	778.00	913.53	135.53	200.90	20.09	79.91
4	4.75	775.36	931.26	155.90	356.80	35.68	64.32
10	2.00	681.62	825.62	144.00	500.80	50.08	49.92
40	0.425	566.12	753.93	187.81	688.61	68.86	31.14
200	0.074	497.02	637.20	140.18	828.79	82.88	17.12
PAN	-	488.60	659.81	171.21	1000.00	100.00	0.00

Approved by : .....

Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow


U.S. STANDARD SIEVE
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
Percent Finer (%)
100.00
10.00
1.00
0.10
0.01
Diameter (mm.)

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

SIEVE ANALYSIS TEST

FOR : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Test Date : 07-04-20

Tested by : Chalermchai Trakulphudphong

Sample : CN-3 (ดินลูกรัง)

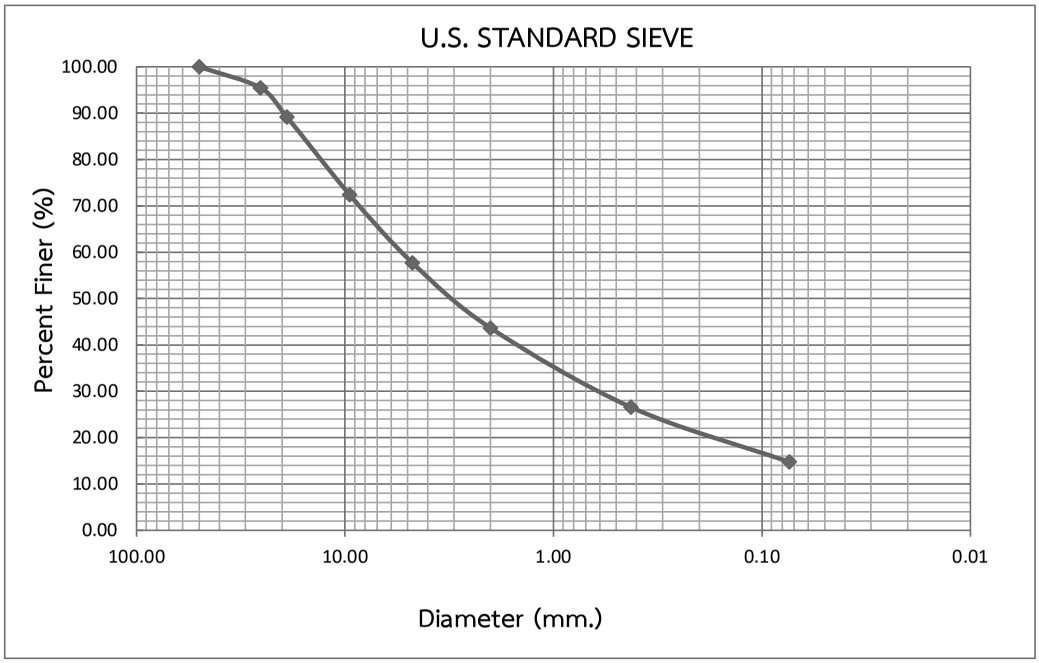
Location : บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

SAMPLE WEIGHT	
CONTAINER NO.	-
WEIGHT OF CONTAINER + DRY SOIL (gm.)	-
WEIGHT OF CONTAINER (gm.)	-
WEIGHT OF SOIL (gm.)	1000.00

SIEVE NO.	SIEVE OPENING mm.	WEIGHT OF SIEVE gm.	WEIGHT OF SIEVE + SOIL, gm.	WEIGHT OF SOIL RETAINED, gm.	CUMULATIVE RETAINED, gm.	CUMULATIVE RETAINED, %	PERCENT FINER %
2"	50.0	721.72	721.72	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	735.00	780.56	45.56	45.56	4.56	95.44
3/4"	19.0	819.26	881.56	62.30	107.86	10.79	89.21
3/8"	9.50	778.00	946.24	168.24	276.10	27.61	72.39
4	4.75	775.36	922.18	146.82	422.92	42.29	57.71
10	2.00	681.62	822.66	141.04	563.96	56.40	43.60
40	0.425	566.12	736.53	170.41	734.37	73.44	26.56
200	0.074	497.02	615.16	118.14	852.51	85.25	14.75
PAN	-	488.60	636.09	147.49	1000.00	100.00	0.00

Approved by : .....

Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow


U.S. STANDARD SIEVE
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
Percent Finer (%)
100.00
10.00
1.00
0.10
0.01
Diameter (mm.)

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

SIEVE ANALYSIS TEST

FOR : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Test Date : 08-04-20

Tested by : Chalermchai Trakulphudphong

Sample : CB-1 (ดินลูกรัง)

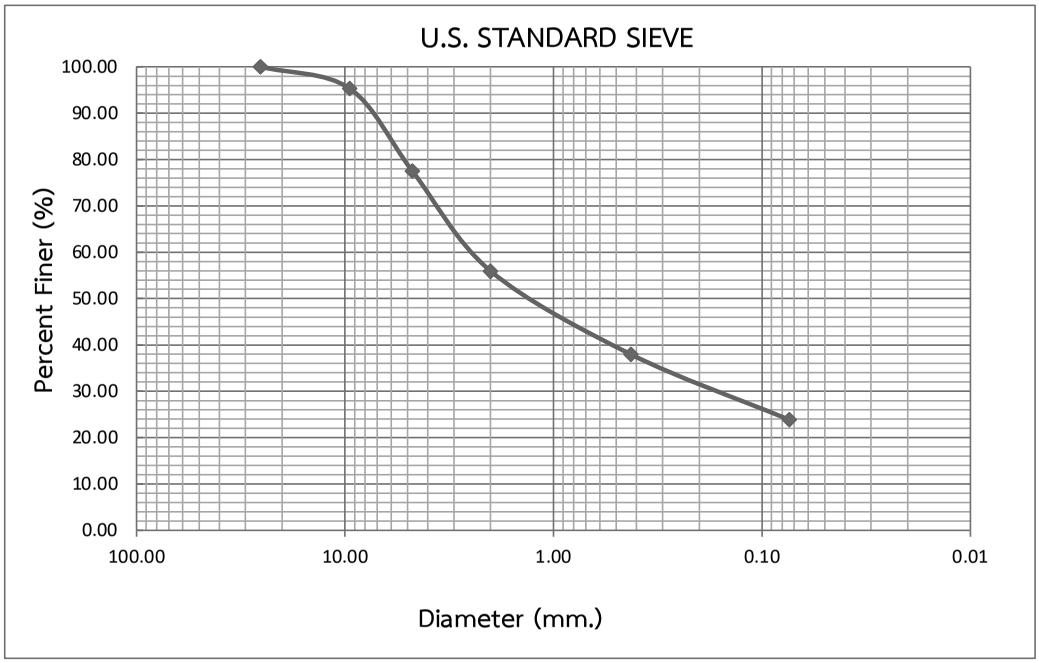
Location : บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

SAMPLE WEIGHT	
CONTAINER NO.	-
WEIGHT OF CONTAINER + DRY SOIL (gm.)	-
WEIGHT OF CONTAINER (gm.)	-
WEIGHT OF SOIL (gm.)	1000.00

SIEVE NO.	SIEVE OPENING mm.	WEIGHT OF SIEVE gm.	WEIGHT OF SIEVE + SOIL, gm.	WEIGHT OF SOIL RETAINED, gm.	CUMULATIVE RETAINED, gm.	CUMULATIVE RETAINED, %	PERCENT FINER %
1"	25.4	735.04	735.04	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	788.28	834.90	46.62	46.62	4.66	95.34
4	4.75	775.20	953.17	177.97	224.59	22.46	77.54
10	2.00	682.02	898.28	216.26	440.85	44.09	55.92
40	0.425	566.15	745.53	179.38	620.23	62.02	37.98
200	0.074	497.05	638.05	141.00	761.23	76.12	23.88
PAN	-	488.70	727.47	238.77	1000.00	100.00	0.00

Approved by : .....

Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow


U.S. STANDARD SIEVE
Percent Finer (%)
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
100.00
10.00
1.00
0.10
0.01
Diameter (mm.)

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

SIEVE ANALYSIS TEST

FOR : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Test Date : 08-04-20

Tested by : Chalermchai Trakulphudphong

Sample : CB-2 (ดินลูกรัง)

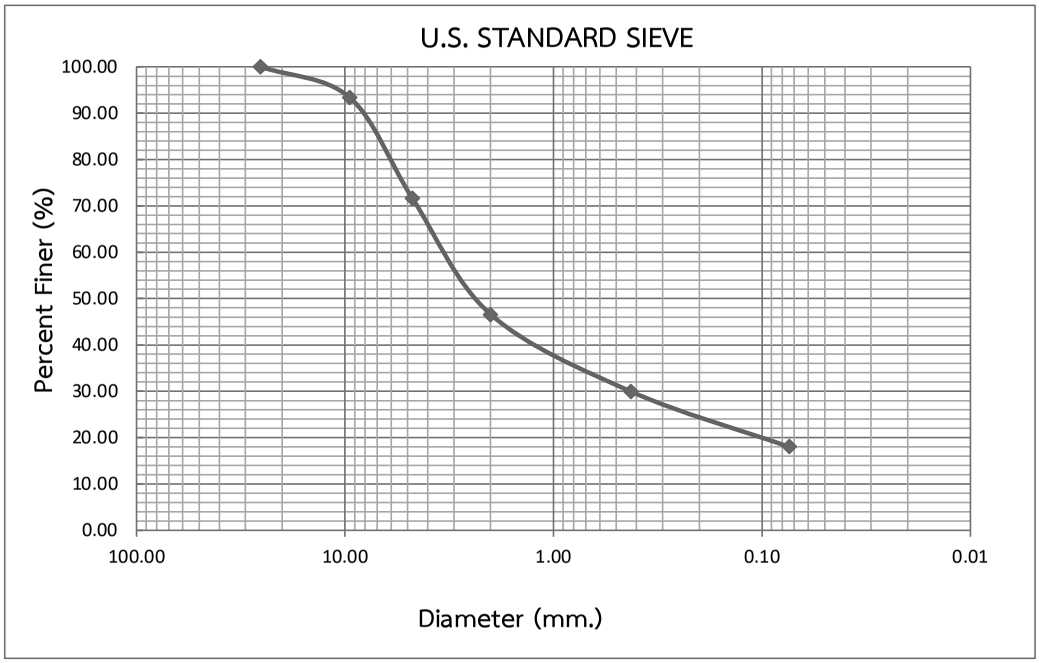
Location : บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

SAMPLE WEIGHT	
CONTAINER NO.	-
WEIGHT OF CONTAINER + DRY SOIL (gm.)	-
WEIGHT OF CONTAINER (gm.)	-
WEIGHT OF SOIL (gm.)	1000.00

SIEVE NO.	SIEVE OPENING mm.	WEIGHT OF SIEVE gm.	WEIGHT OF SIEVE + SOIL, gm.	WEIGHT OF SOIL RETAINED, gm.	CUMULATIVE RETAINED, gm.	CUMULATIVE RETAINED, %	PERCENT FINER %
1"	25.4	735.04	735.04	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	788.28	854.25	65.97	65.97	6.60	93.40
4	4.75	775.20	992.55	217.35	283.32	28.33	71.67
10	2.00	682.02	932.93	250.91	534.23	53.42	46.58
40	0.425	566.15	732.20	166.05	700.28	70.03	29.97
200	0.074	497.05	616.38	119.33	819.61	81.96	18.04
PAN	-	488.70	669.09	180.39	1000.00	100.00	0.00

Approved by : .....

Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow


U.S. STANDARD SIEVE
Percent Finer (%)
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
100.00
10.00
1.00
0.10
0.01
Diameter (mm.)

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

SIEVE ANALYSIS TEST

FOR : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Test Date : 08-04-20

Tested by : Chalermchai Trakulphudphong

Sample : CB-3 (ดินลูกรัง)

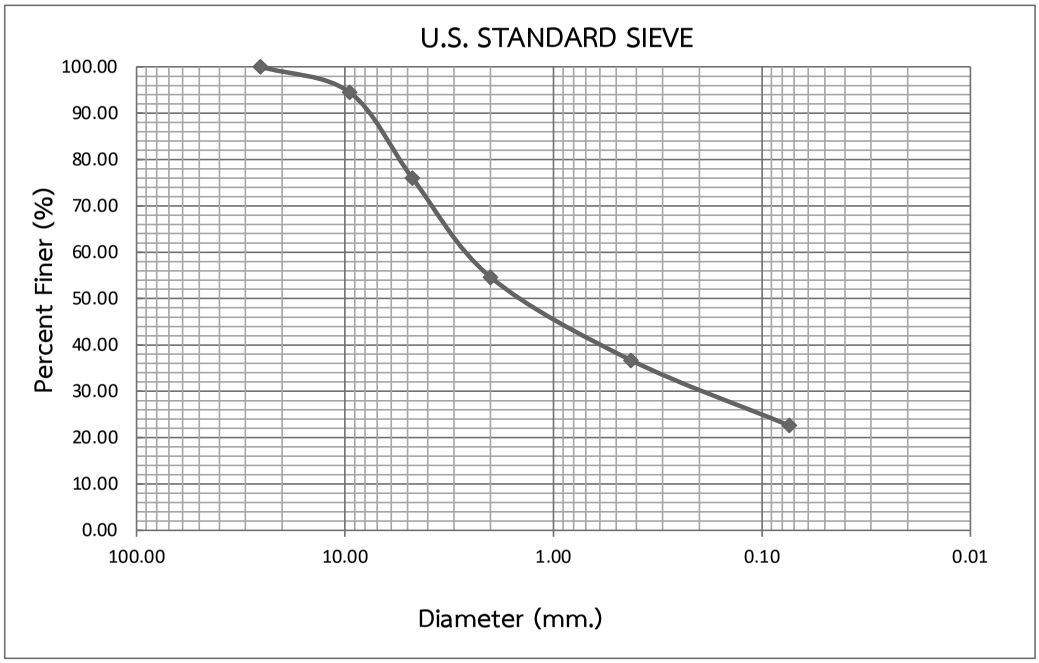
Location : บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

SAMPLE WEIGHT	
CONTAINER NO.	-
WEIGHT OF CONTAINER + DRY SOIL (gm.)	-
WEIGHT OF CONTAINER (gm.)	-
WEIGHT OF SOIL (gm.)	1000.00

SIEVE NO.	SIEVE OPENING mm.	WEIGHT OF SIEVE gm.	WEIGHT OF SIEVE + SOIL, gm.	WEIGHT OF SOIL RETAINED, gm.	CUMULATIVE RETAINED, gm.	CUMULATIVE RETAINED, %	PERCENT FINER %
1"	25.4	735.04	735.04	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	788.28	843.42	55.14	55.14	5.51	94.49
4	4.75	775.20	959.88	184.68	239.82	23.98	76.02
10	2.00	682.02	896.38	214.36	454.18	45.42	54.58
40	0.425	566.15	745.09	178.94	633.12	63.31	36.69
200	0.074	497.05	637.46	140.41	773.53	77.35	22.65
PAN	-	488.70	2.00	226.47	1000.00	100.00	0.00

Approved by : .....

Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow


U.S. STANDARD SIEVE
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
Percent Finer (%)
100.00
10.00
1.00
0.10
0.01
Diameter (mm.)

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

LIQUID AND PLASTIC LIMITS TEST

For :Department of Highways

Project :โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Test Date : 6/4/20

Sample : CN-1 (ดินลูกรัง)

Tested by : (Chalermchai)

Approved by : (Asst.Prof.Dr.Susit Chaiprakaikeow)

Location : บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

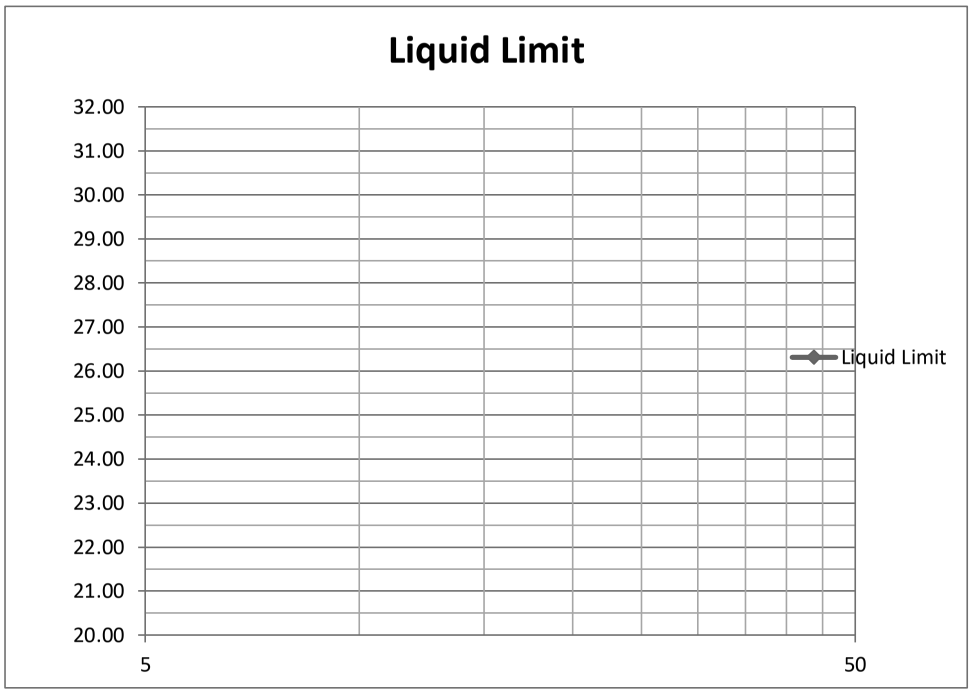
LIQUID LIMIT TEST :

NO. OF BLOWS, N				
CAN NO.				
WET SOIL + CAN, gm.				
DRY SOIL + CAN, gm.	Nonplastic			
WT. OF CAN, gm.				
WT' OF WATER, gm.				
WT. OF DRY SOIL, gm.				
% WATER CONTENT				

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID



PLASTIC LIMIT TEST (PL) :

CAN NO.	5	6
WET SOIL + CAN, gm.		
DRY SOIL + CAN, gm.		
WT. OF CAN, gm.		
WT. OF WATER, gm.		
WT. OF DRY SOIL, gm.		
% WATER CONTENT		
Average		

LIQUID LIMIT %

PLASTIC LIMIT %

PLASTICCITY INDEX

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

LIQUID AND PLASTIC LIMITS TEST

For :Department of Highways

Project :โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Test Date : 6/4/20

Sample : CN-2 (ดินลูกรัง)

Tested by : (Chalermchai)

Approved by (Asst.Prof.Dr.Susit Chaiprakaikeow)

Location : บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

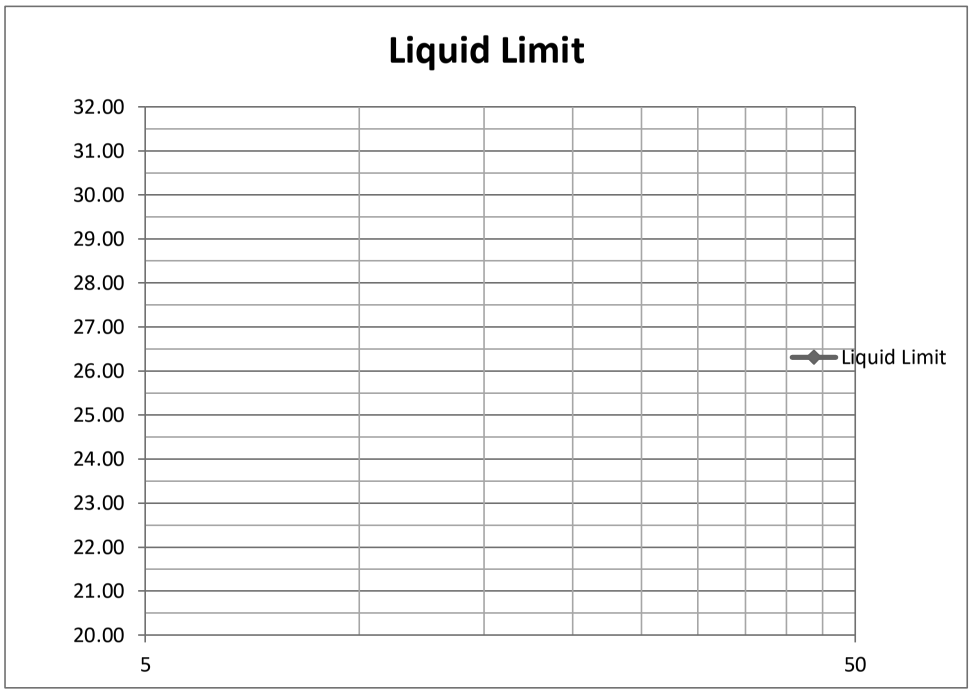
LIQUID LIMIT TEST :

NO. OF BLOWS, N				
CAN NO.				
WET SOIL + CAN, gm.				
DRY SOIL + CAN, gm.	Nonplastic			
WT. OF CAN, gm.				
WT' OF WATER, gm.				
WT. OF DRY SOIL, gm.				
% WATER CONTENT				

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID



PLASTIC LIMIT TEST (PL) :

CAN NO.	5	6
WET SOIL + CAN, gm.		
DRY SOIL + CAN, gm.		
WT. OF CAN, gm.		
WT. OF WATER, gm.		
WT. OF DRY SOIL, gm.		
% WATER CONTENT		
Average		

LIQUID LIMIT %

PLASTIC LIMIT %

PLASTICCITY INDEX

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

LIQUID AND PLASTIC LIMITS TEST

For :Department of Highways

Project :โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Test Date : 6/4/20

Sample : CN-3 (ดินลูกรัง)

Tested by : (Chalermchai)

Approved by (Asst.Prof.Dr.Susit Chaiprakaikeow)

Location : บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

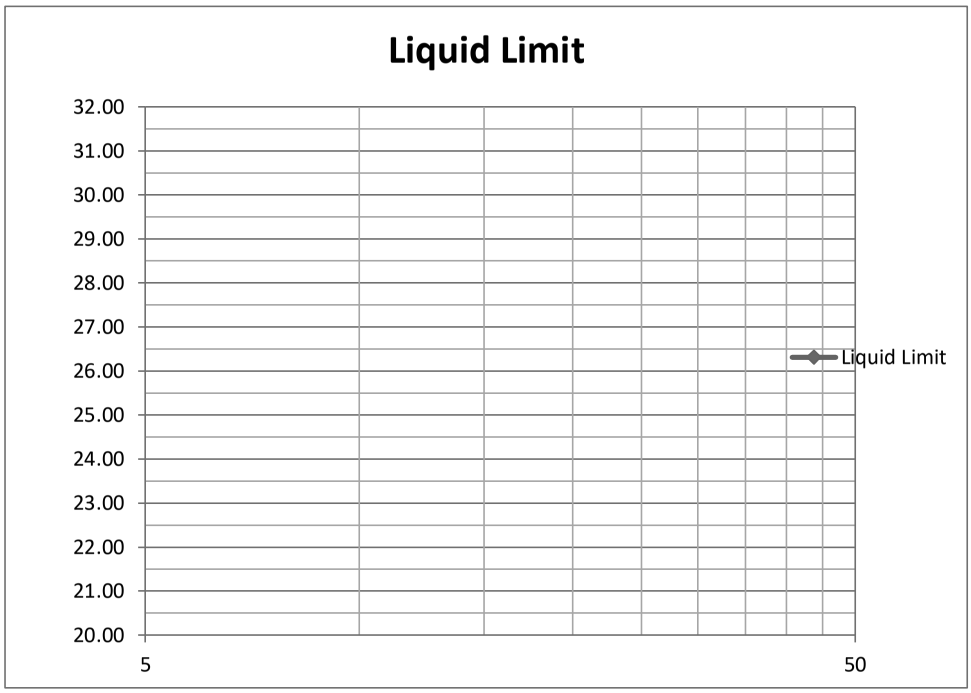
LIQUID LIMIT TEST :

NO. OF BLOWS, N				
CAN NO.				
WET SOIL + CAN, gm.				
DRY SOIL + CAN, gm.	Nonplastic			
WT. OF CAN, gm.				
WT' OF WATER, gm.				
WT. OF DRY SOIL, gm.				
% WATER CONTENT				

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID



PLASTIC LIMIT TEST (PL) :

CAN NO.	5	6
WET SOIL + CAN, gm.		
DRY SOIL + CAN, gm.		
WT. OF CAN, gm.		
WT. OF WATER, gm.		
WT. OF DRY SOIL, gm.		
% WATER CONTENT		
Average		

LIQUID LIMIT %

PLASTIC LIMIT %

PLASTICCITY INDEX

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

LIQUID AND PLASTIC LIMITS TEST

For :Department of Highways

Project :โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Test Date : 6/4/20

Sample : CB-1 (ดินลูกรัง)

Tested by : (Chalermchai)

Approved by : (Asst.Prof.Dr.Susit Chaiprakaikeow)

Location : บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

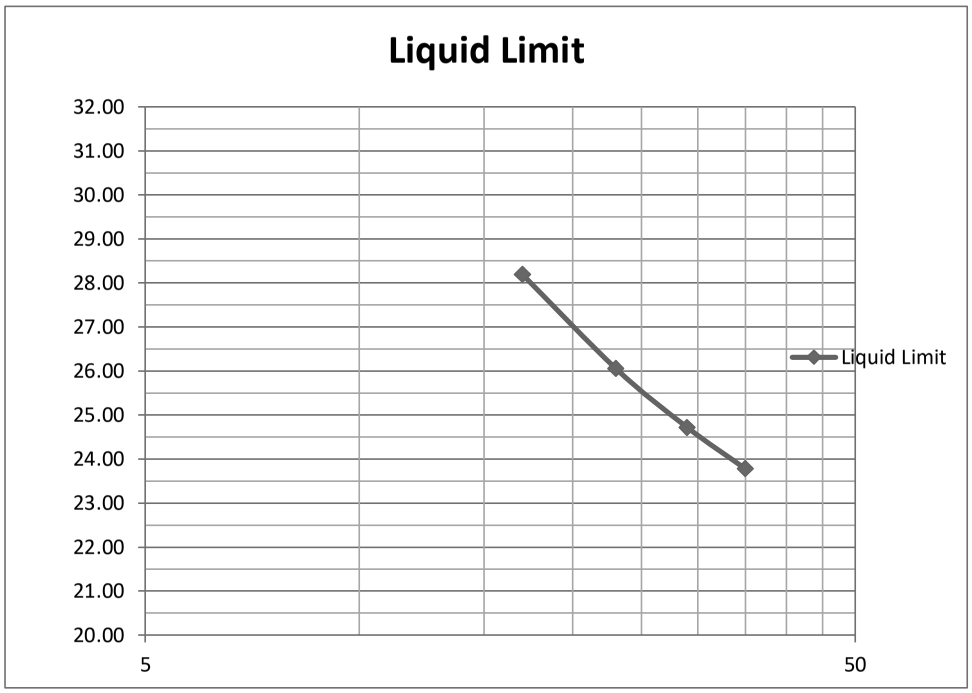
LIQUID LIMIT TEST :

NO. OF BLOWS, N		35	29	23	17
CAN NO.		1	2	3	4
WET SOIL + CAN,	gm.	32.28	34.87	29.24	30.31
DRY SOIL + CAN,	gm.	29.00	31.58	26.40	27.11
WT. OF CAN,	gm.	15.21	18.27	15.50	15.76
WT' OF WATER,	gm.	3.28	3.29	2.84	3.20
WT. OF DRY SOIL,	gm.	13.79	13.31	10.90	11.35
% WATER CONTENT		23.79	24.72	26.06	28.19

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID



PLASTIC LIMIT TEST (PL) :

CAN NO.		5	6
WET SOIL + CAN,	gm.	27.38	33.04
DRY SOIL + CAN,	gm.	25.34	30.95
WT. OF CAN,	gm.	12.91	17.97
WT. OF WATER,	gm.	2.04	2.09
WT. OF DRY SOIL,	gm.	12.43	12.98
% WATER CONTENT		16.41	16.10
Average		16.26	

LIQUID LIMIT	%	25.50
PLASTIC LIMIT	%	16.26
PLASTICCITY INDEX		9.24

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

LIQUID AND PLASTIC LIMITS TEST

For :Department of Highways

Project :โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Test Date : 6/4/20

Sample : CB-2 (ดินลูกรัง)

Tested by : (Chalermchai)

Approved by (Asst.Prof.Dr.Susit Chaiprakaikeow)

Location : บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

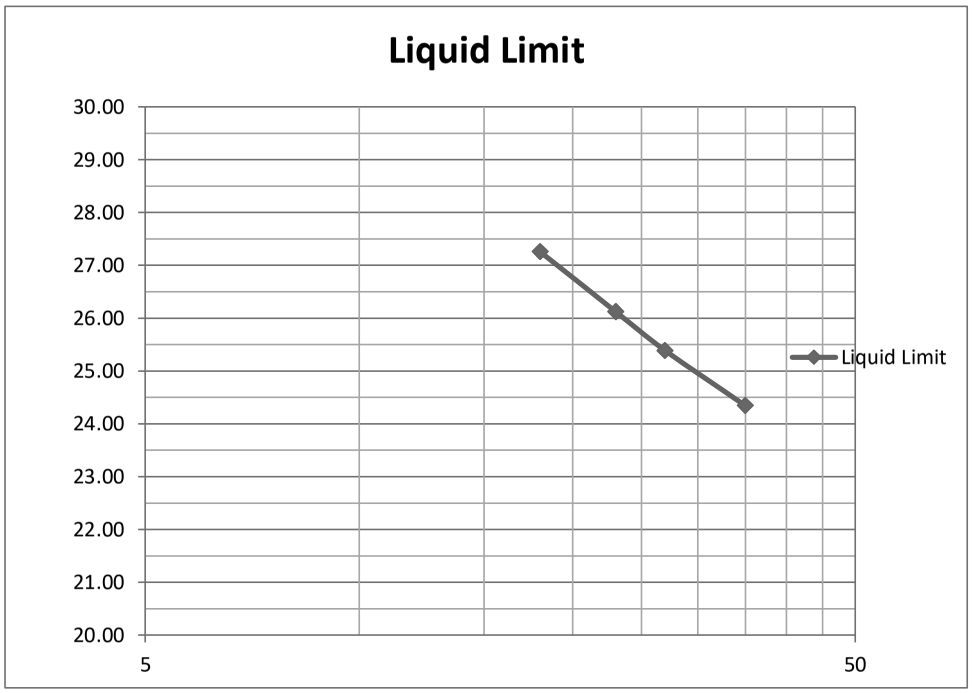
LIQUID LIMIT TEST :

NO. OF BLOWS, N	35	27	23	18
CAN NO.	1	2	3	4
WET SOIL + CAN, gm.	35.79	29.61	27.40	33.53
DRY SOIL + CAN, gm.	32.62	26.48	24.43	30.21
WT. OF CAN, gm.	19.60	14.15	13.06	18.03
WT' OF WATER, gm.	3.17	3.13	2.97	3.32
WT. OF DRY SOIL, gm.	13.02	12.33	11.37	12.18
% WATER CONTENT	24.35	25.39	26.12	27.26

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID



PLASTIC LIMIT TEST (PL) :

CAN NO.		5	6
WET SOIL + CAN,	gm.	32.15	29.51
DRY SOIL + CAN,	gm.	30.12	27.46
WT. OF CAN,	gm.	17.73	15.14
WT. OF WATER,	gm.	2.03	2.05
WT. OF DRY SOIL,	gm.	12.39	12.32
% WATER CONTENT		16.38	16.64
Average		16.51	

LIQUID LIMIT	%	25.75
PLASTIC LIMIT	%	16.51
PLASTICCITY INDEX		9.24

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

LIQUID AND PLASTIC LIMITS TEST

For :Department of Highways

Project :โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Test Date : 6/4/20

Sample : CB-3 (ดินลูกรัง)

Tested by : (Chalermchai)

Approved by (Asst.Prof.Dr.Susit Chaiprakaikeow)

Location : บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

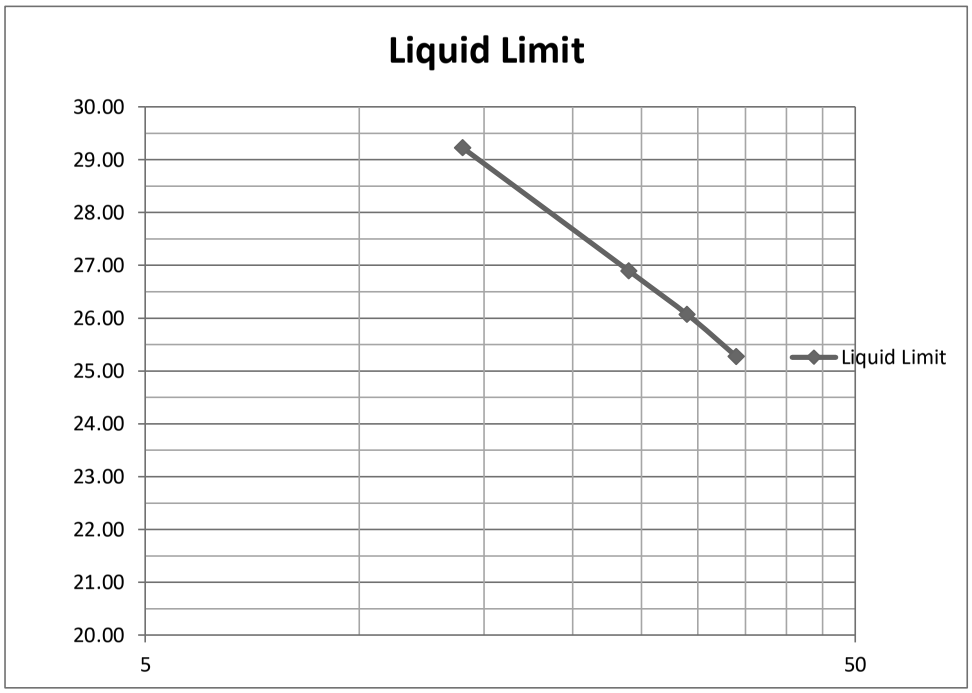
LIQUID LIMIT TEST :

NO. OF BLOWS, N		34	29	24	14
CAN NO.		1	2	3	4
WET SOIL + CAN,	gm.	40.14	30.61	38.13	34.62
DRY SOIL + CAN,	gm.	36.70	27.27	35.29	31.23
WT. OF CAN,	gm.	23.09	14.46	24.73	19.63
WT' OF WATER,	gm.	3.44	3.34	2.84	3.39
WT. OF DRY SOIL,	gm.	13.61	12.81	10.56	11.60
% WATER CONTENT		25.28	26.07	26.89	29.22

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID



PLASTIC LIMIT TEST (PL) :

CAN NO.		5	6
WET SOIL + CAN,	gm.	28.63	38.75
DRY SOIL + CAN,	gm.	26.76	36.49
WT. OF CAN,	gm.	15.59	22.94
WT. OF WATER,	gm.	1.87	2.26
WT. OF DRY SOIL,	gm.	11.17	13.55
% WATER CONTENT		16.74	16.68
Average		16.71	

LIQUID LIMIT	%	26.75
PLASTIC LIMIT	%	16.71
PLASTICCITY INDEX		10.04

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

COMPACTION TEST

FOR : Department of Highways Test Date : 09-04-20

PROJECT : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย Sample : CN-1 (ดินลูกรัง)

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Type of Compaction : Modified Proctor Test by :

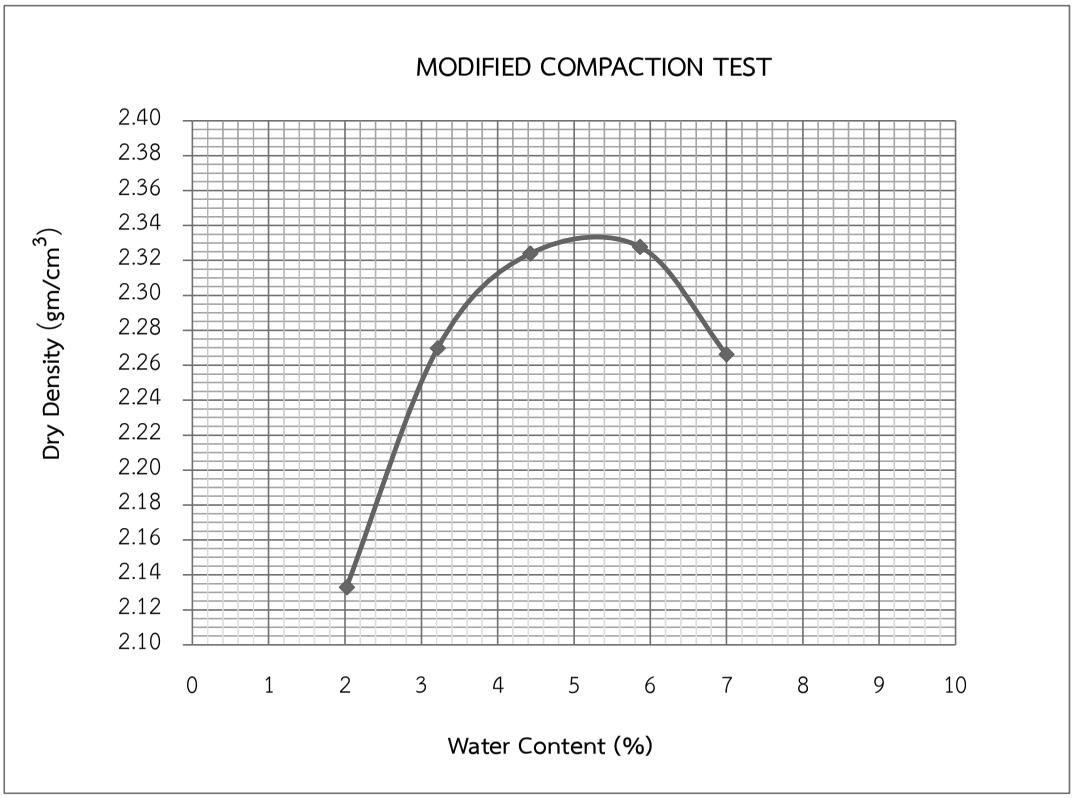
Mold Volume 925.70 cm^3 (Chalermchai Trakulphudphong)

Number of Layer 5 Blows Per Layer 25 Approved by :

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION TEST (AASHTO T-180 METHOD A)

WATER CONTENT DETERMINATION						
TRIAL NO.		1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN,	g	169.67	147.13	156.58	165.00	171.93
DRY SOIL + CAN,	g	166.83	143.37	150.69	157.32	162.39
WT. OF CAN,	g	26.43	26.41	17.61	26.40	26.07
WT. OF WATER,	g	2.84	3.76	5.89	7.68	9.54
WT. OF DRY SOIL,	g	140.40	116.96	133.08	130.92	136.32
% WATER CONTENT		2.02	3.21	4.43	5.87	7.00
DENSITY DETERMINATION :						
WT. OF SOIL + MOLD,	g	4024.85	4179.08	4256.85	4291.63	4255.05
WT. OF MOLD,	g	2010.37	2010.37	2010.37	2010.37	2010.37
WT. OF SOIL IN MOLD,	g	2014.48	2168.71	2246.48	2281.26	2244.68
WET DENSITY,	g/cm^3	2.18	2.34	2.43	2.46	2.42
DRY DENSITY,	g/cm^3	2.13	2.27	2.32	2.33	2.27



OPTIMUM WATER CONTENT, $W_{opt.}$ = 5.40 %

MAXIMUM DRY DENSITY, $g_{d(max)}$ = 2.33 gm/cm^3

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

COMPACTION TEST

FOR : Department of Highways Test Date : 09-04-20

PROJECT : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย Sample : CN-2 (ดินลูกรัง)

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Type of Compaction : Modified Proctor Test by :

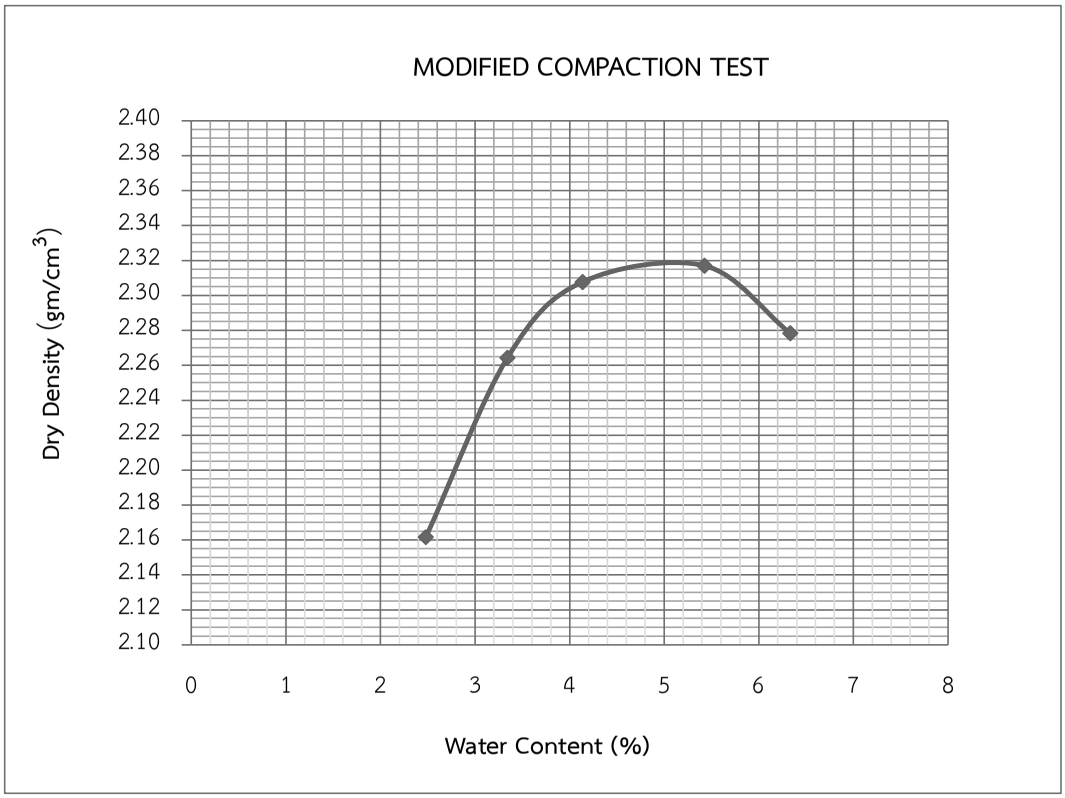
Mold Volume 925.70 cm^3 (Chalermchai Trakulphudphong)

Number of Layer 5 Blows Per Layer 25 Approved by :

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION TEST (AASHTO T-180 METHOD A)

WATER CONTENT DETERMINATION						
TRIAL NO.		1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN,	g	116.05	104.55	96.30	115.59	110.80
DRY SOIL + CAN,	g	113.62	101.71	93.39	110.82	105.24
WT. OF CAN,	g	15.55	16.73	23.00	22.92	17.44
WT. OF WATER,	g	2.43	2.84	2.91	4.77	5.56
WT. OF DRY SOIL,	g	98.07	84.98	70.39	87.90	87.80
% WATER CONTENT		2.48	3.34	4.13	5.43	6.33
DENSITY DETERMINATION :						
WT. OF SOIL + MOLD,	g	4060.85	4176.40	4234.79	4271.53	4252.91
WT. OF MOLD,	g	2010.37	2010.37	2010.37	2010.37	2010.37
WT. OF SOIL IN MOLD,	g	2050.48	2166.03	2224.42	2261.16	2242.54
WET DENSITY,	g/cm^3	2.22	2.34	2.40	2.44	2.42
DRY DENSITY,	g/cm^3	2.16	2.26	2.31	2.32	2.28



OPTIMUM WATER CONTENT, $W_{opt.}$ = 5.00 %

MAXIMUM DRY DENSITY, $g_{d(max)}$ = 2.32 gm/cm^3

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

COMPACTION TEST

FOR : Department of Highways Test Date : 09-04-20

PROJECT : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย Sample : CN-3 (ดินลูกรัง)

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Type of Compaction : Modified Proctor Test by :

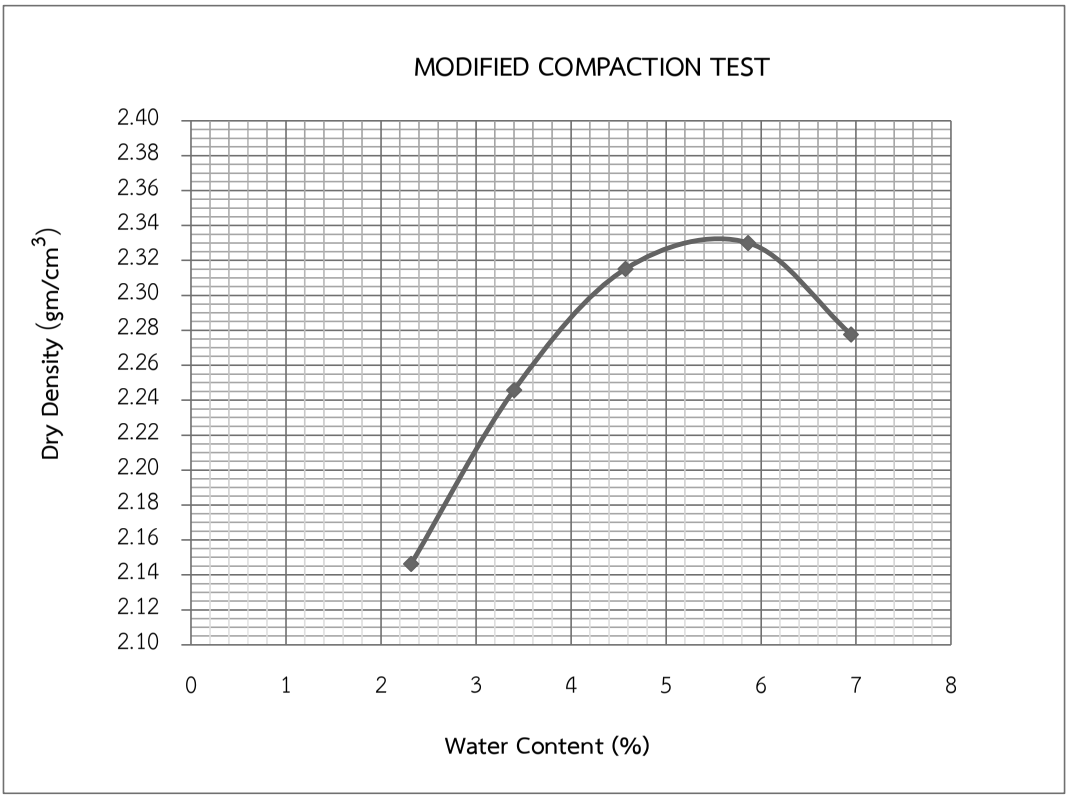
Mold Volume 942.157 cm3 (Chalermchai Trakulphudphong)

Number of Layer 5 Blows Per Layer 25 Approved by :

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION TEST (AASHTO T-180 METHOD A)

WATER CONTENT DETERMINATION						
TRIAL NO.		1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN,	g	107.65	111.49	109.44	96.62	66.10
DRY SOIL + CAN,	g	105.81	108.40	105.81	92.71	62.94
WT. OF CAN,	g	26.39	17.60	26.44	26.01	17.45
WT. OF WATER,	g	1.84	3.09	3.63	3.91	3.16
WT. OF DRY SOIL,	g	79.42	90.8	79.37	66.70	45.49
% WATER CONTENT		2.32	3.40	4.57	5.86	6.95
DENSITY DETERMINATION :						
WT. OF SOIL + MOLD,	g	3965.00	4084.00	4177.00	4220	4191
WT. OF MOLD,	g	1896	1896	1896	1896	1896
WT. OF SOIL IN MOLD,	g	2069	2188	2281	2324	2295
WET DENSITY,	g/cm^3	2.20	2.32	2.42	2.47	2.44
DRY DENSITY,	g/cm^3	2.15	2.25	2.32	2.33	2.28



OPTIMUM WATER CONTENT, $W_{opt.}$ = 5.50 %

MAXIMUM DRY DENSITY, $g_{d(max)}$ = 2.33 gm/cm^3

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

COMPACTION TEST

FOR : Department of Highways Test Date : 10-04-20

PROJECT : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย Sample : CB-1 (ดินลูกรัง)

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Type of Compaction : Modified Proctor Test by :

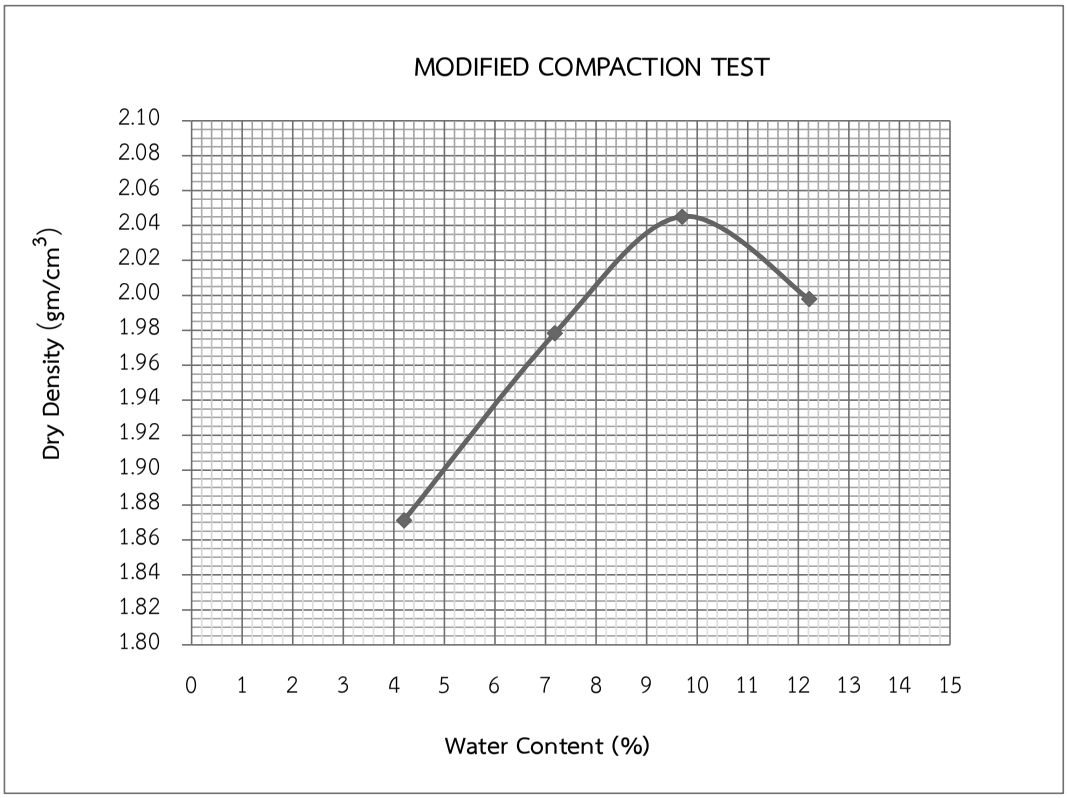
Mold Volume 925.70 cm^3 (Chalermchai Trakulphudphong)

Number of Layer 5 Blows Per Layer 25 Approved by :

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION TEST (AASHTO T-180 METHOD A)

WATER CONTENT DETERMINATION						
TRIAL NO.		1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN,	g	90.89	102.85	95.55	107.28	
DRY SOIL + CAN,	g	87.84	96.93	88.70	97.31	
WT. OF CAN,	g	15.24	14.53	18.06	15.67	
WT. OF WATER,	g	3.05	5.92	6.85	9.97	
WT. OF DRY SOIL,	g	72.60	82.4	70.64	81.64	
% WATER CONTENT		4.20	7.18	9.70	12.21	
DENSITY DETERMINATION :						
WT. OF SOIL + MOLD,	g	3815.27	3973.32	4087.10	4085.64	
WT. OF MOLD,	g	2010.37	2010.37	2010.37	2010.37	
WT. OF SOIL IN MOLD,	g	1804.9	1962.95	2076.73	2075.27	
WET DENSITY,	g/cm^3	1.95	2.12	2.24	2.24	
DRY DENSITY,	g/cm^3	1.87	1.98	2.05	2.00	



OPTIMUM WATER CONTENT, $W_{opt.}$ = 9.70 %

MAXIMUM DRY DENSITY, $g_{d(max)}$ = 2.05 gm/cm^3

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

COMPACTION TEST

FOR : Department of Highways Test Date : 10-04-20

PROJECT : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย Sample : CB-2 (ดินลูกรัง)

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Type of Compaction : Modified Proctor Test by :

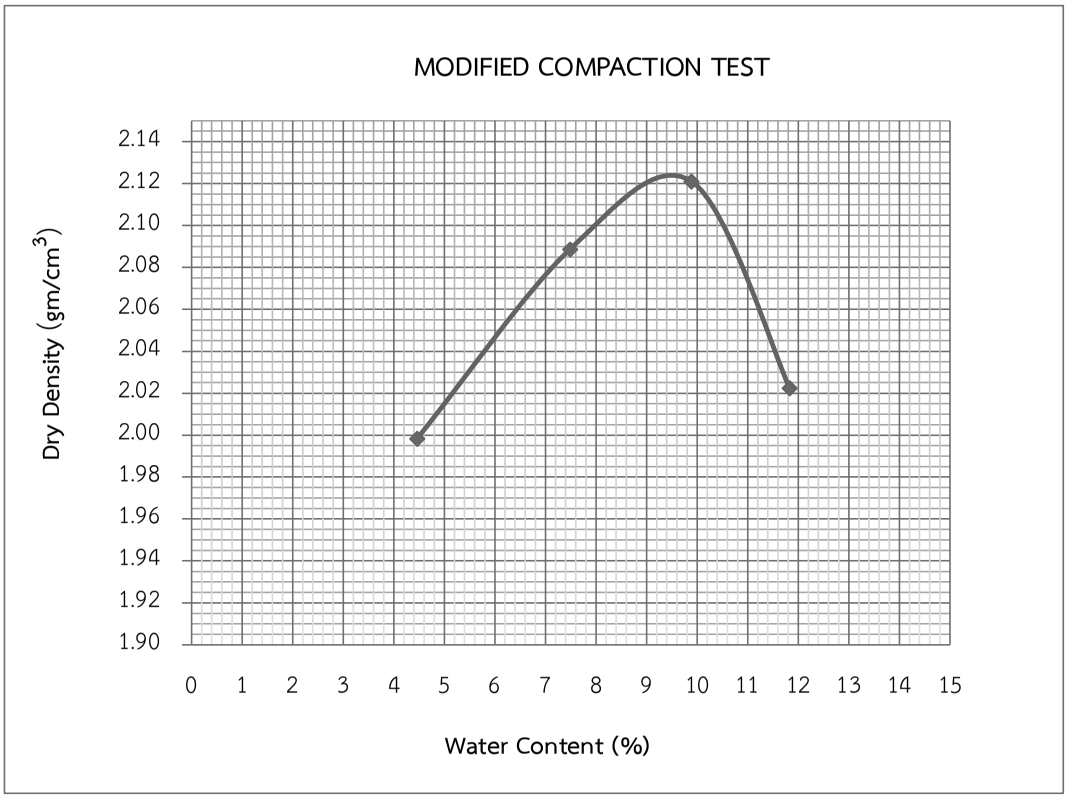
Mold Volume 925.70 cm^3 (Chalermchai Trakulphudphong)

Number of Layer 5 Blows Per Layer 25 Approved by :

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION TEST (AASHTO T-180 METHOD A)

WATER CONTENT DETERMINATION						
TRIAL NO.		1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN,	g	98.65	93.58	94.24	107.52	
DRY SOIL + CAN,	g	95.10	88.43	87.18	97.53	
WT. OF CAN,	g	15.52	19.60	15.76	13.07	
WT. OF WATER,	g	3.55	5.15	7.06	9.99	
WT. OF DRY SOIL,	g	79.58	68.83	71.42	84.46	
% WATER CONTENT		4.46	7.48	9.89	11.83	
DENSITY DETERMINATION :						
WT. OF SOIL + MOLD,	g	3942.64	4088.36	4167.91	4103.92	
WT. OF MOLD,	g	2010.37	2010.37	2010.37	2010.37	
WT. OF SOIL IN MOLD,	g	1932.27	2077.99	2157.54	2093.55	
WET DENSITY,	g/cm^3	2.09	2.24	2.33	2.26	
DRY DENSITY,	g/cm^3	2.00	2.09	2.12	2.02	



OPTIMUM WATER CONTENT, $W_{opt.}$ = 9.50 %

MAXIMUM DRY DENSITY, $g_{d(max)}$ = 2.12 gm/cm^3

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

COMPACTION TEST

FOR : Department of Highways Test Date : 10-04-20

PROJECT : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย Sample : CB-3 (ดินลูกรัง)

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Type of Compaction : Modified Proctor Test by :

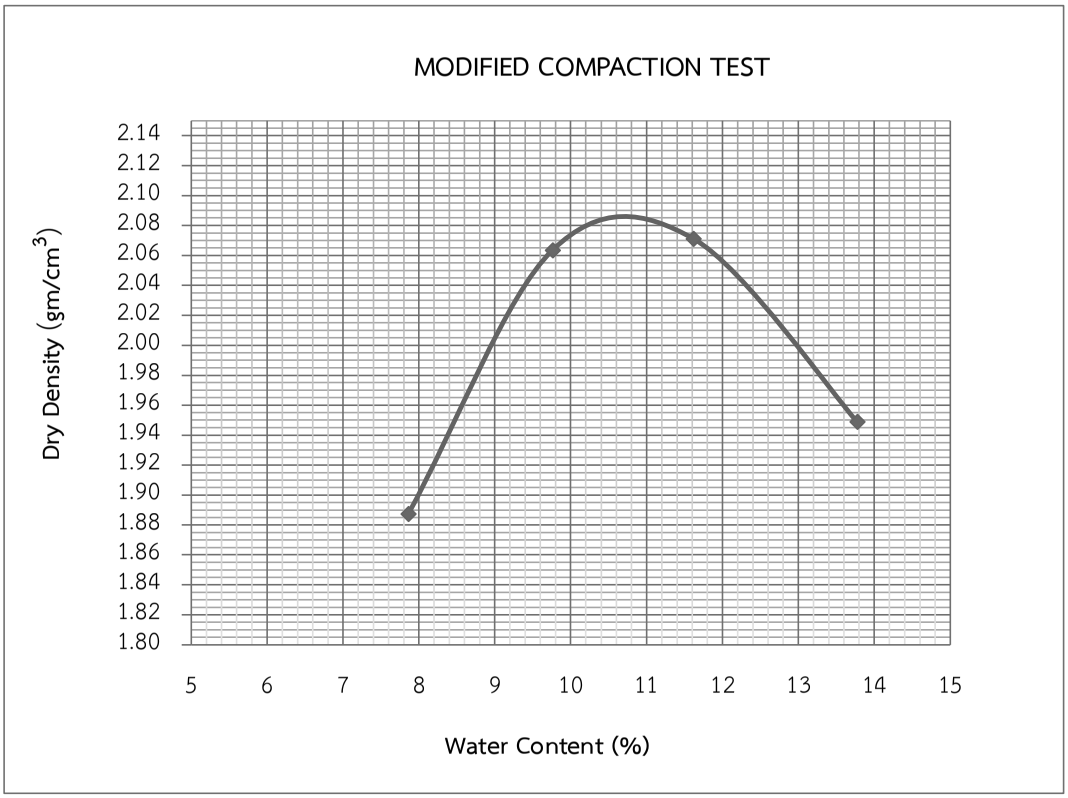
Mold Volume 942.157 cm3 (Chalermchai Trakulphudphong)

Number of Layer 5 Blows Per Layer 25 Approved by :

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION TEST (AASHTO T-180 METHOD A)

WATER CONTENT DETERMINATION						
TRIAL NO.		1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN,	g	110.61	118.81	95.68	66.53	
DRY SOIL + CAN,	g	103.64	110.63	87.81	60.86	
WT. OF CAN,	g	14.97	26.84	20.07	19.70	
WT. OF WATER,	g	6.97	8.18	7.87	5.67	
WT. OF DRY SOIL,	g	88.67	83.79	67.74	41.16	
% WATER CONTENT		7.86	9.76	11.62	13.78	
DENSITY DETERMINATION :						
WT. OF SOIL + MOLD,	g	3815.00	4031.00	4075.00	3986.00	
WT. OF MOLD,	g	1897	1897	1897	1897	
WT. OF SOIL IN MOLD,	g	1918.00	2134	2178	2089	
WET DENSITY,	g/cm^3	2.04	2.27	2.31	2.22	
DRY DENSITY,	g/cm^3	1.89	2.06	2.07	1.95	



OPTIMUM WATER CONTENT, $W_{opt.}$ = 10.80 %

MAXIMUM DRY DENSITY, $g_{d(max)}$ = 2.08 gm/cm^3

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CN-1 (ดินลูกรัง) Test date : 21-4-20

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.21
DRY DENSITY gm./cm^3	2.12
% WATER CONTENT	4.31
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	5009.91
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	7.82
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5159.91
% ABSORPTION	2.91

No. 12 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.			
DATE	TIME	Dial Gauge(0.001")	% SWELL
22/04/63	9.00 am.	2	0.04
23/04/63	9.00 am.	3	0.06
24/04/63	9.00 am.	4	0.08
25/04/63	9.00 am.	5	0.10

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

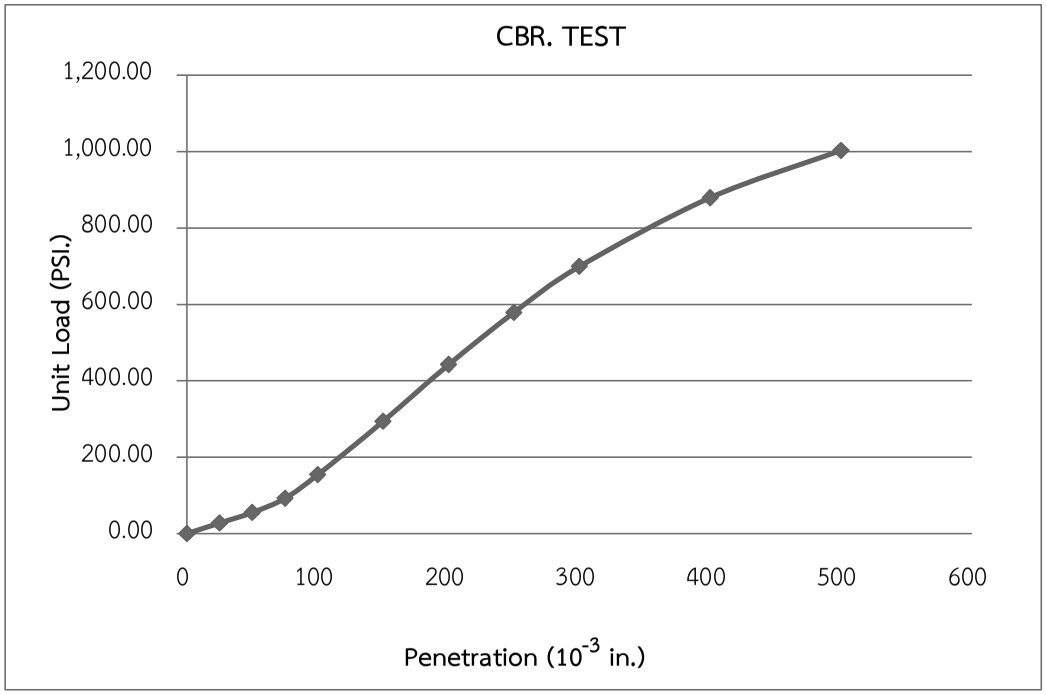
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	83.57	27.86
50	167.14	55.71
75	278.56	92.85
100	464.27	154.76
150	882.12	294.04
200	1327.82	442.61
250	1736.38	578.79
300	2098.51	699.50
400	2637.07	879.02
500	3008.49	1002.83
% C. B. R. (0.1 Correct)	15.48	
% C. B. R. (0.2 Correct)	29.51	



Tested by : Chalermchai Trakoolphudphong

Approved by : ----------

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CN-1 (ดินลูกรัง) Test date : 21-4-20

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.29
DRY DENSITY gm./cm^3	2.20
% WATER CONTENT	4.10
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	5117.99
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	6.08
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5237.99
% ABSORPTION	2.29

No. 25 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.

DATE	TIME	Dial Gauge(0.001")	% SWELL
22/04/63	10.00 am.	1	0.02
23/04/63	10.00 am.	2	0.04
24/04/63	10.00 am.	4	0.08
25/04/63	10.00 am.	4	0.08

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

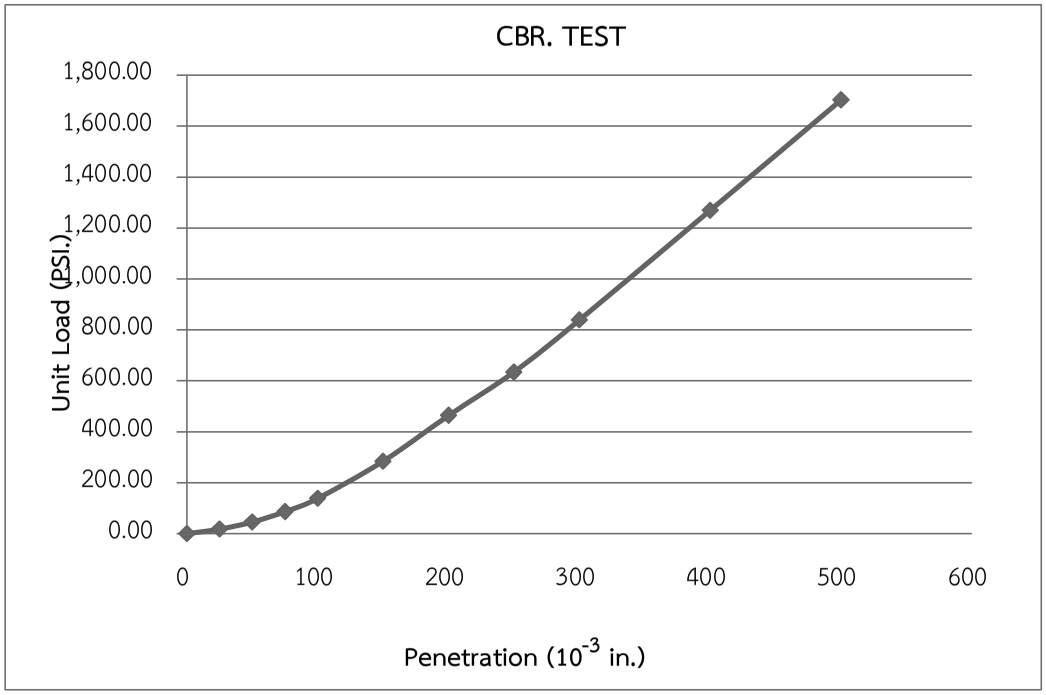
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	55.71	18.57
50	139.28	46.43
75	259.99	86.66
100	417.85	139.28
150	854.26	284.75
200	1392.82	464.27
250	1903.52	634.51
300	2516.36	838.79
400	3807.04	1269.01
500	5107.00	1702.33
% C. B. R. (0.1 Correct)	20.00	
% C. B. R. (0.2 Correct)	35.00	



Tested by : Chalermchai Trakoolphudphong

Approved by : ----------

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CN-1 (ดินลูกรัง) Test date : 21-4-20

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.40
DRY DENSITY gm./cm^3	2.29
% WATER CONTENT	4.66
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	5439.91
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	5.79
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5509.91
% ABSORPTION	1.27

No. 56 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.

DATE	TIME	DIAL GAUGE (x10^{-3} in)	% SWELL
22/04/63	11.00 am.	1	0.02
23/04/63	11.00 am.	1	0.02
24/04/63	11.00 am.	2	0.04
25/04/63	11.00 am.	2	0.04

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

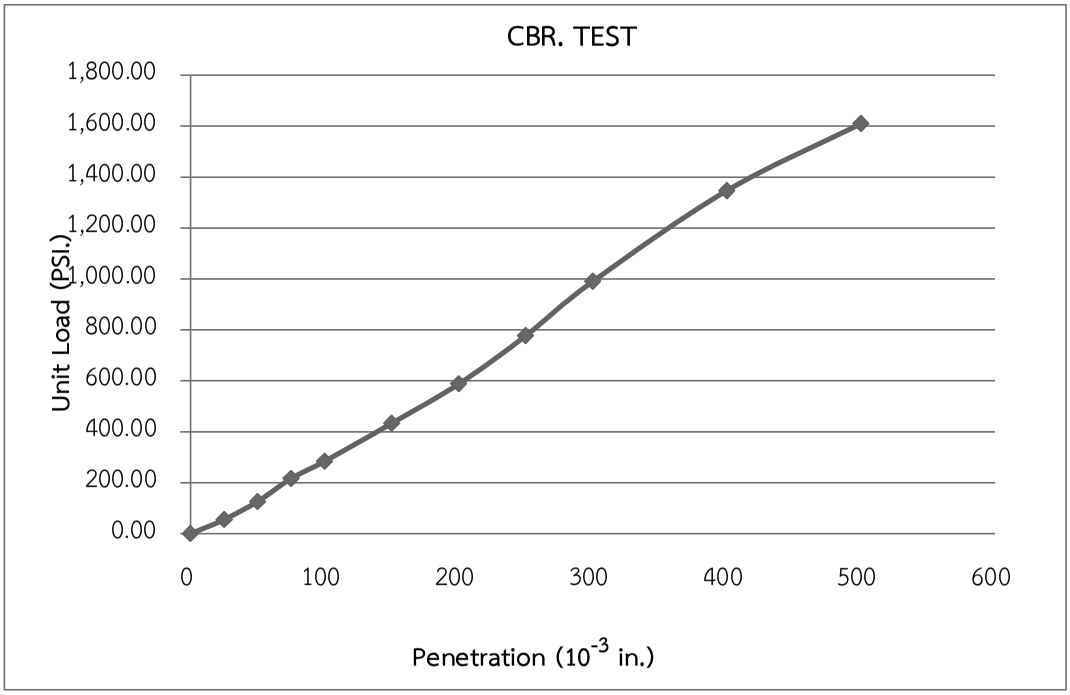
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	167.14	55.71
50	380.70	126.90
75	649.98	216.66
100	854.26	284.75
150	1299.96	433.32
200	1764.24	588.08
250	2330.65	776.88
300	2971.34	990.45
400	4039.17	1346.39
500	4828.44	1609.48
% C. B. R. (0.1 Correct)	28.48	
% C. B. R. (0.2 Correct)	39.21	



NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CN-2 (ดินลูกรัง) Test date : 21-4-20

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.26
DRY DENSITY gm./cm^3	2.17
% WATER CONTENT	4.10
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	5225.61
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	6.84
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5385.61
% ABSORPTION	2.97

No. 12 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.			
DATE	TIME	Dial Gauge(0.001")	% SWELL
22/04/63	9.00 am.	2	0.04
23/04/63	9.00 am.	4	0.08
24/04/63	9.00 am.	5	0.10
25/04/63	9.00 am.	5	0.10

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

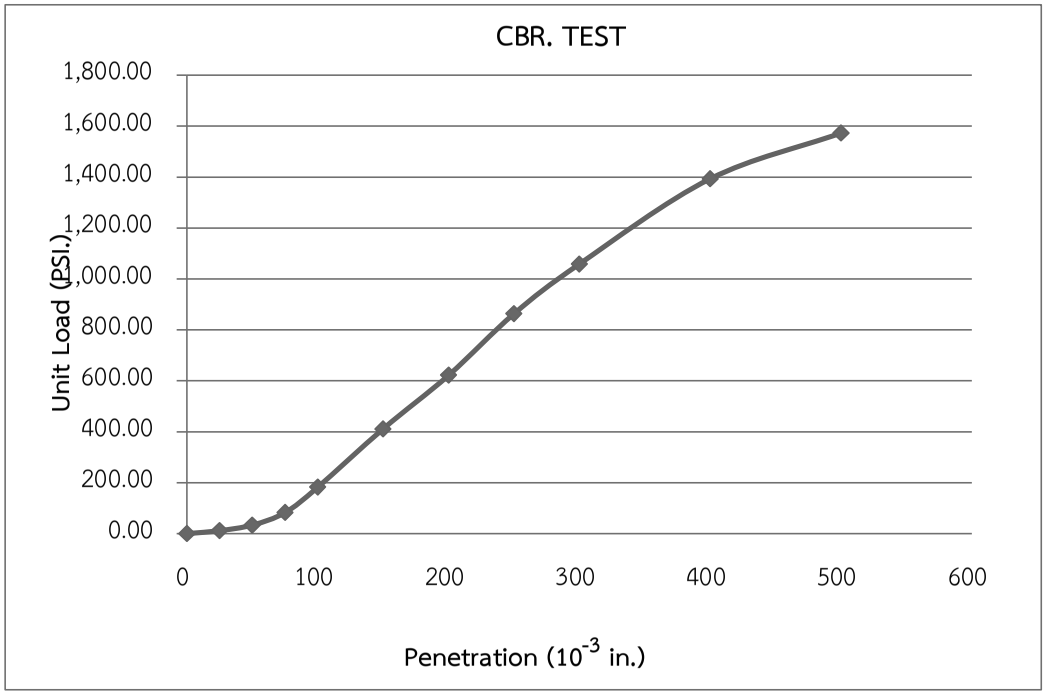
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	37.14	12.38
50	102.14	34.05
75	250.71	83.57
100	547.84	182.61
150	1234.97	411.66
200	1866.38	622.13
250	2590.64	863.55
300	3175.62	1058.54
400	4178.45	1392.82
500	4717.01	1572.34
% C. B. R. (0.1 Correct)	40.00	
% C. B. R. (0.2 Correct)	54.66	



Tested by : Chalermchai Trakoolphudphong

Approved by : ----------

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CN-2 (ดินลูกรัง) Test date : 21-4-20

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.35
DRY DENSITY gm./cm^3	2.23
% WATER CONTENT	5.15
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	5177.85
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	5.83
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5257.85
% ABSORPTION	1.52

No. 25 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.			
DATE	TIME	Dial Gauge(0.001")	% SWELL
22/04/63	10.00 am.	2	0.04
23/04/63	10.00 am.	3	0.06
24/04/63	10.00 am.	4	0.08
25/04/63	10.00 am.	4	0.08

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

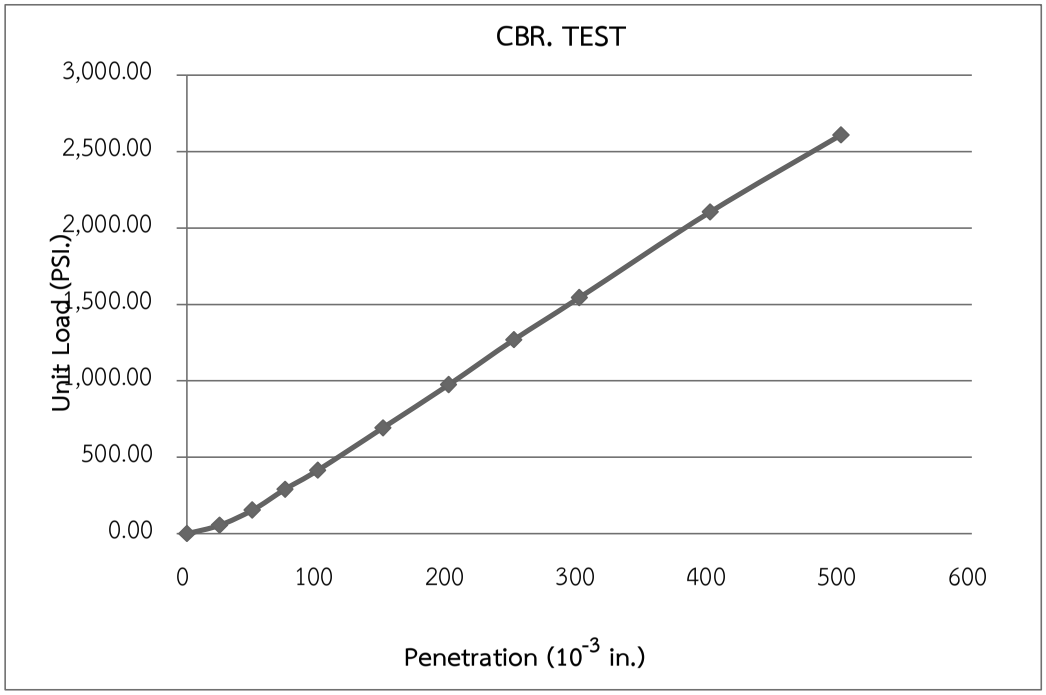
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	167.14	55.71
50	464.27	154.76
75	872.83	290.94
100	1244.25	414.75
150	2079.94	693.31
200	2924.92	974.97
250	3807.04	1269.01
300	4633.44	1544.48
400	6314.11	2104.70
500	7827.64	2609.21
% C. B. R. (0.1 Correct)	41.48	
% C. B. R. (0.2 Correct)	65.00	



Tested by : Chalermchai Trakoolphudphong

Approved by : ----------

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CN-2 (ดินลูกรัง) Test date : 21-4-20

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.42
DRY DENSITY gm./cm^3	2.30
% WATER CONTENT	5.51
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	5595.61
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	6.17
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5655.61
% ABSORPTION	1.06

No. 56 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.			
DATE	TIME	DIAL GAUGE (x10^{-3} in)	% SWELL
22/04/63	11.00 am.	1	0.02
23/04/63	11.00 am.	2	0.04
24/04/63	11.00 am.	2	0.04
25/04/63	11.00 am.	2	0.04

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

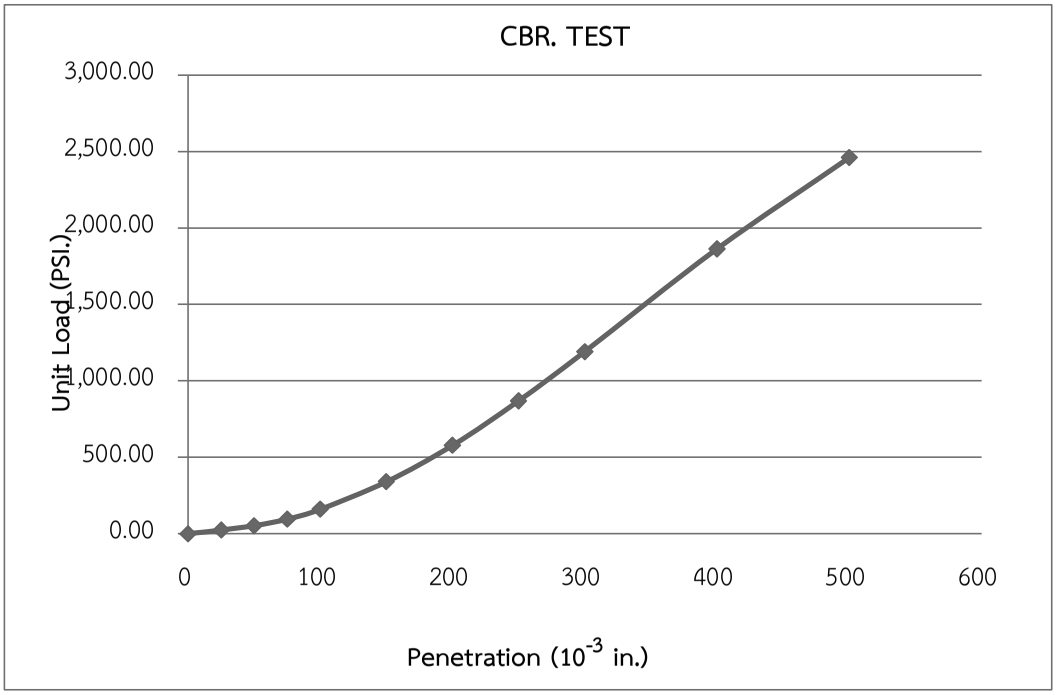
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	74.28	24.76
50	157.85	52.62
75	287.85	95.95
100	482.84	160.95
150	1021.40	340.47
200	1736.38	578.79
250	2609.21	869.74
300	3574.90	1191.63
400	5589.84	1863.28
500	7381.93	2460.64
% C. B. R. (0.1 Correct)	60.00	
% C. B. R. (0.2 Correct)	83.33	



NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CN-3 (ดินลูกรัง) Test date : 21-4-20

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.30
DRY DENSITY gm./cm^3	2.18
% WATER CONTENT	5.17
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	5218.19
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	6.01
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5318.19
% ABSORPTION	1.88

No. 12 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.			
DATE	TIME	Dial Gauge(0.001")	% SWELL
22/04/63	9.00 am.	2	0.03
23/04/63	9.00 am.	2	0.04
24/04/63	9.00 am.	3	0.06
25/04/63	9.00 am.	4	0.08

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

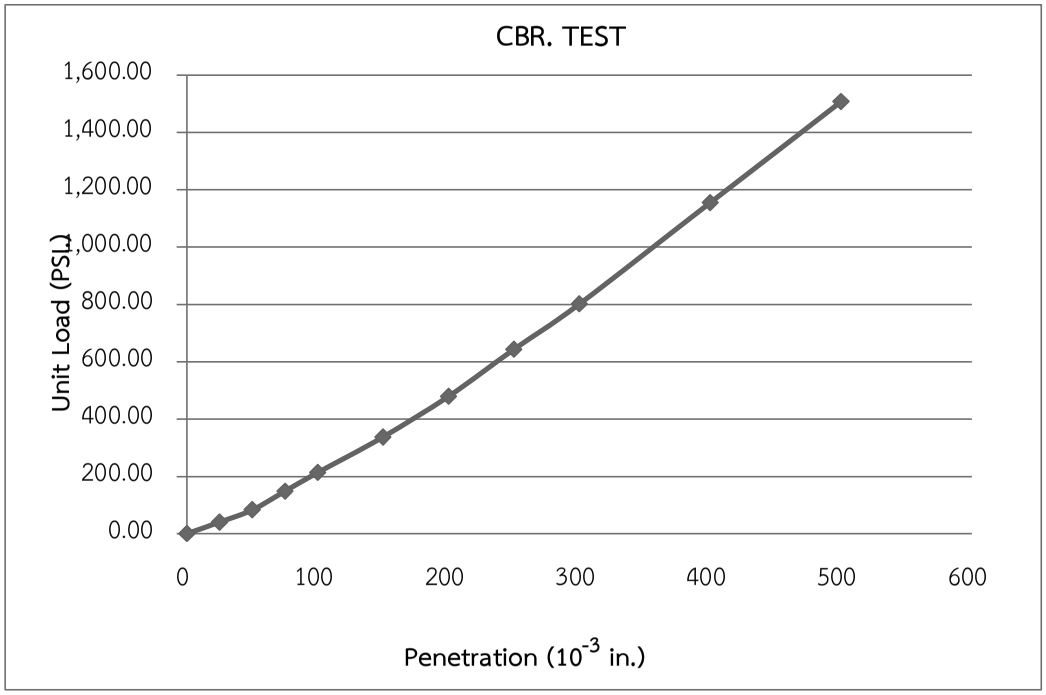
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	120.71	40.24
50	250.71	83.57
75	445.70	148.57
100	640.70	213.57
150	1012.11	337.37
200	1439.25	479.75
250	1931.37	643.79
300	2404.93	801.64
400	3463.47	1154.49
500	4522.02	1507.34
% C. B. R. (0.1 Correct)	21.36	
% C. B. R. (0.2 Correct)	31.98	



Tested by : Chalermchai Trakoolphudphong

Approved by : ----------

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CN-3 (ดินลูกรัง) Test date : 21-4-20

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.33
DRY DENSITY gm./cm^3	2.22
% WATER CONTENT	4.84
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	5262.95
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	5.95
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5352.95
% ABSORPTION	1.68

No. 25 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.			
DATE	TIME	Dial Gauge(0.001")	% SWELL
22/04/63	10.00 am.	1	0.02
23/04/63	10.00 am.	2	0.04
24/04/63	10.00 am.	2	0.04
25/04/63	10.00 am.	3	0.06

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

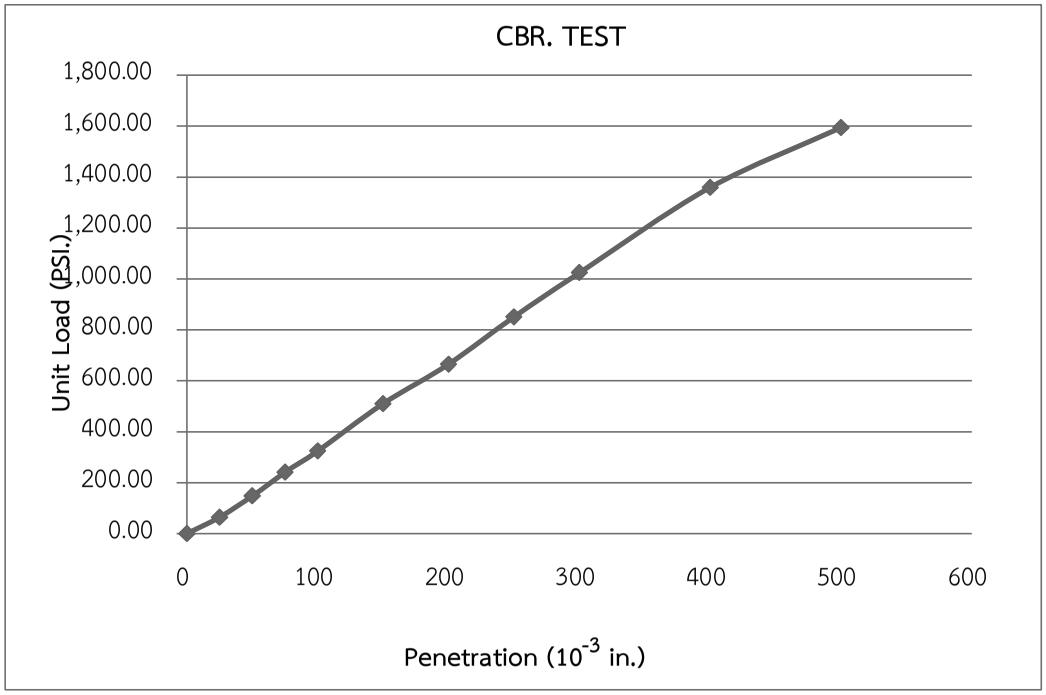
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	194.99	65.00
50	445.70	148.57
75	724.27	241.42
100	974.97	324.99
150	1532.10	510.70
200	1996.37	665.46
250	2553.50	851.17
300	3073.48	1024.49
400	4076.31	1358.77
500	4782.01	1594.00
% C. B. R. (0.1 Correct)	32.50	
% C. B. R. (0.2 Correct)	44.36	



Tested by : Chalermchai Trakoolphudphong

Approved by : ----------

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CN-3 (ดินลูกรัง) Test date : 21-4-20

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.43
DRY DENSITY gm./cm^3	2.31
% WATER CONTENT	4.96
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	5518.19
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	6.03
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5608.19
% ABSORPTION	1.60

No. 56 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.

DATE	TIME	DIAL GAUGE (x10^{-3} in)	% SWELL
22/04/63	11.00 am.	1	0.02
23/04/63	11.00 am.	2	0.04
24/04/63	11.00 am.	2	0.04
25/04/63	11.00 am.	2	0.04

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

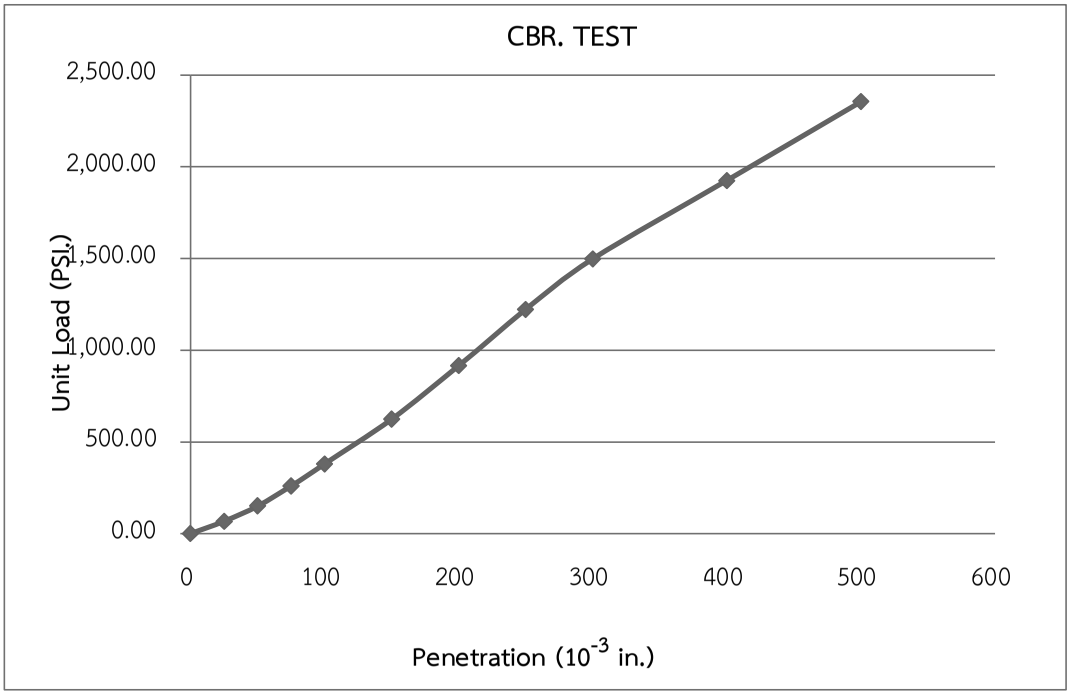
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	204.28	68.09
50	454.99	151.66
75	779.98	259.99
100	1142.11	380.70
150	1875.66	625.22
200	2748.49	916.16
250	3667.75	1222.58
300	4494.16	1498.05
400	5775.55	1925.18
500	7066.23	2355.41
% C. B. R. (0.1 Correct)	38.07	
% C. B. R. (0.2 Correct)	61.08	



NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Tested by :

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง (Chalermchai Trakoolphudphong)

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย

Approved by :

Sample : CB-1 (ดินลูกรัง) Test date : 27-4-20 (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.13
DRY DENSITY gm./cm^3	1.93
% WATER CONTENT	10.34
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	4925.61
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	11.81
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5085.61
% ABSORPTION	3.15

No. 12 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.			
DATE	TIME	Dial Gauge(0.001")	% SWELL
28/04/63	9.00 am.	7	0.15
29/04/63	9.00 am.	9	0.19
30/04/63	9.00 am.	11	0.23
1/05/63	9.00 am.	12	0.25

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

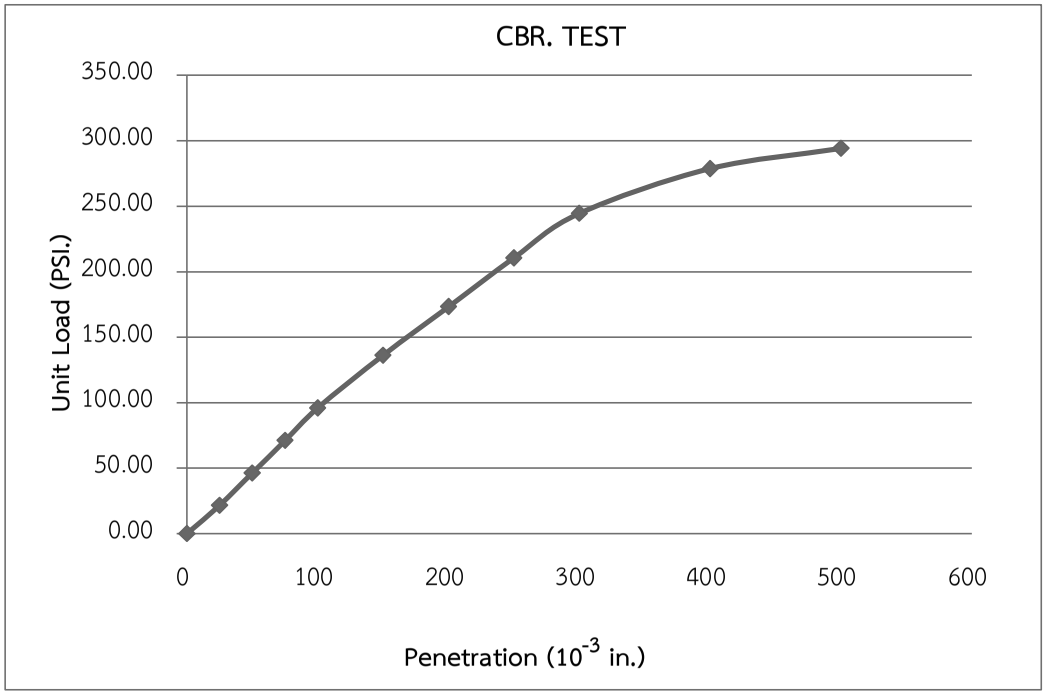
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	65.00	21.67
50	139.28	46.43
75	213.57	71.19
100	287.85	95.95
150	408.56	136.19
200	519.99	173.33
250	631.41	210.47
300	733.55	244.52
400	835.69	278.56
500	882.12	294.04
% C. B. R. (0.1 Correct)	9.59	
% C. B. R. (0.2 Correct)	11.56	



Tested by : Chalermchai Trakoolphudphong

Approved by : ----------

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CB-1 (ดินลูกรัง) Test date : 27-4-20

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.20
DRY DENSITY gm./cm^3	2.01
% WATER CONTENT	9.35
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	4847.85
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	11.23
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	4987.85
% ABSORPTION	2.81

No. 25 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.			
DATE	TIME	Dial Gauge(0.001")	% SWELL
28/04/63	10.00 am.	6	0.12
29/04/63	10.00 am.	8	0.16
30/04/63	10.00 am.	9	0.18
1/05/63	10.00 am.	10	0.20

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

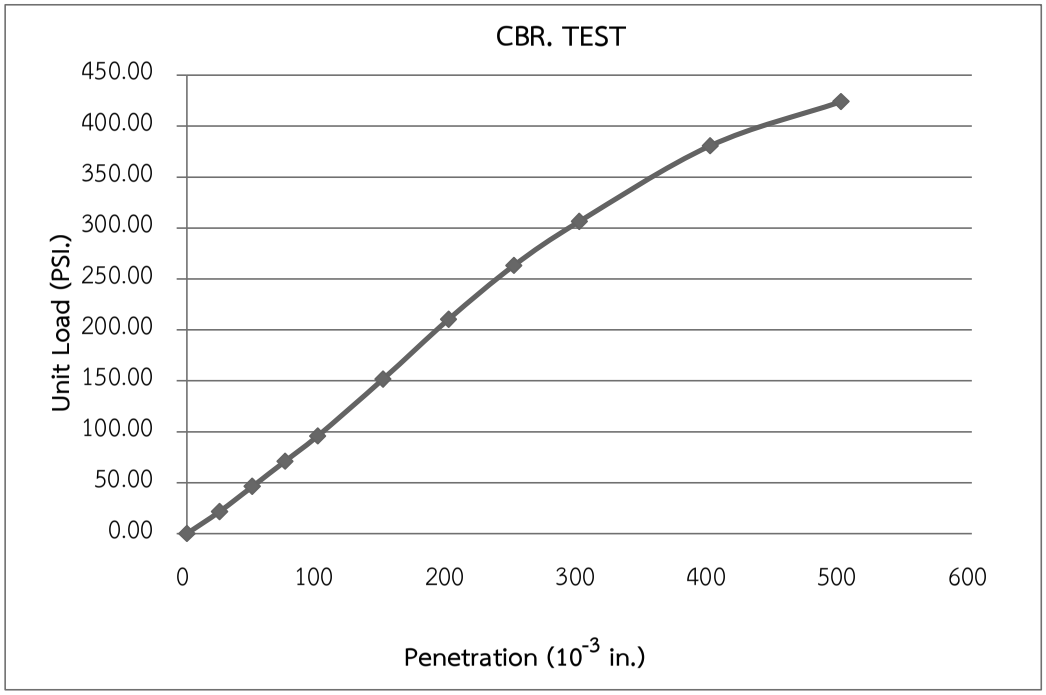
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	65.00	21.67
50	139.28	46.43
75	213.57	71.19
100	287.85	95.95
150	454.99	151.66
200	631.41	210.47
250	789.26	263.09
300	919.26	306.42
400	1142.11	380.70
500	1272.11	424.04
% C. B. R. (0.1 Correct)	9.59	
% C. B. R. (0.2 Correct)	14.03	



Tested by : Chalermchai Trakoolphudphong

Approved by : ----------

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CB-1 (ดินลูกรัง) Test date : 27-4-20

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.29
DRY DENSITY gm./cm^3	2.08
% WATER CONTENT	10.50
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	5295.61
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	12.76
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5355.61
% ABSORPTION	1.12

No. 56 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.			
DATE	TIME	DIAL GAUGE (x10^{-3} in)	% SWELL
28/04/63	11.00 am.	6	0.12
29/04/63	11.00 am.	8	0.17
30/04/63	11.00 am.	9	0.19
1/05/63	11.00 am.	9	0.19

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

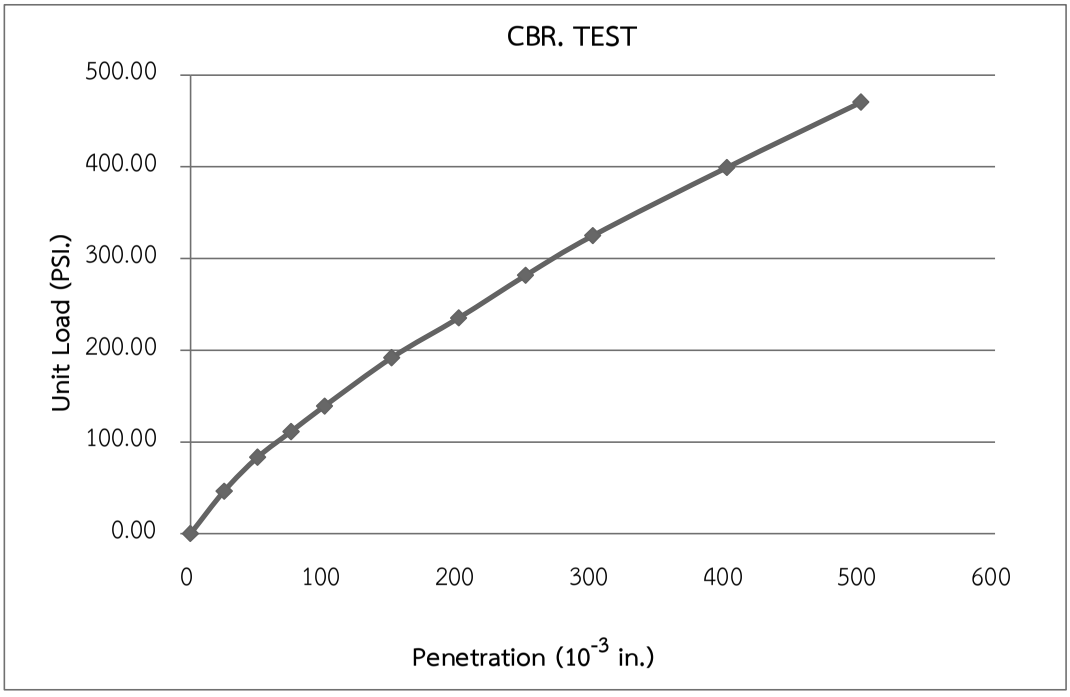
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	139.28	46.43
50	250.71	83.57
75	334.28	111.43
100	417.85	139.28
150	575.70	191.90
200	705.69	235.23
250	844.98	281.66
300	974.97	324.99
400	1197.82	399.27
500	1411.39	470.46
% C. B. R. (0.1 Correct)	13.93	
% C. B. R. (0.2 Correct)	15.68	



NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Tested by :

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง (Chalermchai Trakoolphudphong)

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย

Approved by :

Sample : CB-2 (ดินลูกรัง) Test date : 27-4-20 (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.08
DRY DENSITY gm./cm^3	1.91
% WATER CONTENT	9.25
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	4719.91
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	12.93
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	4889.91
% ABSORPTION	3.48

No. 12 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.			
DATE	TIME	Dial Gauge(0.001")	% SWELL
28/04/63	9.00 am.	11	0.23
29/04/63	9.00 am.	13	0.27
30/04/63	9.00 am.	14	0.29
1/05/63	9.00 am.	15	0.31

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

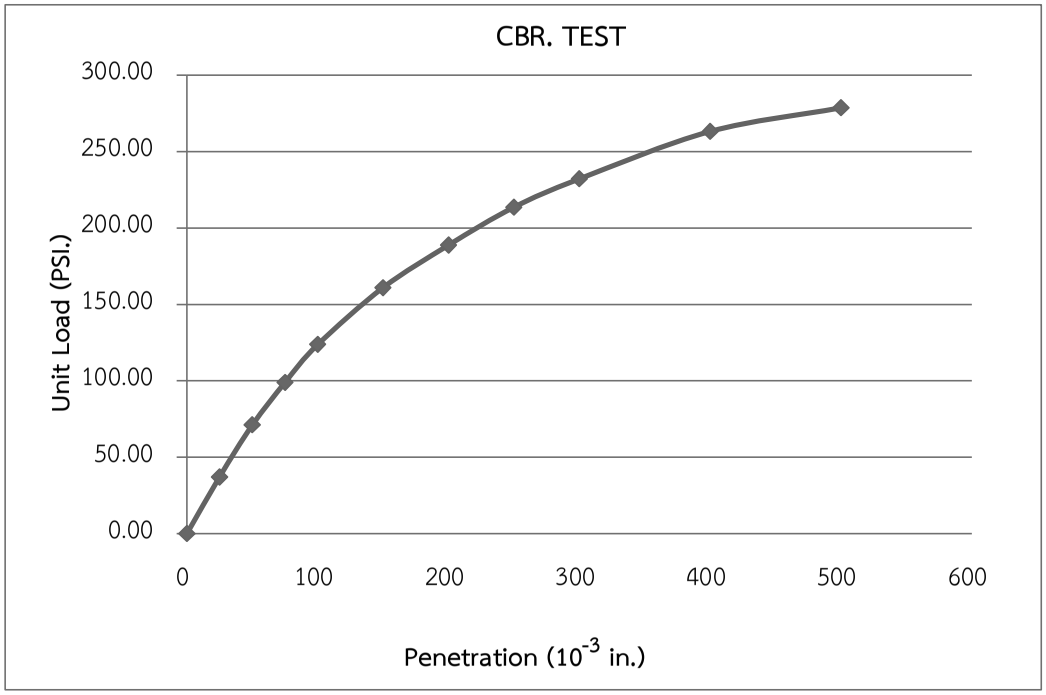
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	111.43	37.14
50	213.57	71.19
75	297.13	99.04
100	371.42	123.81
150	482.84	160.95
200	566.41	188.80
250	640.70	213.57
300	696.41	232.14
400	789.26	263.09
500	835.69	278.56
% C. B. R. (0.1 Correct)	12.38	
% C. B. R. (0.2 Correct)	12.59	



Tested by : Chalermchai Trakoolphudphong

Approved by : ----------

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CB-2 (ดินลูกรัง) Test date : 27-4-20

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.21
DRY DENSITY gm./cm^3	2.03
% WATER CONTENT	9.13
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	4957.99
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	11.04
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5107.99
% ABSORPTION	2.94

No. 25 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.			
DATE	TIME	Dial Gauge(0.001")	% SWELL
28/04/63	10.00 am.	7	0.14
29/04/63	10.00 am.	8	0.16
30/04/63	10.00 am.	9	0.18
1/05/63	10.00 am.	9	0.18

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

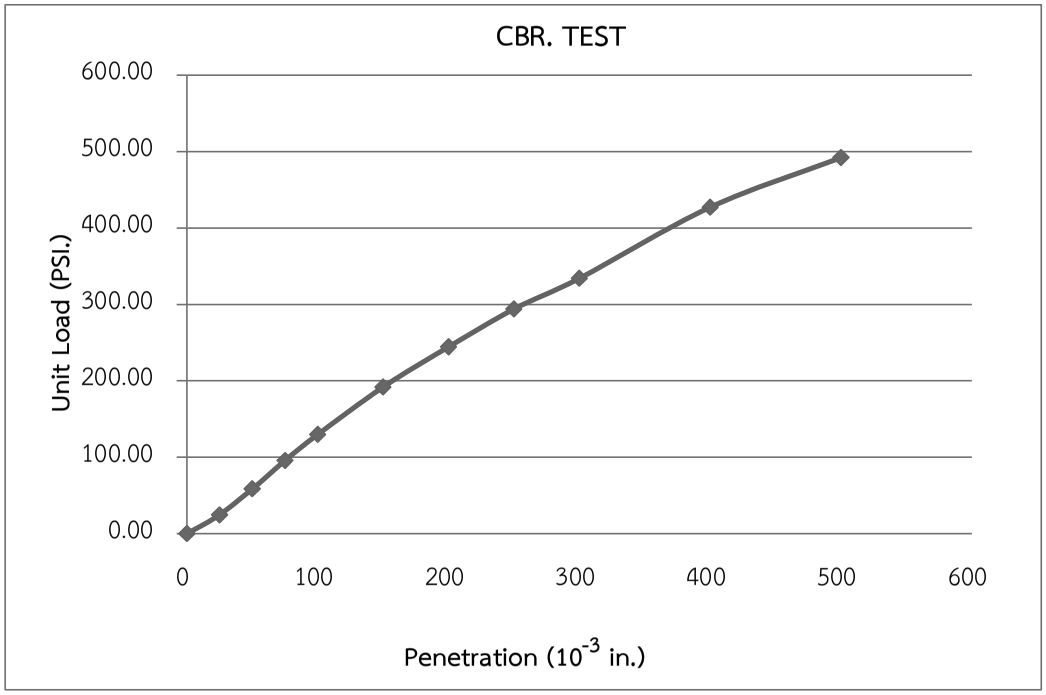
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	74.28	24.76
50	176.42	58.81
75	287.85	95.95
100	389.99	130.00
150	575.70	191.90
200	733.55	244.52
250	882.12	294.04
300	1002.83	334.28
400	1281.39	427.13
500	1476.39	492.13
% C. B. R. (0.1 Correct)	13.00	
% C. B. R. (0.2 Correct)	16.30	



Tested by : Chalermchai Trakoolphudphong

Approved by : ----------

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CB-2 (ดินลูกรัง) Test date : 27-4-20

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.31
DRY DENSITY gm./cm^3	2.10
% WATER CONTENT	9.96
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	5239.91
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	11.81
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5299.91
% ABSORPTION	1.13

No. 56 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.

DATE	TIME	DIAL GAUGE (x10^{-3} in)	% SWELL
28/04/63	11.00 am.	6	0.12
29/04/63	11.00 am.	7	0.14
30/04/63	11.00 am.	8	0.16
1/05/63	11.00 am.	8	0.16

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

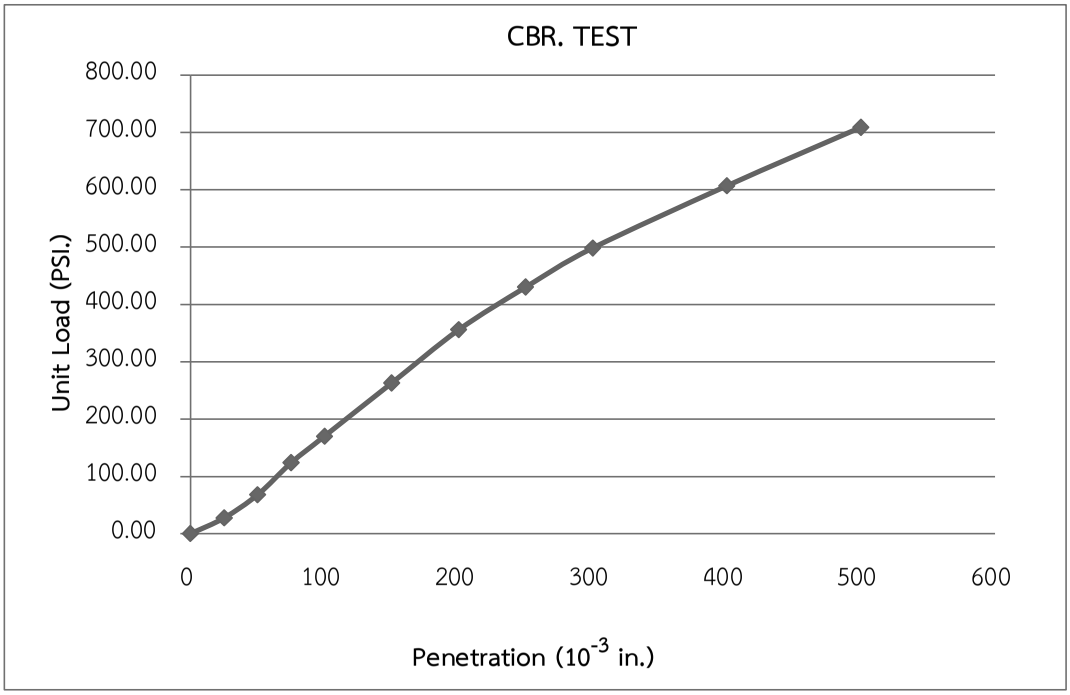
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	83.57	27.86
50	204.28	68.09
75	371.42	123.81
100	510.70	170.23
150	789.26	263.09
200	1067.83	355.94
250	1290.68	430.23
300	1494.96	498.32
400	1819.95	606.65
500	2126.37	708.79
% C. B. R. (0.1 Correct)	17.02	
% C. B. R. (0.2 Correct)	23.73	



NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CB-3 (ดินลูกรัง) Test date : 27-4-20

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.04
DRY DENSITY gm./cm^3	1.88
% WATER CONTENT	8.23
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	4628.19
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	12.01
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	4808.19
% ABSORPTION	3.74

No. 12 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.

DATE	TIME	Dial Gauge(0.001")	% SWELL
28/04/63	9.00 am.	8	0.16
29/04/63	9.00 am.	9	0.20
30/04/63	9.00 am.	9	0.25
1/05/63	9.00 am.	9	0.27

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

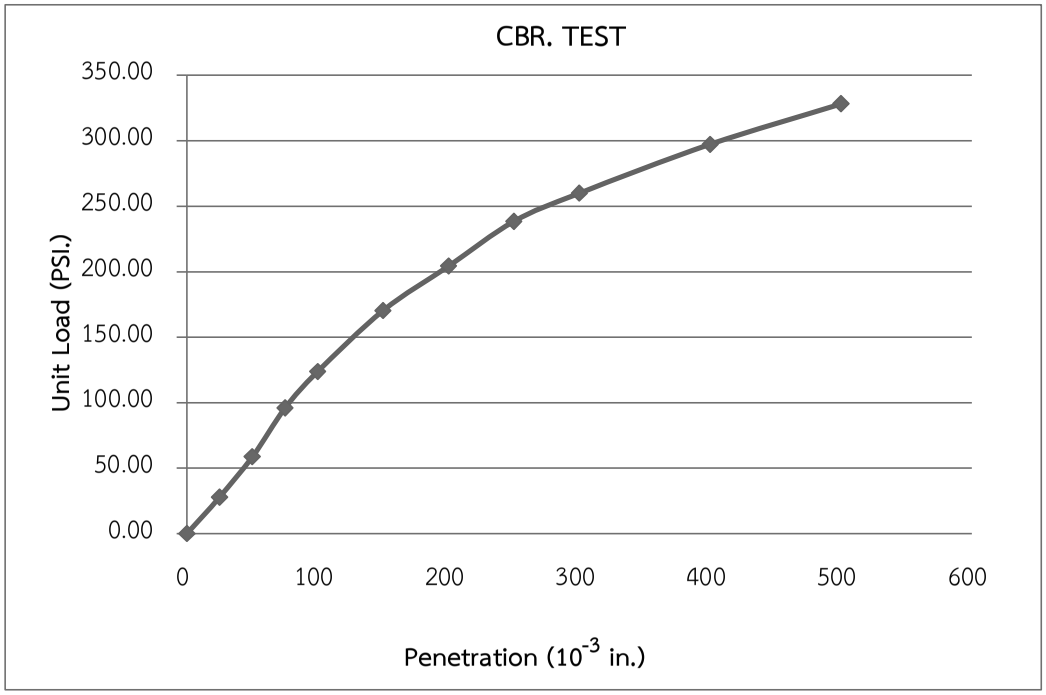
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	83.57	27.86
50	176.42	58.81
75	287.85	95.95
100	371.42	123.81
150	510.70	170.23
200	612.84	204.28
250	714.98	238.33
300	779.98	259.99
400	891.40	297.13
500	984.26	328.09
% C. B. R. (0.1 Correct)	12.38	
% C. B. R. (0.2 Correct)	13.62	



Tested by : Chalermchai Trakoolphudphong

Approved by : ----------

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Tested by :

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง (Chalermchai Trakoolphudphong)

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย

Approved by :

Sample : CB-3 (ดินลูกรัง) Test date : 27-4-20 (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.17
DRY DENSITY gm./cm^3	1.98
% WATER CONTENT	9.60
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	4928.19
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	11.29
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5038.19
% ABSORPTION	2.18

No. 25 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.			
DATE	TIME	Dial Gauge(0.001")	% SWELL
28/04/63	10.00 am.	6	0.12
29/04/63	10.00 am.	8	0.16
30/04/63	10.00 am.	10	0.20
1/05/63	10.00 am.	11	0.22

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

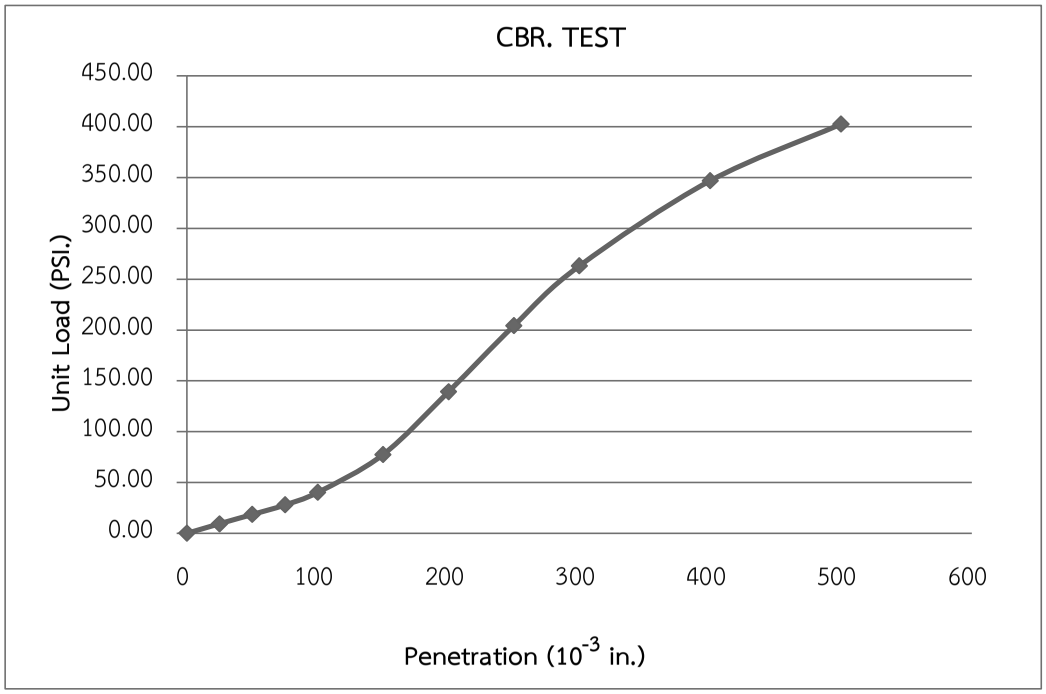
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	27.86	9.29
50	55.71	18.57
75	83.57	27.86
100	120.71	40.24
150	232.14	77.38
200	417.85	139.28
250	612.84	204.28
300	789.26	263.09
400	1039.97	346.66
500	1207.11	402.37
% C. B. R. (0.1 Correct)	14.00	
% C. B. R. (0.2 Correct)	16.00	



Tested by : Chalermchai Trakoolphudphong

Approved by : ----------

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.SOAKED)

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุง
คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CB-3 (ดินลูกรัง) Test date : 27-4-20

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Tested by : (Chalermchai Trakoolphudphong)

Approved by : (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

COMPACTION DATA : SAMPLE NO.	1
WET DENSITY gm./cm^3	2.32
DRY DENSITY gm./cm^3	2.11
% WATER CONTENT	10.17
TYPE OF CBR.	Modified
SAMPLE WT. BEFORE SOAKING (gm.)	5278.19
AFTER SOAKING :	
% WATER CONTENT	12.51
SAMPLE WT. AFTER SOAKING (gm.)	5338.19
% ABSORPTION	1.12

No. 56 Blows

No. 5 Layers

SWELLING DATA : SAMPLE NO.			
DATE	TIME	DIAL GAUGE (x10^{-3} in)	% SWELL
28/04/63	11.00 am.	6	0.12
29/04/63	11.00 am.	7	0.14
30/04/63	11.00 am.	8	0.16
1/05/63	11.00 am.	8	0.16

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

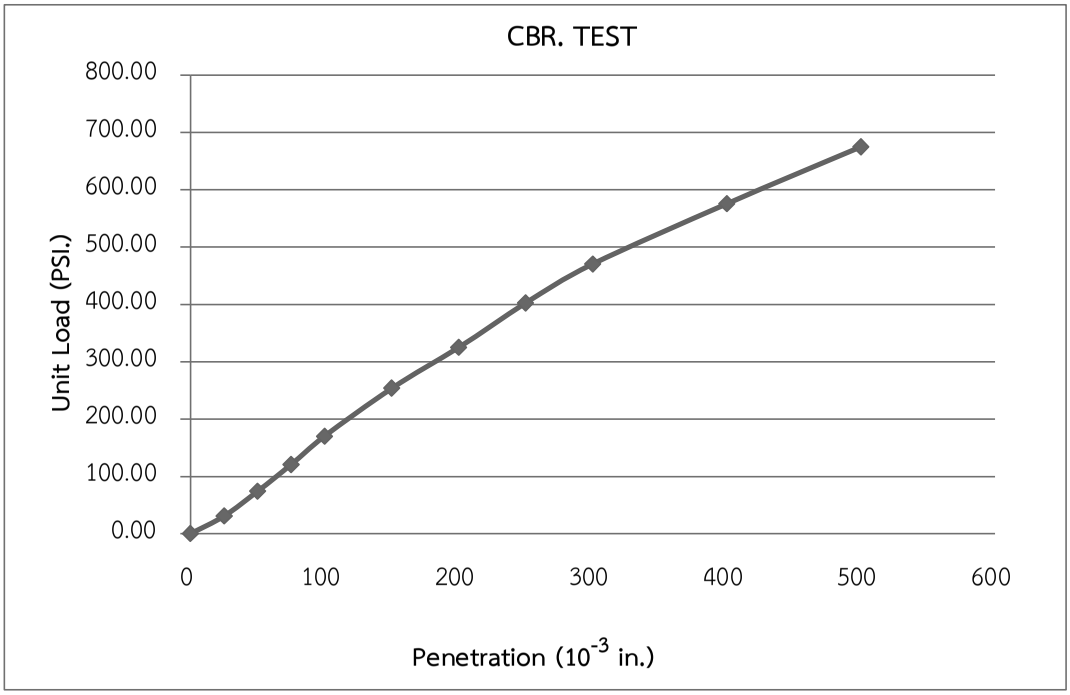
2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST (CBR.)

CBR. LOAD TEST DATA :

PENETRATION, (10^{-3}) in.	Load lbs.	Unit Load on Piston psi
0	0.00	0.00
25	92.85	30.95
50	222.85	74.28
75	362.13	120.71
100	510.70	170.23
150	761.41	253.80
200	974.97	324.99
250	1207.11	402.37
300	1411.39	470.46
400	1727.09	575.70
500	2024.23	674.74
% C. B. R. (0.1 Correct)	17.02	
% C. B. R. (0.2 Correct)	21.67	



NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

CBR - Summary of Results

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CB-1 (ดินลูกรัง) Test date : 27-4-20

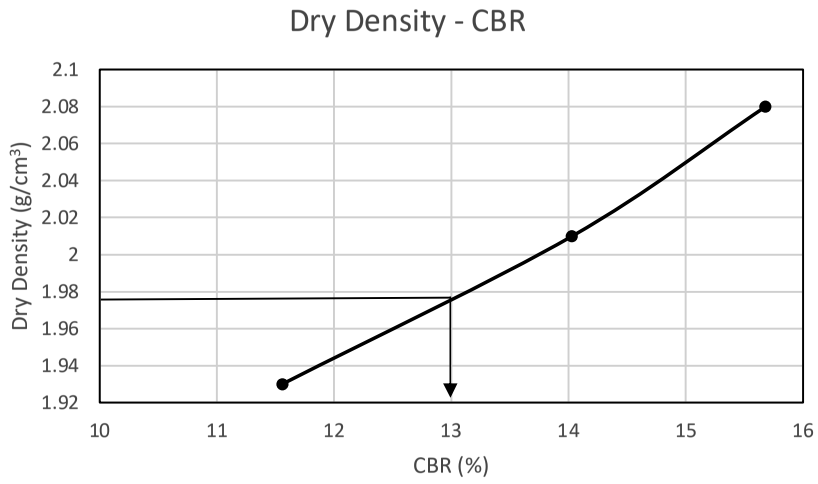
Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Tested by : Approved by :

(Chalermchai Trakoolphudphong) (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

No. of Blow	γ_d (g/cm3)	wc (%)	CBR (%)	Swell (%)
12	1.93	10.34	11.56	0.25
25	2.01	9.35	14.03	0.20
56	2.08	10.50	15.68	0.19

100% Modified Compaction =	2.080	g/cm^3
95% Modified Compaction =	1.976	g/cm^3
CBR =	13	%



Summary of Results

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CB-2 (ดินลูกรัง) Test date : 27-4-20

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Tested by : Approved by :

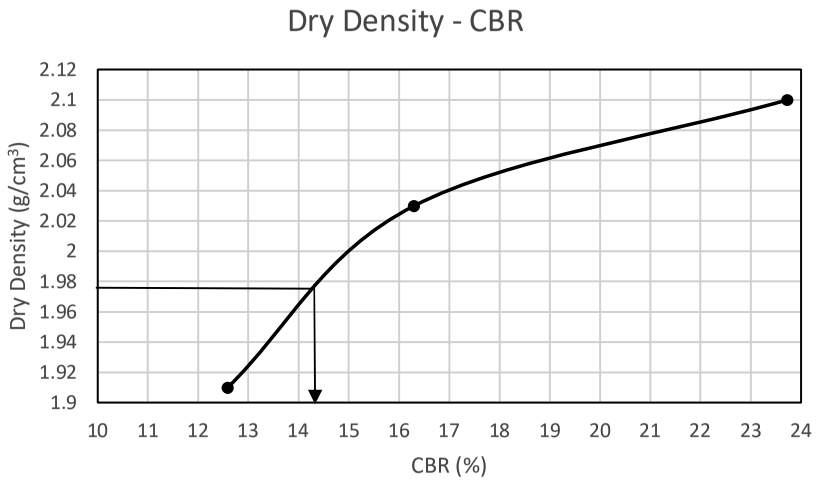
(Chalermchai Trakoolphudphong) (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

No. of Blow	γ_d (g/cm3)	wc (%)	CBR (%)	Swell (%)
12	1.91	9.25	12.59	0.31
25	2.03	9.13	16.30	0.18
56	2.10	9.96	23.73	0.16

100% Modified Compaction = 2.080 g/cm^3

95% Modified Compaction = 1.976 g/cm^3

CBR = 14.2 %



Summary of Results

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CB-3 (ดินลูกรัง) Test date : 27-4-20

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Tested by : Approved by :

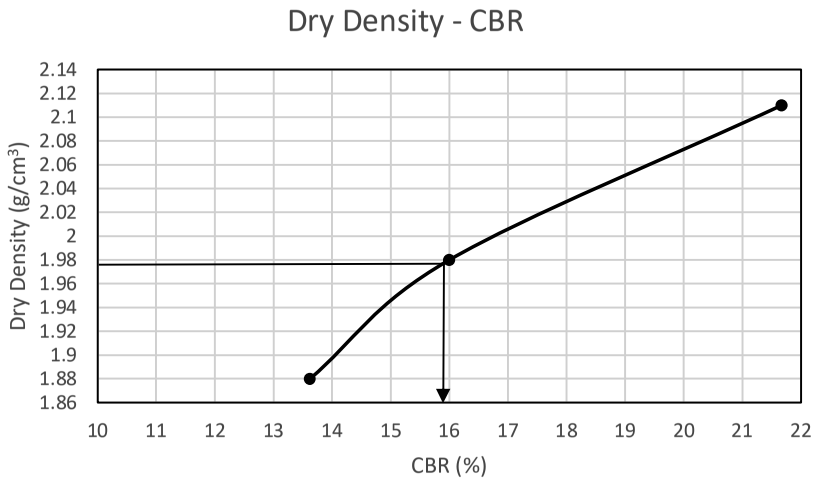
(Chalermchai Trakoolphudphong) (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

No. of Blow	γ_d (g/cm3)	wc (%)	CBR (%)	Swell (%)
12	1.88	8.23	13.62	0.27
25	1.98	9.60	16.00	0.22
56	2.11	10.17	21.67	0.16

100% Modified Compaction = 2.080 g/cm^3

95% Modified Compaction = 1.976 g/cm^3

CBR = 15.9 %



Summary of Results

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CN-1 (ดินลูกรัง) Test date : 21-4-20

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Tested by : Approved by :

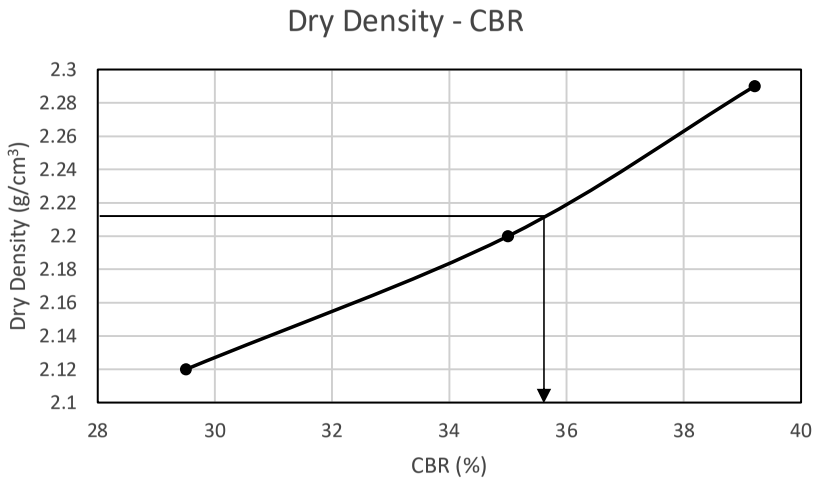
(Chalermchai Trakoolphudphong) (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

No. of Blow	γ_d (g/cm3)	wc (%)	CBR (%)	Swell (%)
12	2.12	4.31	29.51	0.10
25	2.20	4.10	35.00	0.08
56	2.29	4.66	39.21	0.04

100% Modified Compaction = 2.330 g/cm^3

95% Modified Compaction = 2.214 g/cm^3

CBR = 35.5 %



Summary of Results

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CN-2 (ดินลูกรัง) Test date : 21-4-20

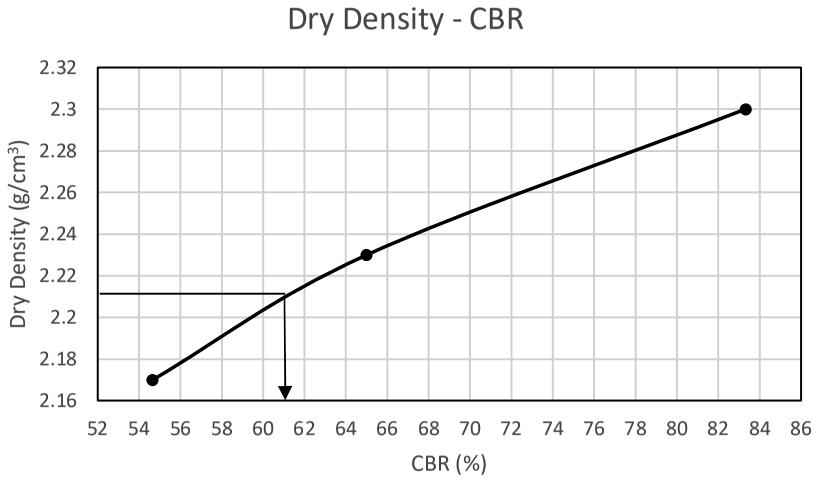
Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Tested by : Approved by :

(Chalermchai Trakoolphudphong) (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

No. of Blow	γ_d (g/cm3)	wc (%)	CBR (%)	Swell (%)
12	2.17	4.10	54.66	0.10
25	2.23	5.15	65.00	0.08
56	2.30	5.51	83.33	0.04

100% Modified Compaction =	2.330	g/cm^3
95% Modified Compaction =	2.214	g/cm^3
CBR =	61	%



Summary of Results

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง คุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย

Sample : CN-3 (ดินลูกรัง) Test date : 21-4-20

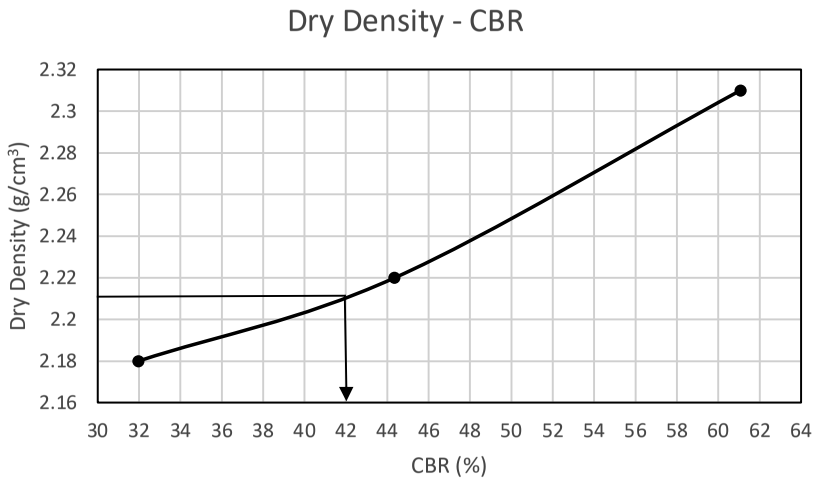
Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Tested by : Approved by :

(Chalermchai Trakoolphudphong) (Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

No. of Blow	γ_d (g/cm3)	wc (%)	CBR (%)	Swell (%)
12	2.18	5.17	31.98	0.08
25	2.22	4.84	44.36	0.06
56	2.31	4.96	61.08	0.04

100% Modified Compaction =	2.330	g/cm^3
95% Modified Compaction =	2.214	g/cm^3
CBR =	42	%



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

L.A. ABRASION TEST

For : Department of Highways Ref No.

Project :โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ Test Date : 13-4-20

ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Tested by : Approved by :

Chalermchai Trakoolphudphong Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow

Sample : CN-1 (ดินลูกรัง)

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Grading of Test Sample C

SIEVE NO	Before Test	After Test	Weight Loss	Percentage	Remark
1"	_				
3/4"	_				
1/2"	_				
3/8"	_				
1/4"	2500.00	3161.87	1838.13	36.76	
4	2500.00				

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

L.A. ABRASION TEST

For : Department of Highways Ref No.

Project :โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ Test Date : 14-4-63

ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Tested by : Approved by :

Chalermchai Trakoolphudphong Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow

Sample : CN-2 (ดินลูกรัง)

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Grading of Test Sample C

SIEVE NO	Before Test	After Test	Weight Loss	Percentage	Remark
1"	_				
3/4"	_				
1/2"	_				
3/8"	_				
1/4"	2500.00	2918.63	2081.37	41.63	
4	2500.00				

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

L.A. ABRASION TEST

For : Department of Highways Ref No.

Project :โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ Test Date : 15-4-20

ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Tested by : Approved by :

Chalermchai Trakoolphudphong Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow

Sample : CN-3 (ดินลูกรัง)

Location: บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

Grading of Test Sample C

SIEVE NO	Before Test	After Test	Weight Loss	Percentage	Remark
1"	_				
3/4"	_				
1/2"	_				
3/8"	_				
1/4"	2500.00	3047.39	1952.61	39.05	
4	2500.00				

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

L.A. ABRASION TEST

For : Department of Highways Ref No.

Project :โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ Test Date : 16-4-20

ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Tested by : Approved by :

Chalermchai Trakoolphudphong Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow

Sample : CB-1 (ดินลูกรัง)

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Grading of Test Sample C

SIEVE NO	Before Test	After Test	Weight Loss	Percentage	Remark
1"	_				
3/4"	_				
1/2"	_				
3/8"	_				
1/4"	2500.00	2346.57	2653.43	53.07	
4	2500.00				

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

L.A. ABRASION TEST

For : Department of Highways Ref No.

Project :โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ Test Date : 17-4-20

ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Tested by : Approved by :

Chalermchai Trakoolphudphong Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow

Sample : CB-2 (ดินลูกรัง)

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Grading of Test Sample C

SIEVE NO	Before Test	After Test	Weight Loss	Percentage	Remark
1"	_				
3/4"	_				
1/2"	_				
3/8"	_				
1/4"	2500.00	2539.52	2460.48	49.21	
4	2500.00				

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

L.A. ABRASION TEST

For : Department of Highways Ref No.

Project :โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ Test Date : 18-4-20

ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

Tested by : Approved by :

Chalermchai Trakoolphudphong Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow

Sample : CB-3 (ดินลูกรัง)

Location: บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

Grading of Test Sample C

SIEVE NO	Before Test	After Test	Weight Loss	Percentage	Remark
1"	_				
3/4"	_				
1/2"	_				
3/8"	_				
1/4"	2500.00	2667.85	2332.15	46.64	
4	2500.00				

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

จังหวัดชัยนาท

บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

ดินซีเมนต์

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 1 % ยางพารา = 0 %

Optimum Water = 5.3 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	1	5.3		0
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	30	159	0	0
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1)	น้ำหนักดินแห้ง	=	3000	กรัม				
(2)	น้ำหนักซีเมนต์	=	1 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.01 x 3000	=	30	กรัม
(3)	น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา	=	5.3 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.053 x 3000	=	159	กรัม
(4)	น้ำหนักยางพารา	=	0 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0 x 3000	=	0	กรัม
(5)	น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา)	=	5 % ของน้ำหนักซีเมนต์	=	0	กรัม		
(6)	น้ำหนักน้ำ	=	(3) - (4) - (5)	=	159	กรัม		

จังหวัดชัยนาท

บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 1 % ยางพารา = 1 %

Optimum Water = 5.3 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	1	4.3		1
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	30	127.5	1.5	30
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1) น้ำหนักดินแห้ง = 3000 กรัม

(2) น้ำหนักซีเมนต์ = 1 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.01 x 3000 = 30 กรัม

(3) น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา = 5.3 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.053 x 3000 = 159 กรัม

(4) น้ำหนักยางพารา = 1 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.01 x 3000 = 30 กรัม

(5) น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา) = 5 % ของน้ำหนักซีเมนต์ = 0.05 x 30 = 1.5 กรัม

(6) น้ำหนักน้ำ = (3) - (4) - (5) = 127.5 กรัม

จังหวัดชัยนาท

บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 1 % ยางพารา = 2 %

Optimum Water = 5.3 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	1	3.3		2
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	30	97.5	1.5	60
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1)	น้ำหนักดินแห้ง	=	3000 กรัม					
(2)	น้ำหนักซีเมนต์	=	1 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.01 x 3000	=	30	กรัม
(3)	น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา	=	5.3 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.053 x 3000	=	159	กรัม
(4)	น้ำหนักยางพารา	=	2 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.02 x 3000	=	60	กรัม
(5)	น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา)	=	5 % ของน้ำหนักซีเมนต์	=	0.05 x 30	=	1.5	กรัม
(6)	น้ำหนักน้ำ	=	(3) - (4) - (5)	=	97.5 กรัม			

จังหวัดชัยนาท

บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

ดินซีเมนต์

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 3 % ยางพารา = 0 %

Optimum Water = 5.3 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	3	5.3		0
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	90	159	0	0
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1)	น้ำหนักดินแห้ง	=	3000	กรัม				
(2)	น้ำหนักซีเมนต์	=	3 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.03 x 3000	=	90	กรัม
(3)	น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา	=	5.3 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.053 x 3000	=	159	กรัม
(4)	น้ำหนักยางพารา	=	0 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0 x 3000	=	0	กรัม
(5)	น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา)	=	5 % ของน้ำหนักซีเมนต์	=	0	กรัม		
(6)	น้ำหนักน้ำ	=	(3) - (4) - (5)	=	159	กรัม		

จังหวัดชัยนาท

บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 3 % ยางพารา = 1 %

Optimum Water = 5.3 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	3	4.3		1
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	90	124.5	4.5	30
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1) น้ำหนักดินแห้ง = 3000 กรัม

(2) น้ำหนักซีเมนต์ = 3 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.03 x 3000 = 90 กรัม

(3) น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา = 5.3 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.053 x 3000 = 159 กรัม

(4) น้ำหนักยางพารา = 1 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.01 x 3000 = 30 กรัม

(5) น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา) = 5 % ของน้ำหนักซีเมนต์ = 0.05 x 90 = 4.5 กรัม

(6) น้ำหนักน้ำ = (3) - (4) - (5) = 124.5 กรัม

จังหวัดชัยนาท

บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 3 % ยางพารา = 2 %

Optimum Water = 5.3 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	3	3.3		2
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	90	94.5	4.5	60
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1)	น้ำหนักดินแห้ง	=	3000	กรัม				
(2)	น้ำหนักซีเมนต์	=	3 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.03 x 3000	=	90	กรัม
(3)	น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา	=	5.3 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.053 x 3000	=	159	กรัม
(4)	น้ำหนักยางพารา	=	2 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.02 x 3000	=	60	กรัม
(5)	น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา)	=	5 % ของน้ำหนักซีเมนต์	=	0.05 x 90	=	4.5	กรัม
(6)	น้ำหนักน้ำ	=	(3) - (4) - (5)	=	94.5	กรัม		

จังหวัดชัยนาท

บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

ดินซีเมนต์

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 5 % ยางพารา = 0 %

Optimum Water = 5.3 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	5	5.3		0
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	150	159	0	0
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1)	น้ำหนักดินแห้ง	=	3000	กรัม				
(2)	น้ำหนักซีเมนต์	=	5 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.05 x 3000	=	150	กรัม
(3)	น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา	=	5.3 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.053 x 3000	=	159	กรัม
(4)	น้ำหนักยางพารา	=	0 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0 x 3000	=	0	กรัม
(5)	น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา)	=	5 % ของน้ำหนักซีเมนต์	=	0	กรัม		
(6)	น้ำหนักน้ำ	=	(3) - (4) - (5)	=	159	กรัม		

จังหวัดชัยนาท

บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 5 % ยางพารา = 1 %

Optimum Water = 5.3 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	5	4.3		1
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	150	121.5	7.5	30
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1)	น้ำหนักดินแห้ง	=	3000	กรัม				
(2)	น้ำหนักซีเมนต์	=	5 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.05 x 3000	=	150	กรัม
(3)	น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา	=	5.3 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.053 x 3000	=	159	กรัม
(4)	น้ำหนักยางพารา	=	1 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.01 x 3000	=	30	กรัม
(5)	น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา)	=	5 % ของน้ำหนักซีเมนต์	=	0.05 x 150	=	7.5	กรัม
(6)	น้ำหนักน้ำ	=	(3) - (4) - (5)	=	121.5	กรัม		

จังหวัดชัยนาท

บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 5 % ยางพารา = 2 %

Optimum Water = 5.3 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	5	3.3		2
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	150	91.5	7.5	60
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1)	น้ำหนักดินแห้ง	=	3000	กรัม				
(2)	น้ำหนักซีเมนต์	=	5 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.05 x 3000	=	150	กรัม
(3)	น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา	=	5.3 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.053 x 3000	=	159	กรัม
(4)	น้ำหนักยางพารา	=	2 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.02 x 3000	=	60	กรัม
(5)	น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา)	=	5 % ของน้ำหนักซีเมนต์	=	0.05 x 150	=	7.5	กรัม
(6)	น้ำหนักน้ำ	=	(3) - (4) - (5)	=	91.5	กรัม		

จังหวัดชลบุรี

บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

ดินซีเมนต์

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 1 % ยางพารา = 0 %

Optimum Water = 10 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	1	10		0
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	30	300	0	0
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1)	น้ำหนักดินแห้ง	=	3000	กรัม				
(2)	น้ำหนักซีเมนต์	=	1 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.01 x 3000	=	30	กรัม
(3)	น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา	=	10 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.10 x 3000	=	300	กรัม
(4)	น้ำหนักยางพารา	=	0 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0 x 3000	=	0	กรัม
(5)	น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา)	=	5 % ของน้ำหนักซีเมนต์	=	0	กรัม		
(6)	น้ำหนักน้ำ	=	(3) - (4) - (5)	=	300	กรัม		

จังหวัดชลบุรี

บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 1 % ยางพารา = 1 %

Optimum Water = 10 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	1	9		1
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	30	268.5	1.5	30
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1) น้ำหนักดินแห้ง = 3000 กรัม

(2) น้ำหนักซีเมนต์ = 1 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.01 x 3000 = 30 กรัม

(3) น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา = 10 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.10 x 3000 = 300 กรัม

(4) น้ำหนักยางพารา = 1 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.01 x 3000 = 30 กรัม

(5) น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา) = 5 % ของน้ำหนักซีเมนต์ = 0.05 x 30 = 1.5 กรัม

(6) น้ำหนักน้ำ = (3) - (4) - (5) = 268.5 กรัม

จังหวัดชลบุรี

บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 1 % ยางพารา = 2 %

Optimum Water = 10 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	1	8		2
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	30	238.5	1.5	60
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1) น้ำหนักดินแห้ง = 3000 กรัม

(2) น้ำหนักซีเมนต์ = 1 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.01 x 3000 = 30 กรัม

(3) น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา = 10 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.10 x 3000 = 300 กรัม

(4) น้ำหนักยางพารา = 2 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.01 x 3000 = 60 กรัม

(5) น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา) = 5 % ของน้ำหนักซีเมนต์ = 0.05 x 30 = 1.5 กรัม

(6) น้ำหนักน้ำ = (3) - (4) - (5) = 238.5 กรัม

จังหวัดชลบุรี

บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

ดินซีเมนต์

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 3 % ยางพารา = 0 %

Optimum Water = 10 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	3	10		0
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	90	300	0	0
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1) น้ำหนักดินแห้ง = 3000 กรัม

(2) น้ำหนักซีเมนต์ = 3 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.03 x 3000 = 90 กรัม

(3) น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา = 10 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.10 x 3000 = 300 กรัม

(4) น้ำหนักยางพารา = 0 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0 x 3000 = 0 กรัม

(5) น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา) = 5 % ของน้ำหนักซีเมนต์ = 0 กรัม

(6) น้ำหนักน้ำ = (3) - (4) - (5) = 300 กรัม

จังหวัดชลบุรี

บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 3 % ยางพารา = 1 %

Optimum Water = 10 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	3	9		1
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	90	265.5	4.5	30
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1) น้ำหนักดินแห้ง = 3000 กรัม

(2) น้ำหนักซีเมนต์ = 3 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.03 x 3000 = 90 กรัม

(3) น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา = 10 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.10 x 3000 = 300 กรัม

(4) น้ำหนักยางพารา = 1 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.01 x 3000 = 30 กรัม

(5) น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา) = 5 % ของน้ำหนักซีเมนต์ = 0.05 x 90 = 4.5 กรัม

(6) น้ำหนักน้ำ = (3) - (4) - (5) = 265.5 กรัม

จังหวัดชลบุรี

บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 3 % ยางพารา = 2 %

Optimum Water = 10 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	3	8		2
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	90	235.5	4.5	60
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1) น้ำหนักดินแห้ง = 3000 กรัม

(2) น้ำหนักซีเมนต์ = 3 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.03 x 3000 = 90 กรัม

(3) น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา = 10 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.10 x 3000 = 300 กรัม

(4) น้ำหนักยางพารา = 2 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.02 x 3000 = 60 กรัม

(5) น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา) = 5 % ของน้ำหนักซีเมนต์ = 0.05 x 90 = 4.5 กรัม

(6) น้ำหนักน้ำ = (3) - (4) - (5) = 235.5 กรัม

จังหวัดชลบุรี

บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

ดินซีเมนต์

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 5 % ยางพารา = 0 %

Optimum Water = 10 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	5	10		0
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	150	300	0	0
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1)	น้ำหนักดินแห้ง	=	1000	กรัม				
(2)	น้ำหนักซีเมนต์	=	5 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.05 x 3000	=	150	กรัม
(3)	น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา	=	10 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0.10 x 3000	=	300	กรัม
(4)	น้ำหนักยางพารา	=	0 % ของน้ำหนักดินแห้ง	=	0 x 3000	=	0	กรัม
(5)	น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา)	=	5 % ของน้ำหนักซีเมนต์	=	0	กรัม		
(6)	น้ำหนักน้ำ	=	(3) - (4) - (5)	=	300	กรัม		

จังหวัดชลบุรี

บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 5 % ยางพารา = 1 %

Optimum Water = 10 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	5	9		1
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	150	262.5	7.5	30
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1) น้ำหนักดินแห้ง = 3000 กรัม

(2) น้ำหนักซีเมนต์ = 5 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.05 x 3000 = 150 กรัม

(3) น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา = 10 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.10 x 3000 = 300 กรัม

(4) น้ำหนักยางพารา = 1 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.01 x 3000 = 30 กรัม

(5) น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา) = 5 % ของน้ำหนักซีเมนต์ = 0.05 x 150 = 7.5 กรัม

(6) น้ำหนักน้ำ = (3) - (4) - (5) = 262.5 กรัม

จังหวัดชลบุรี

บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

อัตราส่วนผสมซีเมนต์ = 5 % ยางพารา = 2 %

Optimum Water = 10 %

อัตราส่วน	ดิน	ซีเมนต์	น้ำ	สารลดแรงตึงผิว	ยางพารา
ร้อยละ	-	5	8		2
(%)		(นน. ดินแห้ง)			(นน. ดินแห้ง)
น้ำหนัก	3000	150	232.5	7.5	60
(กรัม)					

รายละเอียดการคำนวณ

(1) น้ำหนักดินแห้ง = 3000 กรัม

(2) น้ำหนักซีเมนต์ = 5 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.05 x 3000 = 150 กรัม

(3) น้ำหนักน้ำ + สารลดแรงตึงผิว + ยางพารา = 10 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.10 x 3000 = 300 กรัม

(4) น้ำหนักยางพารา = 2 % ของน้ำหนักดินแห้ง = 0.02 x 3000 = 60 กรัม

(5) น้ำหนักสารลดแรงตึงผิว (ใช้เมื่อผสมยางพารา) = 5 % ของน้ำหนักซีเมนต์ = 0.05 x 150 = 7.5 กรัม

(6) น้ำหนักน้ำ = (3) - (4) - (5) = 232.5 กรัม

สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียววัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากแหล่งวัสดุจังหวัดชัยนาท

Name	Cement (%)	Para Rubber (%)	γ_t (g/cm^3)	γ_d (g/cm^3)	Water Content (%)	q_u (ksc)	Strain (%)	Avg. q_u (ksc)	Avg. Strain (%)
CN-C1P0-1	1	0	2.348	2.238	4.94	9.30	2.86	10.02	3.29
CN-C1P0-2	1	0	2.334	2.228	4.75	10.94	3.00		
CN-C1P0-3	1	0	2.358	2.256	4.51	12.47	2.84		
CN-C1P0-4	1	0	2.330	2.222	4.87	10.41	2.88		
CN-C1P0-5	1	0	2.312	2.215	4.36	6.99	4.88		
CN-C1P1-1	1	1	2.340	2.214	5.68	11.20	4.11	11.71	3.44
CN-C1P1-2	1	1	2.339	2.222	5.24	12.71	3.11		
CN-C1P1-3	1	1	2.333	2.220	5.11	13.65	3.16		
CN-C1P1-4	1	1	2.338	2.215	5.56	11.15	3.17		
CN-C1P1-5	1	1	2.331	2.213	5.33	9.86	3.64		
CN-C1P2-1	1	2	2.312	2.216	4.34	7.26	3.53	7.81	4.00
CN-C1P2-2	1	2	2.312	2.215	4.40	8.44	3.83		
CN-C1P2-3	1	2	2.318	2.215	4.65	8.39	4.52		
CN-C1P2-4	1	2	2.322	2.222	4.50	7.02	3.95		
CN-C1P2-5	1	2	2.324	2.225	4.45	7.95	4.18		
CN-C3P0-1	3	0	2.359	2.240	5.31	24.11	2.91	28.23	2.63
CN-C3P0-2	3	0	2.359	2.244	5.11	34.47	2.60		
CN-C3P0-3	3	0	2.357	2.240	5.23	27.28	2.47		
CN-C3P0-4	3	0	2.365	2.248	5.19	26.51	2.44		
CN-C3P0-5	3	0	2.373	2.269	5.03	28.79	2.72		
CN-C3P1-1	3	1	2.338	2.245	4.12	19.65	3.06	21.62	2.60
CN-C3P1-2	3	1	2.309	2.215	4.25	14.37	2.61		
CN-C3P1-3	3	1	2.322	2.232	4.04	24.61	2.89		
CN-C3P1-4	3	1	2.326	2.235	4.06	26.37	2.11		

CN-C3P1-5	3	1	2.306	2.215	4.11	23.11	2.30		
CN-C3P2-1	3	2	2.313	2.218	4.25	21.73	3.60	19.67	3.47
CN-C3P2-2	3	2	2.306	2.217	4.02	20.41	3.34		
CN-C3P2-3	3	2	2.308	2.217	4.08	21.75	3.46		
CN-C3P2-4	3	2	2.307	2.214	4.17	19.15	3.34		
CN-C3P2-5	3	2	2.310	2.215	4.32	15.29	3.59		
CN-C5P0-1	5	0	2.328	2.224	4.65	44.46	3.22	40.94	2.76
CN-C5P0-2	5	0	2.355	2.249	4.71	48.18	2.59		
CN-C5P0-3	5	0	2.354	2.245	4.85	41.99	2.18		
CN-C5P0-4	5	0	2.363	2.248	5.12	37.45	2.81		
CN-C5P0-5	5	0	2.351	2.239	5.03	32.61	3.02		
CN-C5P1-1	5	1	2.338	2.224	4.36	34.90	2.31	30.48	2.59
CN-C5P1-2	5	1	2.322	2.219	4.65	29.49	2.86		
CN-C5P1-3	5	1	2.342	2.237	4.70	31.32	2.20		
CN-C5P1-4	5	1	2.329	2.219	4.96	26.75	2.33		
CN-C5P1-5	5	1	2.341	2.239	4.56	29.94	3.28		
CN-C5P2-1	5	2	2.336	2.231	4.71	37.49	3.16	33.64	3.31
CN-C5P2-2	5	2	2.335	2.230	4.68	37.31	3.27		
CN-C5P2-3	5	2	2.343	2.234	4.90	33.68	3.80		
CN-C5P2-4	5	2	2.336	2.222	5.14	31.09	3.15		
CN-C5P2-5	5	2	2.326	2.215	5.03	28.64	3.16		

สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียววัสดุพื้นทางดินซีเมนต์และวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติจากแหล่งวัสดุจังหวัดชลบุรี

Name	Cement (%)	Para Rubber (%)	γ_t (g/cm^3)	γ_d (g/cm^3)	Water Content (%)	q_u (ksc)	Strain (%)	Avg. q_u (ksc)	Avg. Strain (%)
CB-C1P0-1	1	0	2.247	2.041	10.07	5.75	3.62	5.52	3.22
CB-C1P0-2	1	0	2.258	2.057	9.78	6.24	4.49		
CB-C1P0-3	1	0	2.258	2.044	10.48	7.80	2.35		
CB-C1P0-4	1	0	2.249	2.047	9.87	2.96	2.46		
CB-C1P0-5	1	0	2.265	2.056	10.18	4.86	3.16		
CB-C1P1-1	1	1	2.229	2.014	10.65	3.31	6.15	3.83	4.48
CB-C1P1-2	1	1	2.217	2.000	10.88	2.90	6.05		
CB-C1P1-3	1	1	2.223	2.003	10.99	4.49	4.03		
CB-C1P1-4	1	1	2.208	1.995	10.7	3.72	3.21		
CB-C1P1-5	1	1	2.226	2.008	10.85	4.72	2.97		
CB-C1P2-1	1	2	2.186	1.987	10.01	4.50	7.51	5.00	4.95
CB-C1P2-2	1	2	2.218	2.033	9.12	4.98	5.45		
CB-C1P2-3	1	2	2.237	2.071	8.03	6.53	4.04		
CB-C1P2-4	1	2	2.234	2.028	10.15	6.04	3.58		
CB-C1P2-5	1	2	2.207	2.023	9.09	2.97	4.20		
CB-C3P0-1	3	0	2.265	2.079	8.93	20.39	3.64	19.79	2.61
CB-C3P0-2	3	0	2.278	2.084	9.31	15.77	3.63		
CB-C3P0-3	3	0	2.280	2.094	8.88	20.29	2.24		
CB-C3P0-4	3	0	2.266	2.075	9.22	23.76	1.91		
CB-C3P0-5	3	0	2.281	2.092	9.05	18.73	1.62		
CB-C3P1-1	3	1	2.231	2.056	8.51	17.90	4.29	19.89	2.75
CB-C3P1-2	3	1	2.242	2.069	8.36	21.00	2.60		
CB-C3P1-3	3	1	2.242	2.067	8.48	20.37	2.18		
CB-C3P1-4	3	1	2.235	2.065	8.26	23.95	2.32		
CB-C3P1-5	3	1	2.234	2.061	8.37	16.23	2.36		

CB-C3P2-1	3	2	2205	2032	8.5	16.24	5.04	15.94	3.40
CB-C3P2-2	3	2	2209	2032	8.69	13.41	3.90		
CB-C3P2-3	3	2	2226	2055	8.31	17.31	2.50		
CB-C3P2-4	3	2	2204	2028	8.65	18.58	3.01		
CB-C3P2-5	3	2	2215	2042	8.48	14.16	2.54		
CB-C5P0-1	5	0	2255	2073	8.76	29.83	3.04	26.21	2.42
CB-C5P0-2	5	0	2271	2086	8.83	27.46	2.70		
CB-C5P0-3	5	0	2272	2086	8.88	30.77	1.91		
CB-C5P0-4	5	0	2263	2076	9	22.71	1.88		
CB-C5P0-5	5	0	2258	2073	8.94	20.26	2.58		
CB-C5P1-1	5	1	2244	2067	8.57	26.34	3.38	23.25	2.84
CB-C5P1-2	5	1	2244	2068	8.5	31.87	2.92		
CB-C5P1-3	5	1	2235	2060	8.47	18.22	3.16		
CB-C5P1-4	5	1	2217	2036	8.91	20.95	1.99		
CB-C5P1-5	5	1	2220	2043	8.69	18.86	2.75		
CB-C5P2-1	5	2	2218	2031	9.2	20.18	3.15	21.30	3.20
CB-C5P2-2	5	2	2240	2053	9.13	26.49	3.90		
CB-C5P2-3	5	2	2223	2038	9.1	21.44	2.74		
CB-C5P2-4	5	2	2238	2055	8.92	19.60	3.30		
CB-C5P2-5	5	2	2227	2043	9.01	18.79	2.92		

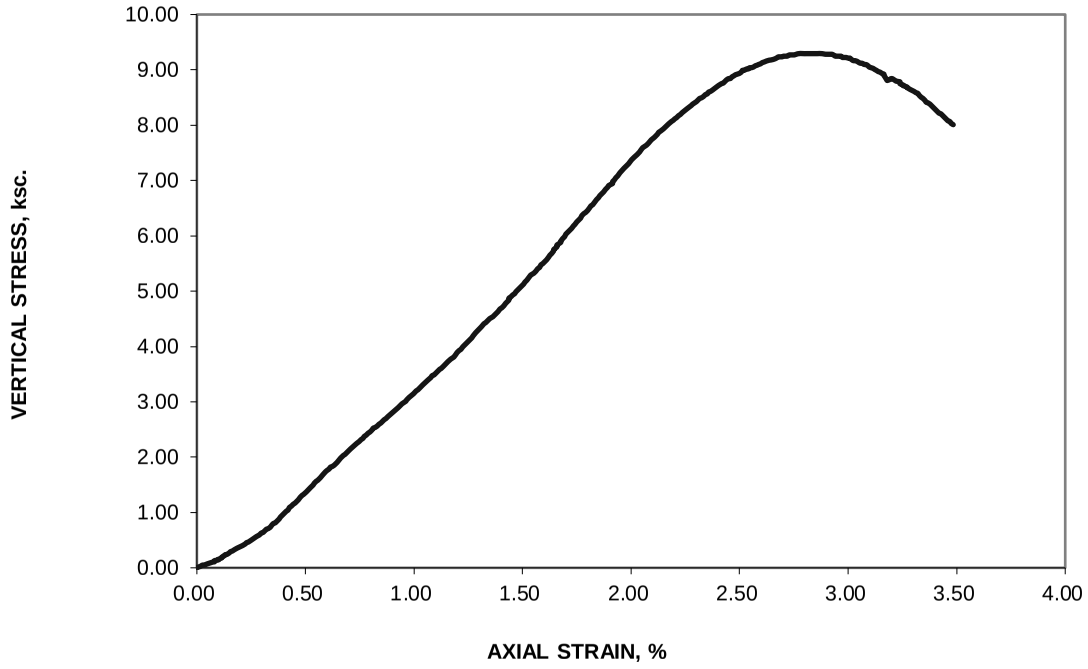
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.160	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.032	cm^2
DATE	14/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.170	cm.
TEST NO.	CN-C1P0-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.348	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.238	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.94	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	9.30
Undrained Shear Strength (Su) =	4.65
Strain at Failure , %	2.86

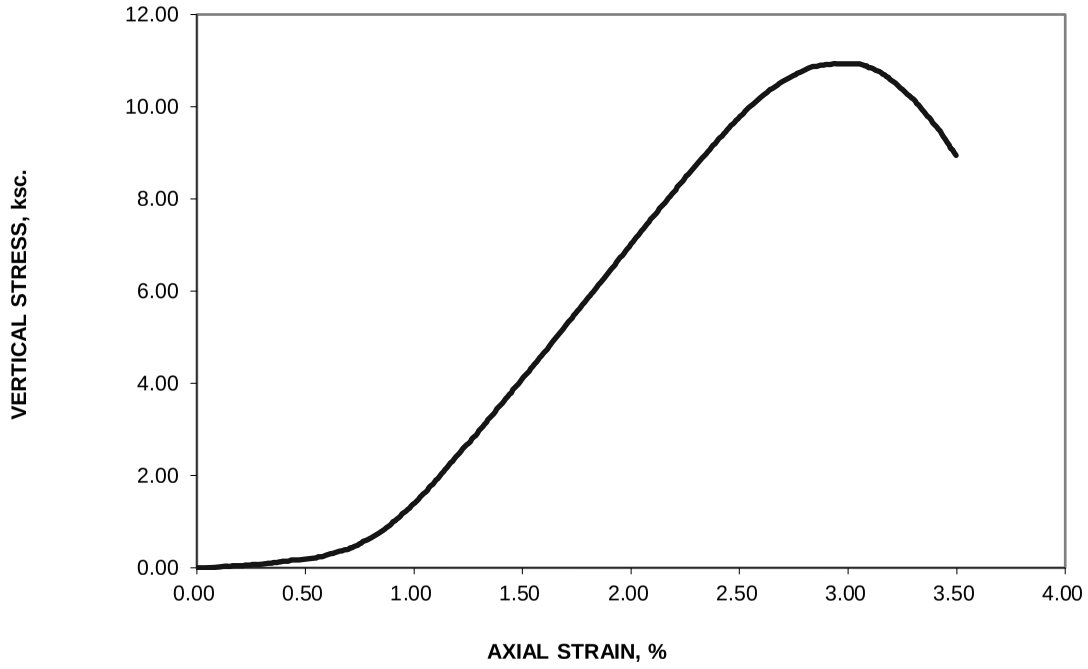
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.160	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.027	cm^2
DATE	14/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.152	cm.
TEST NO.	CN-C1P0-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.334	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.228	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.75	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	10.94
Undrained Shear Strength (Su) =	5.47
Strain at Failure , %	3.00

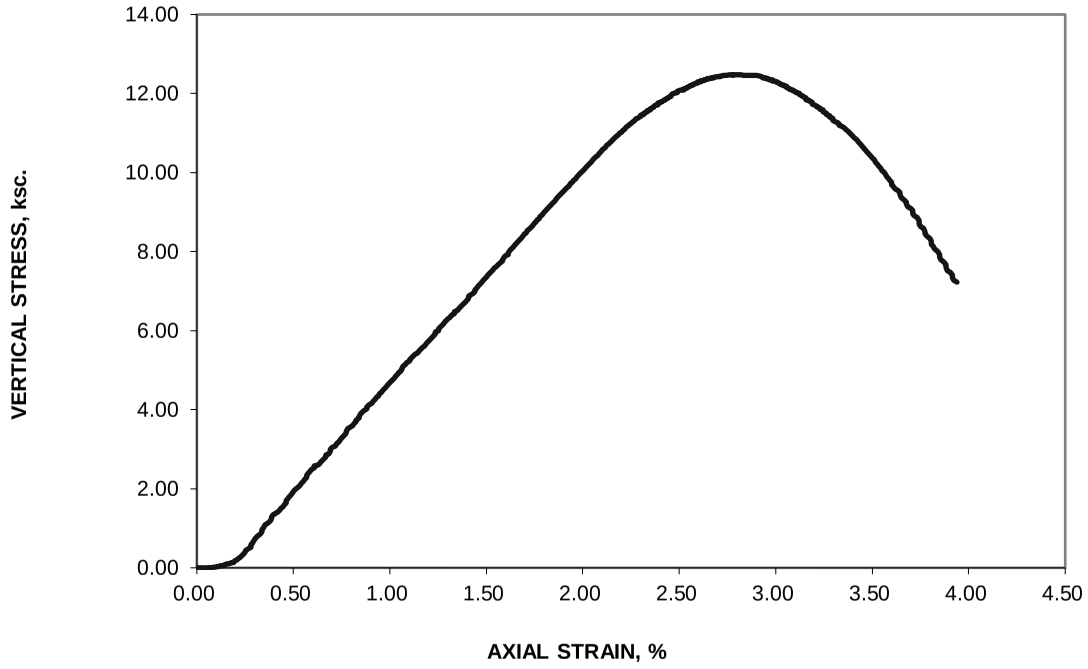
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.170	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.186	cm^2
DATE	14/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.135	cm.
TEST NO.	CN-C1P0-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.358	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.256	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.51	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.47
Undrained Shear Strength (Su) =	6.24
Strain at Failure , %	2.84

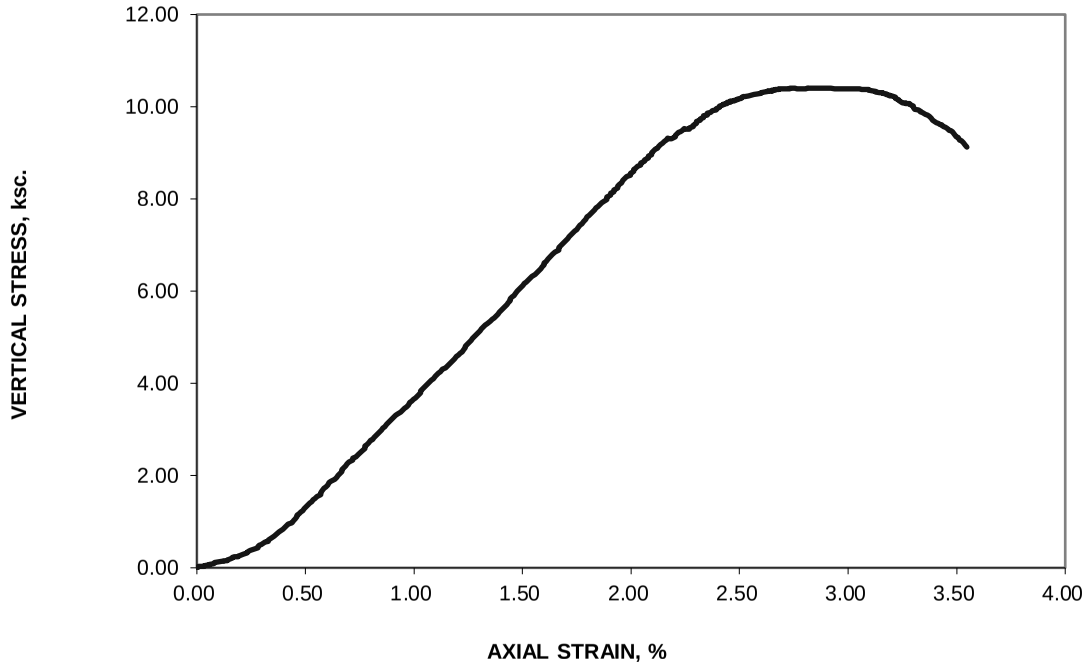
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.170	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.186	cm^2
DATE	14/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.123	cm.
TEST NO.	CN-C1P0-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.330	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.222	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.87	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	10.41
Undrained Shear Strength (Su) =	5.20
Strain at Failure , %	2.88

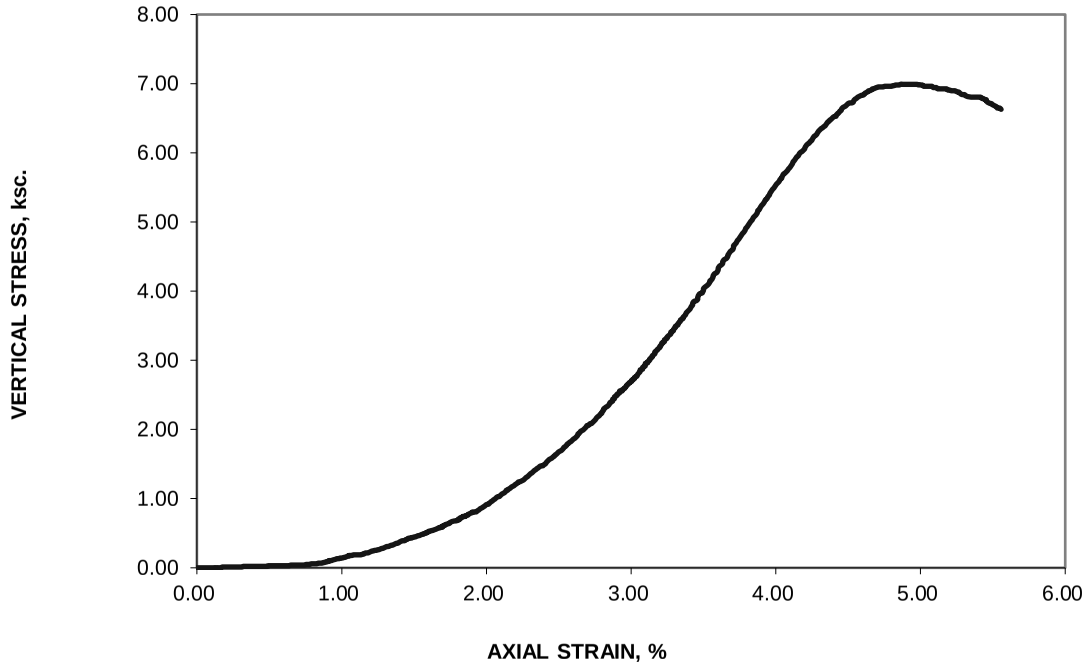
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.170	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.192	cm^2
DATE	14/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.913	cm.
TEST NO.	CN-C1P0-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.312	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.215	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.36	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	6.99
Undrained Shear Strength (Su) =	3.50
Strain at Failure , %	4.88

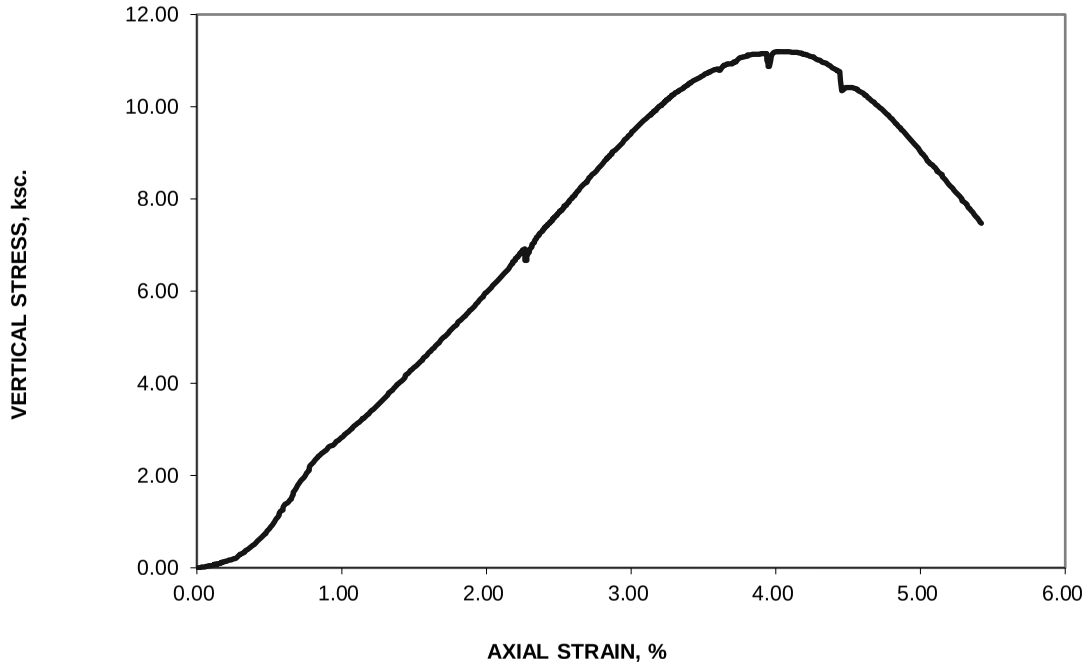
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.171	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.213	cm^2
DATE	15/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.138	cm.
TEST NO.	CN-C1P1-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.340	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.214	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.68	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	11.20
Undrained Shear Strength (Su) =	5.60
Strain at Failure , %	4.11

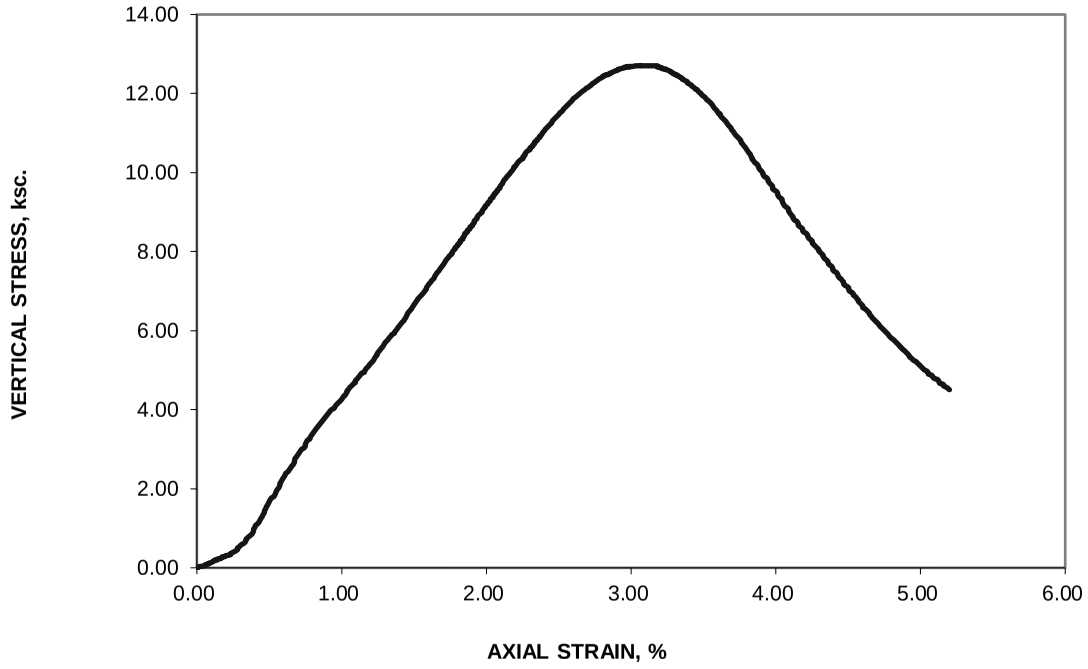
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.163	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.080	cm^2
DATE	15/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.038	cm.
TEST NO.	CN-C1P1-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.339	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.222	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.24	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.71
Undrained Shear Strength (Su) =	6.36
Strain at Failure , %	3.11

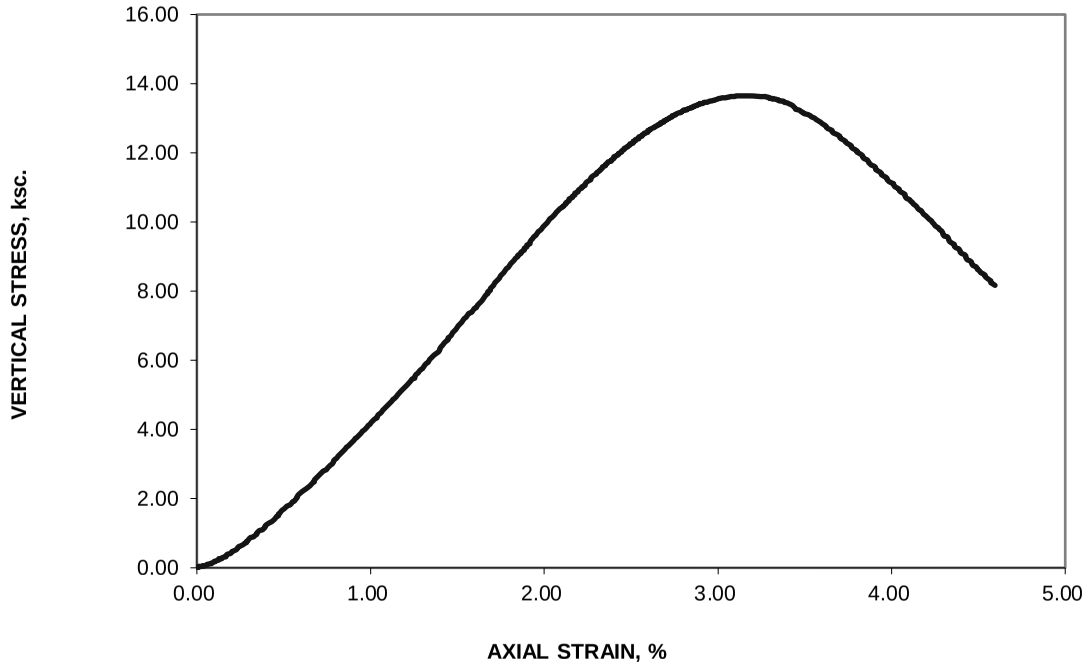
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.167	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.138	cm^2
DATE	15/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.946	cm.
TEST NO.	CN-C1P1-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.333	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.220	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.11	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	13.65
Undrained Shear Strength (Su) =	6.82
Strain at Failure , %	3.16

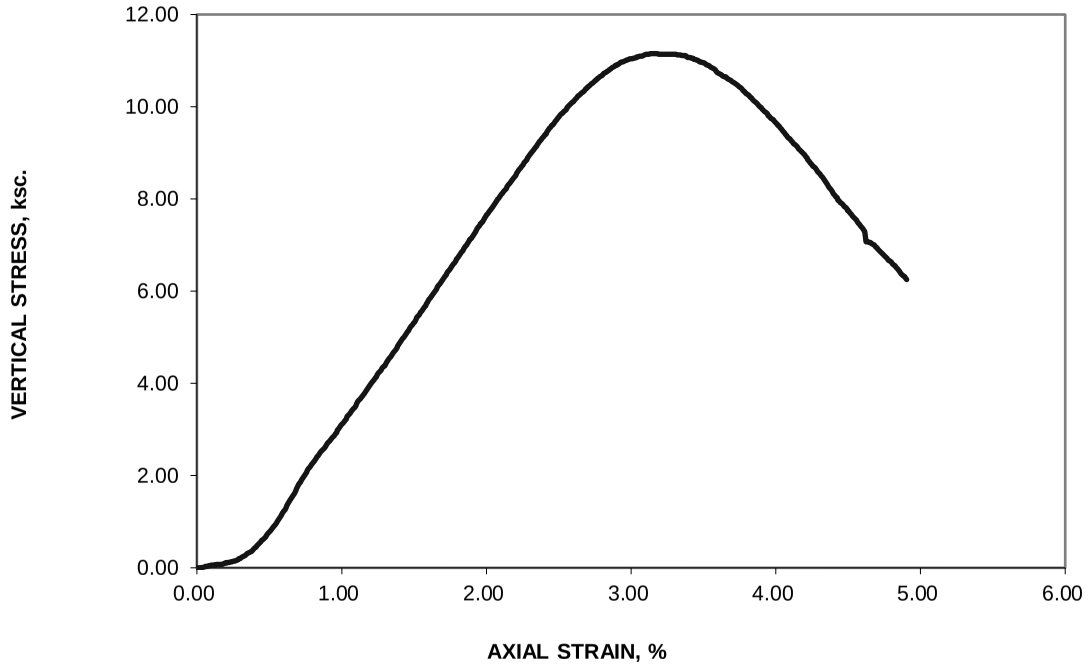
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.176	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.293	cm^2
DATE	15/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.029	cm.
TEST NO.	CN-C1P1-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.338	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.215	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.56	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	11.15
Undrained Shear Strength (Su) =	5.58
Strain at Failure , %	3.17

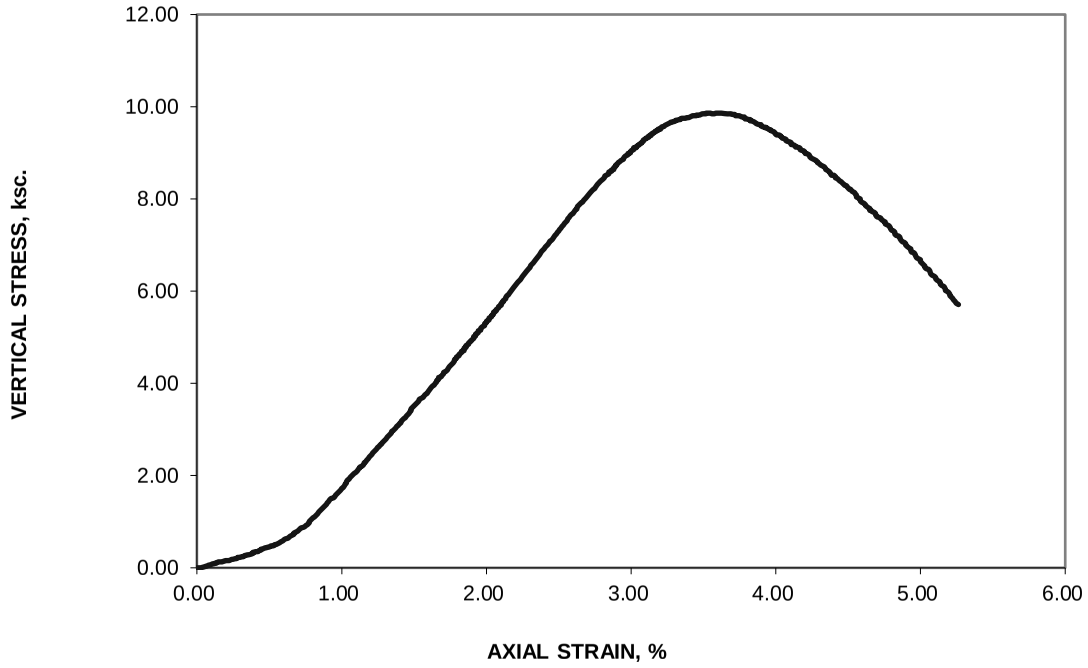
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.182	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.378	cm^2
DATE	15/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.086	cm.
TEST NO.	CN-C1P1-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.331	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.213	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.33	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	9.86
Undrained Shear Strength (Su) =	4.93
Strain at Failure , %	3.64

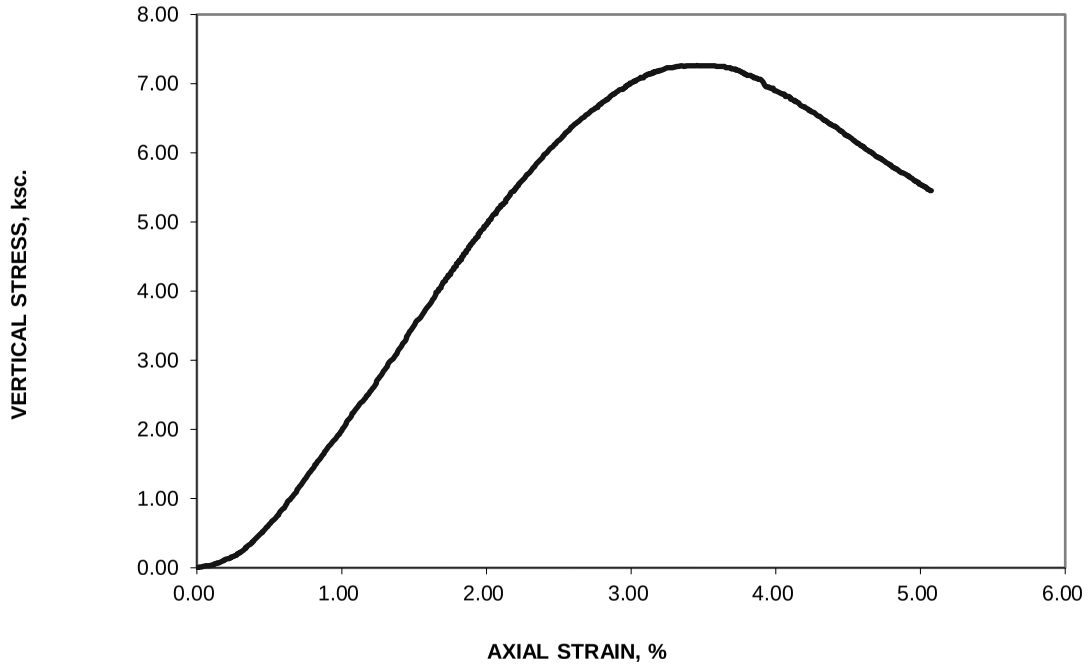
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.173	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.240	cm^2
DATE	16/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.099	cm.
TEST NO.	CN-C1P2-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.312	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.216	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.34	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	7.26
Undrained Shear Strength (Su) =	3.63
Strain at Failure , %	3.52

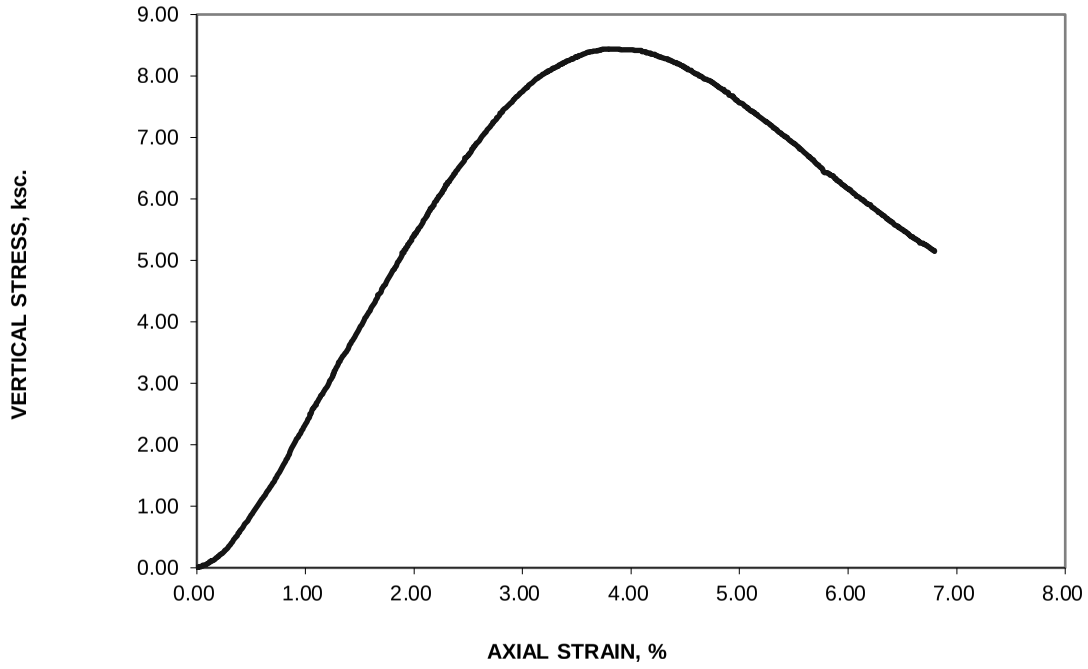
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.178	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.319	cm^2
DATE	16/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.992	cm.
TEST NO.	CN-C1P2-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.312	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.215	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.40	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	8.44
Undrained Shear Strength (Su) =	4.22
Strain at Failure , %	3.83

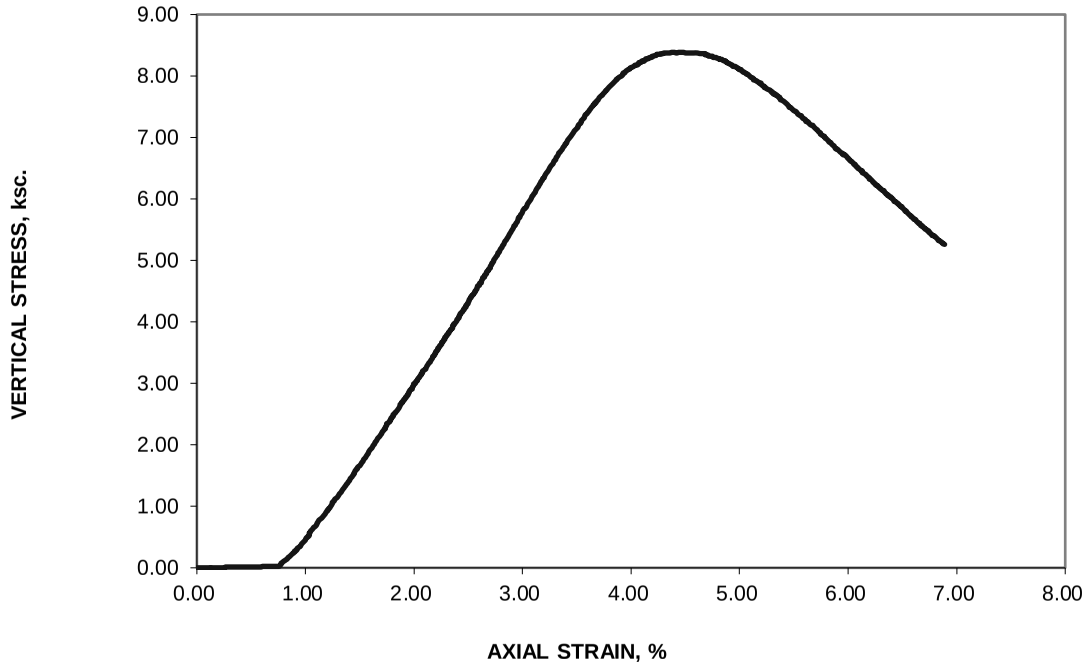
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.152	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	80.905	cm^2
DATE	16/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.107	cm.
TEST NO.	CN-C1P2-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.318	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.215	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.65	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	8.39
Undrained Shear Strength (Su) =	4.19
Strain at Failure , %	4.52

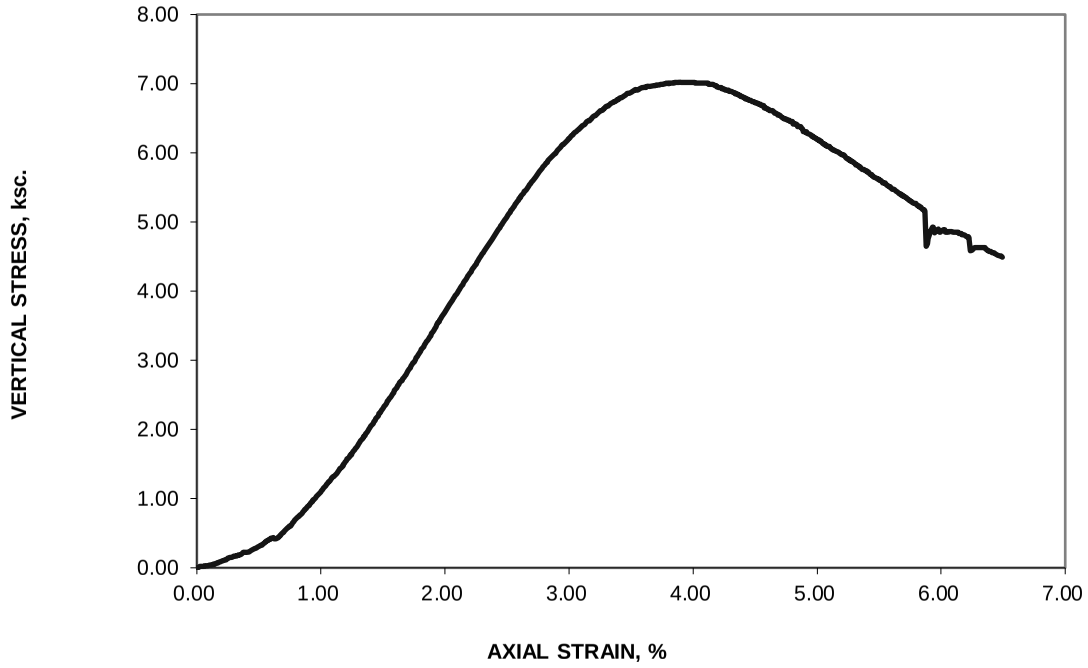
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.161	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.048	cm^2
DATE	16/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.044	cm.
TEST NO.	CN-C1P2-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.322	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.222	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.50	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	7.02
Undrained Shear Strength (Su) =	3.51
Strain at Failure , %	3.95

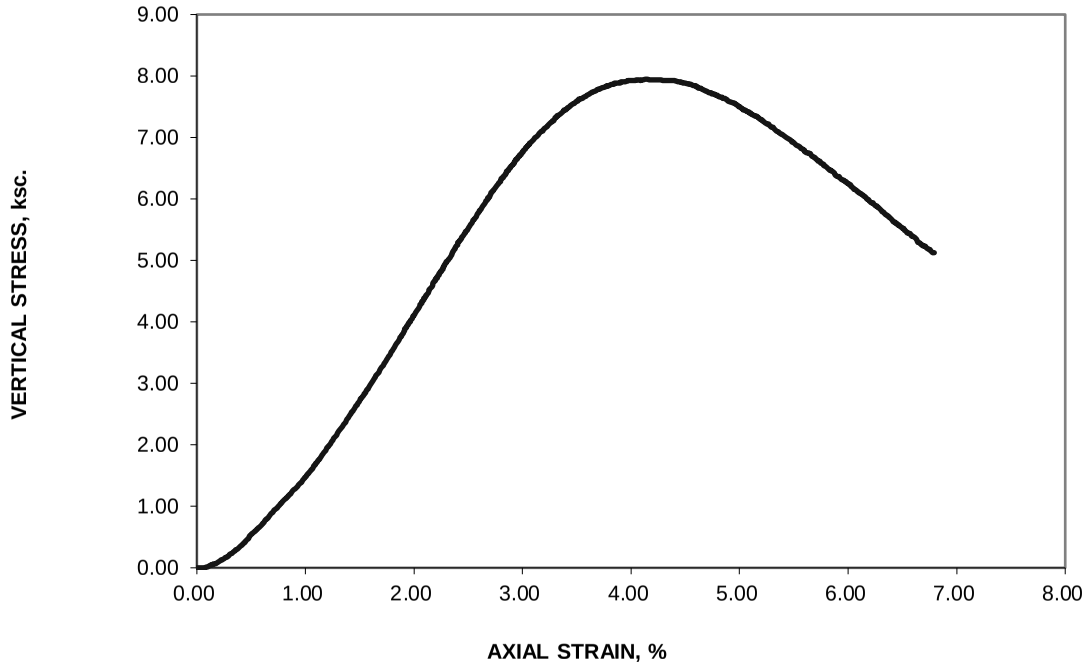
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.158	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.006	cm^2
DATE	16/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.055	cm.
TEST NO.	CN-C1P2-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.324	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.225	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.45	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	7.95
Undrained Shear Strength (Su) =	3.97
Strain at Failure , %	4.18

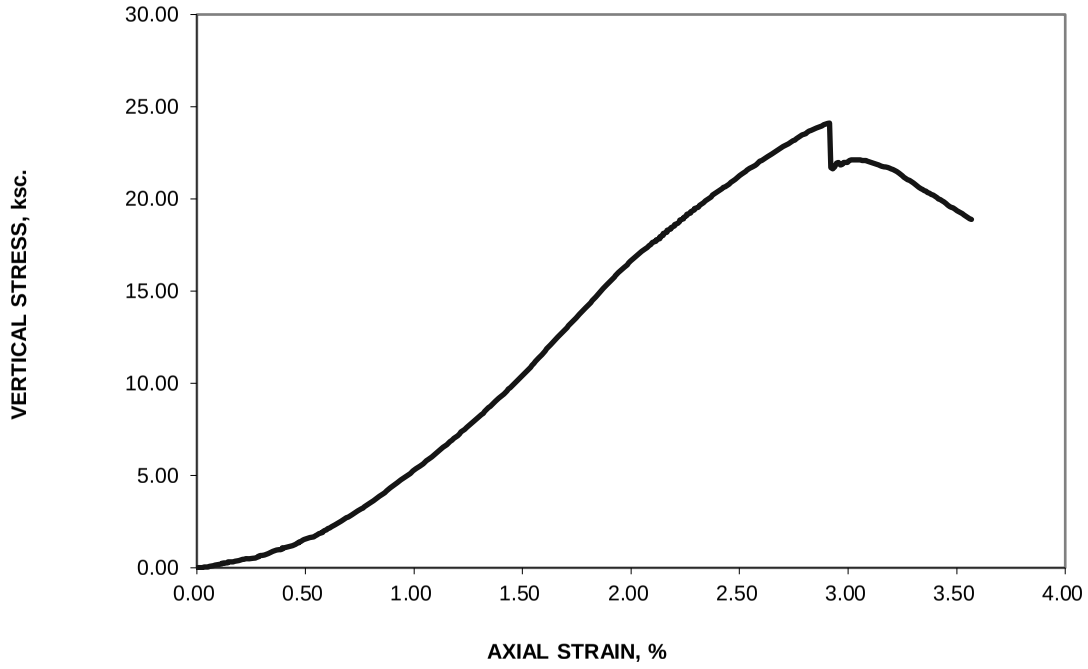
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.156	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	80.968	cm^2
DATE	17/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	119.110	cm.
TEST NO.	CN-C3P0-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.359	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.240	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.31	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

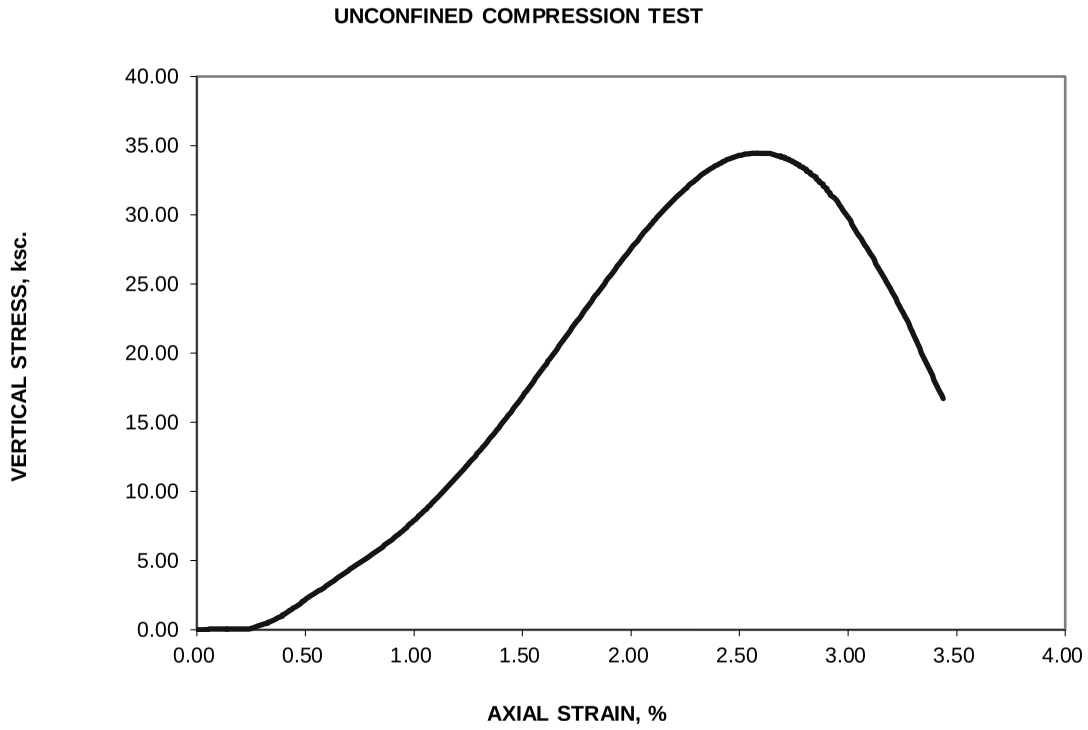
Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	24.11
Undrained Shear Strength (Su) =	12.06
Strain at Failure , %	2.91

KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.161	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.048	cm^2
DATE	17/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	119.255	cm.
TEST NO.	CN-C3P0-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.359	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.244	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.11	%



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	34.47
Undrained Shear Strength (Su) =	17.23
Strain at Failure , %	2.60

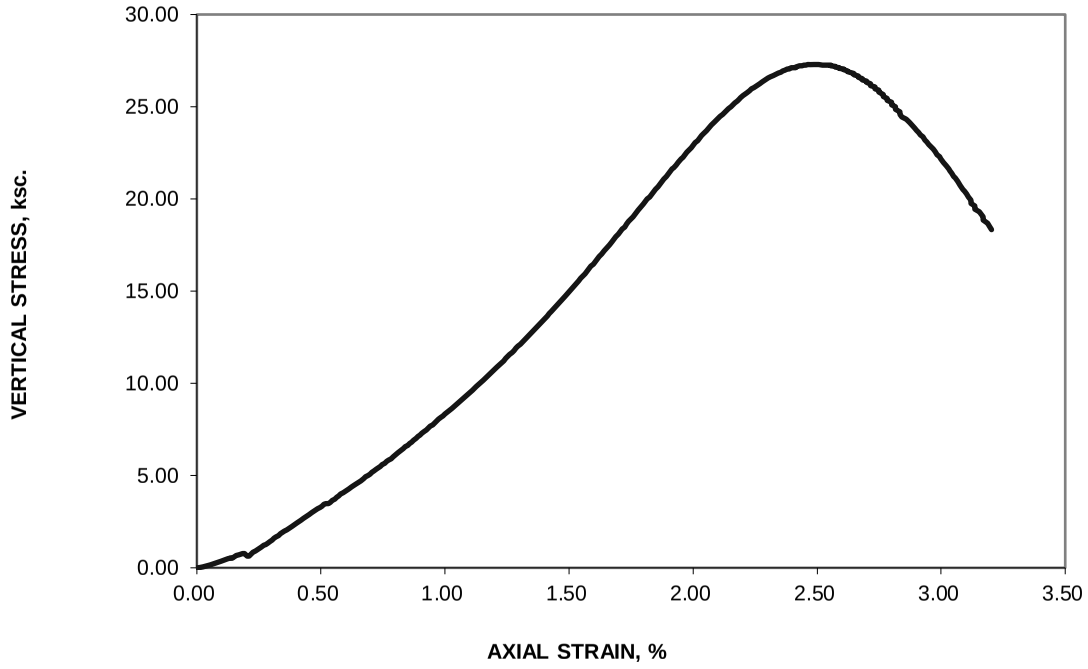
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.164	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.091	cm^2
DATE	17/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.895	cm.
TEST NO.	CN-C3P0-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.357	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.240	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.23	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	27.28
Undrained Shear Strength (Su) =	13.64
Strain at Failure , %	2.47

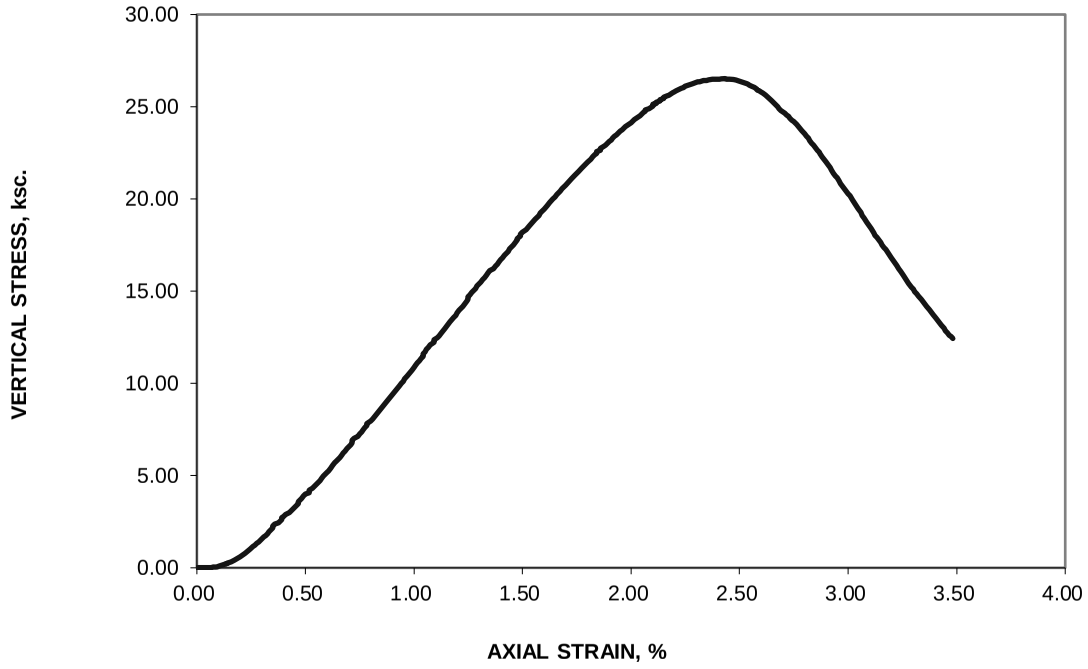
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.169	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.176	cm^2
DATE	17/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.003	cm.
TEST NO.	CN-C3P0-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.365	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.248	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.19	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	26.51
Undrained Shear Strength (Su) =	13.26
Strain at Failure , %	2.44

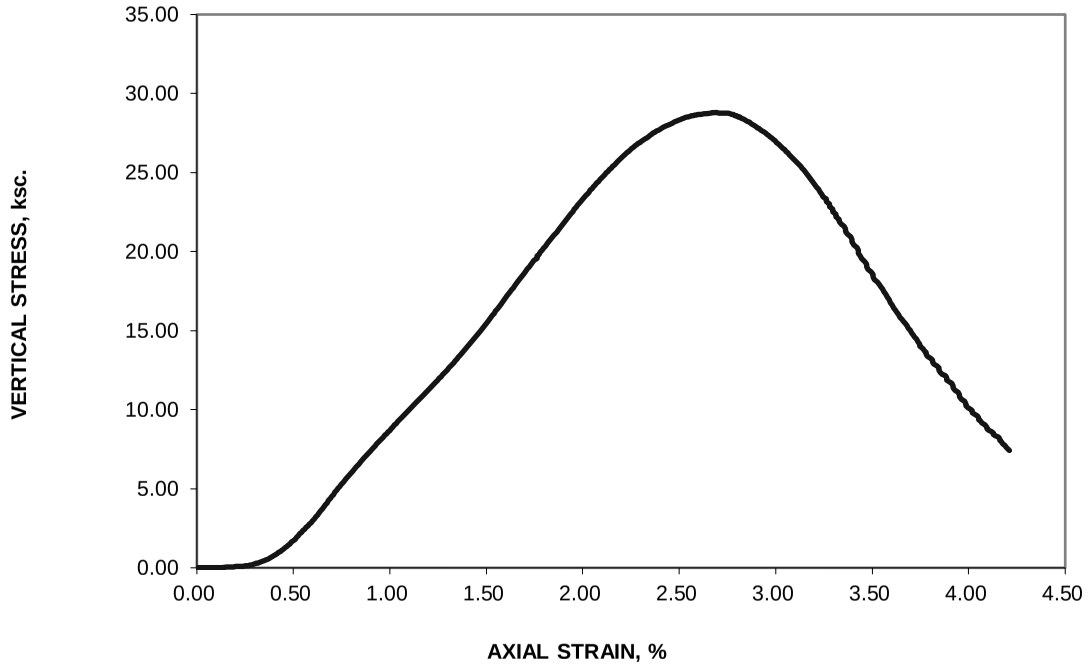
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.179	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.335	cm^2
DATE	17/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.016	cm.
TEST NO.	CN-C3P0-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.373	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.260	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.03	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	28.79
Undrained Shear Strength (Su) =	14.39
Strain at Failure , %	2.72

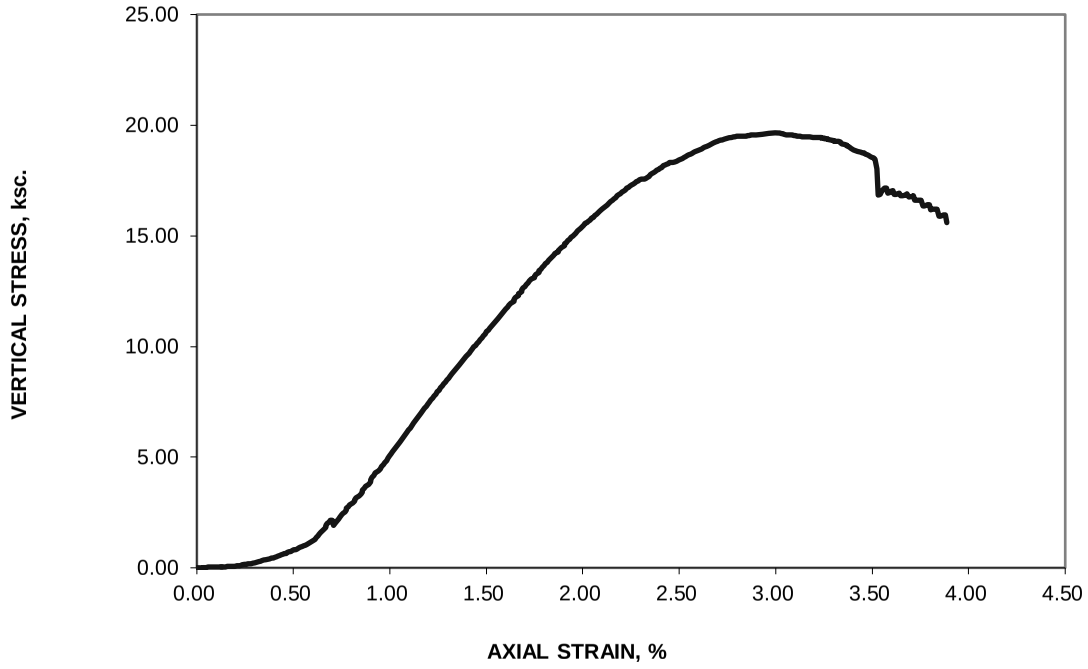
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.174	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.256	cm^2
DATE	17/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.119	cm.
TEST NO.	CN-C3P1-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.338	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.245	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.12	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	19.65
Undrained Shear Strength (Su) =	9.83
Strain at Failure , %	3.06

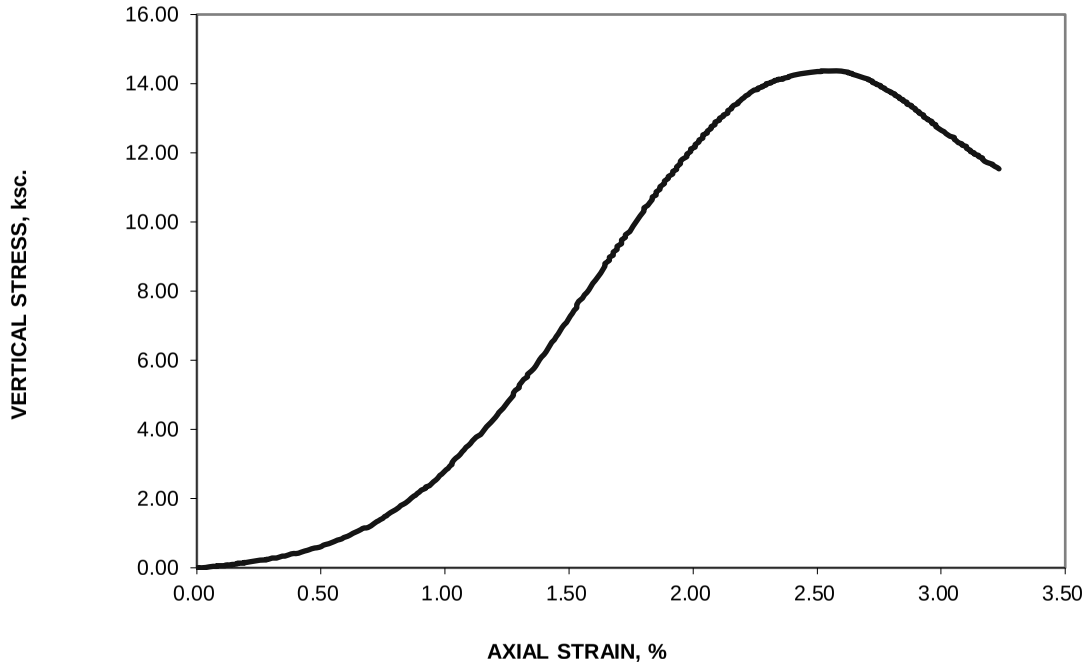
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.166	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.133	cm^2
DATE	17/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.156	cm.
TEST NO.	CN-C3P1-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.309	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.215	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.25	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.37
Undrained Shear Strength (Su) =	7.18
Strain at Failure , %	2.61

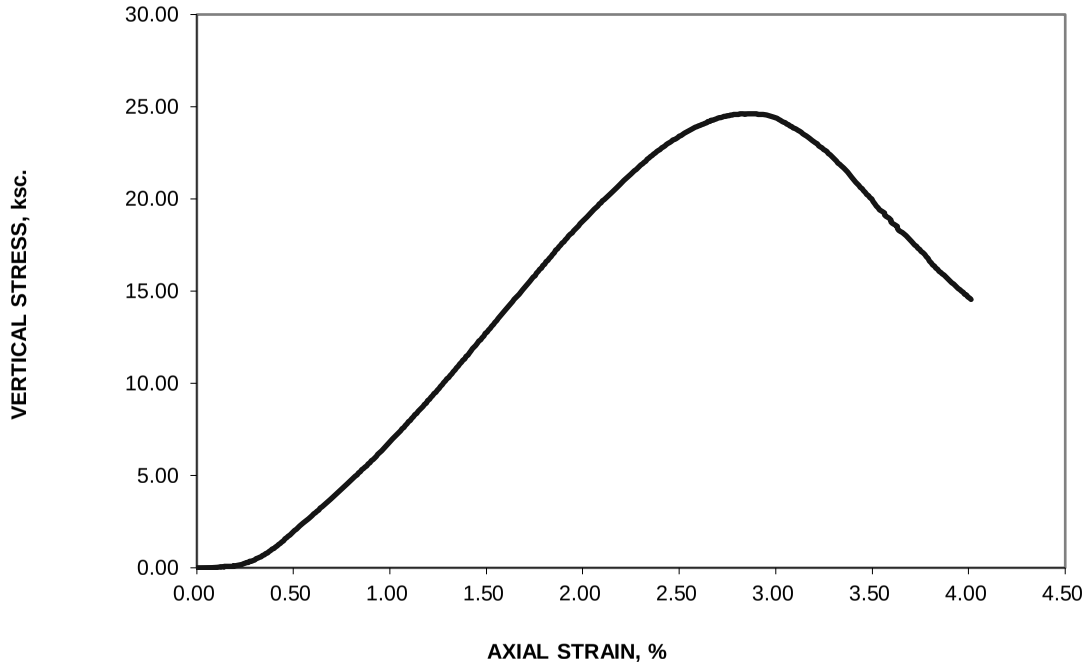
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.169	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.181	cm^2
DATE	17/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.039	cm.
TEST NO.	CN-C3P1-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.322	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.232	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.04	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	24.61
Undrained Shear Strength (Su) =	12.31
Strain at Failure , %	2.89

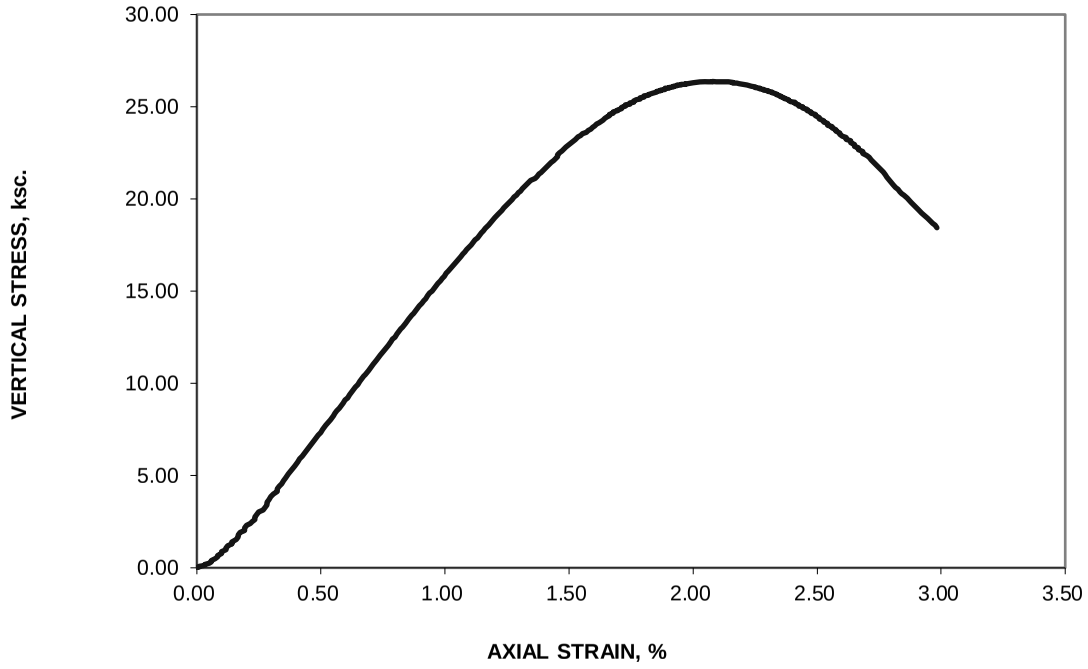
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.169	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.181	cm^2
DATE	17/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.035	cm.
TEST NO.	CN-C3P1-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.326	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.235	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.06	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	26.37
Undrained Shear Strength (Su) =	13.19
Strain at Failure , %	2.11

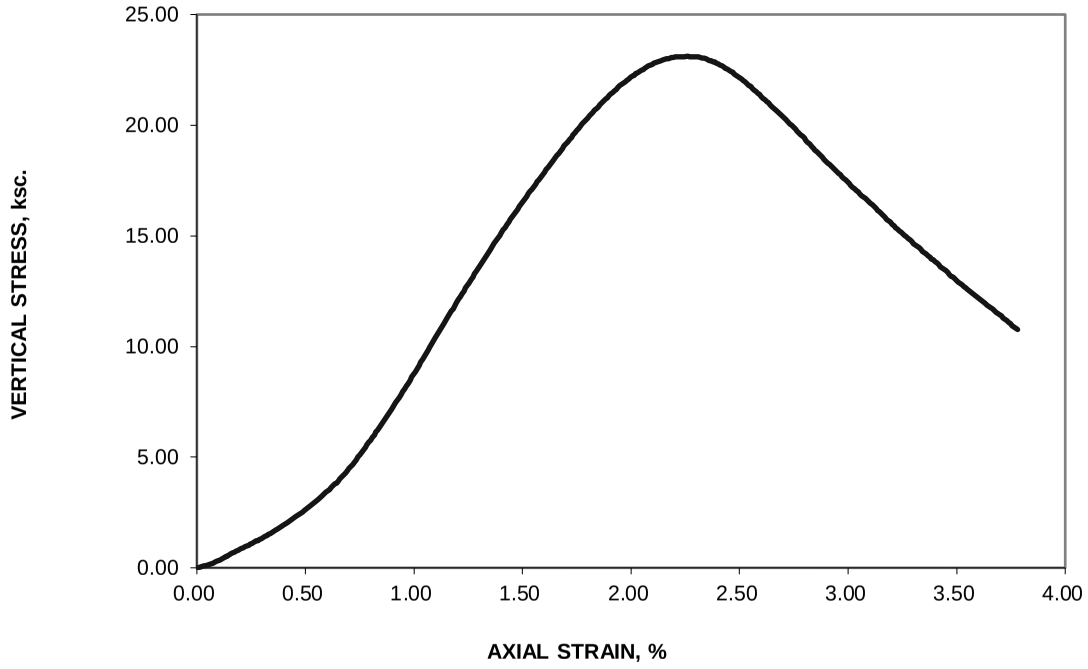
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.156	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	80.963	cm^2
DATE	17/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.114	cm.
TEST NO.	CN-C3P1-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.306	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.215	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.11	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	23.11
Undrained Shear Strength (Su) =	11.55
Strain at Failure , %	2.30

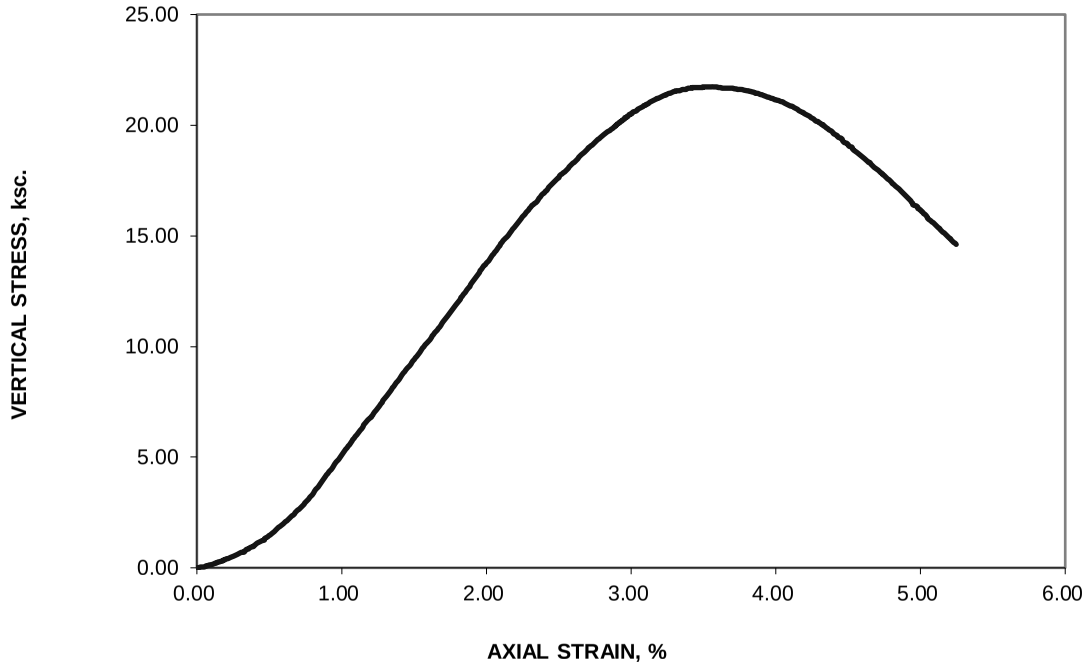
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.182	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.389	cm^2
DATE	18/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.046	cm.
TEST NO.	CN-C3P2-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.313	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.218	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.25	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	21.73
Undrained Shear Strength (Su) =	10.87
Strain at Failure , %	3.60

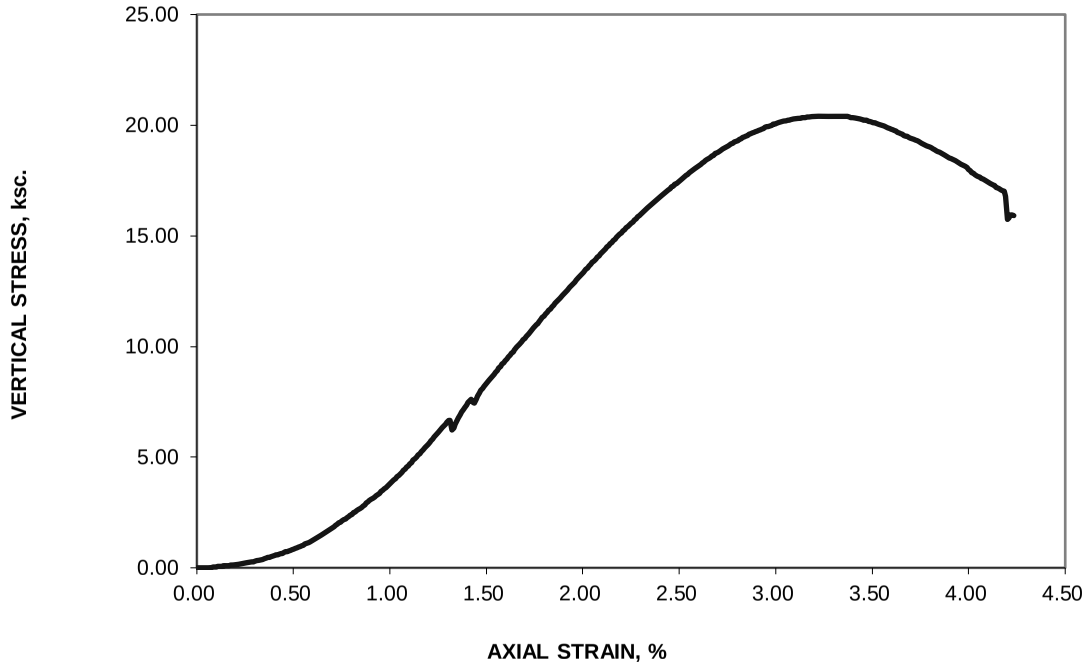
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.168	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.165	cm^2
DATE	18/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.952	cm.
TEST NO.	CN-C3P2-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.306	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.217	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.02	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	20.41
Undrained Shear Strength (Su) =	10.20
Strain at Failure , %	3.34

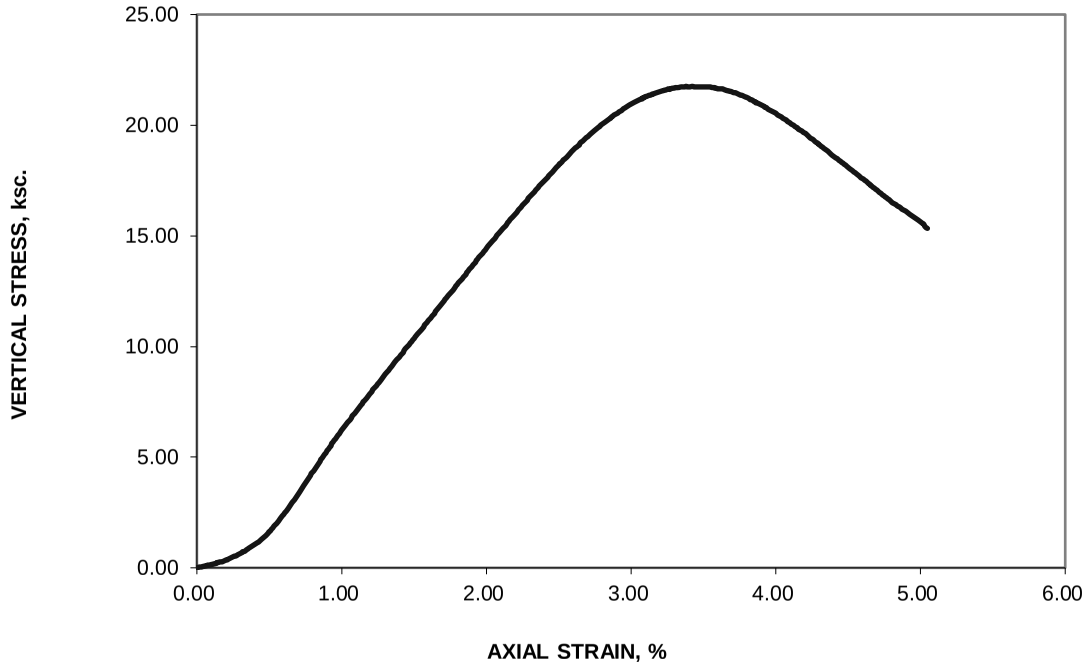
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.177	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.303	cm^2
DATE	18/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.005	cm.
TEST NO.	CN-C3P2-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.308	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.217	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.08	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	21.75
Undrained Shear Strength (Su) =	10.87
Strain at Failure , %	3.46

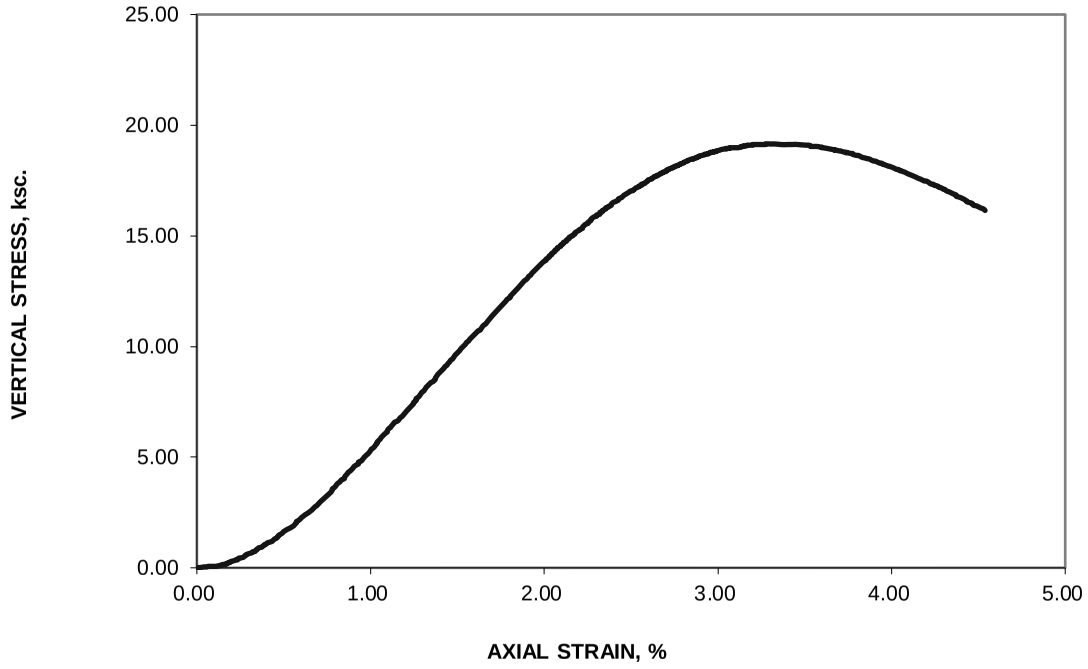
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.169	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.170	cm^2
DATE	18/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.030	cm.
TEST NO.	CN-C3P2-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.307	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.214	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.17	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	19.15
Undrained Shear Strength (Su) =	9.57
Strain at Failure , %	3.34

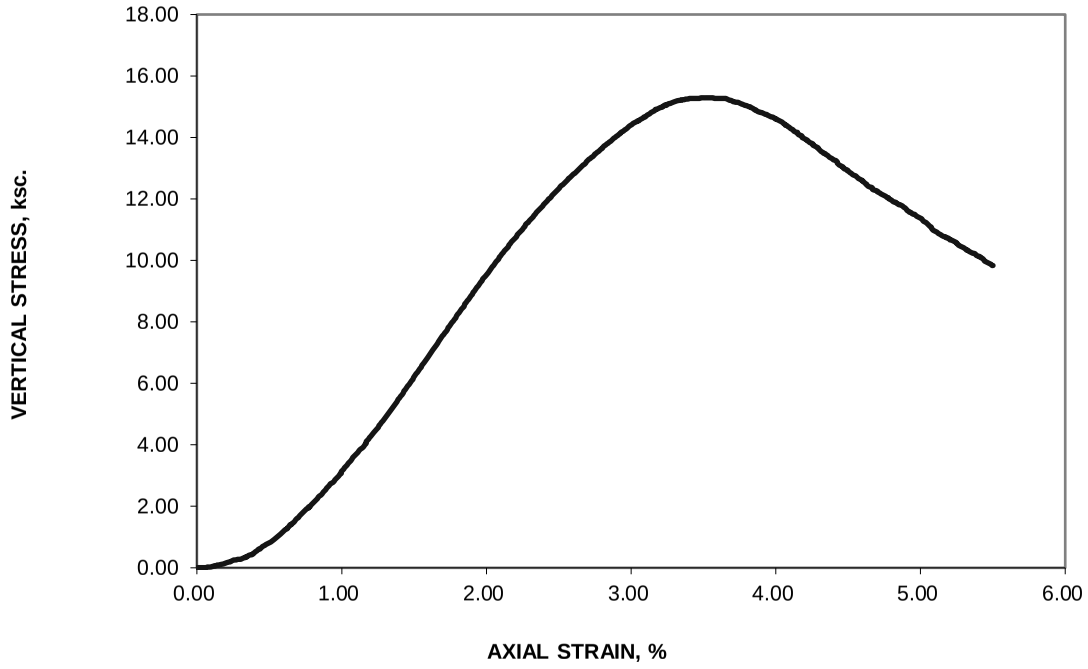
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.166	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ บ่อลูกร บ่อลูก บ่อลูกรังสุนีย์ บ่อลูกรังส บ่อลูกรังสุนีย์ บ่อลูกรังสุนีย์ บ่อลูกรังสุนีย์ บ่อลูกรังสุนีย์			SAPLE AREA	81.128	cm^2
DATE	18/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.143	cm.
TEST NO.	CN-C3P2-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.310	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.215	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.32	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	15.29
Undrained Shear Strength (Su) =	7.65
Strain at Failure , %	3.59

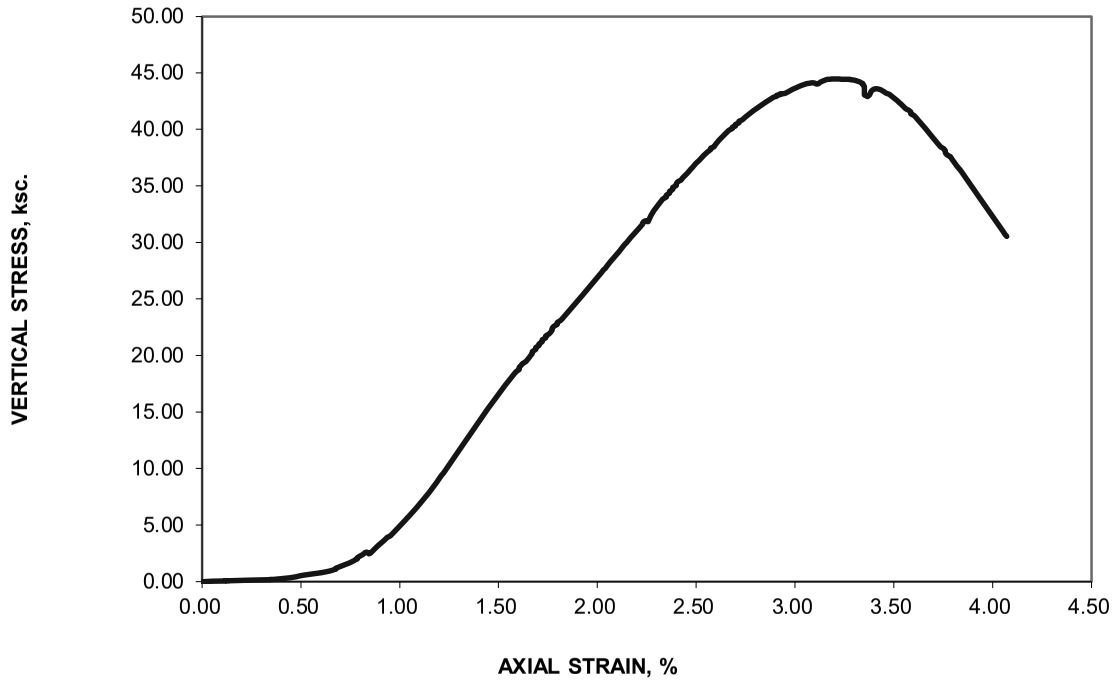
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.172	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.229	cm^2
DATE	18-05-20	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.106	cm.
TEST NO.	CN-C5P0-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.328	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.224	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.65	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	44.46
Undrained Shear Strength (Su) =	22.23
Strain at Failure , %	3.22

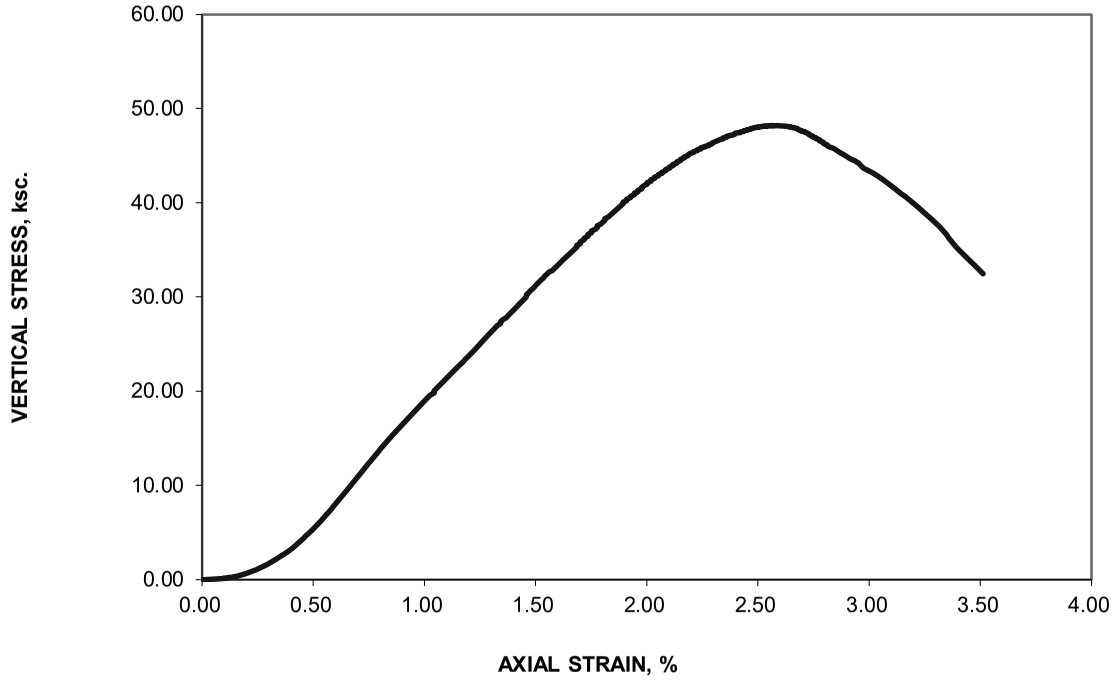
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.164	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.096	cm^2
DATE	18-05-20	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.002	cm.
TEST NO.	CN-C5P0-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.355	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.249	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.71	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	48.18
Undrained Shear Strength (Su) =	24.09
Strain at Failure , %	2.59

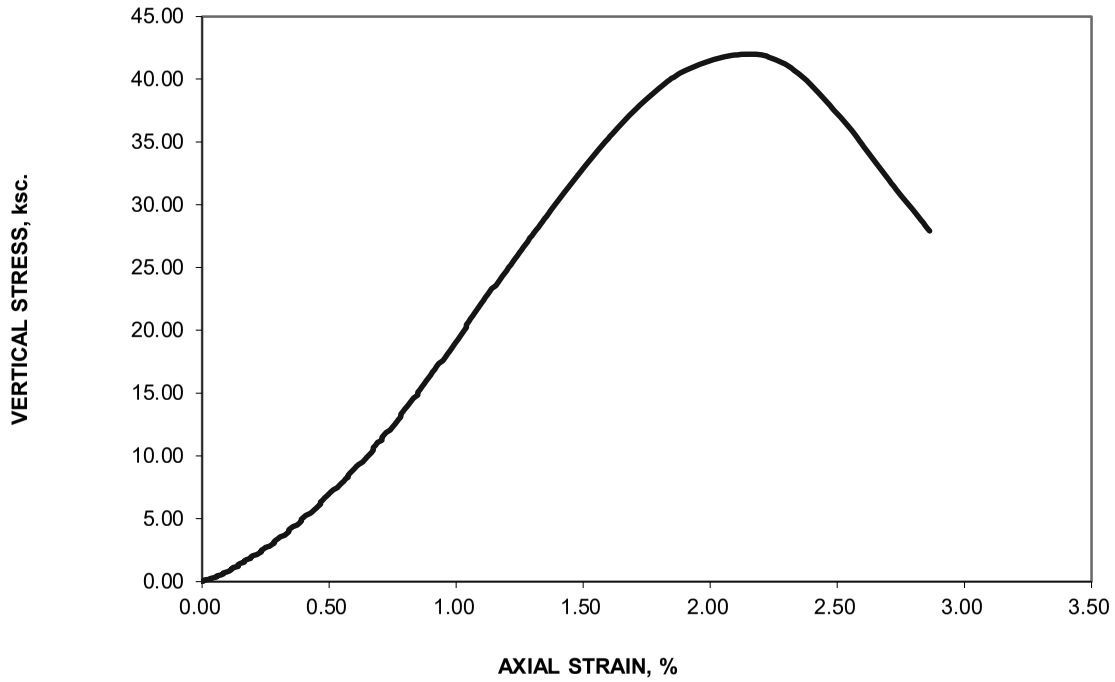
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.167	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.149	cm^2
DATE	18-05-20	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.110	cm.
TEST NO.	CN-C5P0-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.354	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.245	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.85	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	41.99
Undrained Shear Strength (Su) =	20.99
Strain at Failure , %	2.18

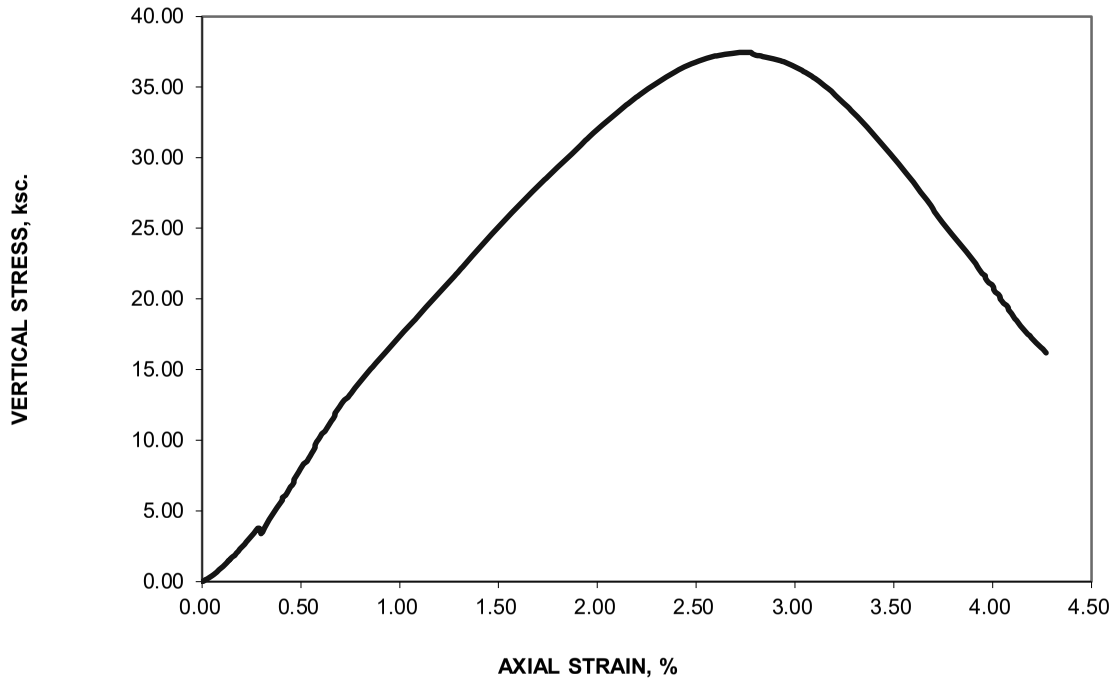
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.151	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	80.894	cm^2
DATE	18-05-20	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.089	cm.
TEST NO.	CN-C5P0-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.363	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.248	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.12	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	37.45
Undrained Shear Strength (Su) =	18.73
Strain at Failure , %	2.81

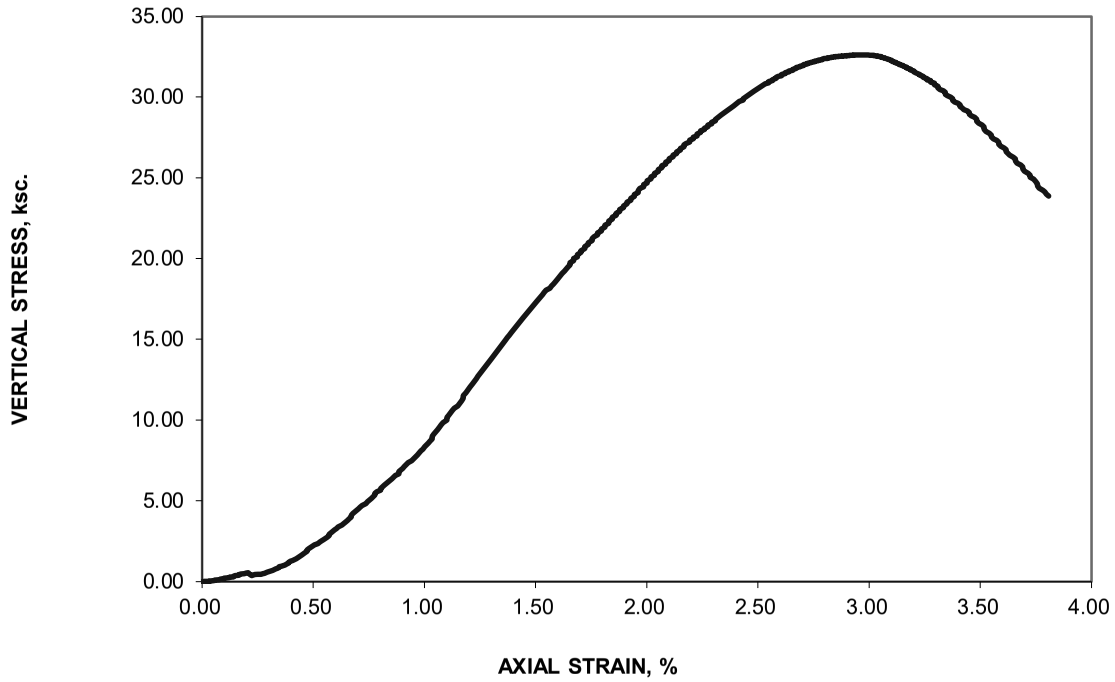
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.171	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.202	cm^2
DATE	18-05-20	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.070	cm.
TEST NO.	CN-C5P0-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.351	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.239	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.03	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	32.61
Undrained Shear Strength (Su) =	16.30
Strain at Failure , %	3.02

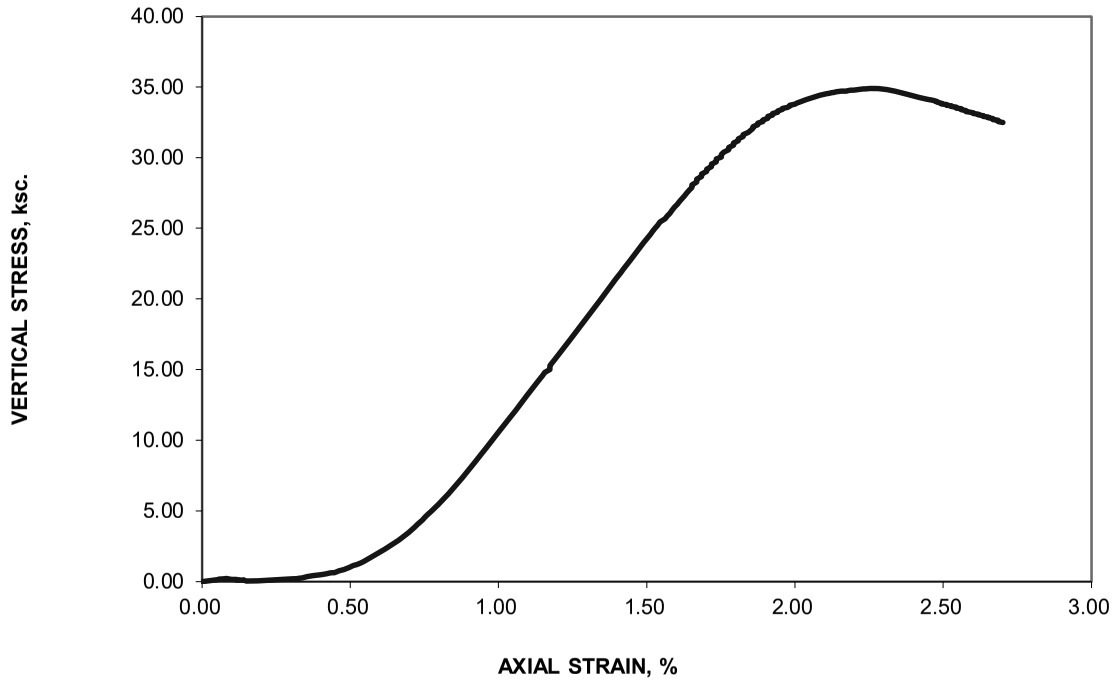
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.169	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.181	cm^2
DATE	19-05-20	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.966	cm.
TEST NO.	CN-C5P1-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.338	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.241	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.36	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	34.90
Undrained Shear Strength (Su) =	17.45
Strain at Failure , %	2.31

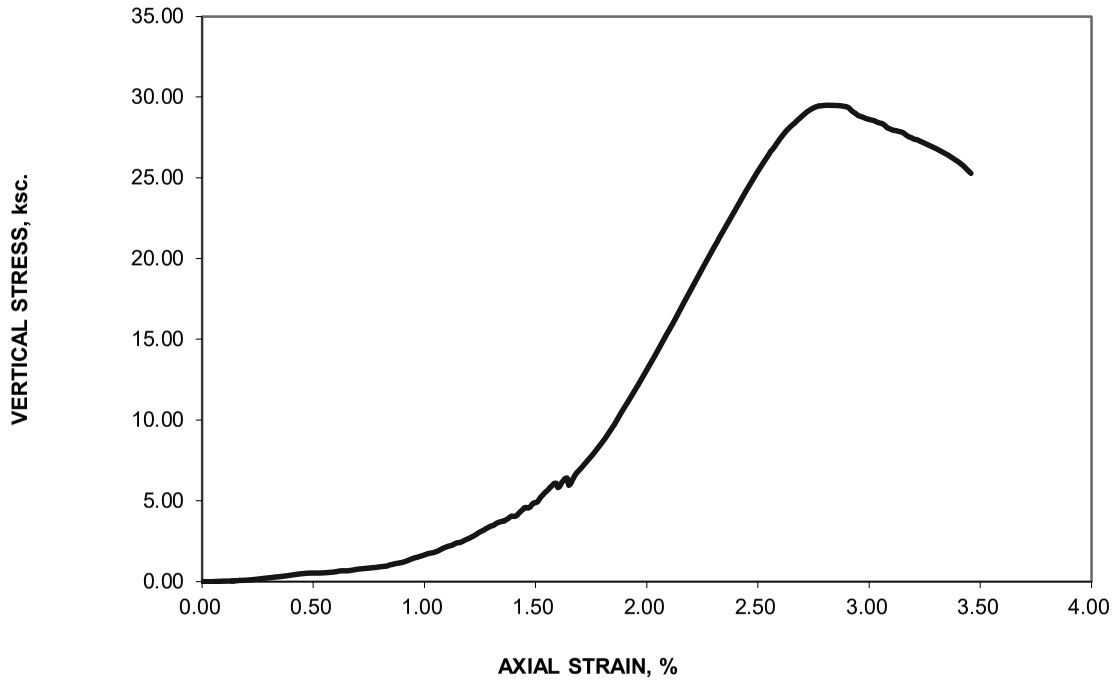
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.162	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.064	cm^2
DATE	19-05-20	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.988	cm.
TEST NO.	CN-C5P1-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.322	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.219	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.65	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	29.49
Undrained Shear Strength (Su) =	14.74
Strain at Failure , %	2.86

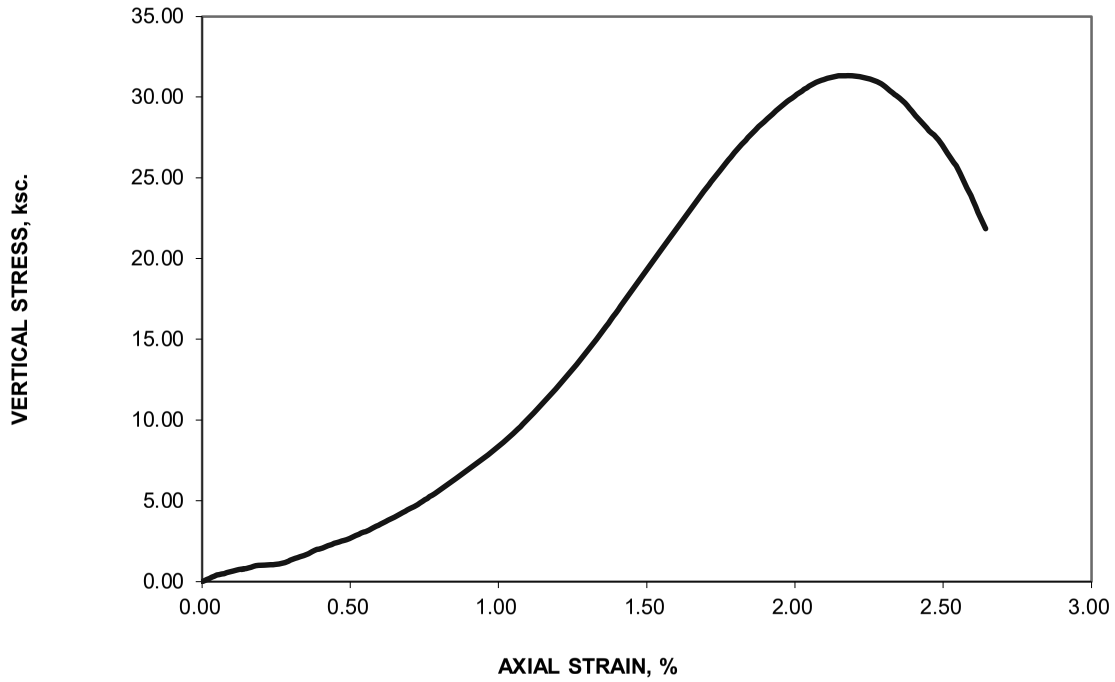
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.156	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	80.968	cm^2
DATE	19-05-20	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.018	cm.
TEST NO.	CN-C5P1-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.342	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.237	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.70	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	31.32
Undrained Shear Strength (Su) =	15.66
Strain at Failure , %	2.20

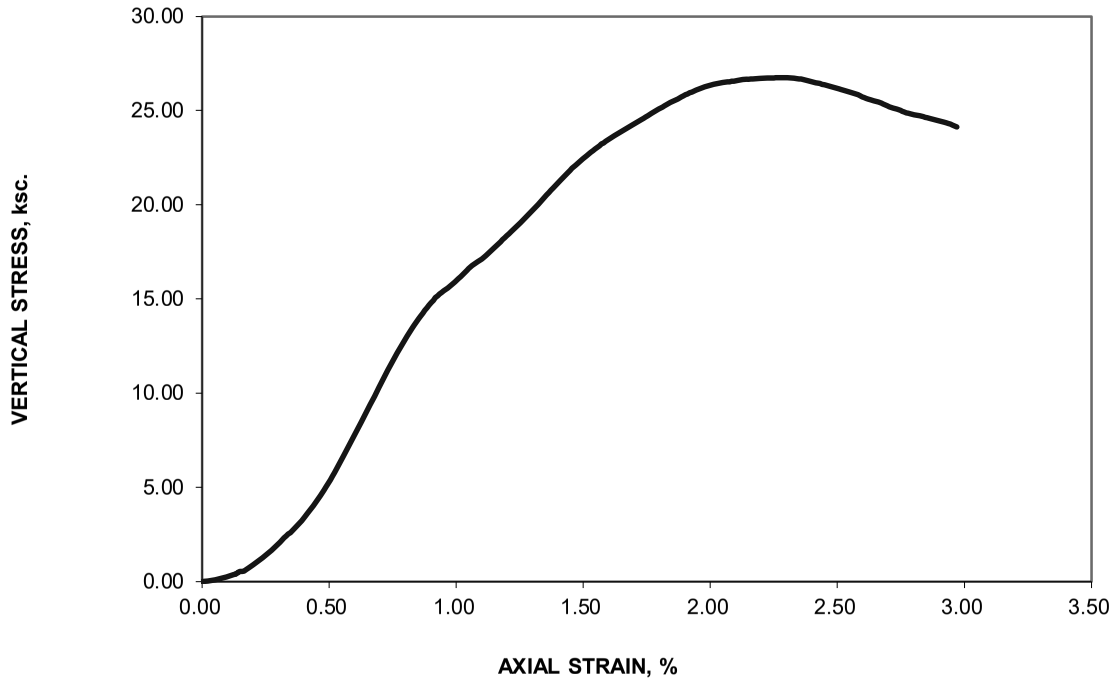
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.174	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.250	cm^2
DATE	19-05-20	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.060	cm.
TEST NO.	CN-C5P1-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.329	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.219	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.96	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	26.75
Undrained Shear Strength (Su) =	13.37
Strain at Failure , %	2.33

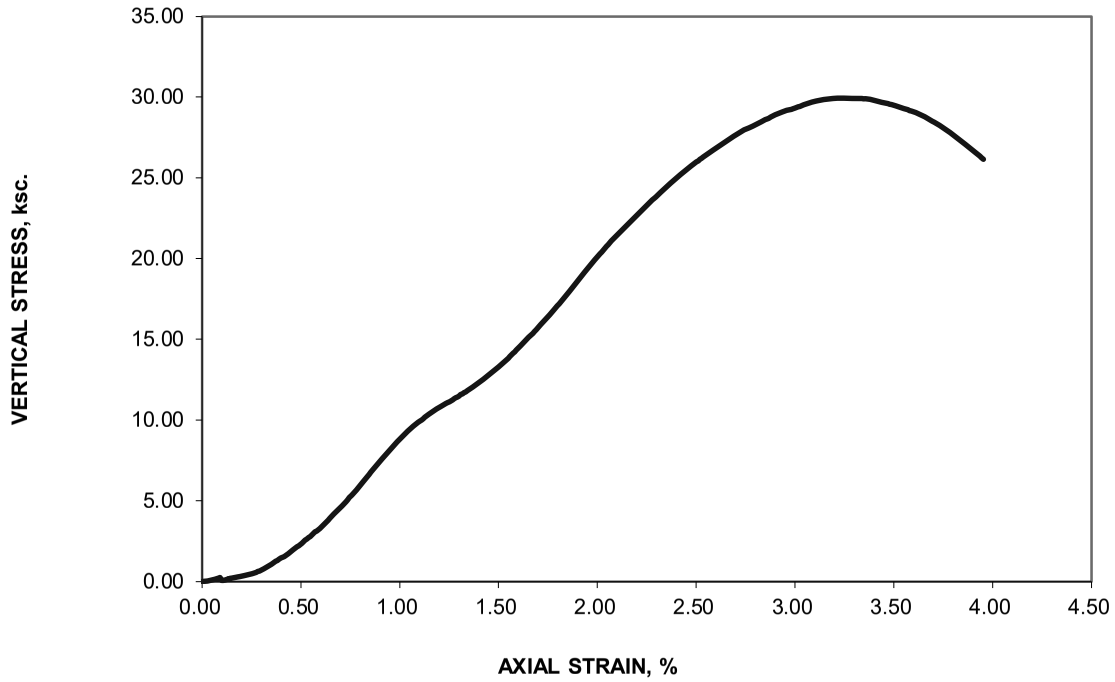
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.158	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	80.995	cm^2
DATE	19-05-20	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	120.850	cm.
TEST NO.	CN-C5P1-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.341	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.239	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.56	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	29.94
Undrained Shear Strength (Su) =	14.97
Strain at Failure , %	3.28

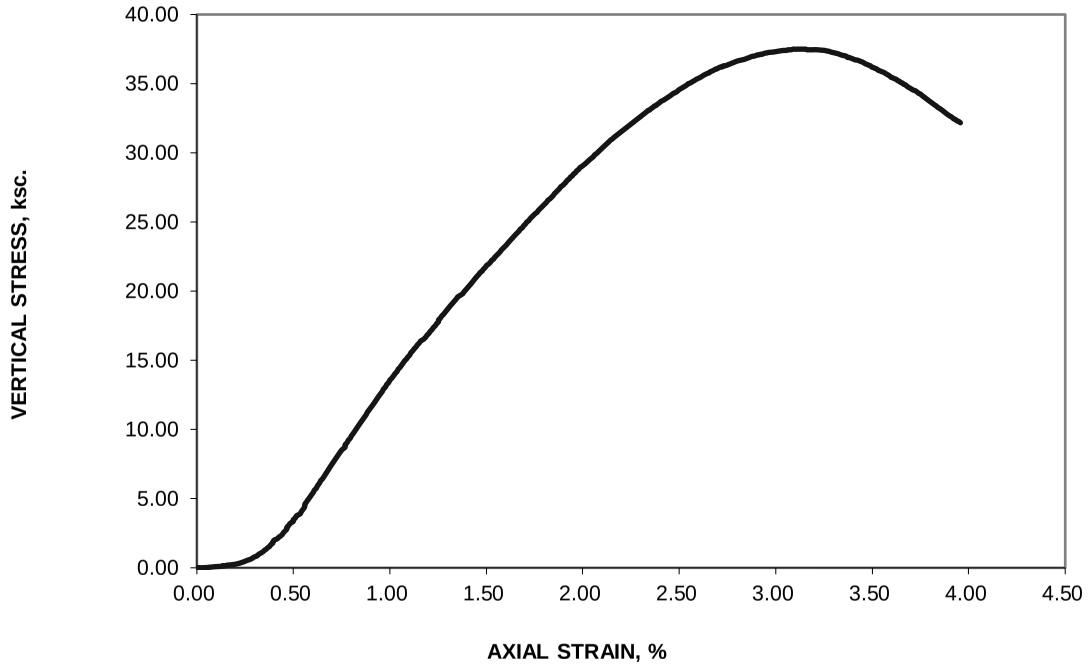
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.178	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.314	cm^2
DATE	19/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.979	cm.
TEST NO.	CN-C5P2-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.336	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.231	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.71	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	37.49
Undrained Shear Strength (Su) =	18.74
Strain at Failure , %	3.16

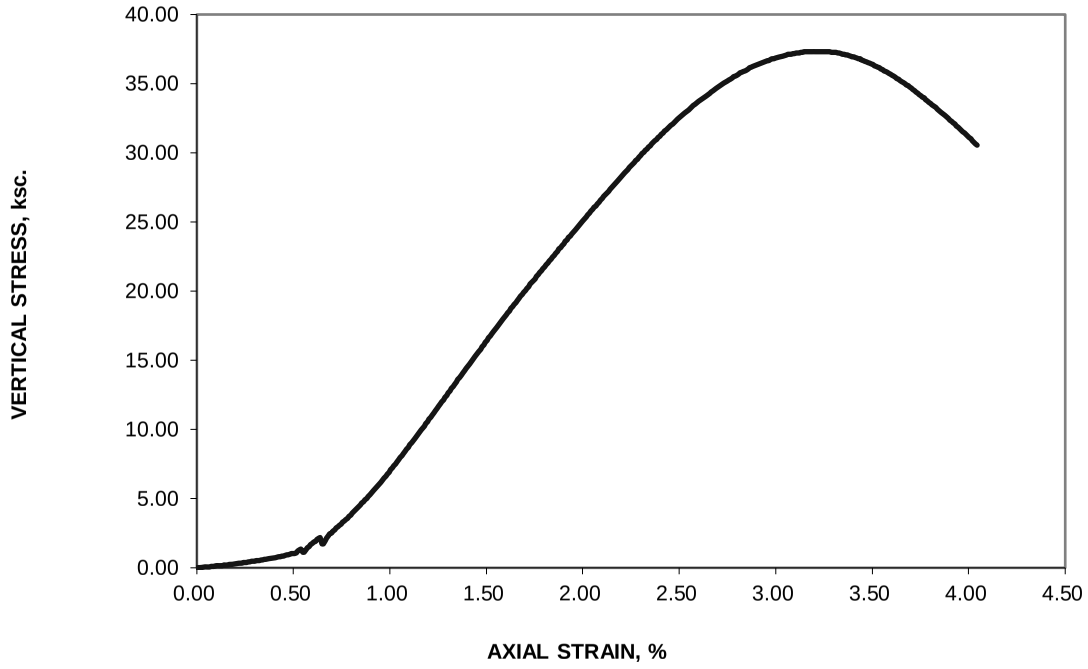
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.171	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.208	cm^2
DATE	19/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.044	cm.
TEST NO.	CN-C5P2-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.335	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.230	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.68	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	37.31
Undrained Shear Strength (Su) =	18.66
Strain at Failure , %	3.27

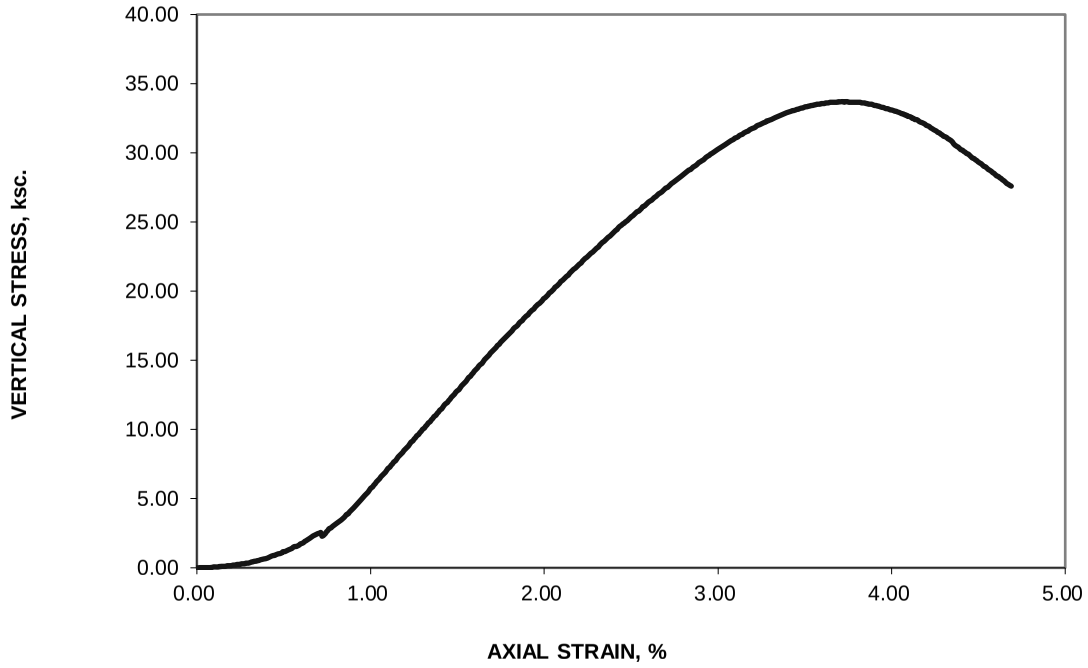
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.177	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.298	cm^2
DATE	19/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.070	cm.
TEST NO.	CN-C5P2-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.343	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.234	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	4.90	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	33.68
Undrained Shear Strength (Su) =	16.84
Strain at Failure , %	3.80

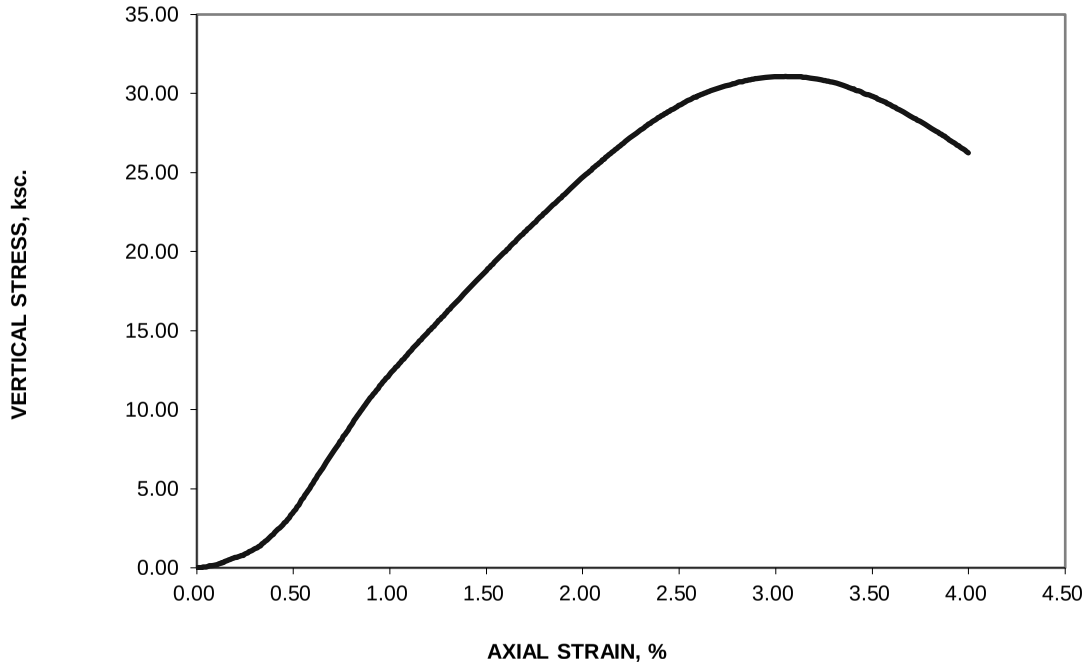
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.173	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.240	cm^2
DATE	19/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.132	cm.
TEST NO.	CN-C5P2-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.336	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.222	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.14	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	31.09
Undrained Shear Strength (Su) =	15.54
Strain at Failure , %	3.15

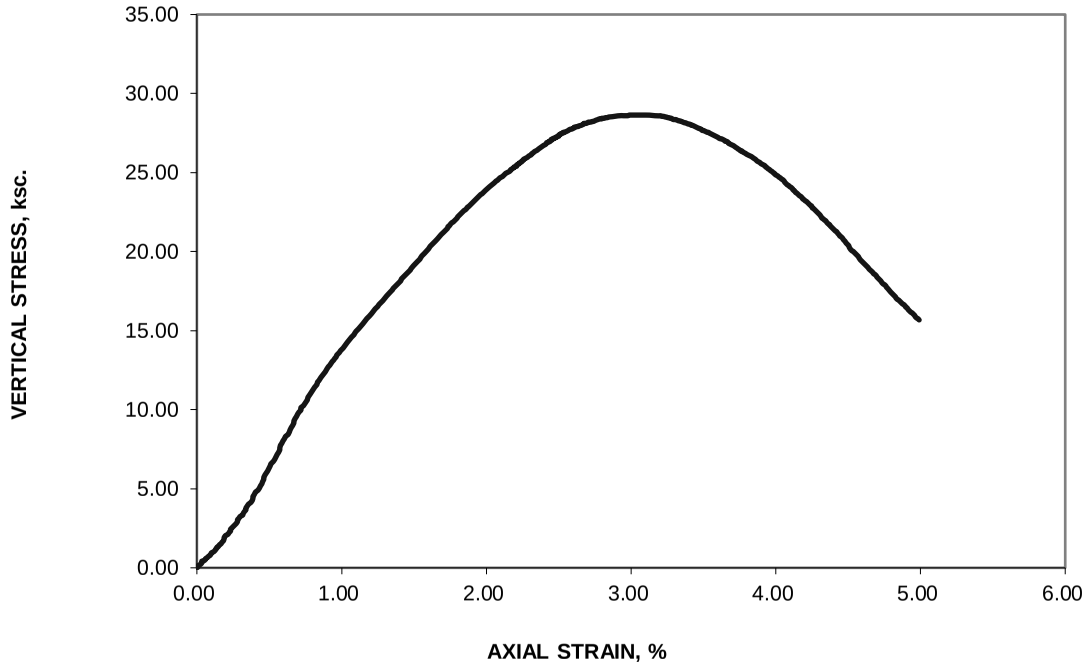
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.184	cm.
LOCATION	บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.			SAPLE AREA	81.421	cm^2
DATE	19/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.083	cm.
TEST NO.	CN-C5P2-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.326	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.215	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	5.03	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	28.64
Undrained Shear Strength (Su) =	14.32
Strain at Failure , %	3.16

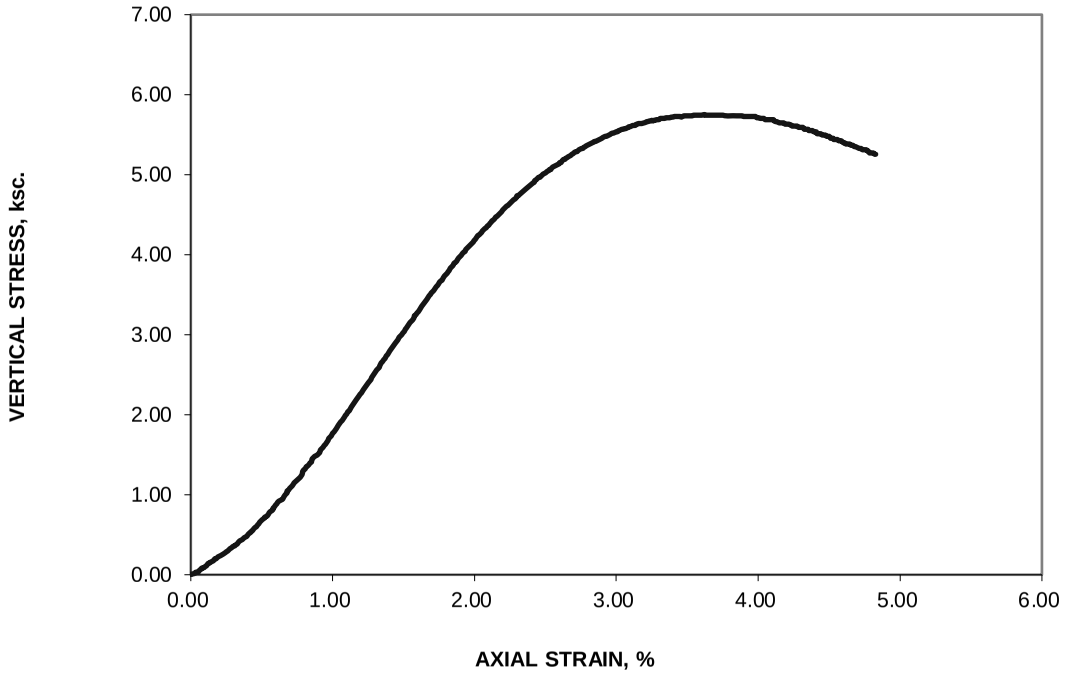
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.160	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.032	cm^2
DATE	4/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.910	cm.
TEST NO.	CB-C1P0-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.247	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.041	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	10.07	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	5.75
Undrained Shear Strength (Su) =	2.87
Strain at Failure , %	3.62

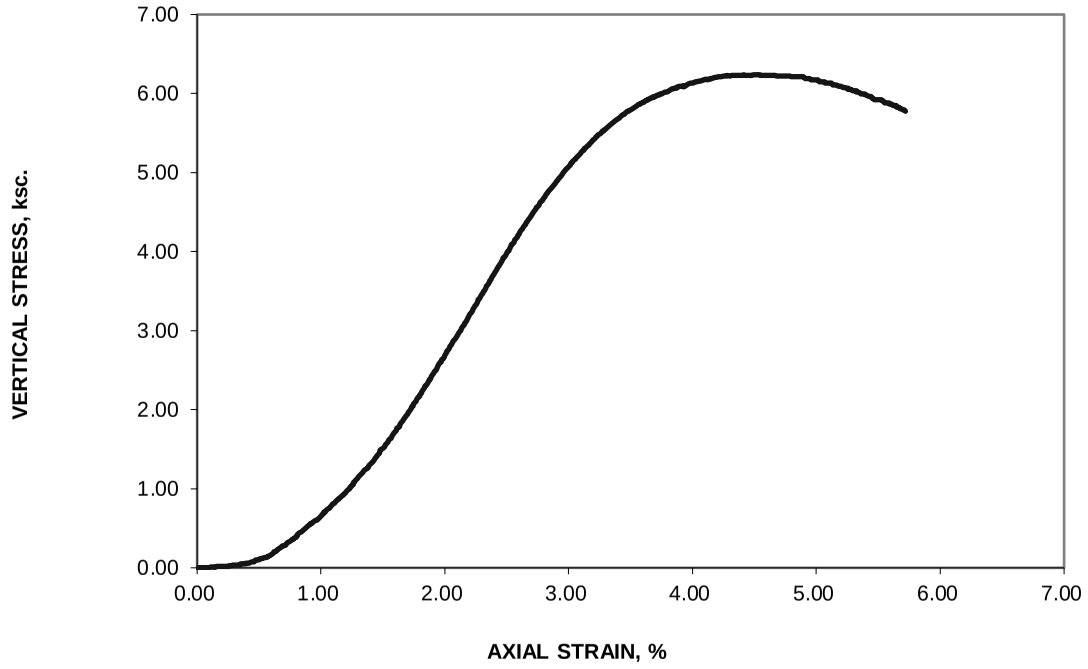
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.165	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.112	cm^2
DATE	4/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.890	cm.
TEST NO.	CB-C1P0-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.258	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.057	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	9.78	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	6.24
Undrained Shear Strength (Su) =	3.12
Strain at Failure , %	4.49

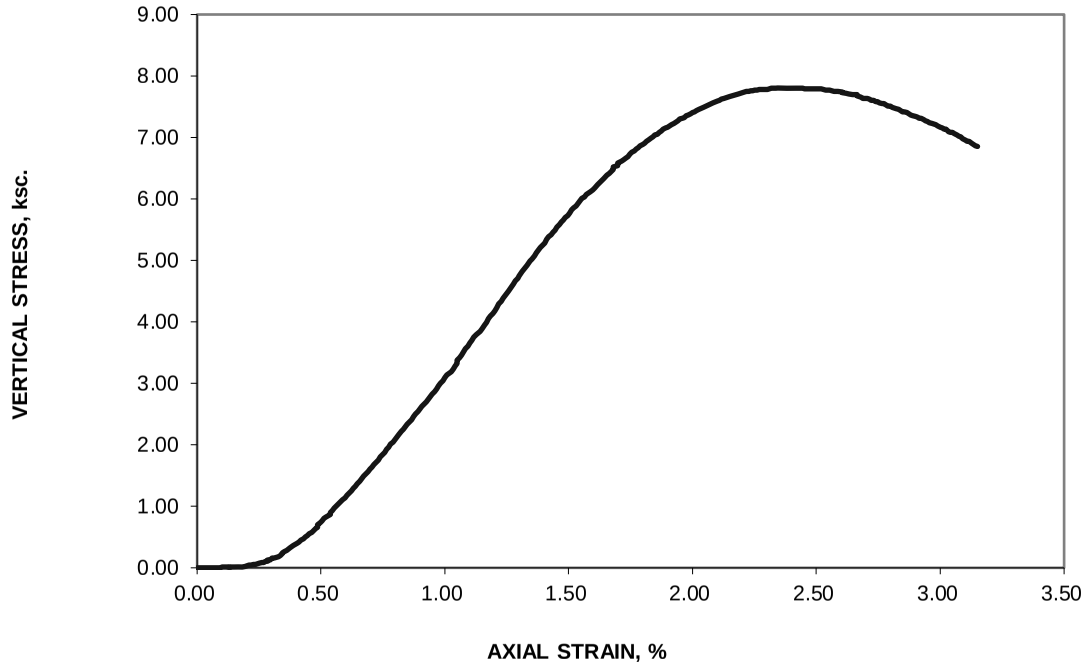
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.155	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	80.952	cm^2
DATE	4/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.903	cm.
TEST NO.	CB-C1P0-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.258	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.044	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	10.48	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	7.80
Undrained Shear Strength (Su) =	3.90
Strain at Failure , %	2.35

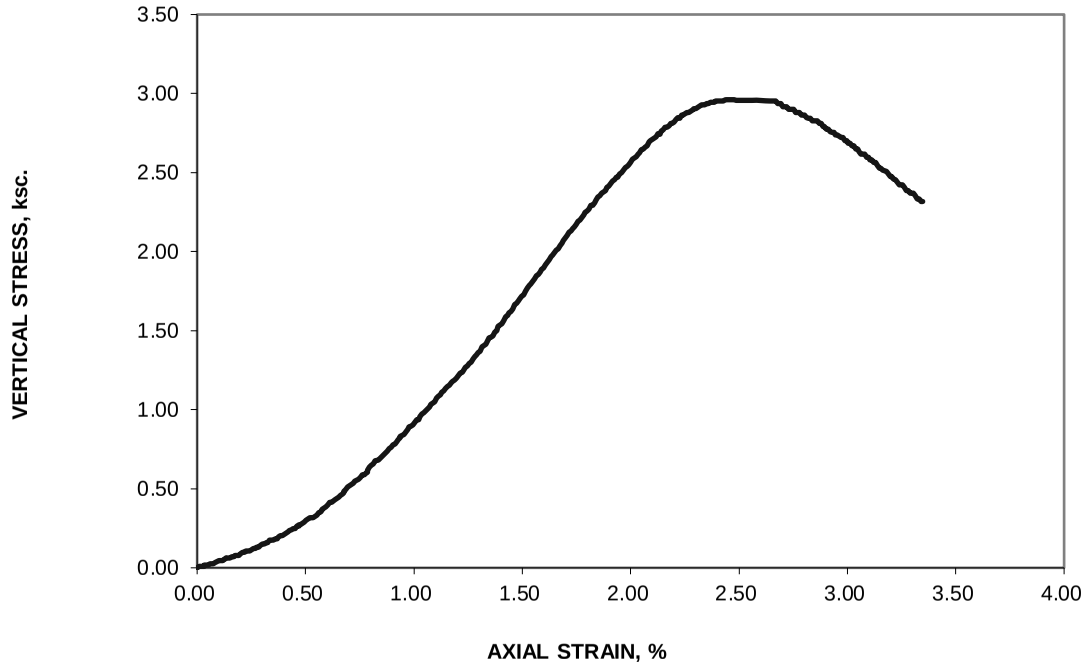
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.146	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	80.804	cm^2
DATE	4/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.949	cm.
TEST NO.	CB-C1P0-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.249	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.047	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	9.87	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	2.96
Undrained Shear Strength (Su) =	1.48
Strain at Failure , %	2.46

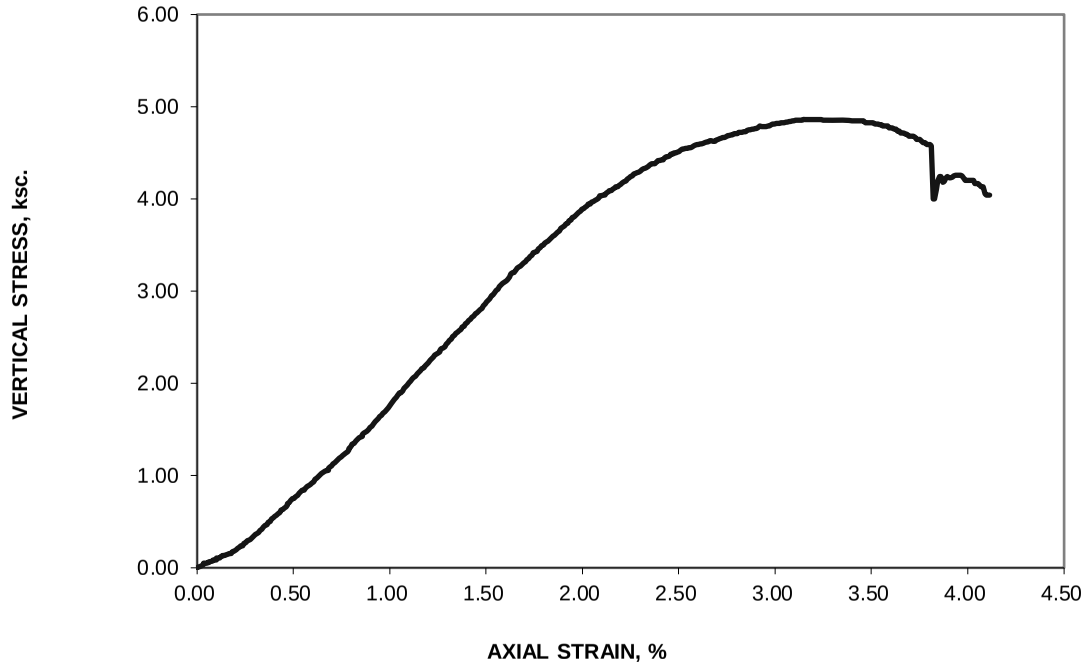
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.158	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.006	cm^2
DATE	4/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.913	cm.
TEST NO.	CB-C1P0-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.265	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.056	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	10.18	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	4.86
Undrained Shear Strength (Su) =	2.43
Strain at Failure , %	3.16

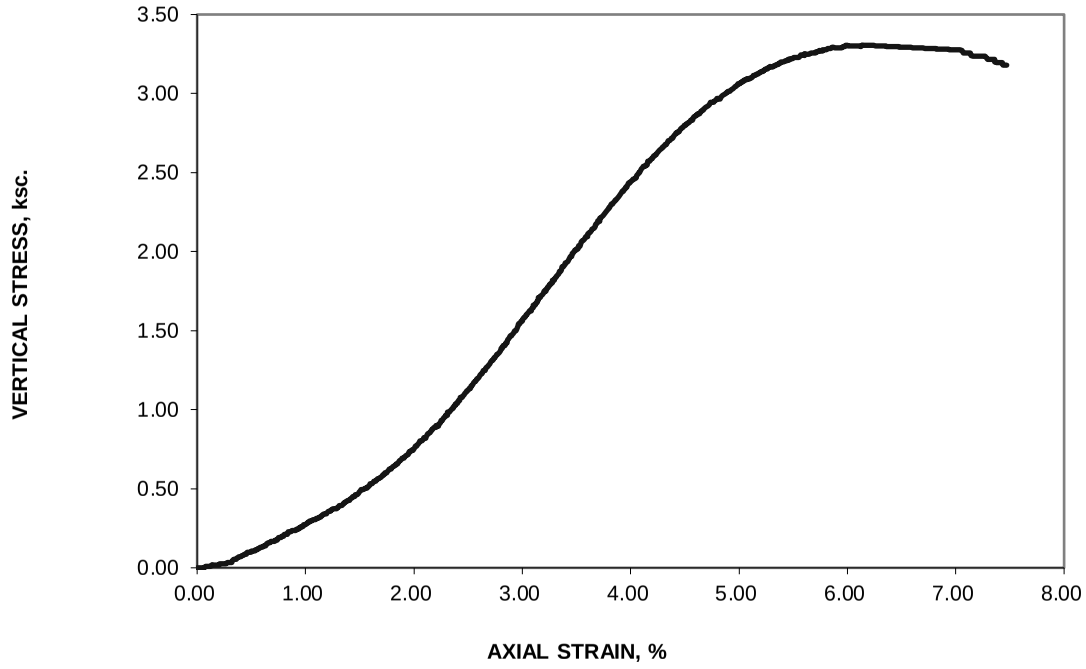
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.155	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	80.952	cm^2
DATE	5/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.900	cm.
TEST NO.	CB-C1P1-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.229	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.014	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	10.65	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	3.31
Undrained Shear Strength (Su) =	1.65
Strain at Failure , %	6.15

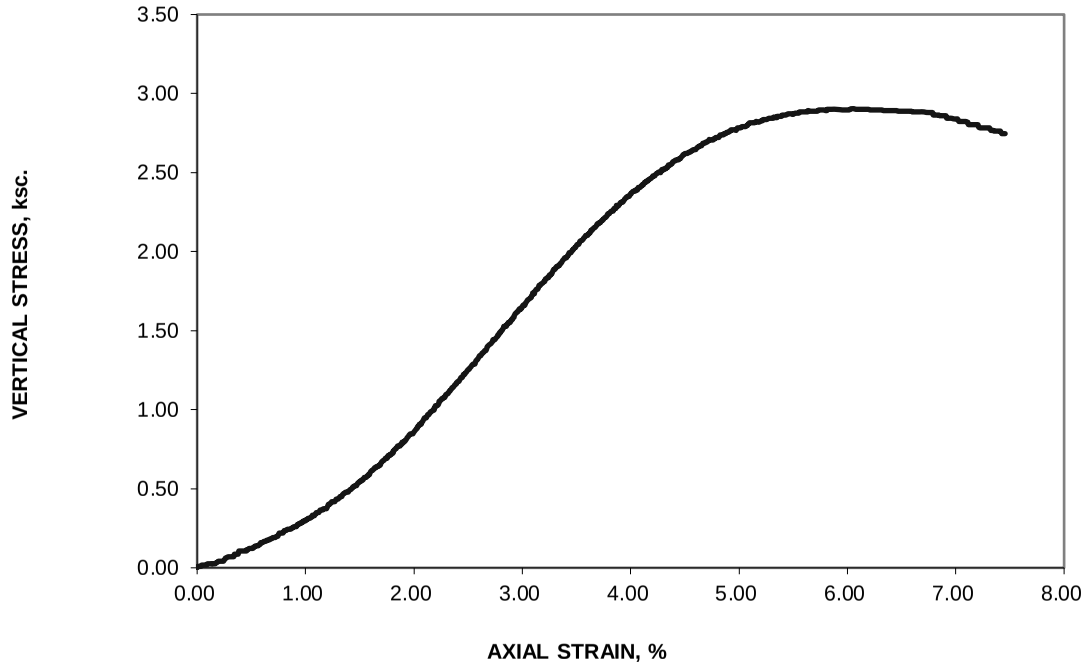
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.155	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	80.952	cm^2
DATE	5/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.910	cm.
TEST NO.	CB-C1P1-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.217	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.000	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	10.88	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	2.90
Undrained Shear Strength (Su) =	1.45
Strain at Failure , %	6.05

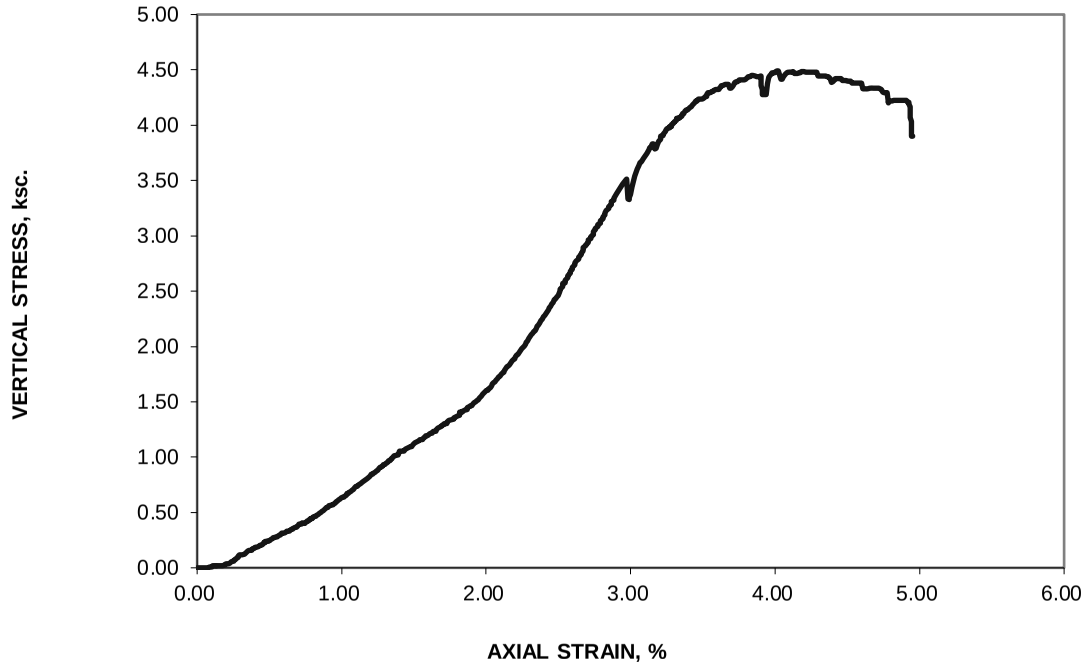
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.147	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุ บ่อดิน บ่อดิน บ่อดิน จ.ชลบุ บ่อดิน จ. บ่อดิน จ.ชลบุ บ่อดิน จ.ชลบุ บ่อดิน จ.ชล บ่อดิน จ.ชลบุ			SAPLE AREA	80.825	cm^2
DATE	5/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.934	cm.
TEST NO.	CB-C1P1-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.223	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.003	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	10.99	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	4.49
Undrained Shear Strength (Su) =	2.25
Strain at Failure , %	4.03

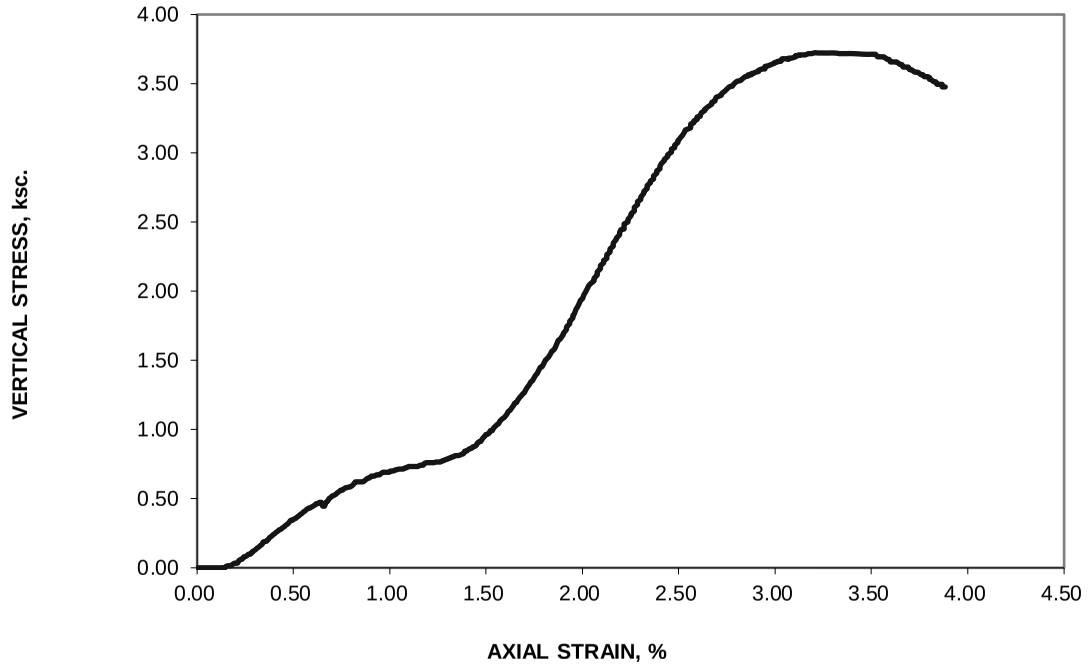
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.159	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.011	cm^2
DATE	5/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.949	cm.
TEST NO.	CB-C1P1-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.208	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	1.995	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	10.70	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	3.72
Undrained Shear Strength (Su) =	1.86
Strain at Failure , %	3.21

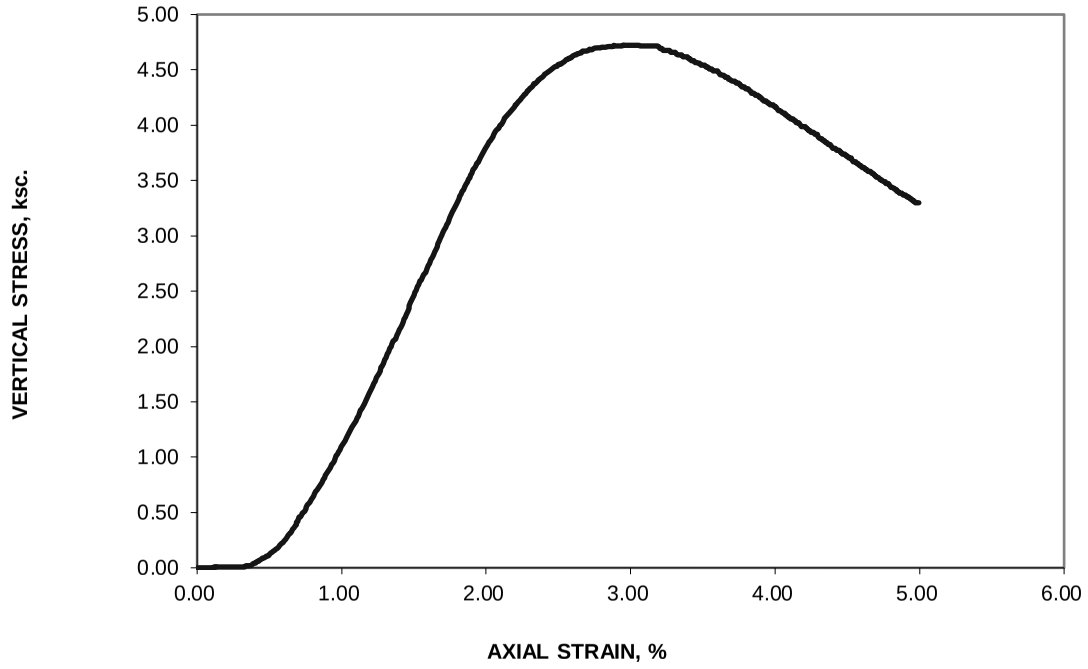
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.152	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	80.910	cm^2
DATE	5/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.933	cm.
TEST NO.	CB-C1P1-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.226	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.008	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	10.85	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	4.72
Undrained Shear Strength (Su) =	2.36
Strain at Failure , %	2.97

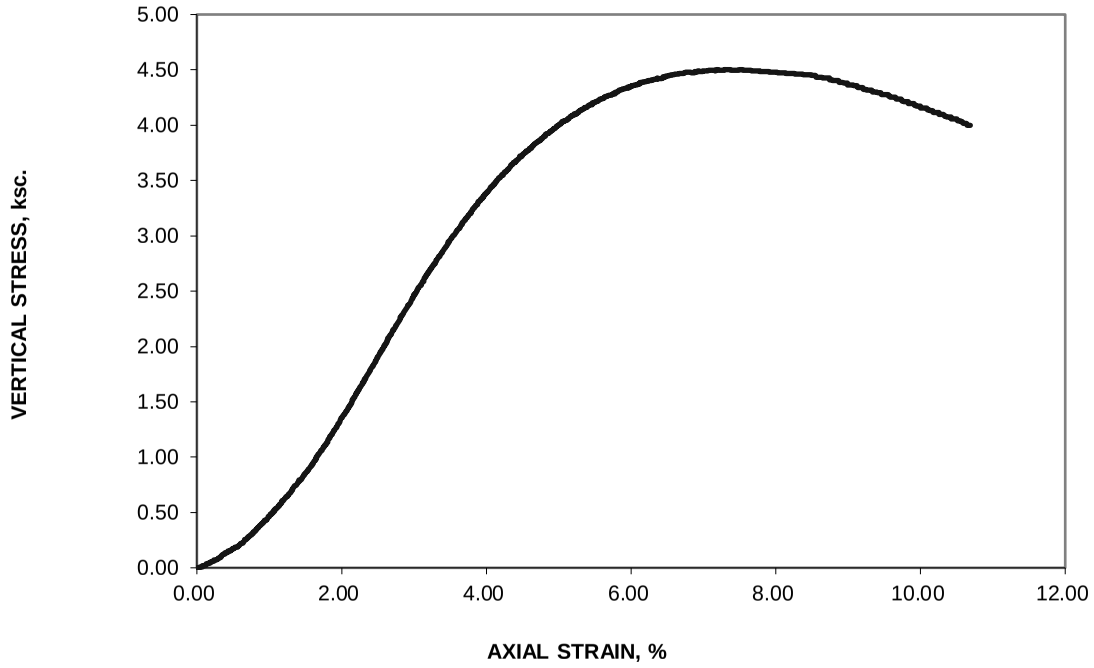
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.145	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	80.793	cm^2
DATE	6/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.910	cm.
TEST NO.	CB-C1P2-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.186	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	1.987	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	10.01	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	4.50
Undrained Shear Strength (Su) =	2.25
Strain at Failure , %	7.51

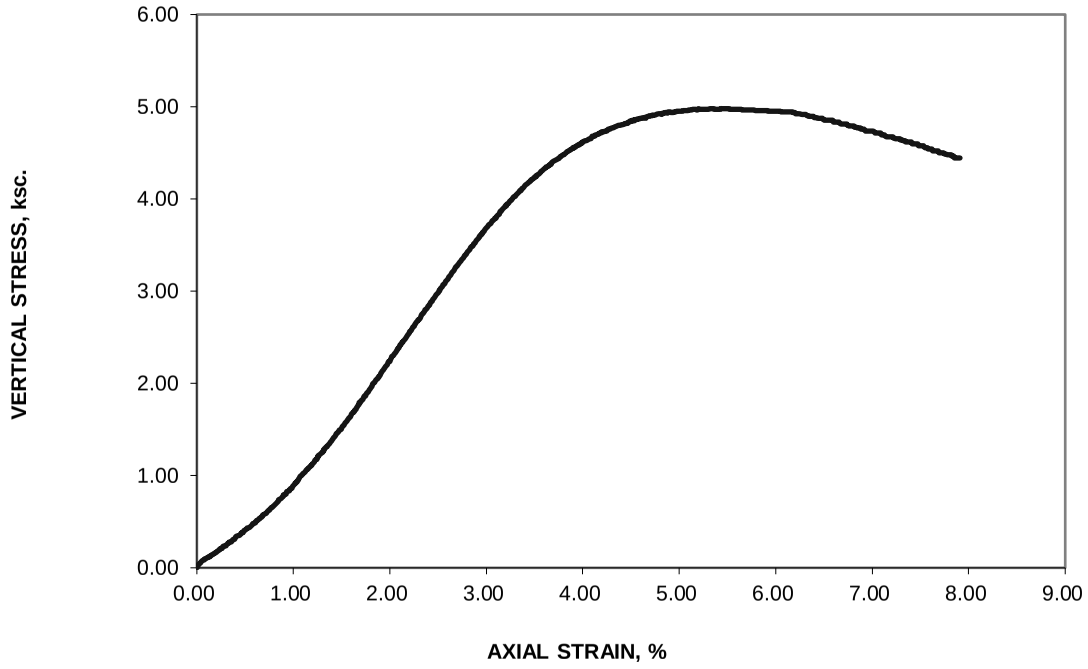
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.160	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.032	cm^2
DATE	6/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.910	cm.
TEST NO.	CB-C1P2-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.218	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.033	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	9.12	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	4.98
Undrained Shear Strength (Su) =	2.49
Strain at Failure , %	5.45

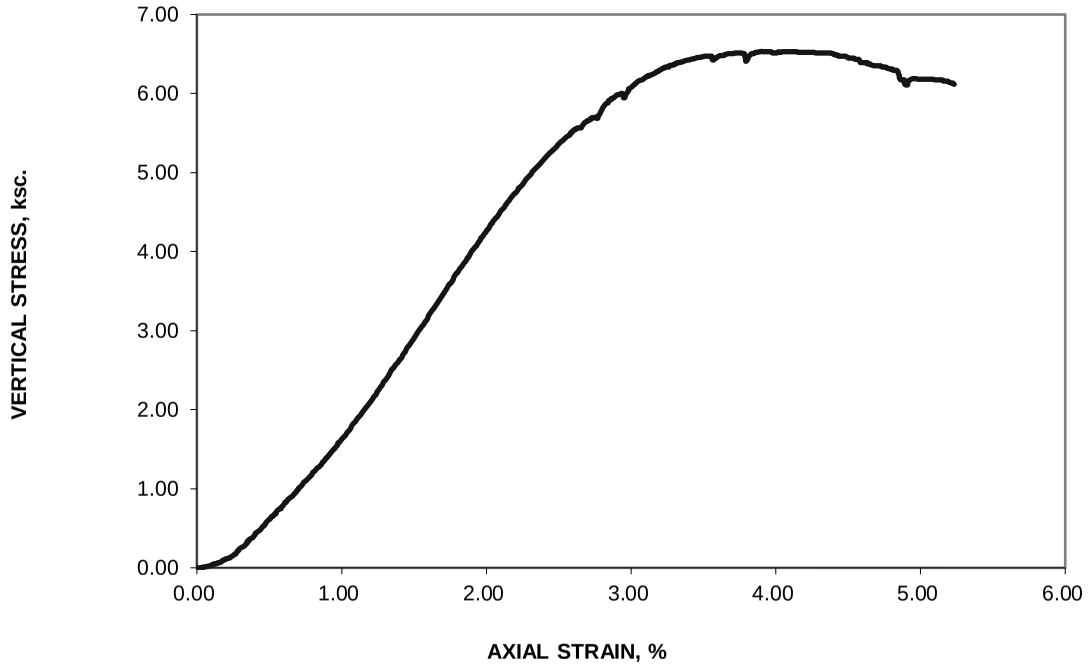
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.169	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.168	cm^2
DATE	6/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.868	cm.
TEST NO.	CB-C1P2-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.237	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.071	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.03	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	6.53
Undrained Shear Strength (Su) =	3.27
Strain at Failure , %	4.04

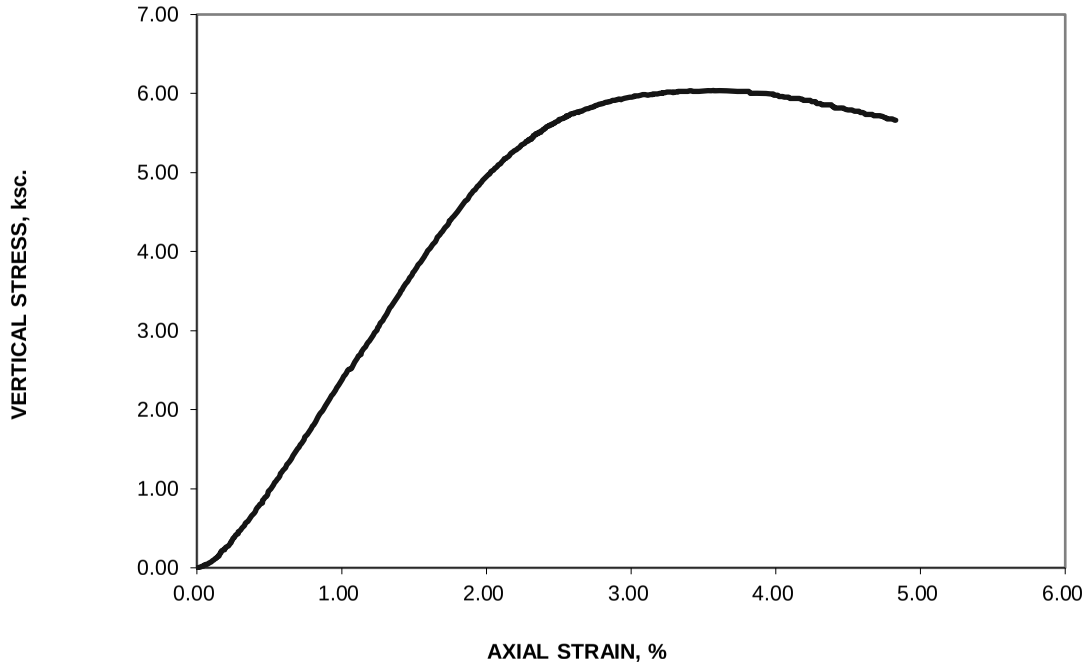
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.175	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.268	cm^2
DATE	6/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.908	cm.
TEST NO.	CB-C1P2-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.234	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.028	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	10.15	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	6.04
Undrained Shear Strength (Su) =	3.02
Strain at Failure , %	3.58

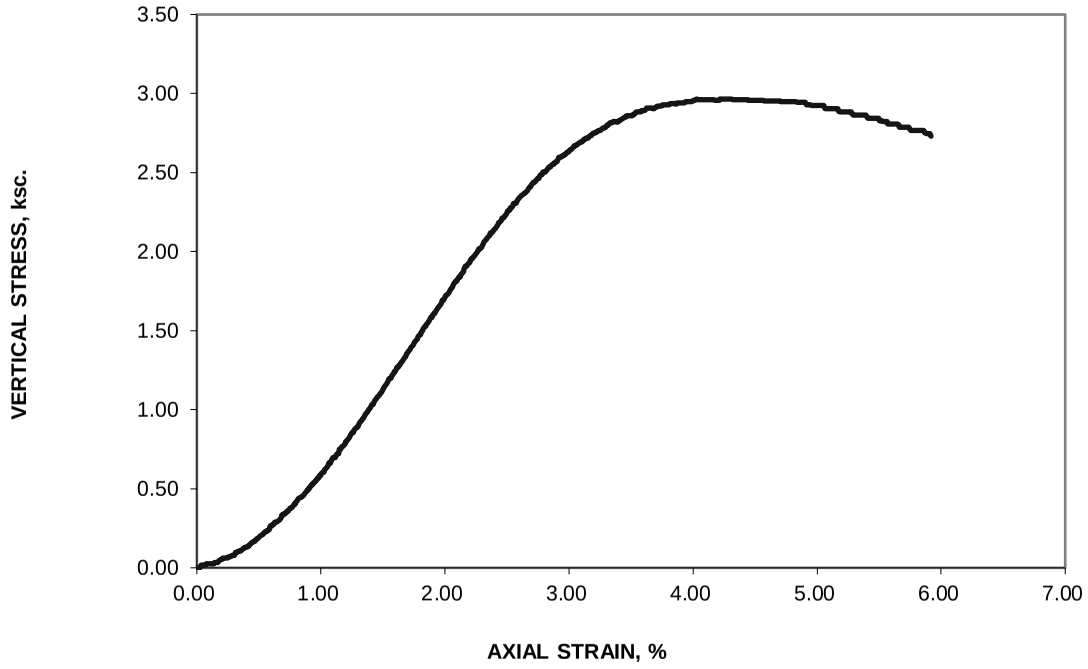
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 1% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.160	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.024	cm^2
DATE	6/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.828	cm.
TEST NO.	CB-C1P2-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.207	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.023	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	9.09	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	2.97
Undrained Shear Strength (Su) =	1.48
Strain at Failure , %	4.20

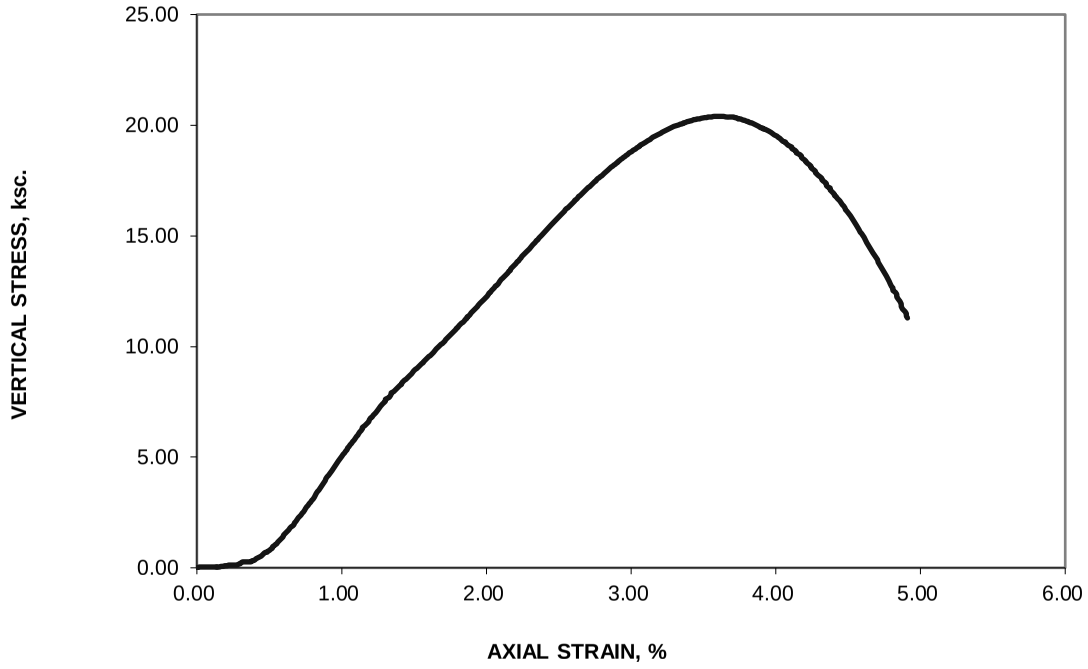
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.155	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	80.952	cm^2
DATE	6/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.975	cm.
TEST NO.	CB-C3P0-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.265	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.079	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.93	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	20.39
Undrained Shear Strength (Su) =	10.20
Strain at Failure , %	3.64

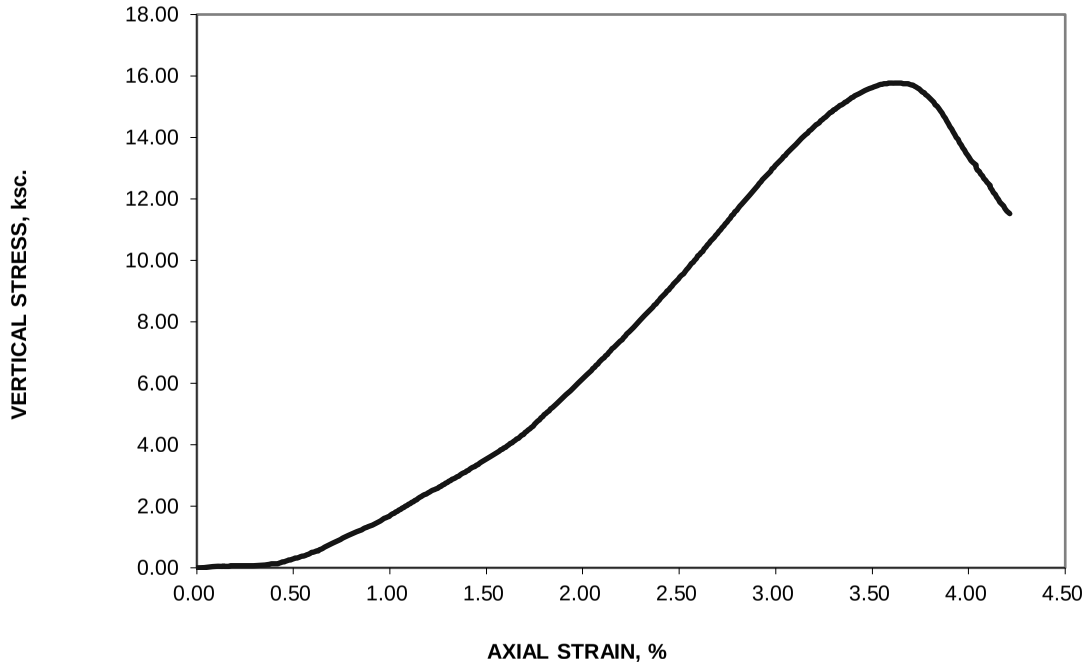
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.155	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	80.952	cm^2
DATE	6/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.940	cm.
TEST NO.	CB-C3P0-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.278	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.084	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	9.31	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	15.77
Undrained Shear Strength (Su) =	7.88
Strain at Failure , %	3.63

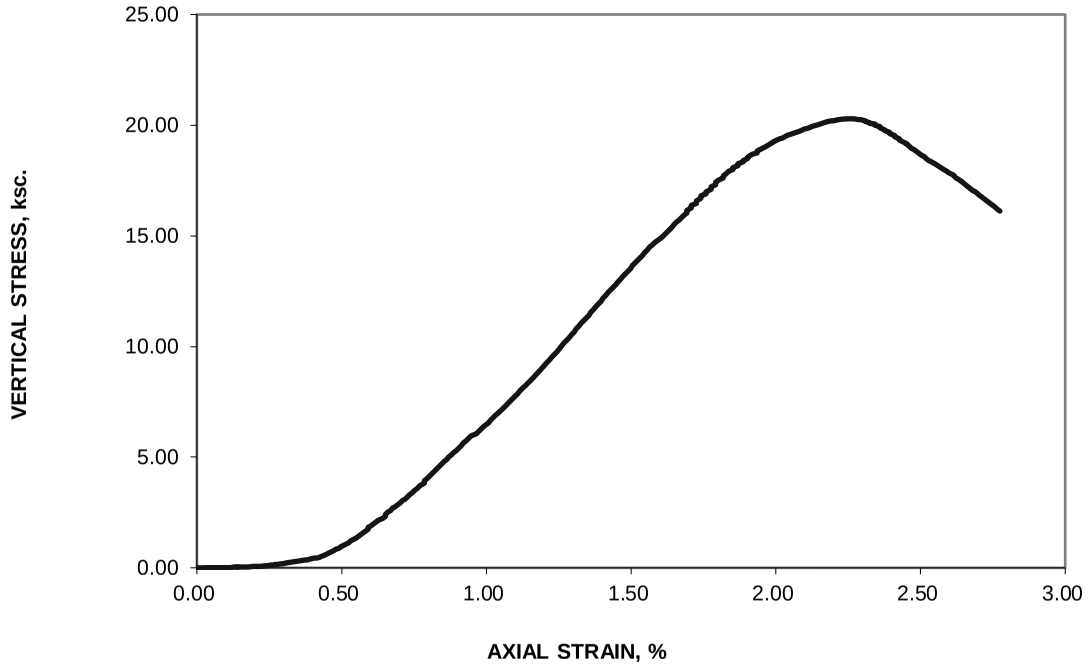
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.167	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.148	cm^2
DATE	6/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.823	cm.
TEST NO.	CB-C3P0-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.280	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.094	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.88	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	20.29
Undrained Shear Strength (Su) =	10.15
Strain at Failure , %	2.24

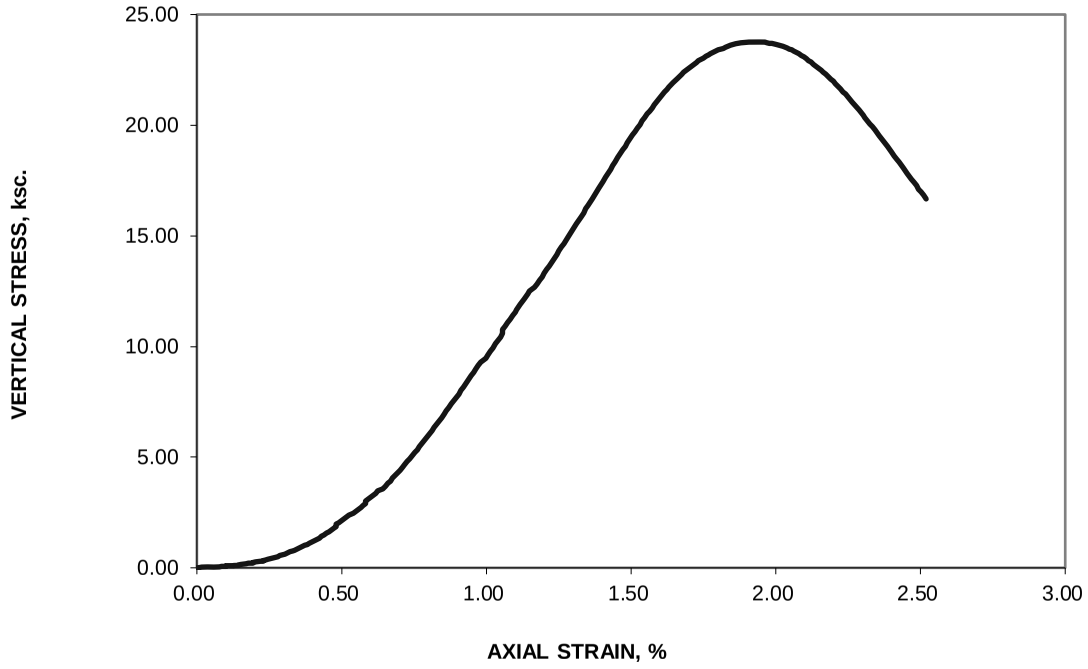
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.178	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.315	cm^2
DATE	6/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.828	cm.
TEST NO.	CB-C3P0-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.266	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.075	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	9.22	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	23.76
Undrained Shear Strength (Su) =	11.88
Strain at Failure , %	1.91

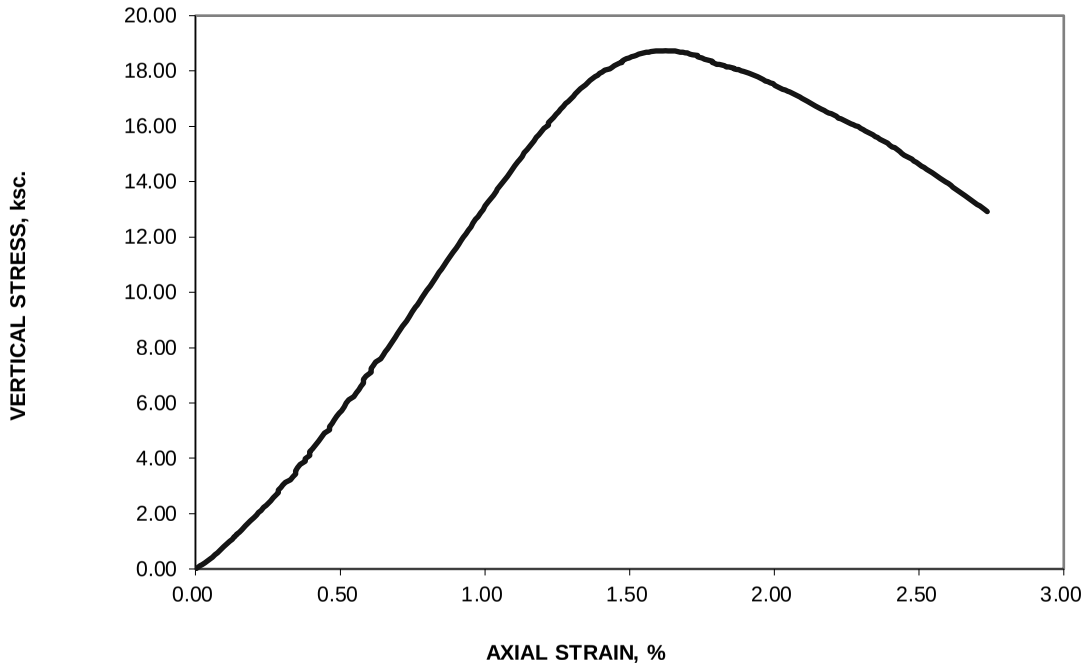
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.167	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.148	cm^2
DATE	6/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.880	cm.
TEST NO.	CB-C3P0-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.281	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.092	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	9.05	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	18.73
Undrained Shear Strength (Su) =	9.37
Strain at Failure , %	1.62

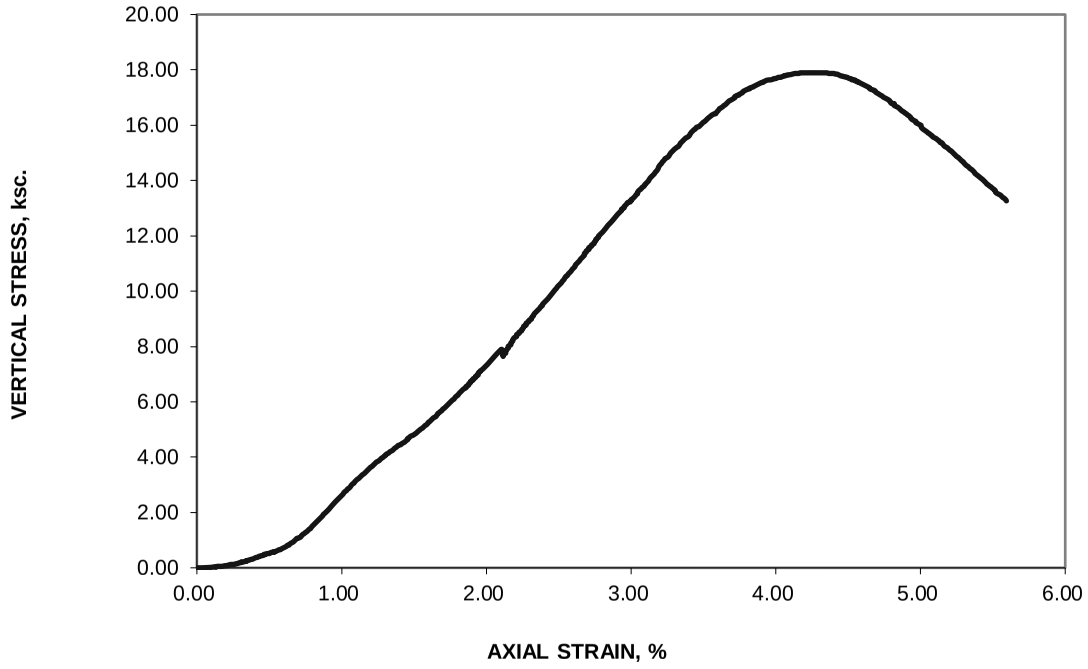
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.165	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.112	cm^2
DATE	7/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.995	cm.
TEST NO.	CB-C3P1-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.231	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.056	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.51	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	17.90
Undrained Shear Strength (Su) =	8.95
Strain at Failure , %	4.29

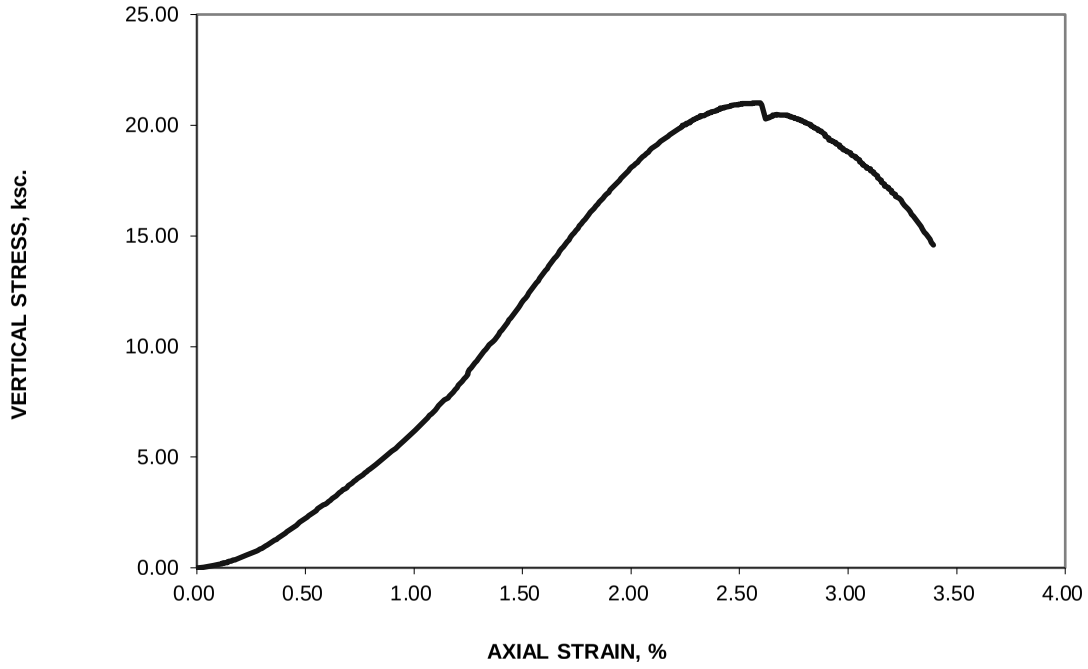
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.165	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.112	cm^2
DATE	7/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.025	cm.
TEST NO.	CB-C3P1-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.242	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.069	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.36	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	21.00
Undrained Shear Strength (Su) =	10.50
Strain at Failure , %	2.60

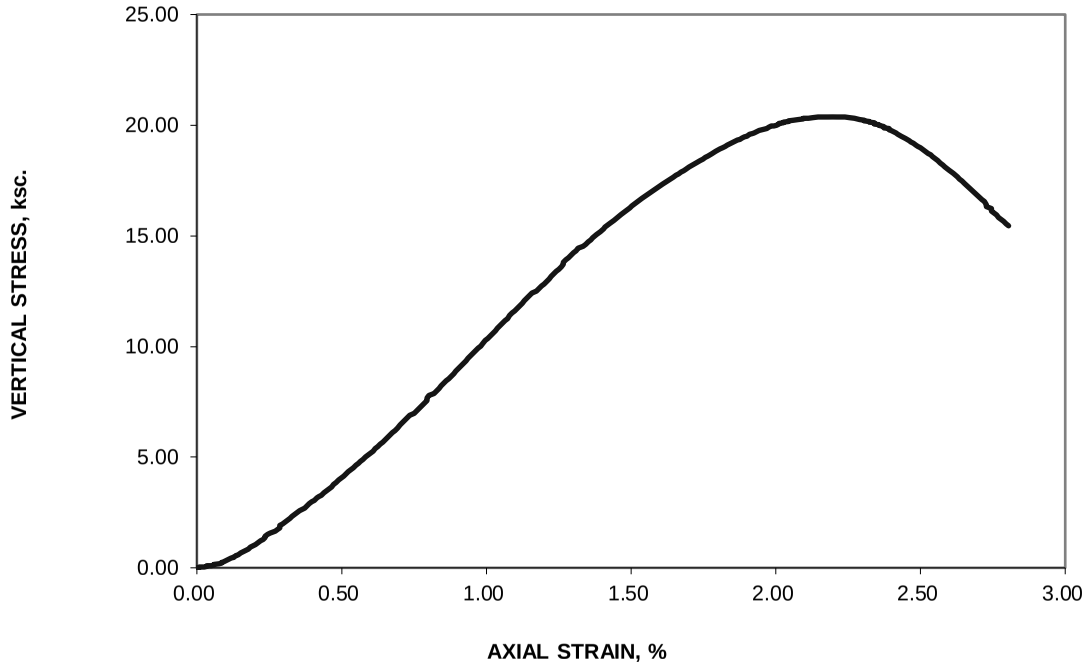
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.170	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.186	cm^2
DATE	7/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.839	cm.
TEST NO.	CB-C3P1-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.242	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.067	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.48	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	20.37
Undrained Shear Strength (Su) =	10.19
Strain at Failure , %	2.18

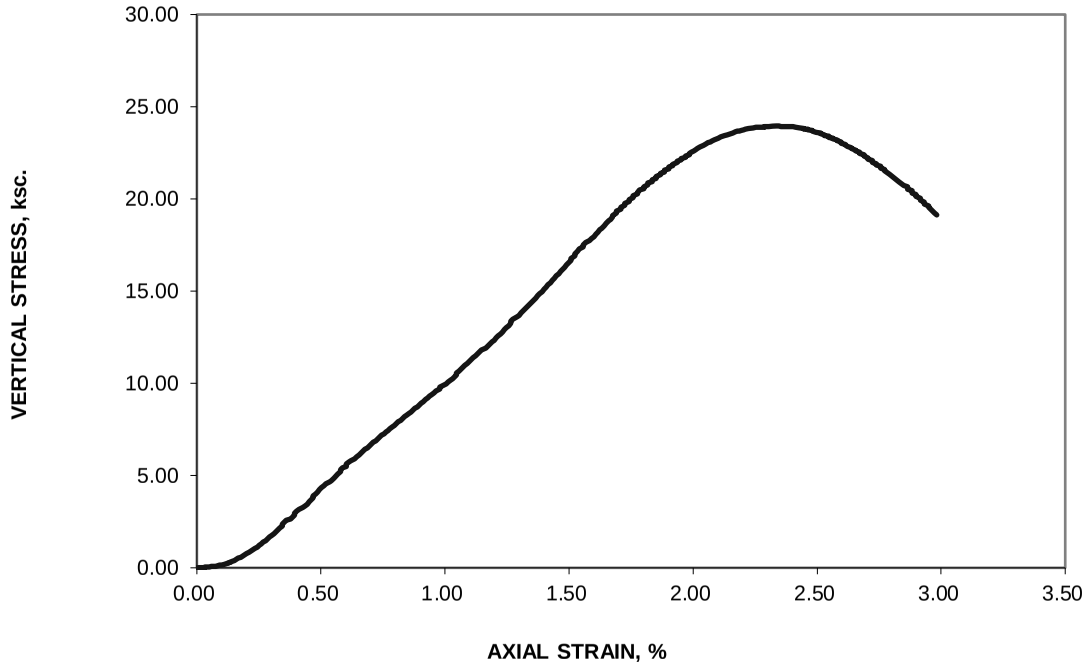
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.171	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.208	cm^2
DATE	7/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.937	cm.
TEST NO.	CB-C3P1-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.235	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.065	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.26	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	23.95
Undrained Shear Strength (Su) =	11.97
Strain at Failure , %	2.32

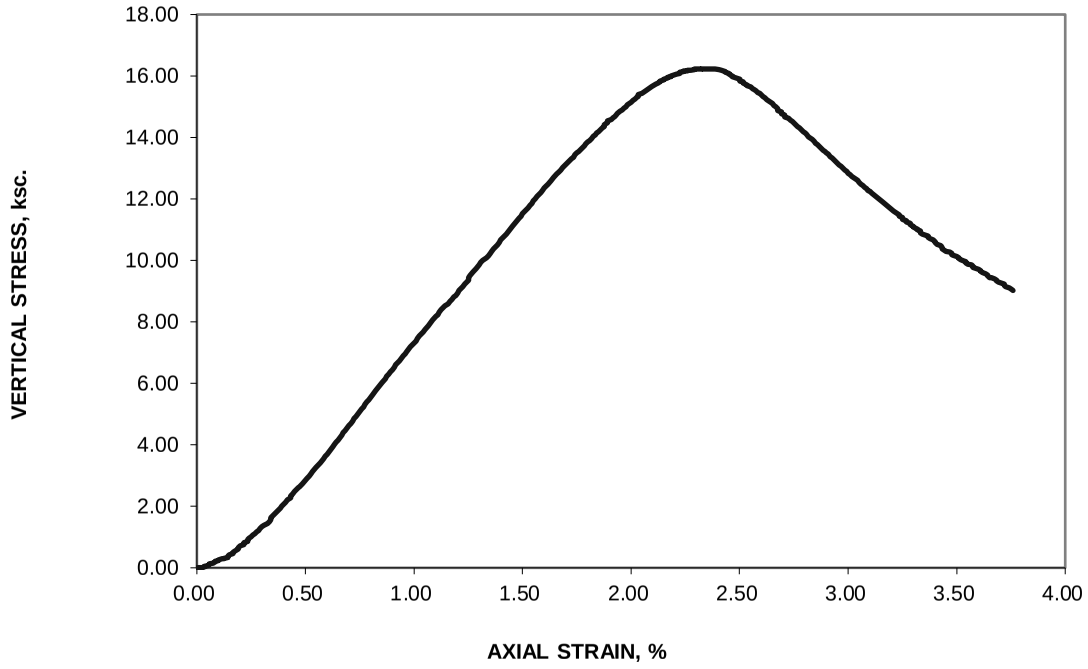
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.176	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.288	cm^2
DATE	7/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.996	cm.
TEST NO.	CB-C3P1-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.234	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.061	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.37	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	16.23
Undrained Shear Strength (Su) =	8.11
Strain at Failure , %	2.36

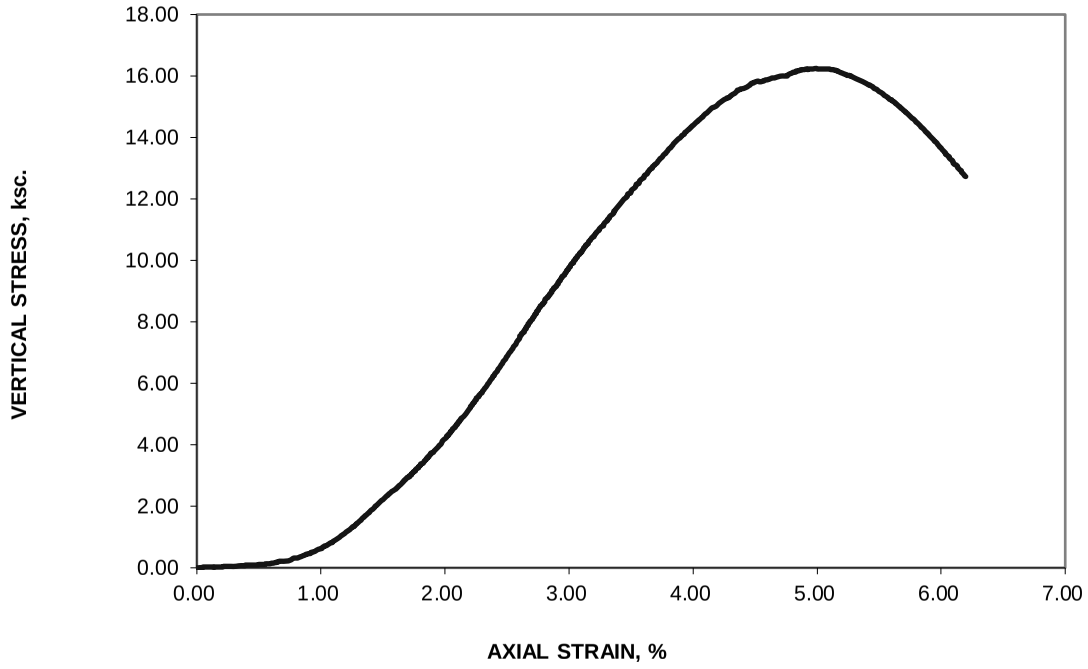
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.165	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.112	cm^2
DATE	7/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.020	cm.
TEST NO.	CB-C3P2-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.205	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.032	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.50	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	16.24
Undrained Shear Strength (Su) =	8.12
Strain at Failure , %	5.04

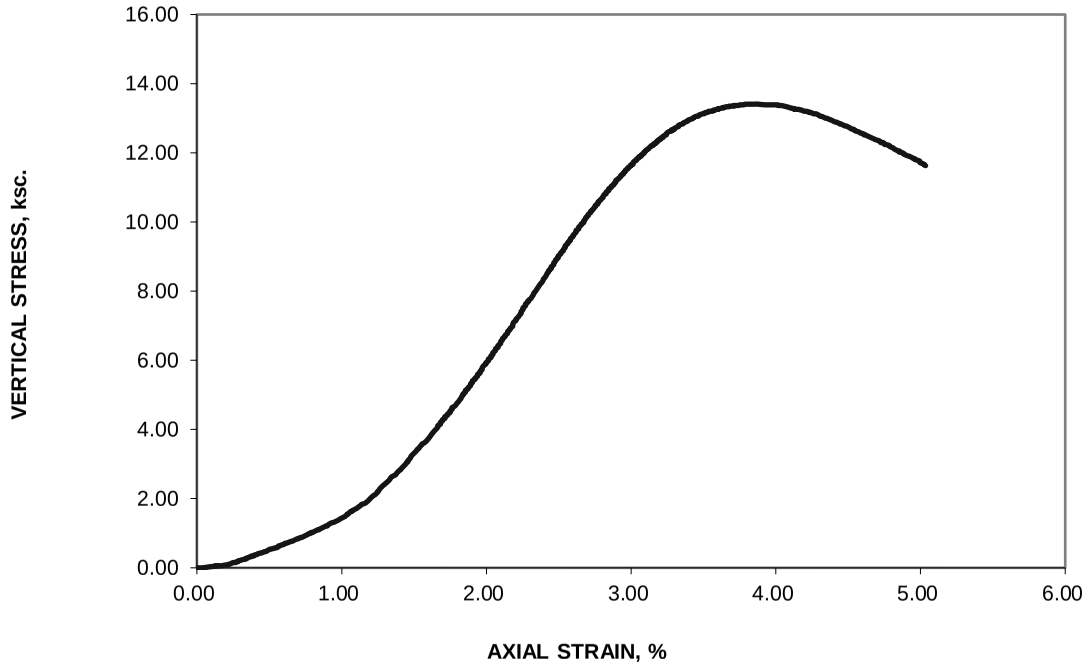
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.163	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.072	cm^2
DATE	7/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.015	cm.
TEST NO.	CB-C3P2-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.209	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.032	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.69	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	13.41
Undrained Shear Strength (Su) =	6.70
Strain at Failure , %	3.90

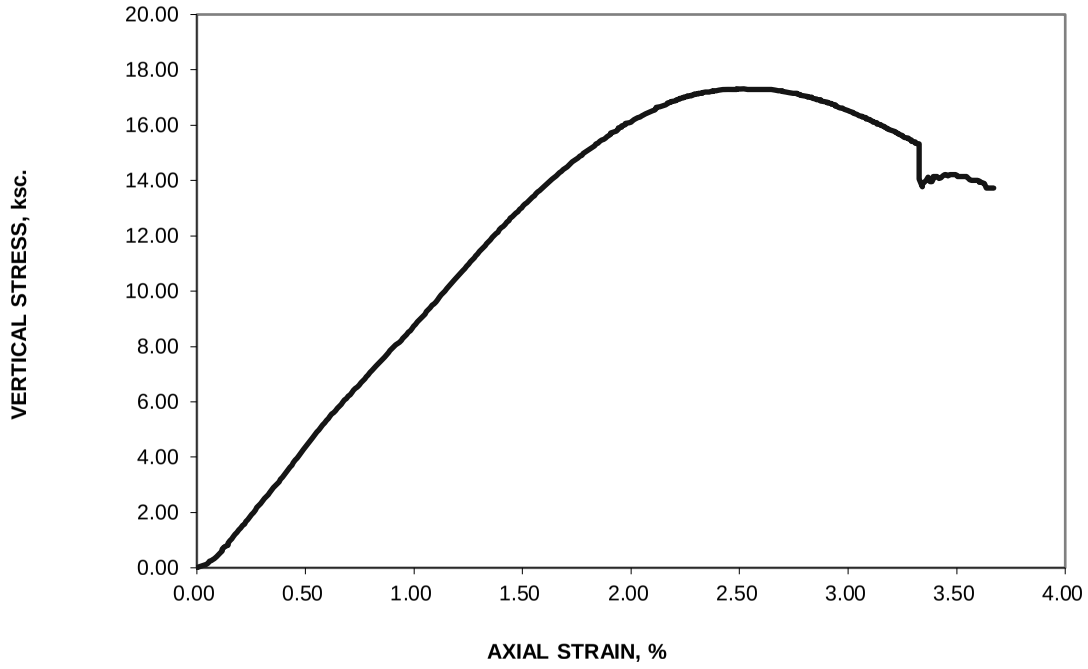
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.169	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.176	cm^2
DATE	7/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.906	cm.
TEST NO.	CB-C3P2-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.226	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.055	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.31	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	17.31
Undrained Shear Strength (Su) =	8.65
Strain at Failure , %	2.50

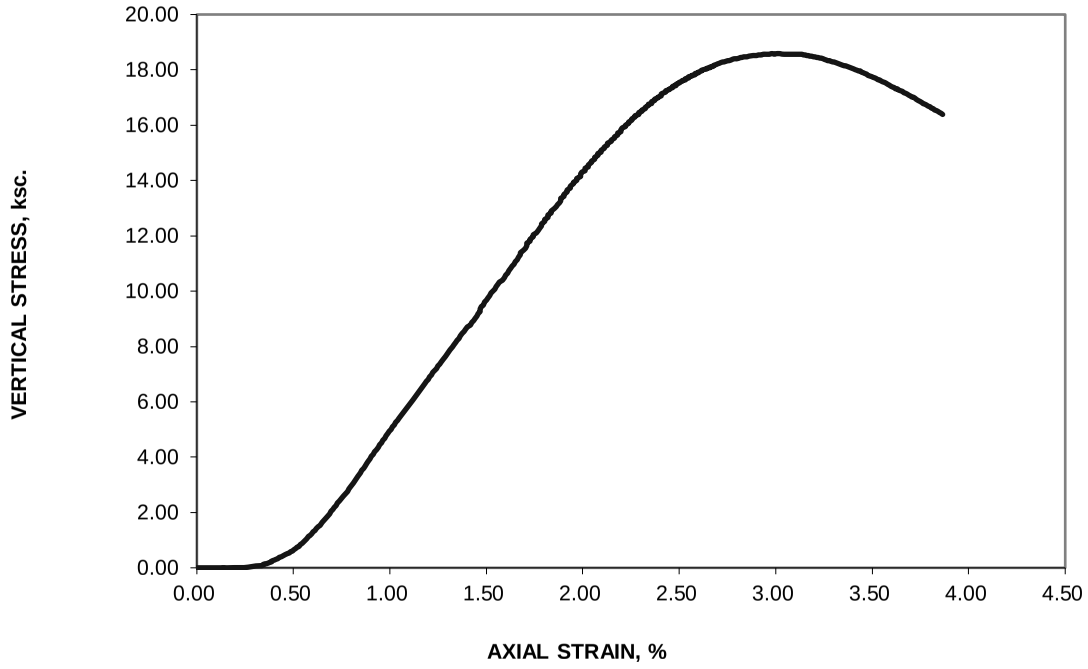
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.172	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.224	cm^2
DATE	7/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.928	cm.
TEST NO.	CB-C3P2-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.204	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.028	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.65	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	18.58
Undrained Shear Strength (Su) =	9.29
Strain at Failure , %	3.01

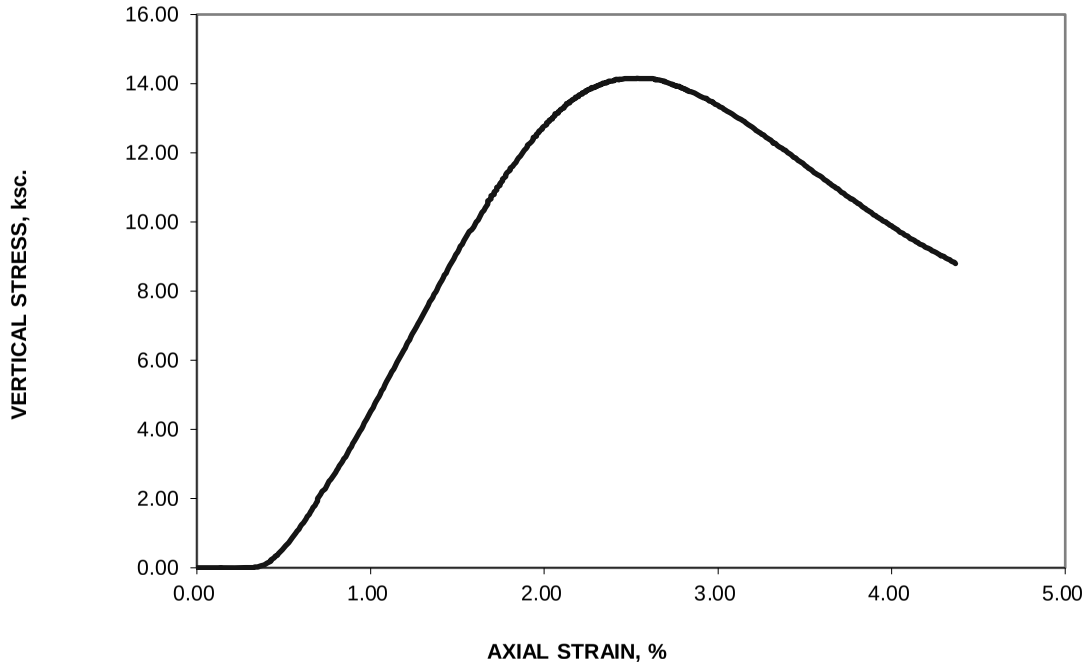
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.154	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	80.931	cm^2
DATE	7/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.927	cm.
TEST NO.	CB-C3P2-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.215	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.042	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.48	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.16
Undrained Shear Strength (Su) =	7.08
Strain at Failure , %	2.54

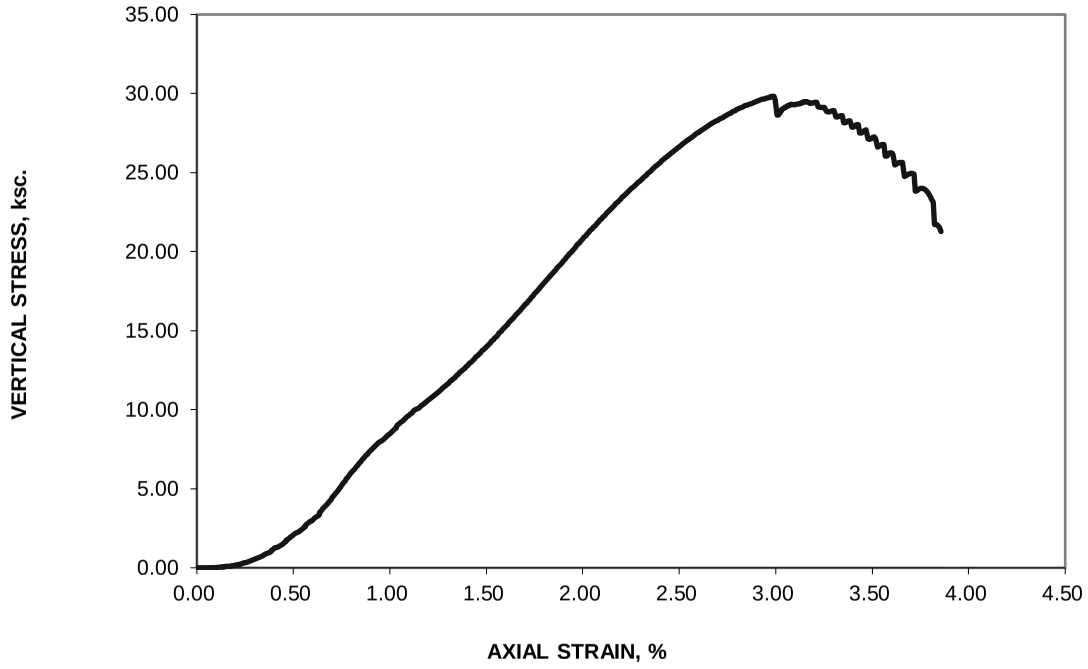
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.165	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.112	cm^2
DATE	8/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.110	cm.
TEST NO.	CB-C5P0-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.255	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.073	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.76	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	29.83
Undrained Shear Strength (Su) =	14.92
Strain at Failure , %	3.04

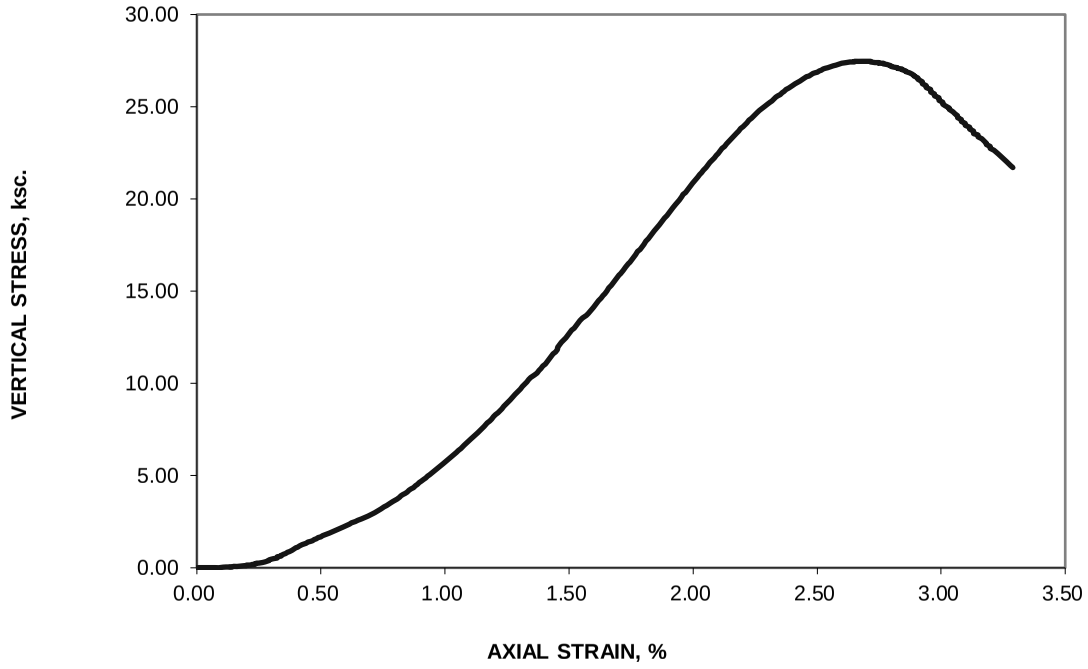
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.170	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.192	cm^2
DATE	8/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.040	cm.
TEST NO.	CB-C5P0-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.271	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.086	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.83	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	27.46
Undrained Shear Strength (Su) =	13.73
Strain at Failure , %	2.70

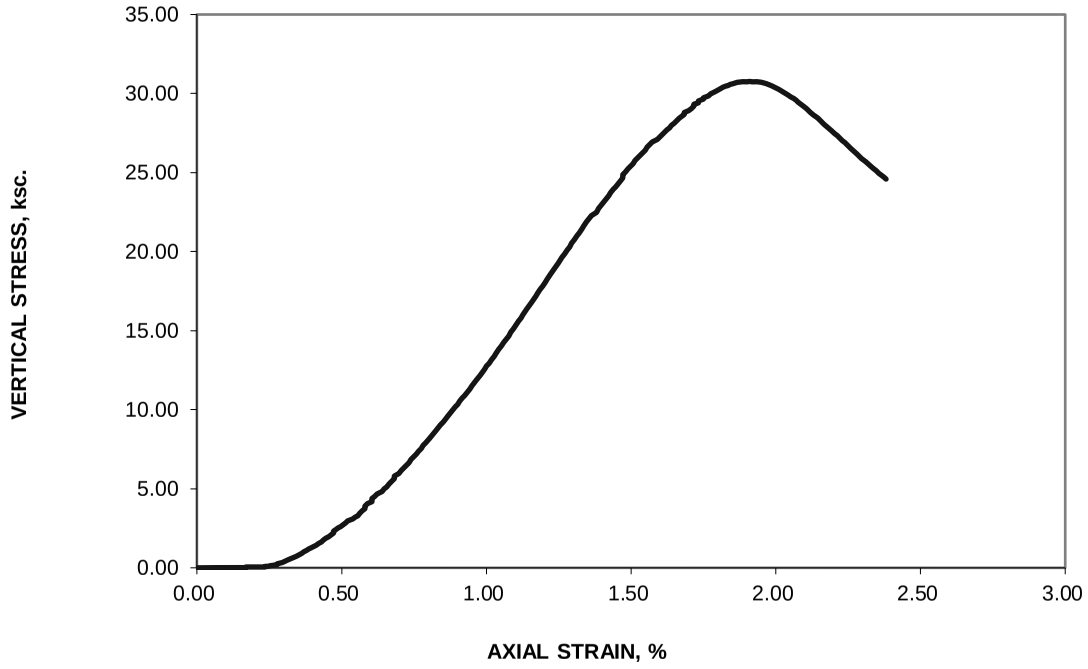
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.168	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.154	cm^2
DATE	8/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.885	cm.
TEST NO.	CB-C5P0-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.272	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.086	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.88	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	30.77
Undrained Shear Strength (Su) =	15.38
Strain at Failure , %	1.91

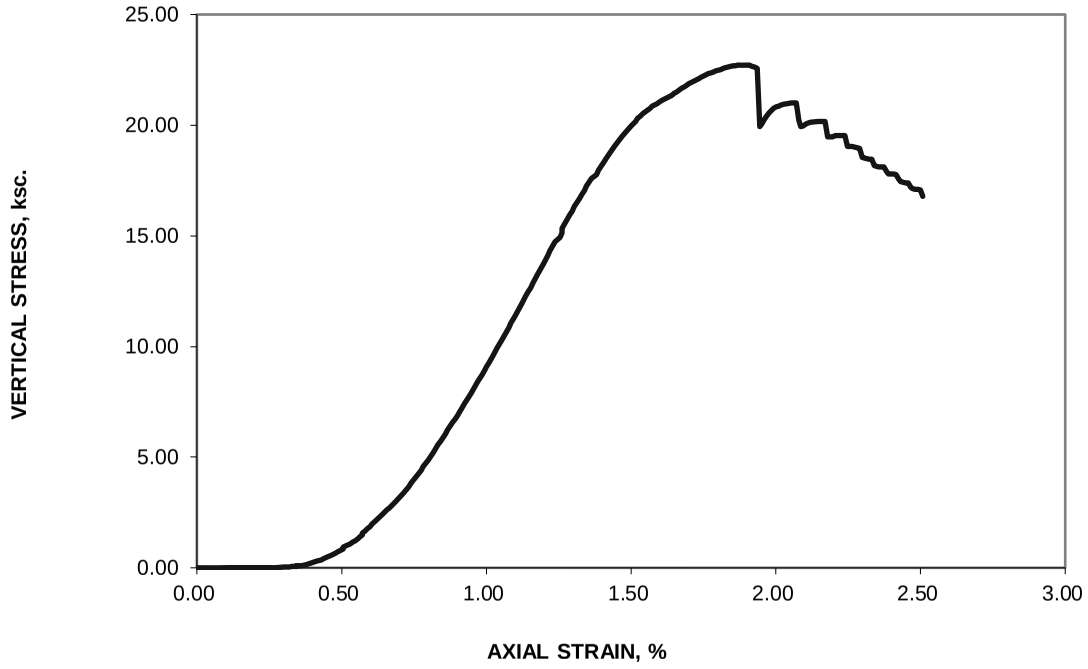
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.160	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.037	cm^2
DATE	8/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.883	cm.
TEST NO.	CB-C5P0-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.263	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.076	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	9.00	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	22.71
Undrained Shear Strength (Su) =	11.35
Strain at Failure , %	1.88

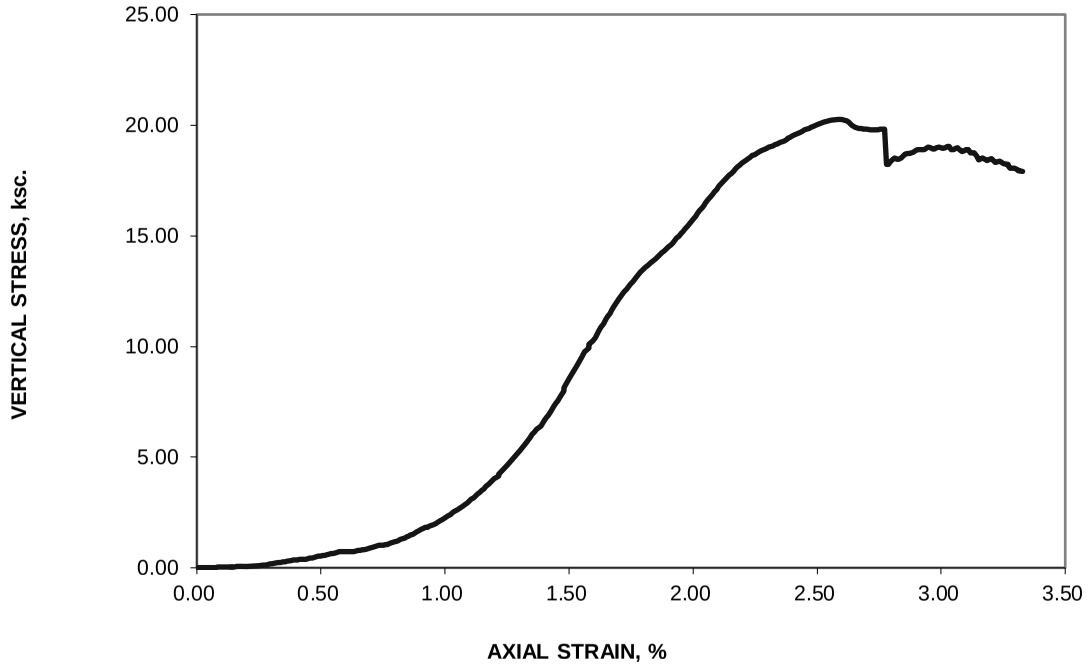
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 5% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.164	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.101	cm^2
DATE	8/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.838	cm.
TEST NO.	CB-C5P0-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.258	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.073	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.94	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	20.26
Undrained Shear Strength (Su) =	10.13
Strain at Failure , %	2.58

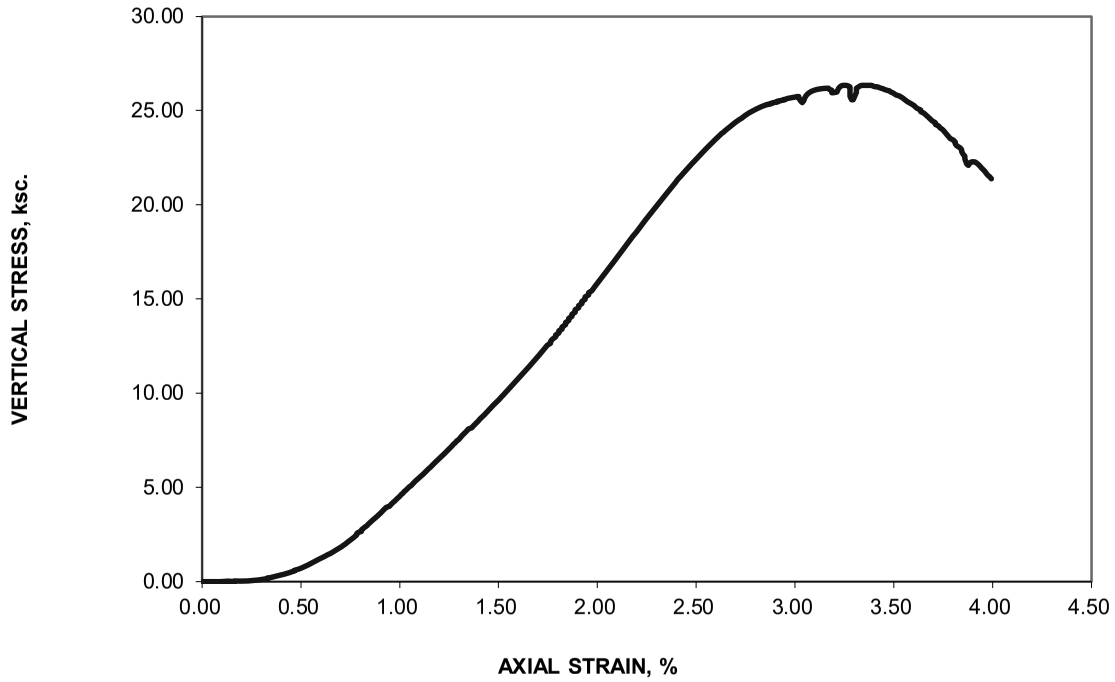
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.168	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.152	cm^2
DATE	09-05-20	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.020	cm.
TEST NO.	CB-C5P1-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.244	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.067	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.57	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	26.34
Undrained Shear Strength (Su) =	13.17
Strain at Failure , %	3.38

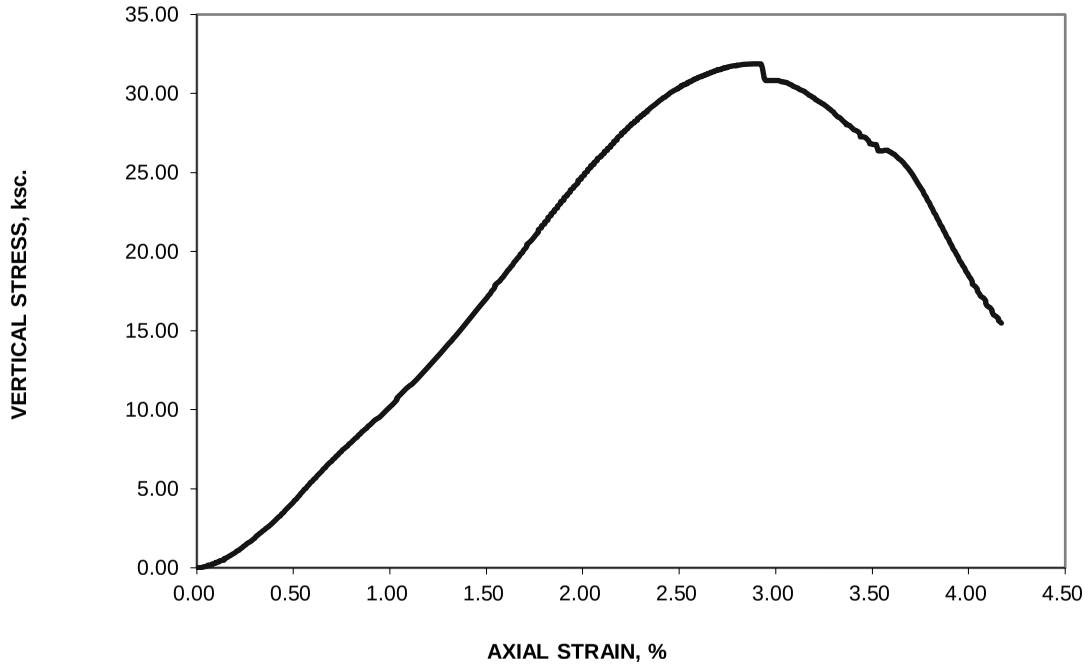
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.163	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.072	cm^2
DATE	9/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.040	cm.
TEST NO.	CB-C5P1-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.244	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.068	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.50	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	31.87
Undrained Shear Strength (Su) =	15.94
Strain at Failure , %	2.92

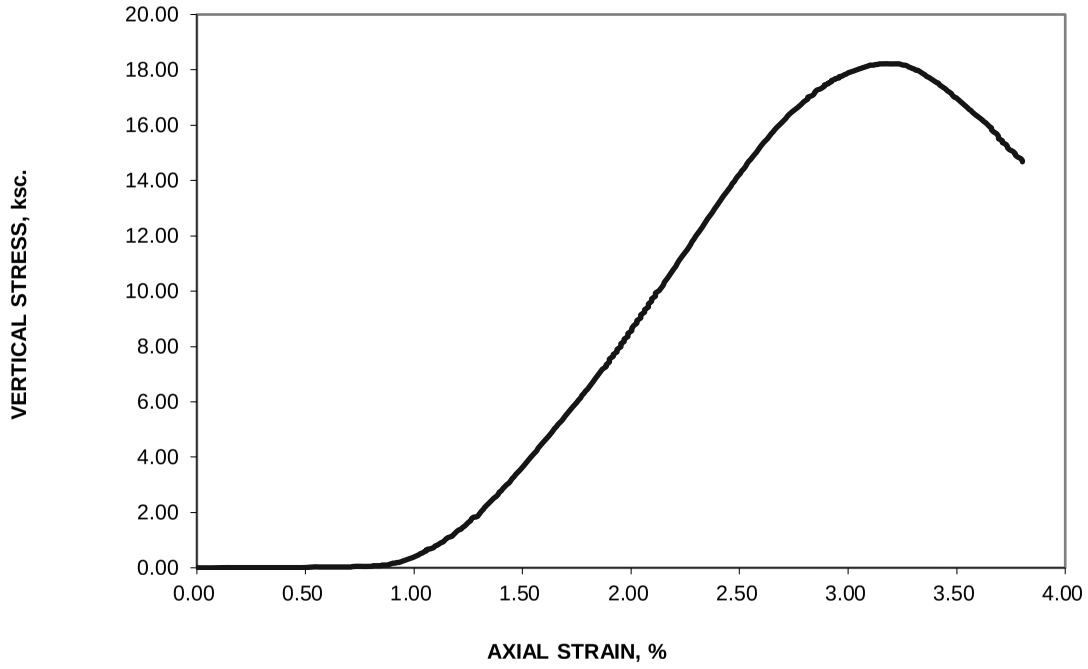
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.172	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.224	cm^2
DATE	9/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.833	cm.
TEST NO.	CB-C5P1-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.235	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.060	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.47	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	18.22
Undrained Shear Strength (Su) =	9.11
Strain at Failure , %	3.16

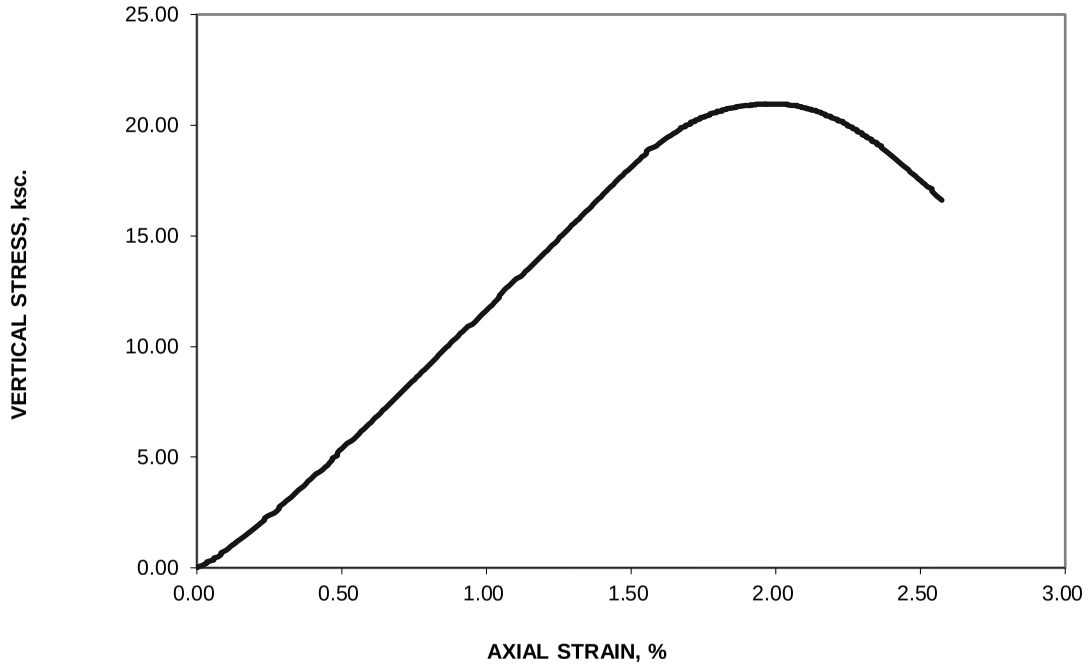
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.166	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.128	cm^2
DATE	9/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.966	cm.
TEST NO.	CB-C5P1-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.217	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.036	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.91	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	20.95
Undrained Shear Strength (Su) =	10.48
Strain at Failure , %	1.99

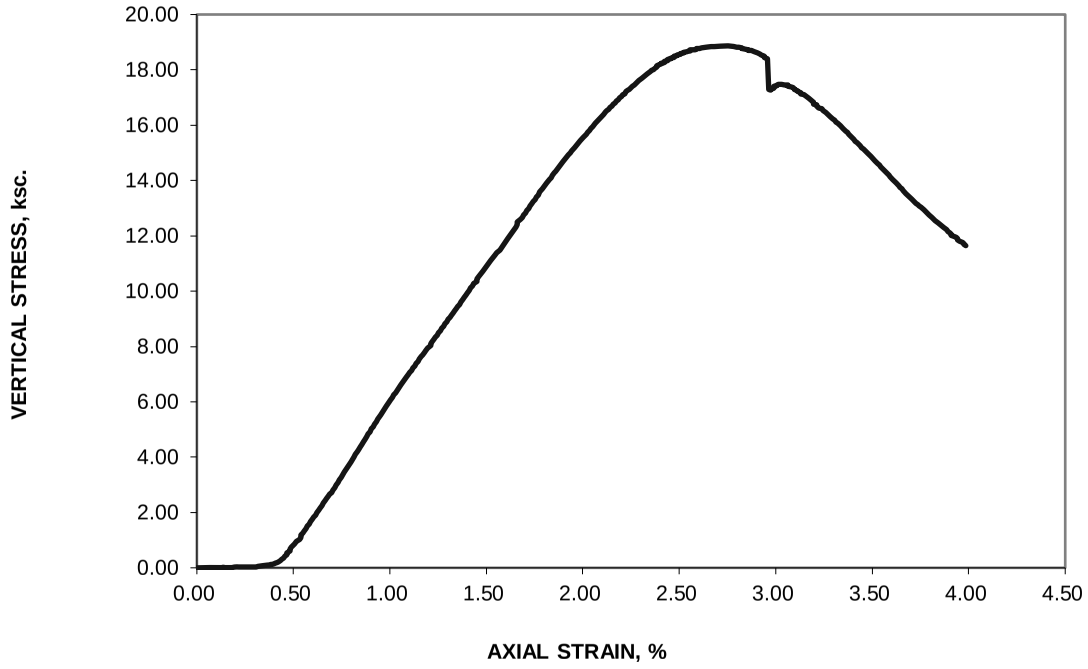
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 1% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.162	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.059	cm^2
DATE	9/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.045	cm.
TEST NO.	CB-C5P1-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.220	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.043	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.69	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	18.86
Undrained Shear Strength (Su) =	9.43
Strain at Failure , %	2.75

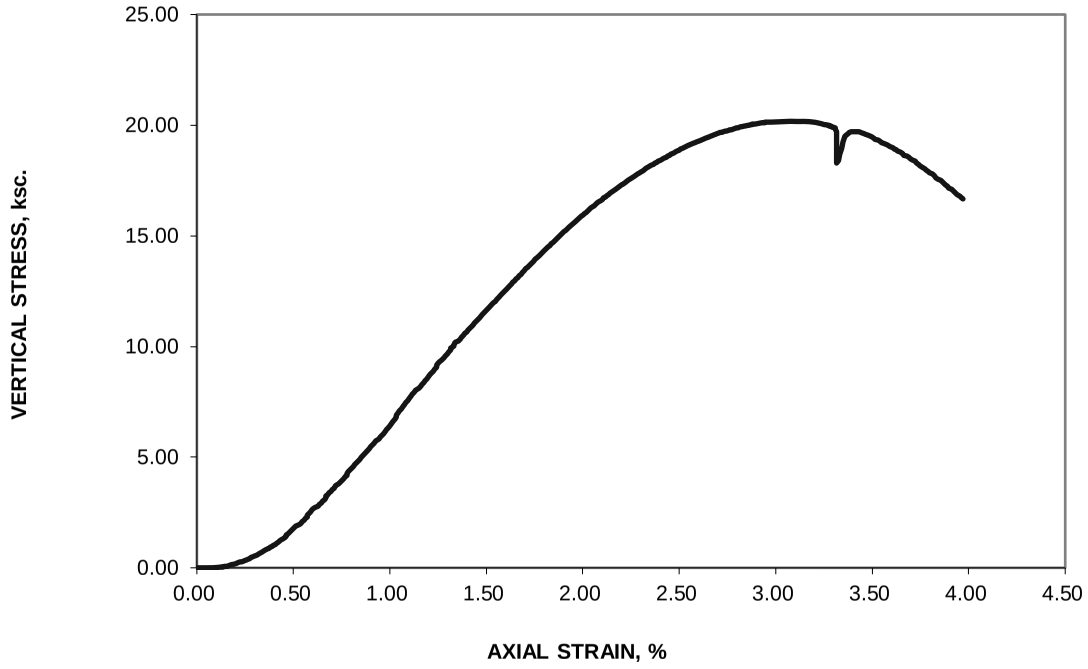
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.173	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.232	cm^2
DATE	9/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.090	cm.
TEST NO.	CB-C5P2-1	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.218	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.031	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	9.20	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	20.18
Undrained Shear Strength (Su) =	10.09
Strain at Failure , %	3.15

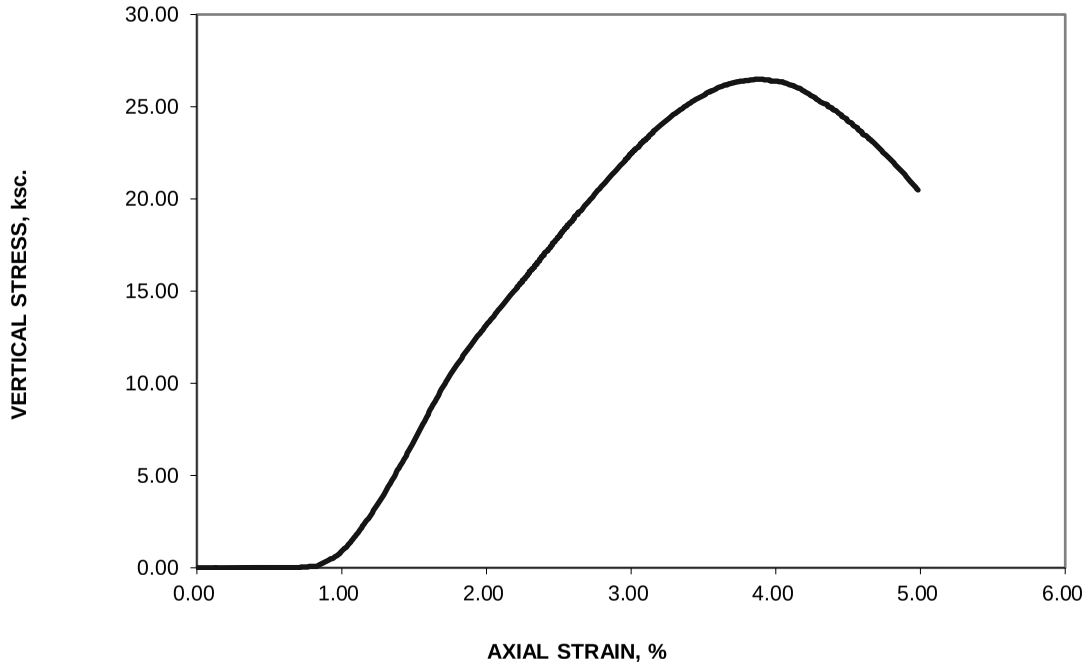
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.160	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.032	cm^2
DATE	9/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.960	cm.
TEST NO.	CB-C5P2-2	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.240	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.053	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	9.13	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	26.49
Undrained Shear Strength (Su) =	13.24
Strain at Failure , %	3.90

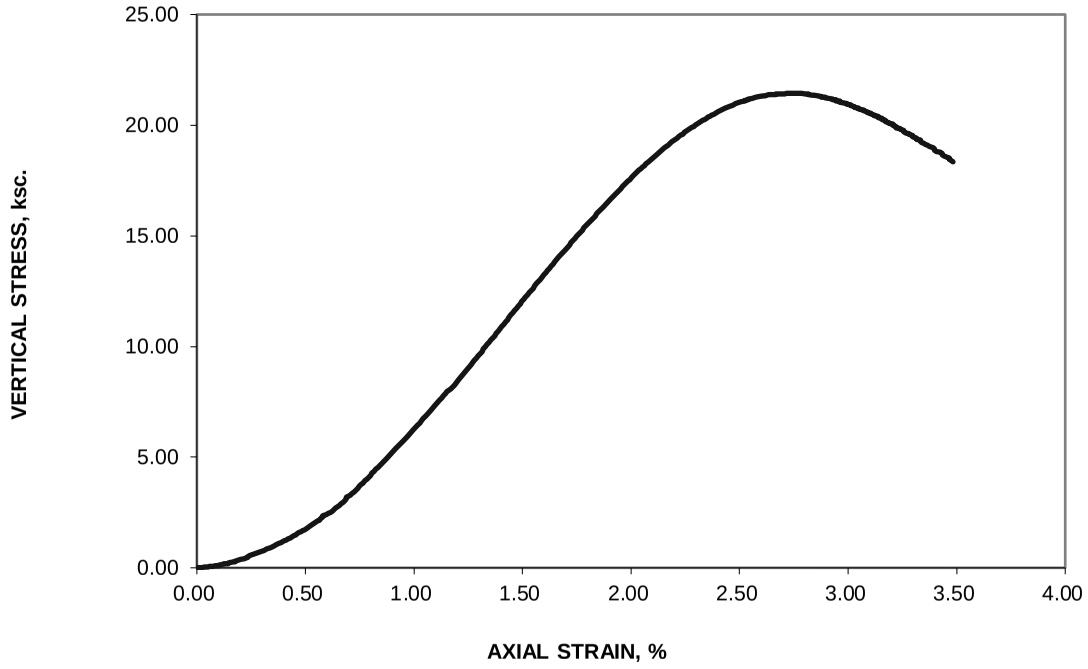
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.166	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.133	cm^2
DATE	9/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.886	cm.
TEST NO.	CB-C5P2-3	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.223	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.038	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	9.10	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	21.44
Undrained Shear Strength (Su) =	10.72
Strain at Failure , %	2.74

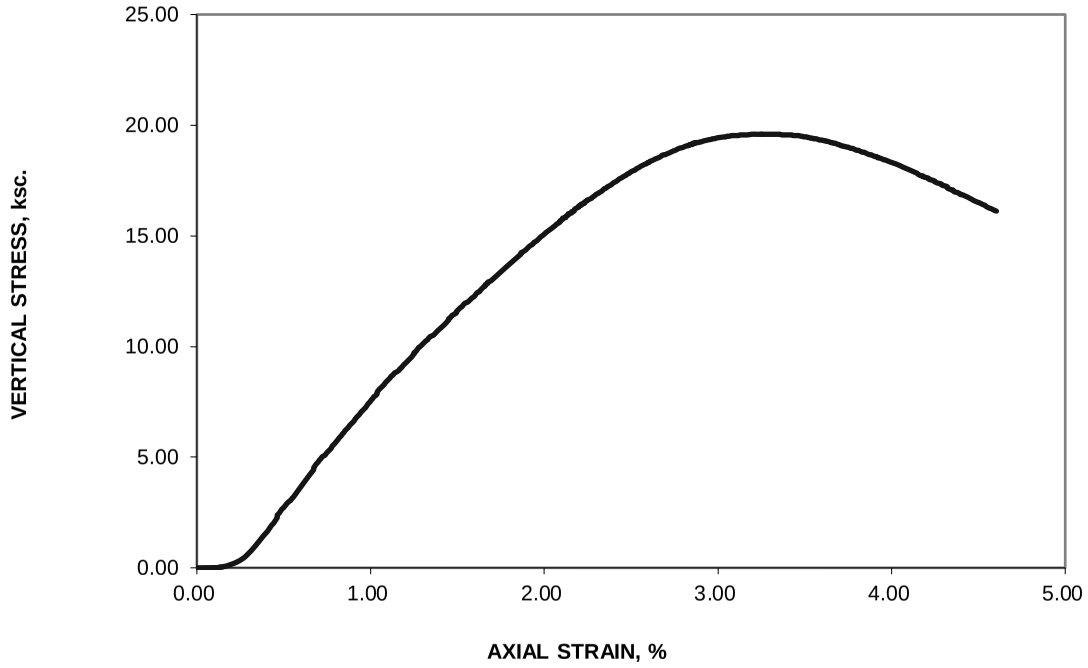
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.172	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.229	cm^2
DATE	9/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.056	cm.
TEST NO.	CB-C5P2-4	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.238	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.055	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	8.92	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	19.60
Undrained Shear Strength (Su) =	9.80
Strain at Failure , %	3.30

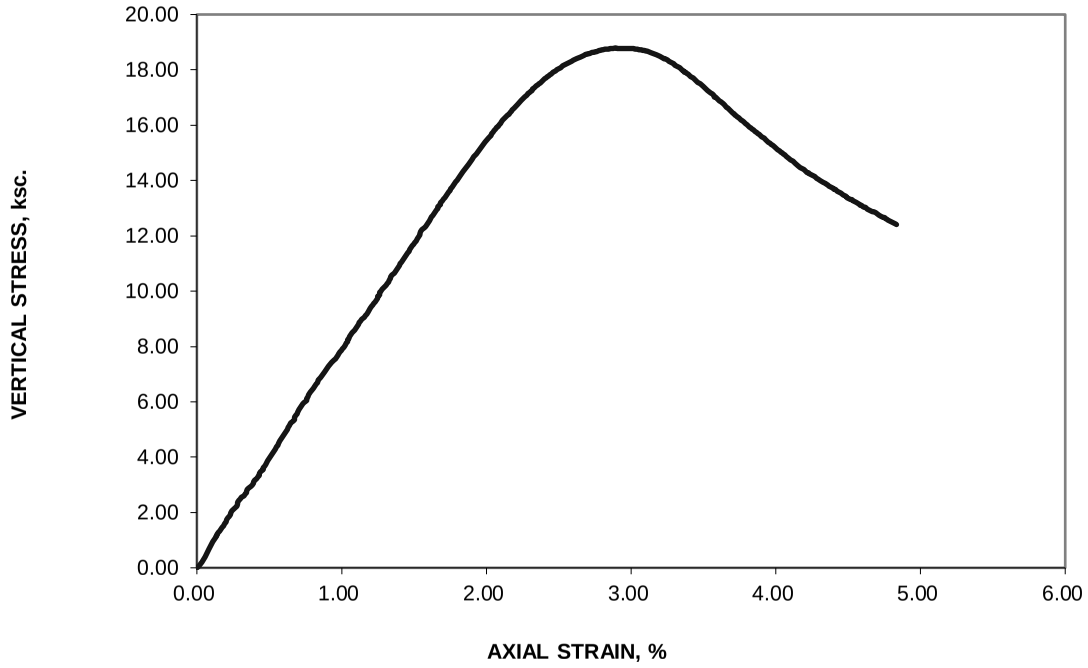
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 5% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.171	cm.
LOCATION	บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.			SAPLE AREA	81.208	cm^2
DATE	9/5/2020	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	12.019	cm.
TEST NO.	CB-C5P2-5	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL WET DENSITY	2.227	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			INITIAL DRY DENSITY	2.043	g/cm^3
APPROVED BY	(Asst.Prof.Dr. Susit Chaiprakaikeow)			WATER CONTENT	9.01	%

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	18.79
Undrained Shear Strength (Su) =	9.39
Strain at Failure , %	2.92

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect Tensile Strength Test

รายละเอียด ดินซีเมนต์ (บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.)

วันที่ทดสอบ 09-07-63 **ระยะเวลาบ่ม** 7 วัน **ซีเมนต์** 2.4%

Calibration	0.0119		
Sample no.	1	2	3
D (mm.)	100.90	101.02	101.25
H (mm.)	65.78	66.18	64.28
Read (Div)	400	328	382
P (kN)	4.760	3.903	4.546
IDT (kPa)	457	372	445
Avg. IDT (kPa)	424		
Water content (ก่อนการทดสอบ)			
Mass of cup + wet soil,g	56.20	59.71	62.35
Mass of cup + dry soil,g	54.13	56.97	59.91
Mass of water	2.07	2.74	2.44
Mass of cup ,g	17.72	11.08	16.51
Mass of dry soil ,g	36.41	45.89	43.40
Water content,%	5.68	5.97	5.63
Density			
Mass of soil in mold, g	1213	1169	1208
wet unit weight, g/cm^3	2.31	2.20	2.33
Dry unit weight ,KN/cm^3	2.19	2.08	2.21
Water content (หลังการทดสอบ)			
Mass of cup + wet soil,g	43.13	48.52	66.81
Mass of cup + dry soil,g	41.27	46.43	64.76
Mass of cup ,g	6.79	6.68	15.15
Mass of water	1.87	2.09	2.05
Mass of dry soil ,g	34.48	39.74	49.61
Water content,%	5.42	5.27	4.13

Approved by:

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect Tensile Strength Test

รายละเอียด ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม

วันที่ทดสอบ 09-07-63 **ระยะเวลาบ่ม** 7 วัน **ซีเมนต์** 2.4% **ยางพารา** 2%

Calibration	0.0119		
Sample no.	1	2	3
D (mm.)	101.25	101.18	101.28
H (mm.)	66.37	66.32	66.58
Read (Div)	180	221	223
P (kN)	2.142	2.630	2.654
IDT (kPa)	203	250	251
Avg. IDT (kPa)	234		
Water content (ก่อนการทดสอบ)			
Mass of cup + wet soil,g	78.28	83.80	49.92
Mass of cup + dry soil,g	76.24	80.99	48.52
Mass of water	2.03	2.81	1.40
Mass of cup ,g	16.39	16.46	15.88
Mass of dry soil ,g	59.85	64.53	32.64
Water content,%	3.39	4.35	4.29
Density			
Mass of soil in mold, g	1173	1167	1192
wet unit weight, g/cm^3	2.20	2.19	2.22
Dry unit weight ,KN/cm^3	2.13	2.10	2.14
Water content (หลังการทดสอบ)			
Mass of cup + wet soil,g	132.96	55.79	46.93
Mass of cup + dry soil,g	129.39	54.66	45.85
Mass of cup ,g	24.55	16.67	15.27
Mass of water	3.57	1.13	1.08
Mass of dry soil ,g	104.84	37.99	30.58
Water content,%	3.40	2.97	3.52

Approved by:

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect Tensile Strength Test

รายละเอียด ดินซีเมนต์ (บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.)

วันที่ทดสอบ 11-07-63 **ระยะเวลาบ่ม** 7 วัน **ซีเมนต์** 3.9%

Calibration	0.0119		
Sample no.	1	2	3
D (mm.)	101.00	101.30	101.40
H (mm.)	66.15	64.10	64.24
Read (Div)	350	485	495
P (kN)	4.165	5.772	5.891
IDT (kPa)	397	566	576
Avg. IDT (kPa)	513		
Water content (ก่อนการทดสอบ)			
Mass of cup + wet soil,g	34.75	41.64	70.34
Mass of cup + dry soil,g	32.49	39.55	65.05
Mass of water	2.27	2.09	5.29
Mass of cup ,g	11.08	16.33	16.51
Mass of dry soil ,g	21.41	23.22	48.54
Water content,%	10.59	9.00	10.90
Density			
Mass of soil in mold, g	1149	1174	1106
wet unit weight, g/cm^3	2.17	2.27	2.13
Dry unit weight ,KN/cm^3	1.97	2.09	1.93
Water content (หลังการทดสอบ)			
Mass of cup + wet soil,g	47.10	92.66	84.84
Mass of cup + dry soil,g	44.12	86.09	78.73
Mass of water	2.98	6.57	6.11
Mass of cup ,g	11.08	16.33	16.51
Mass of dry soil ,g	33.04	69.76	62.21
Water content,%	9.00	9.42	9.83

Approved by:

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect Tensile Strength Test

รายละเอียด ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.)

วันที่ทดสอบ 11-07-63 **ระยะเวลาบ่ม** 7 วัน **ซีเมนต์** 3.9% **ยางพารา** 2%

Calibration	0.0119		
Sample no.	1	2	3
D (mm.)	101.20	101.40	101.20
H (mm.)	66.05	67.67	67.37
Read (Div)	429	325	394
P (kN)	5.105	3.868	4.689
IDT (kPa)	486	359	438
Avg. IDT (kPa)	428		
Water content (ก่อนการทดสอบ)			
Mass of cup + wet soil,g	62.31	55.06	56.09
Mass of cup + dry soil,g	58.66	51.94	53.11
Mass of water	3.64	3.12	2.98
Mass of cup ,g	16.80	15.88	18.69
Mass of dry soil ,g	41.86	36.06	34.42
Water content,%	8.70	8.65	8.66
Density			
Mass of soil in mold, g	1136	1139	1142
wet unit weight, g/cm^3	2.14	2.08	2.11
Dry unit weight ,KN/cm^3	1.97	1.92	1.94
Water content (หลังการทดสอบ)			
Mass of cup + wet soil,g	51.89	53.32	76.04
Mass of cup + dry soil,g	49.58	50.61	71.67
Mass of water	2.31	2.71	4.37
Mass of cup ,g	16.80	15.88	17.32
Mass of dry soil ,g	32.78	34.73	54.35
Water content,%	7.05	7.81	8.03

Approved by:

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

รายละเอียด บ่อดิน ลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.

วันที่ทดสอบ 16-07-63 วัน **ระยะเวลาบ่ม** 7 วัน

ชนิดตัวอย่าง	Horizontal deformation (μm)	Measured stiffness modulus (MPa)	Adjusted stiffness modulus (MPa)	Indirect Tensile Strength (Kpa)	ร้อยละ IDT ต่อค่า deformation	wet unit weight, g/cm3
CN Cement 1	1.9	19847	19831	424	8.89	2.25
CN Cement 2	1.9	13154	13145		5.89	2.24
CN Cement 3	3.4	12672	12726		10.20	2.14
CN Para 1	1.9	10097	10103	234	8.20	2.11
CN Para 2	N/A	N/A	N/A		N/A	N/A
CN Para 3	N/A	N/A	N/A		N/A	N/A

Approved by:

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

รายละเอียด บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.

วันที่ทดสอบ 16-07-63 วัน **ระยะเวลาบ่ม** 7 วัน

ชนิดตัวอย่าง	Horizontal deformation (μm)	Measured stiffness modulus (MPa)	Adjusted stiffness modulus (MPa)	Indirect Tensile Strength (Kpa)	ร้อยละ IDT ต่อค่า deformation	wet unit weight, g/cm3
CB Cement 1	3	7630	7645	513	4.47	2.08
CB Cement 2	2.9	6751	6749		3.82	2.02
CB Cement 3	0.6	7572	7912		0.93	2.20
CB Para 1	3	4783	4776	428	3.35	2.11
CB Para 2	3	7898	7880		5.52	2.01
CB Para 3	2.9	6986	6985		4.73	2.05

Approved by:

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect tensile test on cylindrical shaped specimens

รายละเอียด ดินซีเมนต์ (บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.)

วันที่ทดสอบ 10-08-63 **ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 2.4%** **ตัวอย่างที่** **1**

Temperature (deg.C)	25	Water content (ก่อนการทดสอบ) ,	4.83
Diameter (mm)	101.88	Dry unit weight ,g/cm^3	2.23
Thickness (mm)	61.5	Water content (หลังการทดสอบ) ,	2.13
Target stress (kPa)	140	*หมายเหตุ ใช้ Target Stress ร้อยละ 35 ของ Indirect Tensile Strength*	
Target risetime (ms)	100		

Pulse No.	Permanent vertical deformation	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
10	0	1.4	141.1	98	23.7	0
20	0.248	1.4	142.2	112	24.5	0
30	0.274	1.4	140.4	114	24.7	0
40	0.293	1.4	139.7	110	24	0
50	0.316	1.4	140.8	98	23.7	0
60	0.323	1.4	139.1	94	23.4	0
70	0.334	1.4	139.6	104	23.7	0
80	0.343	1.4	139.8	104	23.6	0
90	0.349	1.4	139.6	94	23.3	0
100	0.365	1.4	141.1	102	23.4	0
171	17.435	0	0.2	76	24.2	0

Vertical deformation greater than 10 mm

Pulse No.	Permanent vertical deformation (mm)	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
171	17.435	0	0.2	76	24.2	0

Approved by

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect tensile test on cylindrical shaped specimens

รายละเอียด ดินซีเมนต์ (บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.)

วันที่ทดสอบ 10-08-63 **ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 2.4%** **ตัวอย่างที่** **2**

Temperature (deg.C)	25	Water content (ก่อนการทดสอบ) , %	4.55
Diameter (mm)	101.6	Dry unit weight ,g/cm^3	2.08
Thickness (mm)	68	Water content (หลังการทดสอบ) , %	2.12
Target stress (kPa)	140	*หมายเหตุ ใช้ Target Stress ร้อยละ 35 ของ Indirect Tensile Strength*	
Target risetime (ms)	100		

Pulse No.	Permanent vertical deformation	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
10	0	1.5	142.4	92	23.8	0
11	17.764	0	0.2	70	23.3	0

Vertical deformation greater than 10 mm

Pulse No.	Permanent vertical deformation (mm)	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
11	17.764	0	0.2	70	23.3	0

Approved by

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect tensile test on cylindrical shaped specimens

รายละเอียด ดินซีเมนต์ (บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.)

วันที่ทดสอบ 10-08-63 **ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 2.4%** **ตัวอย่างที่** **3**

Temperature (deg.C)	25	Water content (ก่อนการทดสอบ) , %	4.87
Diameter (mm)	101.6	Dry unit weight ,g/cm^3	2.17
Thickness (mm)	64.8	Water content (หลังการทดสอบ) , %	2.10
Target stress (kPa)	140	*หมายเหตุ ใช้ Target Stress ร้อยละ 35 ของ Indirect Tensile Strength*	
Target risetime (ms)	100		

Pulse No.	Permanent vertical deformation	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
10	0	1.6	152.7	118	23.1	0
11	17.627	0	0.2	70	23.6	0

Vertical deformation greater than 10 mm

Pulse No.	Permanent vertical deformation (mm)	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
11	17.627	0	0.2	70	23.6	0

Approved by

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect tensile test on cylindrical shaped specimens

รายละเอียด ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.)

วันที่ทดสอบ 10-08-63 **ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2%** **ตัวอย่างที่** **1**

Temperature (deg.C)	25.00	Water content (ก่อนการทดสอบ) ,	4.38
Diameter (mm)	101.60	Dry unit weight ,g/cm^3	2.07
Thickness (mm)	64.90	Water content (หลังการทดสอบ) ,	2.90
Target stress (kPa)	90.00	*หมายเหตุ ใช้ Target Stress ร้อยละ 35 ของ Indirect Tensile Strength*	
Target risetime (ms)	100.00		

Pulse No.	Permanent vertical deformation	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
10	0	1.2	115.5	112	24.5	0
20	0.639	1.2	116.6	120	24.4	0
30	0.704	1.1	109	122	24.4	0
40	0.726	1.1	104.1	104	24.7	0
50	0.734	1	100.7	96	24.6	0
60	0.74	1	98.2	96	24.7	0
70	0.745	1	96.5	104	24.8	0
80	0.751	1	94.8	100	24.9	0
90	0.76	1	93.7	102	24.9	0
100	0.759	1	92.7	100	24.8	0
200	0.78	0.9	90.2	100	24.4	0
300	0.785	0.9	90.4	104	24.7	0
400	0.792	0.9	90.2	102	24.6	0
500	0.798	0.9	90	98	24.1	0
600	0.801	0.9	90.1	108	24.6	0
700	0.802	0.9	90	96	24.9	0
800	0.797	0.9	89.3	98	24.7	0
900	0.804	0.9	89.9	100	24.8	0
1000	0.81	0.9	90	98	24.7	0
1500	0.826	0.9	90.1	106	24.5	0
2000	0.83	0.9	89.8	94	25.2	0
2500	2.343	0.9	89.4	100	24.2	0
2521	17.753	0	0	110	23.7	0

Vertical deformation greater than 10 mm

Pulse No.	Permanent vertical deformation (mm)	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
2521	17.753	0	0	110	23.7	0

Approved by

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect tensile test on cylindrical shaped specimens

รายละเอียด ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.)

วันที่ทดสอบ 10-08-63 **ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2%** **ตัวอย่างที่** **2**

Temperature (deg.C)	25	Water content (ก่อนการทดสอบ) , %	4.16
Diameter (mm)	101.6	Dry unit weight ,g/cm^3	2.04
Thickness (mm)	68	Water content (หลังการทดสอบ) , %	2.71
Target stress (kPa)	90	*หมายเหตุ ใช้ Target Stress ร้อยละ 35 ของ Indirect Tensile Strength*	
Target risetime (ms)	100		

Pulse No.	Permanent vertical deformation	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
10	0	0.9	87	108	29.2	0
20	0.437	1	88	124	29.5	0
30	0.494	0.9	87.4	118	29.4	0
40	0.535	1	87.6	106	29.8	0
50	0.576	1	87.9	98	29.5	0
60	0.619	1	88.4	96	29.1	0
70	0.649	1	88.8	104	28.9	0
80	0.68	1	89	98	28.9	0
90	0.705	1	89.2	102	30.1	0
100	0.741	1	89.3	106	29.9	0
200	1.249	1	88.6	94	27.6	0

Vertical deformation greater than 10 mm

Pulse No.	Permanent vertical deformation (mm)	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
201	17.768	0	0.2	14	27.6	0

Approved by

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect tensile test on cylindrical shaped specimens

รายละเอียด ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (บ่อลูกรังสุนีย์ ต.หางน้ำสาคร อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท ทางหลวงหมายเลข 1 กม. 277+020 RT 10300 ม.)

วันที่ทดสอบ 10-08-63 **ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2%** **ตัวอย่างที่** **3**

Temperature (deg.C)	25	Water content (ก่อนการทดสอบ) , %	4.23
Diameter (mm)	101.7	Dry unit weight ,g/cm^3	2.10
Thickness (mm)	66.7	Water content (หลังการทดสอบ) , %	2.57
Target stress (kPa)	90	*หมายเหตุ ใช้ Target Stress ร้อยละ 35 ของ Indirect Tensile Strength*	
Target risetime (ms)	100		

Pulse No.	Permanent vertical deformation	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
10	0	1	90.4	116	27.6	0
20	0.404	1	91.5	122	27.3	0
30	0.45	1	89.7	122	26.7	0
40	0.497	1	89.5	104	26.5	0
50	0.536	1	89.5	96	26.9	0
60	0.568	1	89.7	102	26.8	0
70	0.598	1	89.6	98	26.9	0
80	0.631	1	89.8	102	27	0
90	0.651	0.9	88.6	96	26.6	0
100	0.688	1	90.2	102	26.1	0
171	10.938	0.9	86.4	100	25.6	0

Vertical deformation greater than 10 mm

Pulse No.	Permanent vertical deformation (mm)	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
171	10.938	0.9	86.4	100	25.6	0

Approved by

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect tensile test on cylindrical shaped specimens

รายละเอียด ดินซีเมนต์ (บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.)

วันที่ทดสอบ 10-08-63 **ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 3.9%** **ตัวอย่างที่** **1**

Temperature (deg.C)	25	Water content (ก่อนการทดสอบ) , %	11.54
Diameter (mm)	100.4	Dry unit weight ,g/cm^3	2.07
Thickness (mm)	64.12	Water content (หลังการทดสอบ) , %	7.74
Target stress (kPa)	427	*หมายเหตุ ใช้ Target Stress ร้อยละ 60-70 ของ Indirect Tensile Strength*	
Target risetime (ms)	100		

Pulse No.	Permanent vertical deformation	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
10	0	4.4	437.6	118	24.3	0
20	0.118	4.4	437.5	124	24.6	0
30	0.136	4.4	433.3	124	25	0
40	0.148	4.3	430.1	104	24.7	0
50	0.158	4.3	429.5	98	24.1	0
60	8.62	3.8	376.3	106	24.1	0
62	17.517	0	-0.1	836	24.2	0

Vertical deformation greater than 10 mm

Pulse No.	Permanent vertical deformation (mm)	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
62	17.517	0	-0.1	836	24.2	0

Approved by

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect tensile test on cylindrical shaped specimens

รายละเอียด ดินซีเมนต์ (บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.)

วันที่ทดสอบ 11-08-63 **ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 3.9%** **ตัวอย่างที่ 2**

Temperature (deg.C)	25	Water content (ก่อนการทดสอบ) , %	11.10
Diameter (mm)	101.9	Dry unit weight ,g/cm^3	2.12
Thickness (mm)	62.38	Water content (หลังการทดสอบ) , %	7.59
Target stress (kPa)	427	*หมายเหตุ ใช้ Target Stress ร้อยละ 60-70 ของ Indirect Tensile Strength*	
Target risetime (ms)	100		

Pulse No.	Permanent vertical deformation	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
10	0.002	4.4	442.9	118	23.8	0
11	17.659	0	0.1	4	23.9	0

Vertical deformation greater than 10 mm

Pulse No.	Permanent vertical deformation (mm)	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
11	17.659	0	0.1	4	23.9	0

Approved by

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect tensile test on cylindrical shaped specimens

รายละเอียด ดินซีเมนต์ (บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.)

วันที่ทดสอบ 11-08-63 **ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 3.9%** **ตัวอย่างที่** **3**

Temperature (deg.C)	25	Water content (ก่อนการทดสอบ) , %	10.92
Diameter (mm)	101.33	Dry unit weight ,g/cm^3	2.15
Thickness (mm)	62.36	Water content (หลังการทดสอบ) , %	7.56
Target stress (kPa)	427	*หมายเหตุ ใช้ Target Stress ร้อยละ 60-70 ของ Indirect Tensile Strength*	
Target risetime (ms)	100		

Pulse No.	Permanent vertical deformation	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
10	0	4.2	424.2	116	23.2	0
11	17.667	0	0.7	64	22.9	0

Vertical deformation greater than 10 mm

Pulse No.	Permanent vertical deformation (mm)	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
11	17.667	0	0.7	64	22.9	0

Approved by

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect tensile test on cylindrical shaped specimens

รายละเอียด ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.)

วันที่ทดสอบ 11-08-63 **ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2%** **ตัวอย่างที่** **1**

Temperature (deg.C)	25	Water content (ก่อนการทดสอบ) ,	11.31
Diameter (mm)	101.8	Dry unit weight ,g/cm^3	1.87
Thickness (mm)	67.3	Water content (หลังการทดสอบ) ,	6.91
Target stress (kPa)	288	*หมายเหตุ ใช้ Target Stress ร้อยละ 60-70 ของ Indirect Tensile Strength*	
Target risetime (ms)	100		

Pulse No.	Permanent vertical deformation	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
10	0	3.2	298.1	118	24.8	0
11	17.729	0	0.2	16	25	0

Vertical deformation greater than 10 mm

Pulse No.	Permanent vertical deformation (mm)	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
11	17.729	0	0.2	16	25	0

Approved by

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect tensile test on cylindrical shaped specimens

รายละเอียด ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.)

วันที่ทดสอบ 11-08-63 **ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2%** **ตัวอย่างที่** **2**

Temperature (deg.C)	25	Water content (ก่อนการทดสอบ) , %	10.48
Diameter (mm)	101.5	Dry unit weight ,g/cm^3	1.96
Thickness (mm)	65.5	Water content (หลังการทดสอบ) , %	6.05
Target stress (kPa)	288	*หมายเหตุ ใช้ Target Stress ร้อยละ 60-70 ของ Indirect Tensile Strength*	
Target risetime (ms)	100		

Pulse No.	Permanent vertical deformation	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
10	0	3	290.9	120	24.8	0
20	0.207	3	291	120	24.2	0
30	0.229	3	288.8	122	24.8	0
40	0.235	3	286.9	98	23.8	0
50	0.235	3	286.1	102	23.9	0
60	0.234	3	285.8	98	24.2	0
70	0.243	3	287.8	100	24.1	0
80	0.247	3	288	98	24	0
90	0.25	3	288.2	102	23.9	0
100	0.254	3	288.1	100	23.9	0
200	0.271	3	288	100	23.8	0
300	0.282	3	287.8	100	24.2	0
400	0.294	3	287.7	96	24.5	0
500	0.302	3	287.8	100	24.8	0
600	0.309	3	287.9	100	24.7	0
700	0.314	3	287.7	100	25.1	0
800	0.321	3	287.7	100	24.9	0
900	0.33	3	288.7	102	25.1	0
1000	0.347	3	288.2	100	24.7	0
Vertical deformation greater than 10 mm						
Pulse No.	**Permanent vertical deformation (mm)**	**Maximum vertical Force (kN)**	**Dynamic horizontal stress (kPa)**	**Force Rise time (ms)**	**Temperature TC-1 (deg. C)**	**Temperature TC-2 (deg. C)**
1351	17.526	0.9	86	44	24.6	0

Approved by

(Susit Chaiprakaikeow)

Department of Civil Engineering
Kasetsart University

Indirect tensile test on cylindrical shaped specimens

รายละเอียด ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (บ่อดิน จ.ชลบุรี ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนหนองปรือ - แปลงยาว กม. 106+500 RT 2.50 กม.)

วันที่ทดสอบ 11-08-63 **ระยะเวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2%** **ตัวอย่างที่** **3**

Temperature (deg.C)	25	Water content (ก่อนการทดสอบ) , %	10.56
Diameter (mm)	101.5	Dry unit weight ,g/cm^3	1.96
Thickness (mm)	65.4	Water content (หลังการทดสอบ) , %	6.77
Target stress (kPa)	288	*หมายเหตุ ใช้ Target Stress ร้อยละ 60-70 ของ Indirect Tensile Strength*	
Target risetime (ms)	100		

Pulse No.	Permanent vertical deformation	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
10	0	3	290.9	120	25.4	0
11	17.525	1.7	160.7	102	25.5	0

Vertical deformation greater than 10 mm

Pulse No.	Permanent vertical deformation (mm)	Maximum vertical Force (kN)	Dynamic horizontal stress (kPa)	Force Rise time (ms)	Temperature TC-1 (deg. C)	Temperature TC-2 (deg. C)
11	17.525	1.7	160.7	102	25.5	0

Approved by

(Susit Chaiprakaikeow)

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

PERMEABILITY TEST

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง **Test Date : 23 June 2020**

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย **Tested by :**

Chalermchai Trakulphudphong

Sample : Soil cement (Chai nat)

CN- C2.4P0-1 เวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 2.4% **Approved by :**

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

CONSTANT HEAD PERMEABILITY TEST

SAMPLE DATA :					
SAMPLE DIAMETER (cm.)	10.23	cm.	WT. OF MOLD + SOIL	4207.05	gm.
SAMPLE HEIGHT(cm.)	11.70	cm.	WT. OF MOLD	1847.80	gm.
SAMPLE AREA	82.11	$cm.^2$	WT. OF SOIL	2359.25	gm.
SAMPLE VOLUME	960.73	$cm.^3$	Water Content	4.66	%
TYPE OF COMPAC	Modified Proctor		Wet Density	2.46	$gm./cm.^3$
			Dry Density	2.35	$gm./cm.^3$

TESTING HEAD = 3000 cm.

TRIAL NO.	TIME (sec.)	Q (gm.)	T (°C)
1	1800	21.27	30
2	1800	20.15	30
3	1800	19.88	30
4	1800	19.60	30
5	1800	19.16	30
6	1800	18.57	30
7	1800	18.02	30
8	1800	17.61	30
9	1800	16.89	30
10	1800	16.24	30
AVERRAGE		**18.74**	**30**
Correct Temperature(°C)		**30**	**1.00435**
SOIL PERMEABILTY, k (cm./sec)		**4.96599E-07**	

SOIL PERMEABILTY, k = 4.966x 10^{-7} cm./sec.

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

PERMEABILITY TEST

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง **Test Date : 23 June 2020**

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย **Tested by :**

Sample : Soil cement (Chai nat) **Chalermchai Trakulphudphong**

CN- C2.4P0-2 เวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 2.4% **Approved by :**

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

CONSTANT HEAD PERMEABILITY TEST

SAMPLE DATA :					
SAMPLE DIAMETER (cm.)	10.23	cm.	WT. OF MOLD + SOIL	4165.17	gm.
SAMPLE HEIGHT(cm.)	11.68	cm.	WT. OF MOLD	1831.93	gm.
SAMPLE AREA	82.19	$cm.^2$	WT. OF SOIL	2333.24	gm.
SAMPLE VOLUME	960.03	$cm.^3$	Water Content	4.13	%
TYPE OF COMPAC	Modified Proctor		Wet Density	2.43	$gm./cm.^3$
			Dry Density	2.33	$gm./cm.^3$

TESTING HEAD = 3000 cm.

TRIAL NO.	TIME (sec.)	Q (gm.)	T (°C)
1	1800	28.91	30
2	1800	27.07	30
3	1800	26.94	30
4	1800	26.40	30
5	1800	25.80	30
6	1800	25.71	30
7	1800	25.46	30
8	1800	24.12	30
9	1800	23.46	30
10	1800	22.51	30
AVERRAGE		**25.64**	**30**
Correct Temperature(°C)		**30**	**1.00435**
SOIL PERMEABILTY, k (cm./sec)		**6.77604E-07**	

SOIL PERMEABILTY, k = 6.776x 10^{-7} cm./sec.

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

PERMEABILITY TEST

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง **Test Date : 23 June 2020**

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย **Tested by :**

Chalermchai Trakulphudphong

Sample : Soil cement (Chai nat)

CN- C2.4P0-3 เวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 2.4% **Approved by :**

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

CONSTANT HEAD PERMEABILITY TEST

SAMPLE DATA :					
SAMPLE DIAMETER (cm.)	10.24	cm.	WT. OF MOLD + SOIL	4206.07	gm.
SAMPLE HEIGHT(cm.)	11.69	cm.	WT. OF MOLD	1850.16	gm.
SAMPLE AREA	82.27	$cm.^2$	WT. OF SOIL	2355.91	gm.
SAMPLE VOLUME	961.79	$cm.^3$	Water Content	4.92	%
TYPE OF COMPAC	Modified Proctor		Wet Density	2.45	$gm./cm.^3$
			Dry Density	2.33	$gm./cm.^3$

TESTING HEAD = 3000 cm.

TRIAL NO.	TIME (sec.)	Q (gm.)	T (°C)
1	1800	53.79	30
2	1800	47.55	30
3	1800	48.84	30
4	1800	48.03	30
5	1800	47.25	30
6	1800	46.20	30
7	1800	45.34	30
8	1800	43.87	30
9	1800	41.81	30
10	1800	39.31	30
AVERRAGE		**46.20**	**30**
Correct Temperature(°C)		**30**	**1.00435**
SOIL PERMEABILTY, k (cm./sec)		**1.22088E-06**	

SOIL PERMEABILTY, k = 1.221x 10^{-6} cm./sec.

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

PERMEABILITY TEST

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง **Test Date : 30 June 2020**

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย **Tested by :**

Sample : Para soil cement (Chai nat) **Chalermchai Trakulphudphong**

CN- C2.4P2-1 เวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2% **Approved by :**

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

CONSTANT HEAD PERMEABILITY TEST

SAMPLE DATA :					
SAMPLE DIAMETER (cm.)	10.03	cm.	WT. OF MOLD + SOIL	4210.22	gm.
SAMPLE HEIGHT(cm.)	11.62	cm.	WT. OF MOLD	2007.71	gm.
SAMPLE AREA	78.93	$cm.^2$	WT. OF SOIL	2202.51	gm.
SAMPLE VOLUME	917.20	$cm.^3$	Water Content	4.64	%
TYPE OF COMPAC	Modified Proctor		Wet Density	2.40	$gm./cm.^3$
			Dry Density	2.29	$gm./cm.^3$

TESTING HEAD = 3000 cm.

TRIAL NO.	TIME (sec.)	Q (gm.)	T (°C)
1	1800	153.39	30
2	1800	151.57	30
3	1800	151.41	30
4	1800	149.42	30
5	1800	147.70	30
6	1800	145.23	30
7	1800	144.80	30
8	1800	144.41	30
9	1800	143.81	30
10	1800	140.19	30
AVERRAGE		**147.19**	**30**
Correct Temperature(°C)		**30**	**1.00435**
SOIL PERMEABILTY, k (cm./sec)		**4.03018E-06**	

SOIL PERMEABILTY, k = 4.030x 10^{-6} cm./sec.

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

PERMEABILITY TEST

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง **Test Date : 30 June 2020**

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย **Tested by :**

Chalermchai Trakulphudphong

Sample : Soil cement (Chai nat)

CN- C2.4P2-2 เวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2% **Approved by :**

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

CONSTANT HEAD PERMEABILITY TEST

SAMPLE DATA :					
SAMPLE DIAMETER (cm.)	10.12	cm.	WT. OF MOLD + SOIL	4220.89	gm.
SAMPLE HEIGHT(cm.)	11.61	cm.	WT. OF MOLD	1999.34	gm.
SAMPLE AREA	80.36	$cm.^2$	WT. OF SOIL	2221.55	gm.
SAMPLE VOLUME	932.94	$cm.^3$	Water Content	4.56	%
TYPE OF COMPAC	Modified Proctor		Wet Density	2.38	$gm./cm.^3$
			Dry Density	2.28	$gm./cm.^3$

TESTING HEAD = 3000 cm.

TRIAL NO.	TIME (sec.)	Q (gm.)	T (°C)
1	1800	81.05	30
2	1800	80.91	30
3	1800	80.21	30
4	1800	80.02	30
5	1800	77.65	30
6	1800	77.03	30
7	1800	76.38	30
8	1800	75.21	30
9	1800	75.06	30
10	1800	73.22	30
AVERRAGE		**77.67**	**30**
Correct Temperature(°C)		**30**	**1.00435**
SOIL PERMEABILTY, k (cm./sec)		**2.08726E-06**	

SOIL PERMEABILTY, k = 2.087x 10^{-6} cm./sec.

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

PERMEABILITY TEST

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง **Test Date : 30 June 2020**

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย **Tested by :**

Sample : Para soil cement (Chai nat) **Chalermchai Trakulphudphong**

CN- C2.4P2-3 เวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2% **Approved by :**

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

CONSTANT HEAD PERMEABILITY TEST

SAMPLE DATA :					
SAMPLE DIAMETER (cm.)	10.14	cm.	WT. OF MOLD + SOIL	5060.00	gm.
SAMPLE HEIGHT(cm.)	11.86	cm.	WT. OF MOLD	2815.34	gm.
SAMPLE AREA	80.75	$cm.^2$	WT. OF SOIL	2244.66	gm.
SAMPLE VOLUME	957.75	$cm.^3$	Water Content	4.22	%
TYPE OF COMPAC	Modified Proctor		Wet Density	2.34	$gm./cm.^3$
			Dry Density	2.25	$gm./cm.^3$

TESTING HEAD = 3000 cm.

TRIAL NO.	TIME (sec.)	Q (gm.)	T (°C)
1	1800	113.56	30
2	1800	112.82	30
3	1800	112.53	30
4	1800	110.77	30
5	1800	110.58	30
6	1800	109.73	30
7	1800	108.88	30
8	1800	108.63	30
9	1800	107.67	30
10	1800	105.38	30
AVERRAGE		**110.06**	**30**
Correct Temperature(°C)		**30**	**1.00435**
SOIL PERMEABILTY, k (cm./sec)		**3.00621E-06**	

SOIL PERMEABILTY, k = 3.006x 10^{-6} cm./sec.

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

PERMEABILITY TEST

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง **Test Date : 12 July 2020**

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย **Tested by :**

Chalermchai Trakulphudphong

Sample : Soil cement (Chonburi)

CB- C3.9P0-1 เวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 3.9% **Approved by :**

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

CONSTANT HEAD PERMEABILITY TEST

SAMPLE DATA :					
SAMPLE DIAMETER (cm.)	10.23	cm.	WT. OF MOLD + SOIL	4063.47	gm.
SAMPLE HEIGHT(cm.)	11.70	cm.	WT. OF MOLD	1847.80	gm.
SAMPLE AREA	82.11	$cm.^2$	WT. OF SOIL	2215.67	gm.
SAMPLE VOLUME	960.73	$cm.^3$	Water Content	9.09	%
TYPE OF COMPAC	Modified Proctor		Wet Density	2.31	$gm./cm.^3$
			Dry Density	2.11	$gm./cm.^3$

TESTING HEAD = 3000 cm.

TRIAL NO.	TIME (sec.)	Q (gm.)	T (°C)
1	43200	15.50	30
2	43200	14.72	30
3	43200	14.06	30
4	43200	13.58	30
5	43200	12.61	30
6	43200	11.88	30
7	43200	11.20	30
8	43200	10.63	30
9	43200	10.14	30
10	43200	9.52	30
AVERRAGE		**12.38**	**30**
Correct Temperature(°C)		**30**	**1.00435**
SOIL PERMEABILTY, k (cm./sec)		**1.36744E-08**	

SOIL PERMEABILTY, k = 1.367x 10^{-8} cm./sec.

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

PERMEABILITY TEST

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง **Test Date : 12 July 2020**

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย **Tested by :**

Sample : Soil cement (Chonburi) **Chalermchai Trakulphudphong**

CB- C3.9P0-2 เวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 3.9% **Approved by :**

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

CONSTANT HEAD PERMEABILITY TEST

SAMPLE DATA :					
SAMPLE DIAMETER (cm.)	10.23	cm.	WT. OF MOLD + SOIL	4028.48	gm.
SAMPLE HEIGHT(cm.)	11.68	cm.	WT. OF MOLD	1831.93	gm.
SAMPLE AREA	82.19	$cm.^2$	WT. OF SOIL	2196.55	gm.
SAMPLE VOLUME	960.03	$cm.^3$	Water Content	10.13	%
TYPE OF COMPAC	Modified Proctor		Wet Density	2.29	$gm./cm.^3$
			Dry Density	2.08	$gm./cm.^3$

TESTING HEAD = 3000 cm.

TRIAL NO.	TIME (sec.)	Q (gm.)	T (°C)
1	43200	20.62	30
2	43200	19.60	30
3	43200	19.04	30
4	43200	18.54	30
5	43200	16.38	30
6	43200	15.42	30
7	43200	14.70	30
8	43200	13.25	30
9	43200	12.63	30
10	43200	11.58	30
AVERRAGE		**16.18**	**30**
Correct Temperature(°C)		**30**	**1.00435**
SOIL PERMEABILTY, k (cm./sec)		**1.78136E-08**	

SOIL PERMEABILTY, k = 1.781x 10^{-8} cm./sec.

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

PERMEABILITY TEST

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง **Test Date : 12 July 2020**

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย **Tested by :**

Sample : Soil cement (Chonburi) **Chalermchai Trakulphudphong**

CB- C3.9P0-3 เวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 3.9% **Approved by :**

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

CONSTANT HEAD PERMEABILITY TEST

SAMPLE DATA :					
SAMPLE DIAMETER (cm.)	10.24	cm.	WT. OF MOLD + SOIL	4075.02	gm.
SAMPLE HEIGHT(cm.)	11.69	cm.	WT. OF MOLD	1850.16	gm.
SAMPLE AREA	82.27	$cm.^2$	WT. OF SOIL	2224.86	gm.
SAMPLE VOLUME	961.79	$cm.^3$	Water Content	9.26	%
TYPE OF COMPAC	Modified Proctor		Wet Density	2.31	$gm./cm.^3$
			Dry Density	2.12	$gm./cm.^3$

TESTING HEAD = 3000 cm.

TRIAL NO.	TIME (sec.)	Q (gm.)	T (°C)
1	43200	13.61	30
2	43200	12.86	30
3	43200	12.24	30
4	43200	11.70	30
5	43200	11.56	30
6	43200	9.87	30
7	43200	9.34	30
8	43200	8.75	30
9	43200	8.22	30
10	43200	7.69	30
AVERRAGE		**10.58**	**30**
Correct Temperature(°C)		**30**	**1.00435**
SOIL PERMEABILTY, k (cm./sec)		**1.16541E-08**	

SOIL PERMEABILTY, k = 1.165x 10^{-8} cm./sec.

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

PERMEABILITY TEST

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง **Test Date : 25 July 2020**

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย **Tested by :**

Sample : Para soil cement (Chonburi) **Chalermchai Trakulphudphong**

CB- C3.9P2-1 เวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2% **Approved by :**

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

CONSTANT HEAD PERMEABILITY TEST

SAMPLE DATA :					
SAMPLE DIAMETER (cm.)	10.03	cm.	WT. OF MOLD + SOIL	4119.3	gm.
SAMPLE HEIGHT(cm.)	11.62	cm.	WT. OF MOLD	2007.71	gm.
SAMPLE AREA	78.93	$cm.^2$	WT. OF SOIL	2111.59	gm.
SAMPLE VOLUME	917.20	$cm.^3$	Water Content	7.43	%
TYPE OF COMPAC	Modified Proctor		Wet Density	2.30	$gm./cm.^3$
			Dry Density	2.14	$gm./cm.^3$

TESTING HEAD = 3000 cm.

TRIAL NO.	TIME (sec.)	Q (gm.)	T (°C)
1	86400	26.97	30
2	86400	24.53	30
3	86400	23.69	30
4	86400	21.86	30
5	86400	20.19	30
6	86400	18.83	30
7	86400	17.20	30
8	86400	16.04	30
9	86400	15.72	30
10	86400	12.53	30
AVERRAGE		**19.76**	**30**
Correct Temperature(°C)		**30**	**1.00435**
SOIL PERMEABILTY, k (cm./sec)		**1.12693E-08**	

SOIL PERMEABILTY, k = 1.127x 10^{-8} cm./sec.

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

PERMEABILITY TEST

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง **Test Date : 25 July 2020**

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย **Tested by :**

Sample : Para soil cement (Chonburi) **Chalermchai Trakulphudphong**

CB- C3.9P2-2 เวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2% **Approved by :**

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

CONSTANT HEAD PERMEABILITY TEST

SAMPLE DATA :					
SAMPLE DIAMETER (cm.)	10.12	cm.	WT. OF MOLD + SOIL	4096.44	gm.
SAMPLE HEIGHT(cm.)	11.61	cm.	WT. OF MOLD	1999.34	gm.
SAMPLE AREA	80.36	$cm.^2$	WT. OF SOIL	2097.1	gm.
SAMPLE VOLUME	932.94	$cm.^3$	Water Content	7.72	%
TYPE OF COMPAC	Modified Proctor		Wet Density	2.25	$gm./cm.^3$
			Dry Density	2.09	$gm./cm.^3$

TESTING HEAD = 3000 cm.

TRIAL NO.	TIME (sec.)	Q (gm.)	T (°C)
1	86400	40.19	30
2	86400	35.32	30
3	86400	35.22	30
4	86400	34.72	30
5	86400	30.89	30
6	86400	28.59	30
7	86400	26.86	30
8	86400	26.45	30
9	86400	25.77	30
10	86400	23.56	30
AVERRAGE		**30.76**	**30**
Correct Temperature(°C)		**30**	**1.00435**
SOIL PERMEABILTY, k (cm./sec)		**1.72188E-08**	

SOIL PERMEABILTY, k = 1.722x 10^{-8} cm./sec.

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

FACULTY OF ENGINEERING

KASETSART UNIVERSITY

PERMEABILITY TEST

For : Department of Highways

Project : โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์ปรับปรุง **Test Date : 25 July 2020**

คุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีทดสอบแบบไม่ทำลาย **Tested by :**

Sample : Para soil cement (Chonburi) **Chalermchai Trakulphudphong**

CB- C3.9P2-3 เวลาบ่ม 7 วัน ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2% **Approved by :**

(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)

CONSTANT HEAD PERMEABILITY TEST

SAMPLE DATA :					
SAMPLE DIAMETER (cm.)	10.14	cm.	WT. OF MOLD + SOIL	4957.80	gm.
SAMPLE HEIGHT(cm.)	11.86	cm.	WT. OF MOLD	2815.34	gm.
SAMPLE AREA	80.75	$cm.^2$	WT. OF SOIL	2142.46	gm.
SAMPLE VOLUME	957.75	$cm.^3$	Water Content	8.28	%
TYPE OF COMPAC	Modified Proctor		Wet Density	2.24	$gm./cm.^3$
			Dry Density	2.07	$gm./cm.^3$

TESTING HEAD = 3000 cm.

TRIAL NO.	TIME (sec.)	Q (gm.)	T (°C)
1	86400	24.72	30
2	86400	22.18	30
3	86400	21.59	30
4	86400	20.07	30
5	86400	19.58	30
6	86400	18.72	30
7	86400	16.45	30
8	86400	15.36	30
9	86400	13.92	30
10	86400	12.17	30
AVERRAGE		**18.48**	**30**
Correct Temperature(°C)		**30**	**1.00435**
SOIL PERMEABILTY, k (cm./sec)		**1.05142E-08**	

SOIL PERMEABILTY, k = 1.051x 10^{-8} cm./sec.

NOTE : 1. CERTIFICATION APPLIED TO TEST SAMPLES ONLY.

2. INFORMATION UNDER 'FOR', 'PROJECT' ARE SUPPLIED BY CLIENT. THESE ARE NOT CERTIFIED

3. NO ERASURES OR ALTERATIONS. RESULTS BELOW THIS LINE INVALID

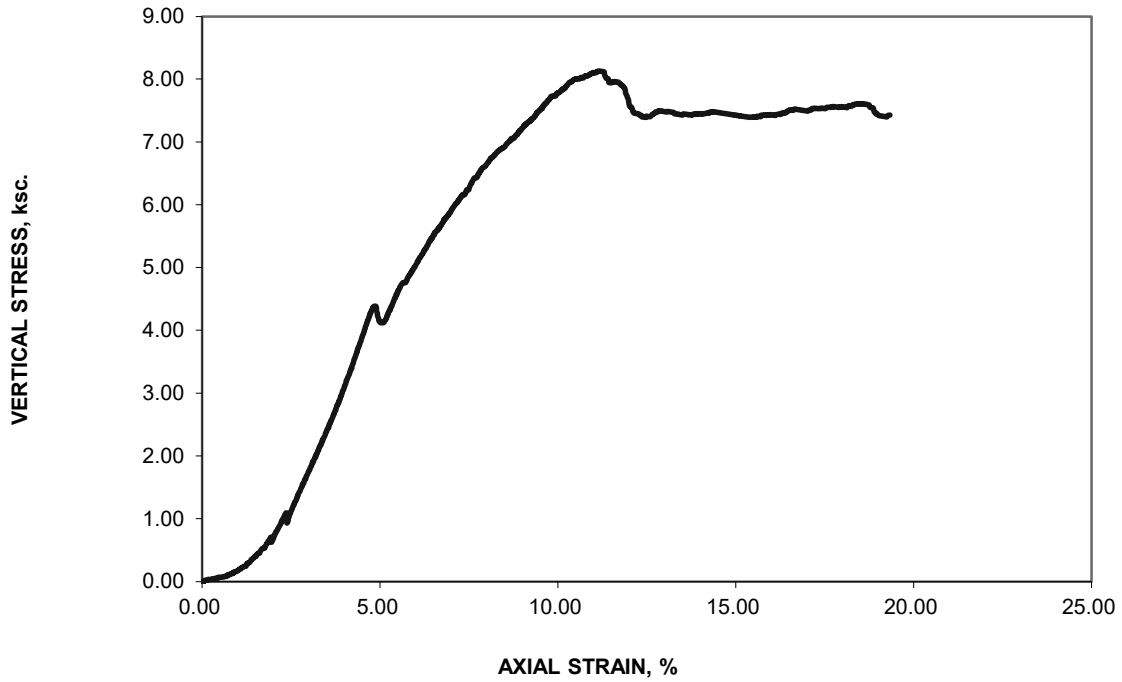
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 2.4% อายุบ่ม 3 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.012	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	63.755	cm^2
DATE	28-06-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.490	cm.
TEST NO.	CN-SC-D3_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.990	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.06	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	8.11
Undrained Shear Strength (Su) =	4.06
Strain at Failure , %	11.31

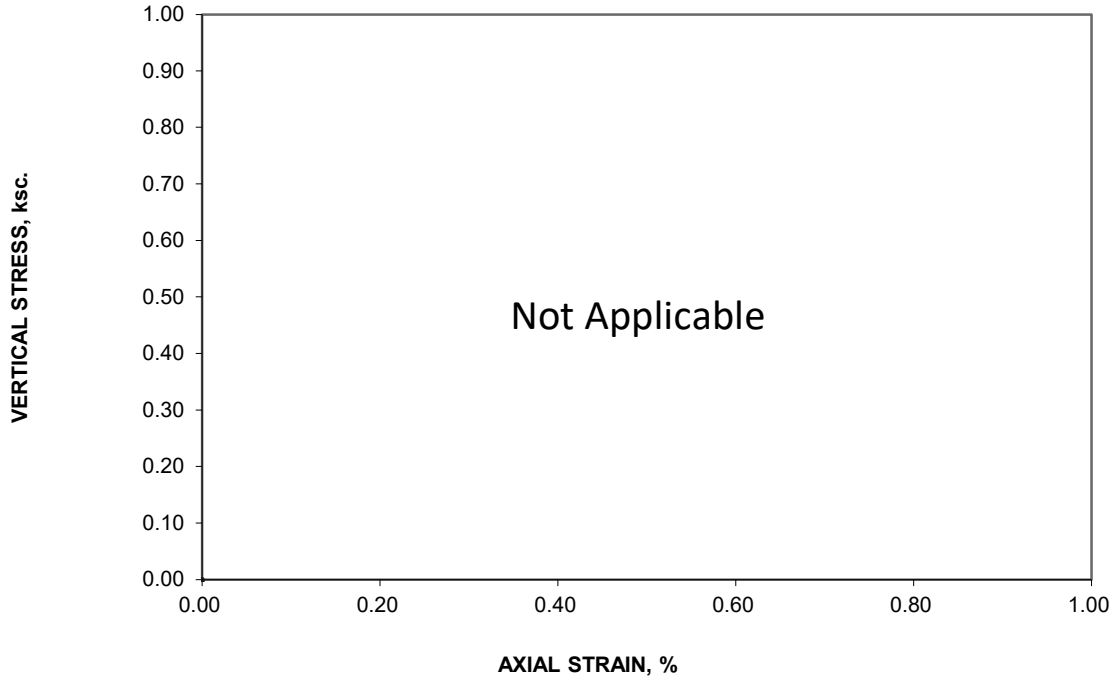
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 2.4% อายุบ่ม 3 วัน			SAMPLE DIAMETER	-	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	-	cm^2
DATE	28-06-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	-	cm.
TEST NO.	CN-SC-D3_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	-	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	-	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	N/A
Undrained Shear Strength (Su) =	N/A
Strain at Failure , %	N/A

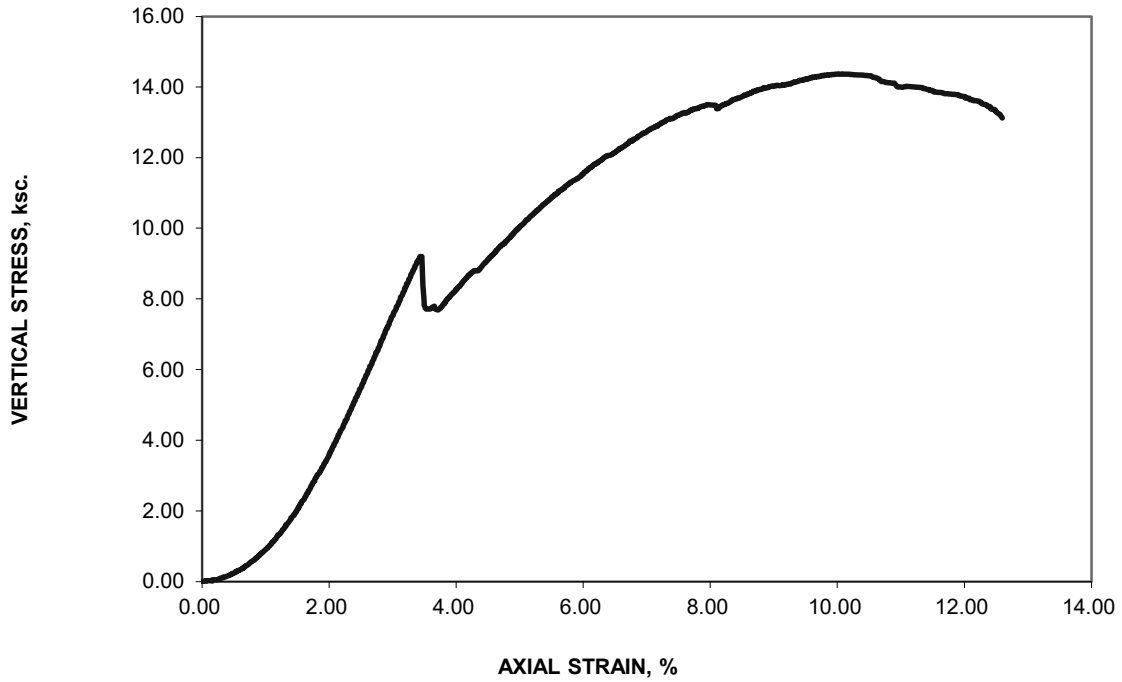
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 2.4% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.321	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.202	cm^2
DATE	02-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.210	cm.
TEST NO.	CN-SC-D7_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.156	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.42	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.37
Undrained Shear Strength (Su) =	7.18
Strain at Failure , %	10.13

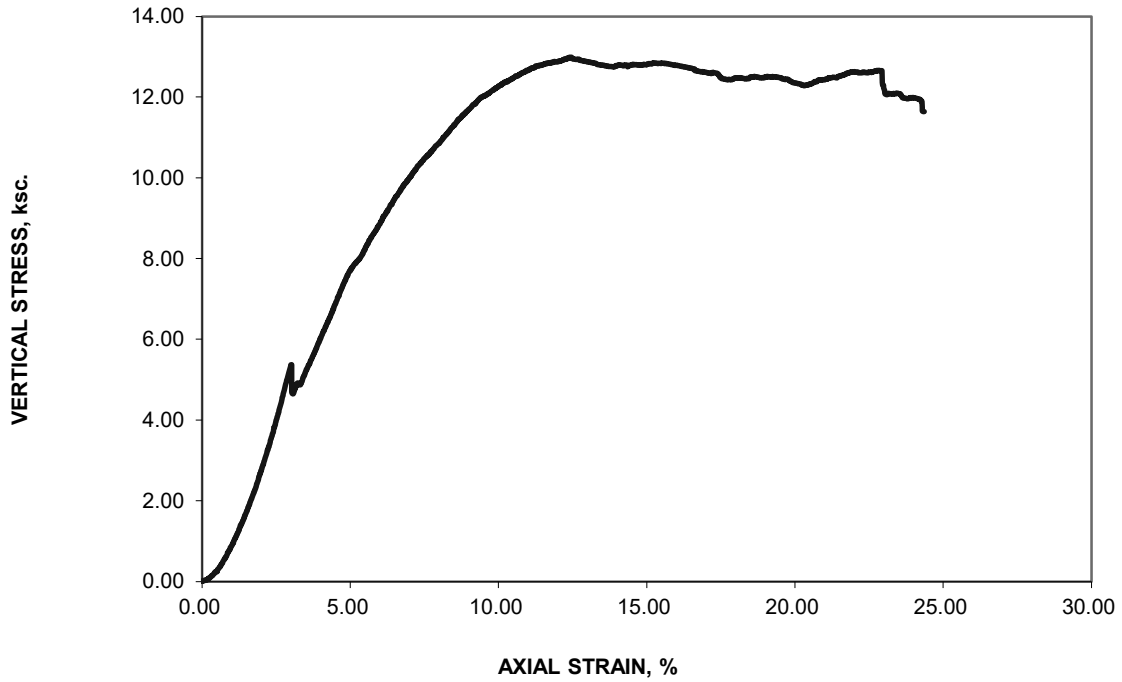
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 2.4% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.256	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.254	cm^2
DATE	02-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.520	cm.
TEST NO.	CN-SC-D7_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.183	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.43	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.99
Undrained Shear Strength (Su) =	6.50
Strain at Failure , %	12.45

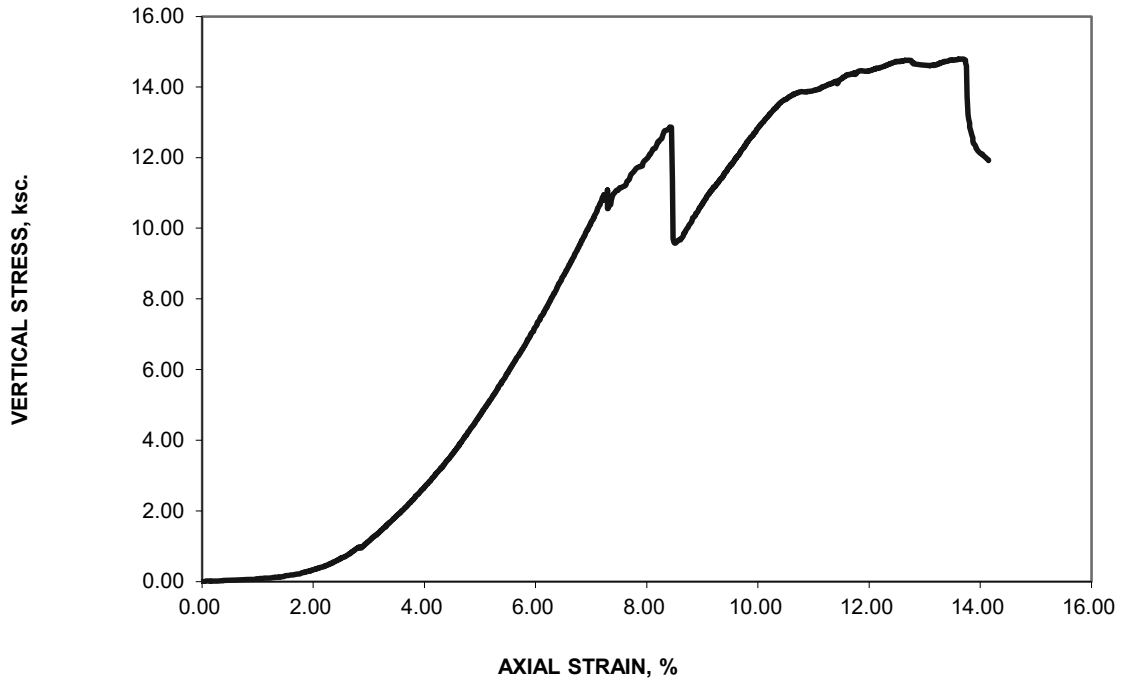
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 2.4% อายุบ่ม 14 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.331	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.348	cm^2
DATE	09-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.844	cm.
TEST NO.	CN-SC-D14_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.120	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.08	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.79
Undrained Shear Strength (Su) =	7.40
Strain at Failure , %	13.67

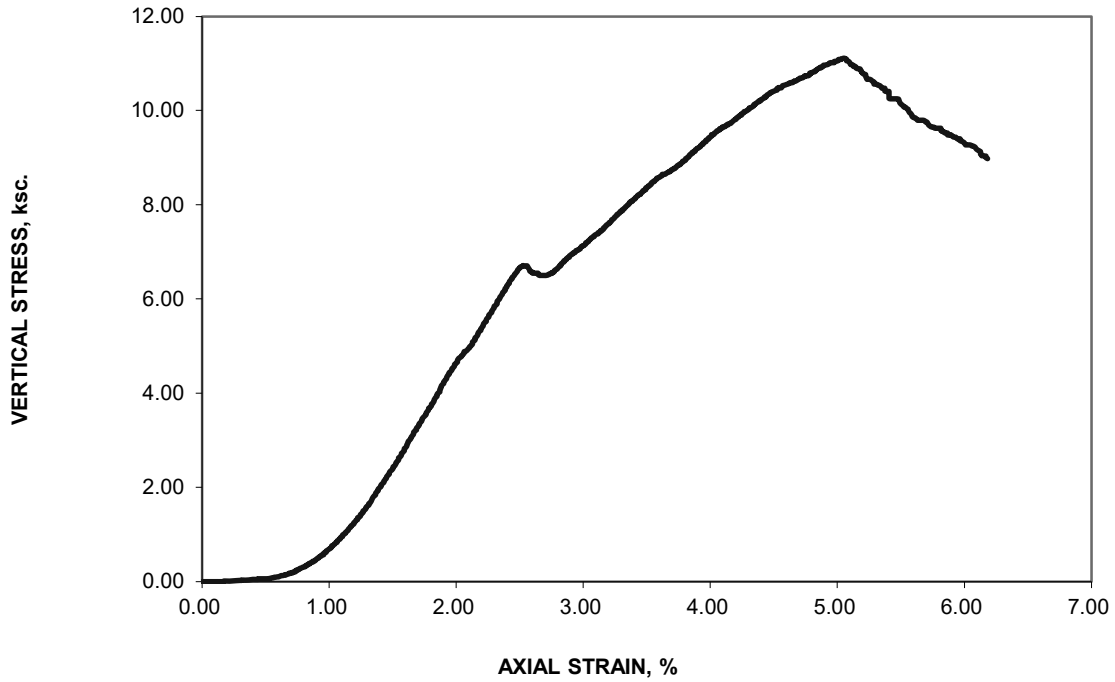
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 2.4% อายุบ่ม 14 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.001	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	63.599	cm^2
DATE	09-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	9.304	cm.
TEST NO.	CN-SC-D14_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.949	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย	APPROVED BY		WATER CONTENT	5.53	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	11.11
Undrained Shear Strength (Su) =	5.55
Strain at Failure , %	5.05

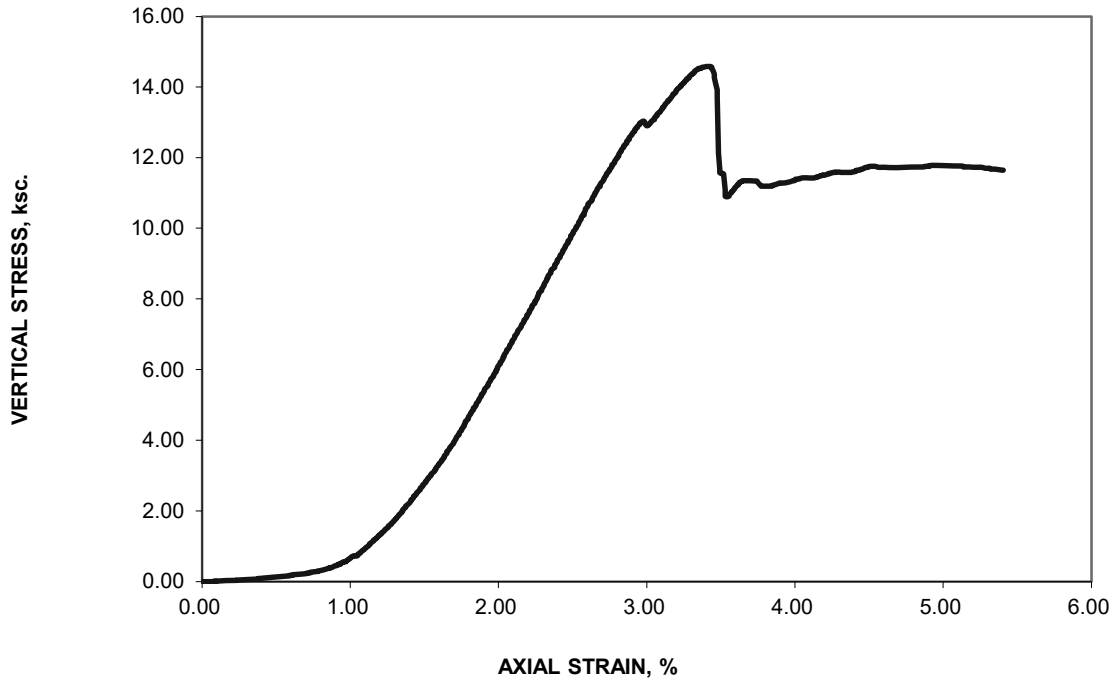
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 2.4% อายุบ่ม 21 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.426	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.747	cm^2
DATE	16-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.138	cm.
TEST NO.	CN-SC-D21_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.254	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	4.45	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.58
Undrained Shear Strength (Su) =	7.29
Strain at Failure , %	3.42

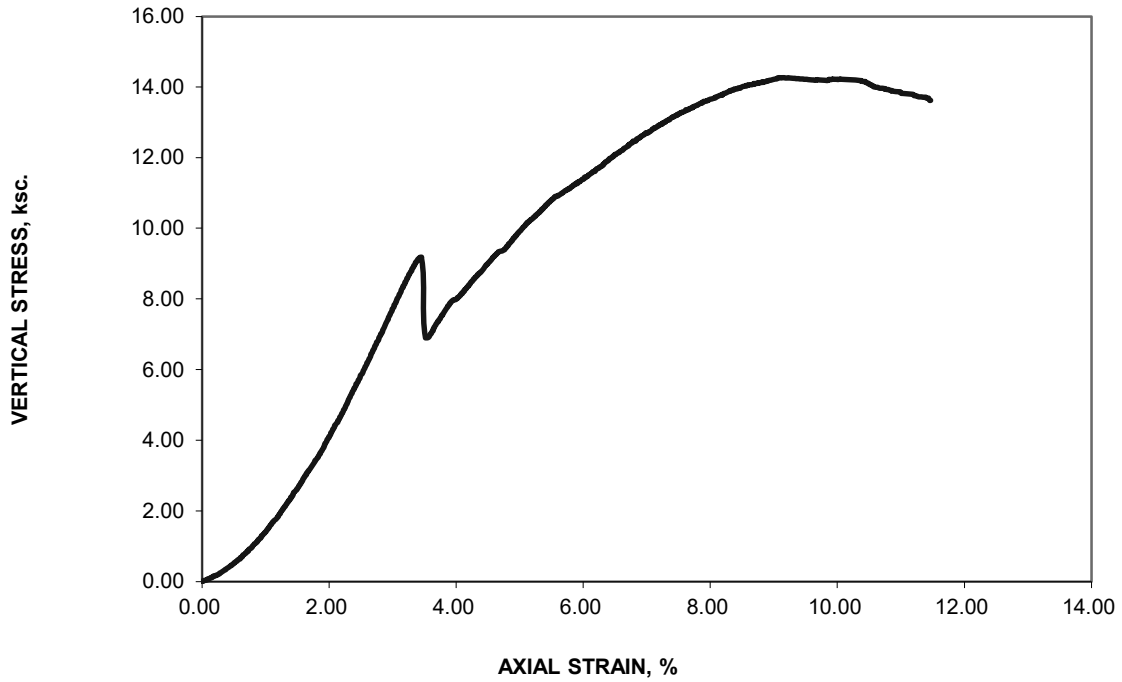
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 2.4% อายุบ่ม 21 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.348	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.597	cm^2
DATE	16-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.514	cm.
TEST NO.	CN-SC-D21_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.162	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.47	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.21
Undrained Shear Strength (Su) =	7.11
Strain at Failure , %	10.18

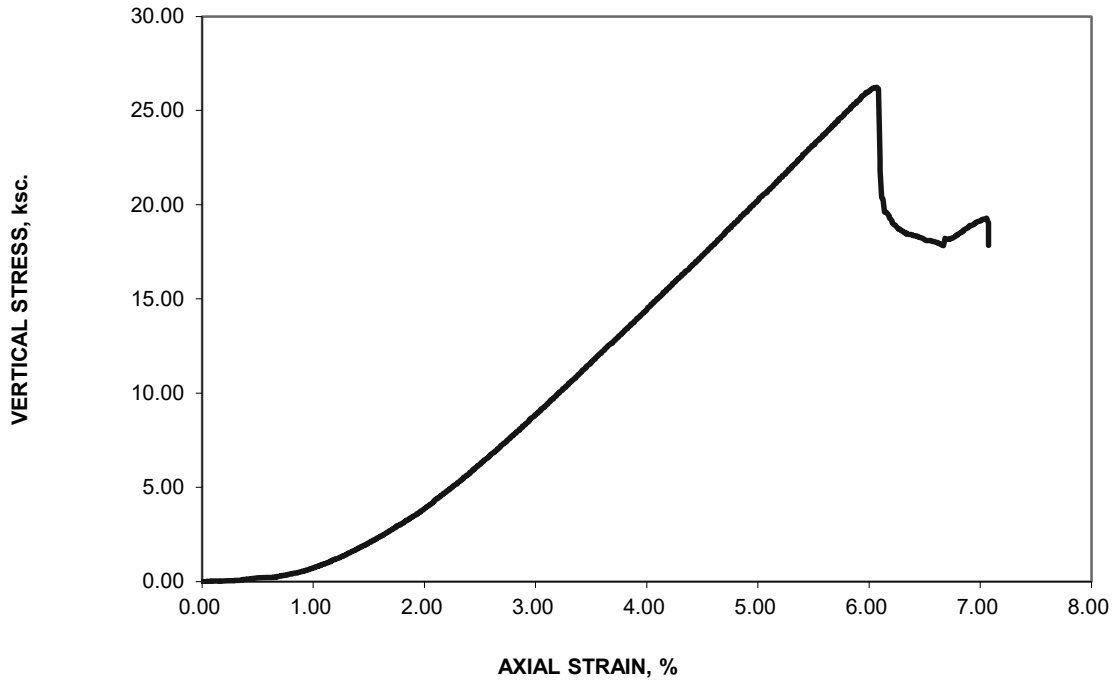
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 2.4% อายุบ่ม 28 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.417	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.614	cm^2
DATE	23-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	7.183	cm.
TEST NO.	CN-SC-D28_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.230	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	4.10	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	26.23
Undrained Shear Strength (Su) =	13.11
Strain at Failure , %	6.07

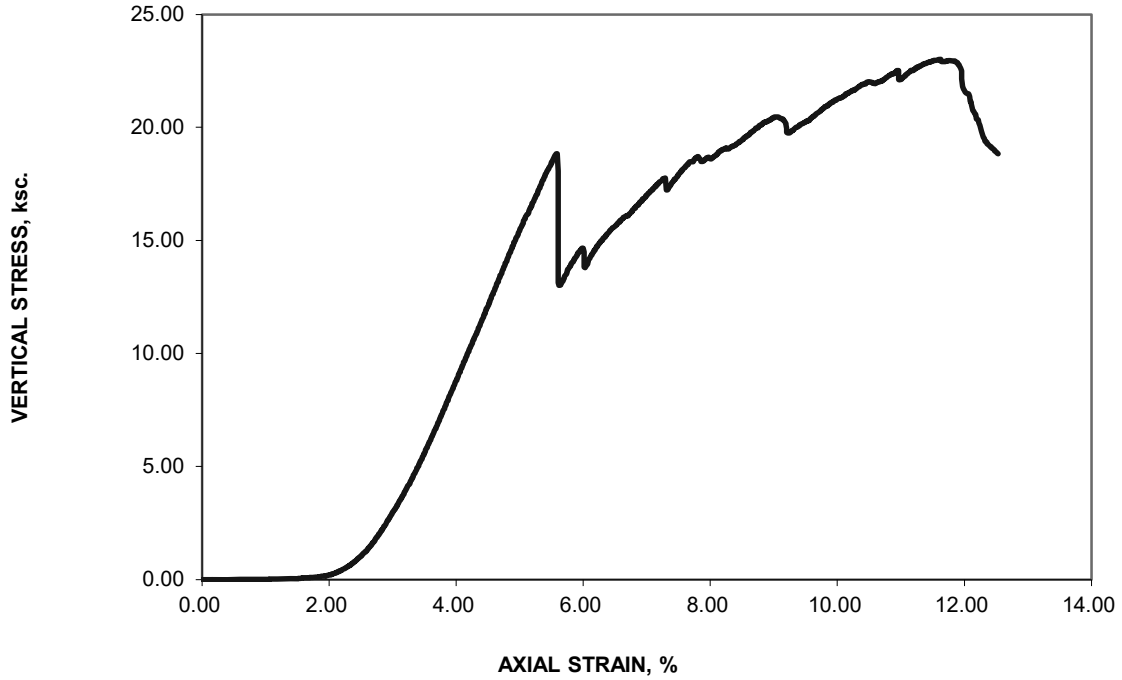
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 2.4% อายุบ่ม 28 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.327	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.289	cm^2
DATE	23-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	7.334	cm.
TEST NO.	CN-SC-D28_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.293	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.31	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	23.01
Undrained Shear Strength (Su) =	11.50
Strain at Failure , %	11.62

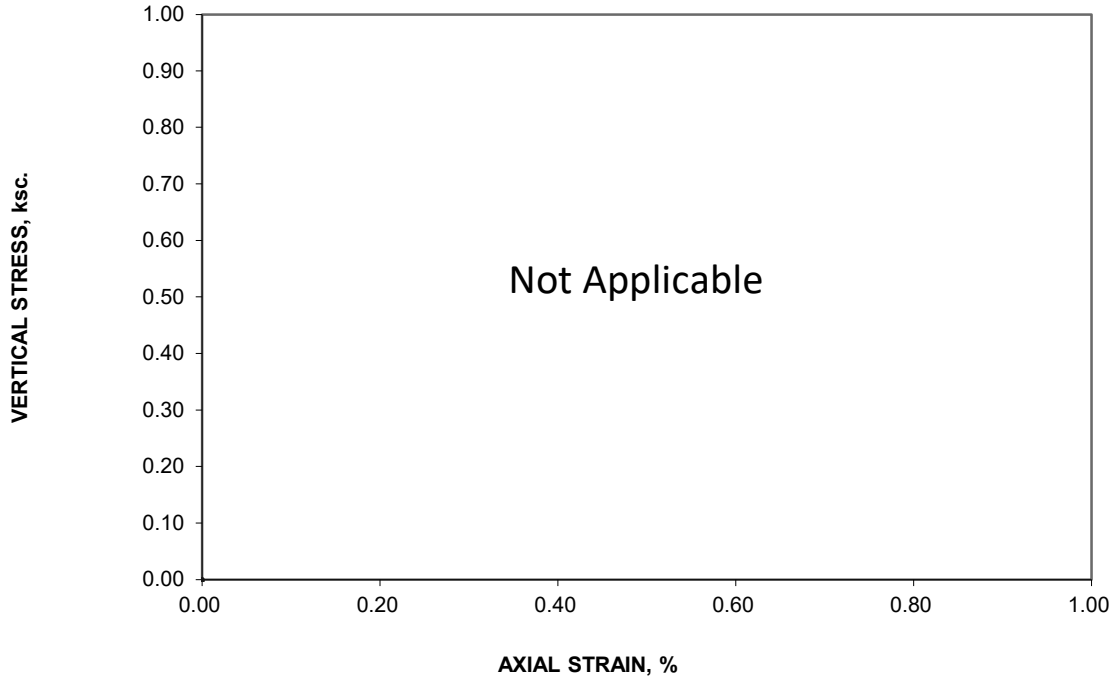
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2% อายุบ่ม 3 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.295	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.822	cm^2
DATE	30-06-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	3.003	cm.
TEST NO.	CN-SCP-D3_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.932	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.48	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	N/A
Undrained Shear Strength (Su) =	N/A
Strain at Failure , %	N/A

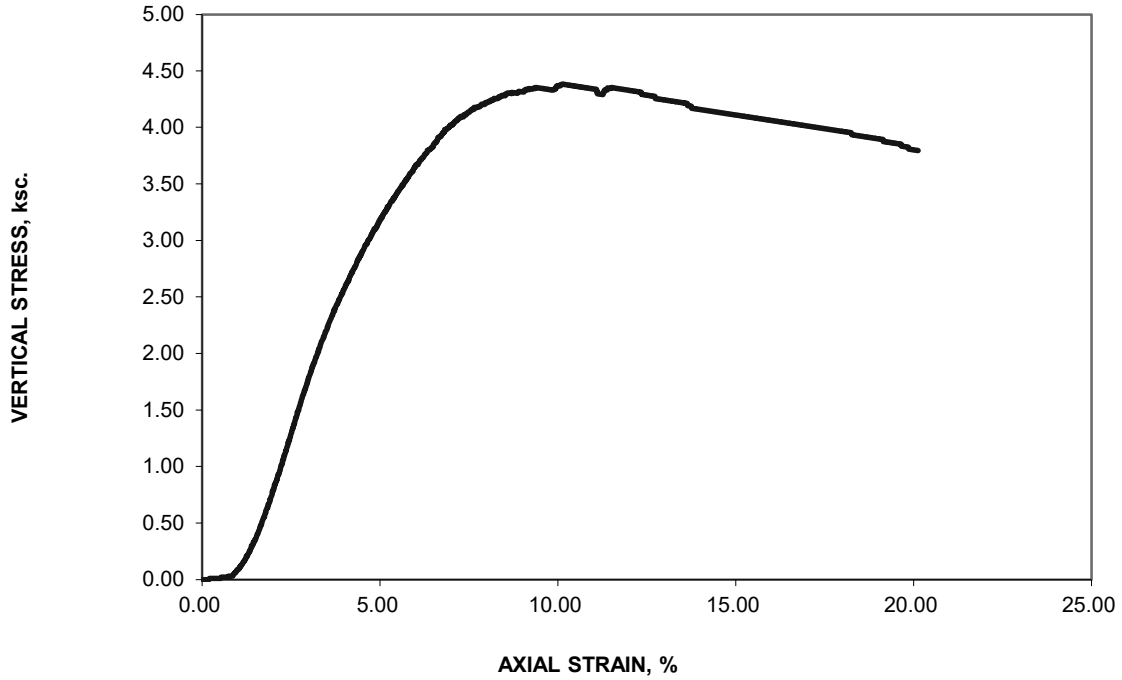
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2% อายุบ่ม 3 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.349	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.612	cm^2
DATE	30-06-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	7.703	cm.
TEST NO.	CN-SCP-D3_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.967	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.35	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	4.35
Undrained Shear Strength (Su) =	2.18
Strain at Failure , %	11.51

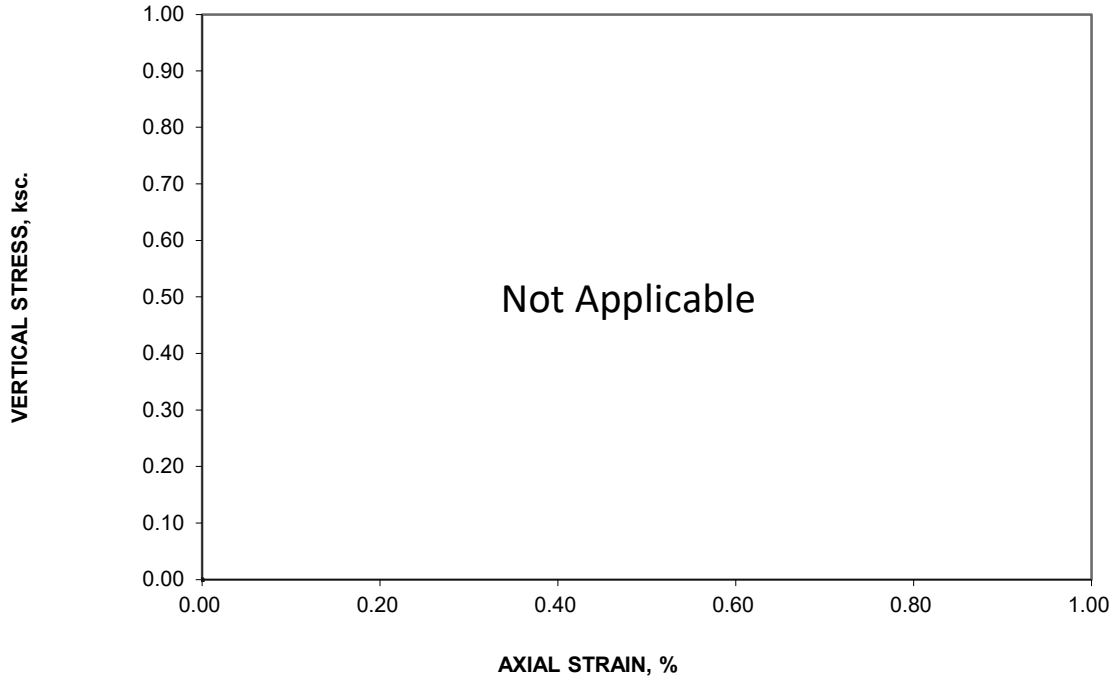
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.985	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	78.265	cm^2
DATE	04-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	4.925	cm.
TEST NO.	CN-SCP-D7_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.103	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.36	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	N/A
Undrained Shear Strength (Su) =	N/A
Strain at Failure , %	N/A

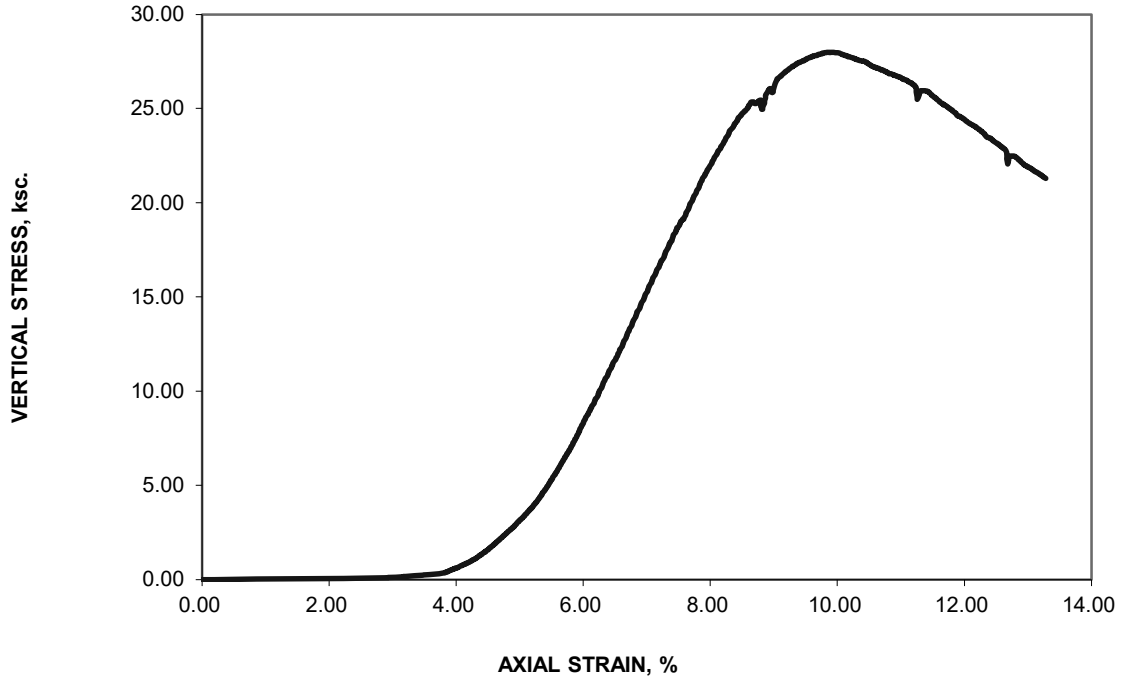
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.043	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	79.177	cm^2
DATE	04-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.528	cm.
TEST NO.	CN-SCP-D7_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.109	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.81	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	27.98
Undrained Shear Strength (Su) =	13.99
Strain at Failure , %	9.93

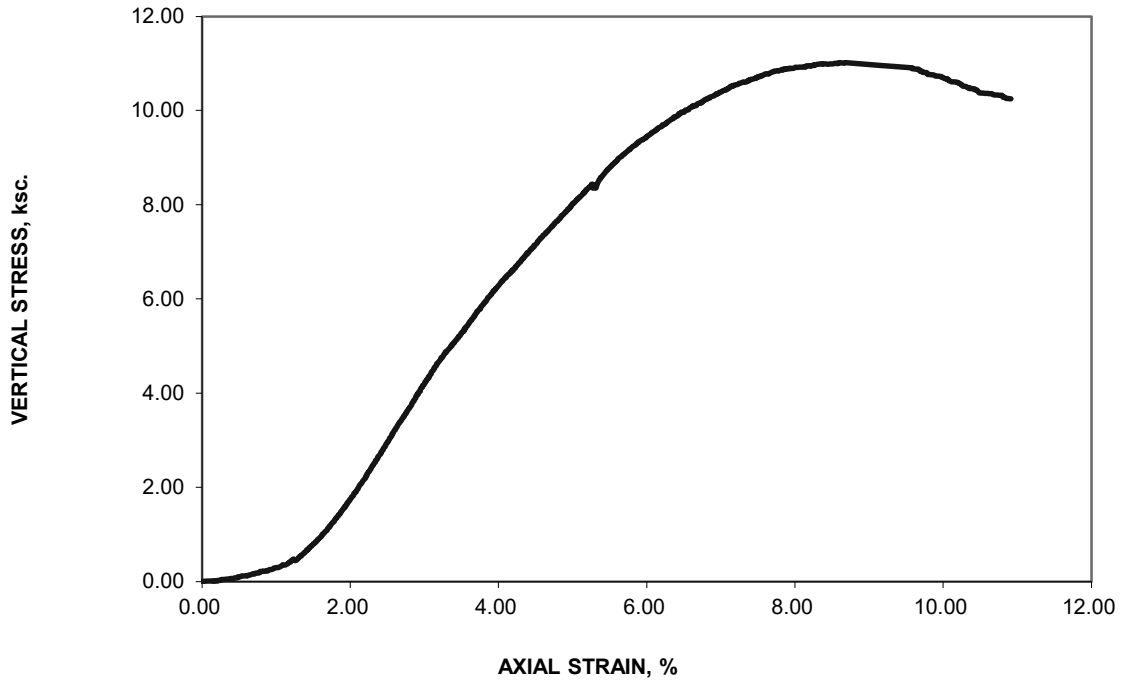
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2% อายุบ่ม 14 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.225	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	66.804	cm^2
DATE	11-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.792	cm.
TEST NO.	CN-SCP-D14_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.163	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.08	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	11.01
Undrained Shear Strength (Su) =	5.51
Strain at Failure , %	8.68

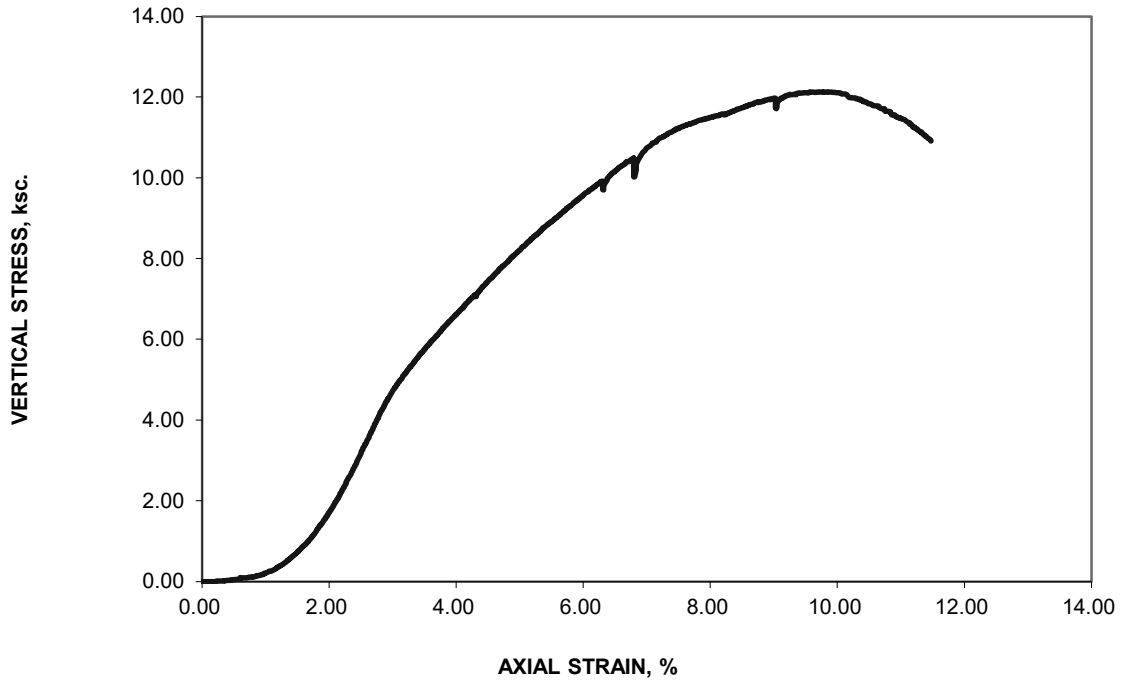
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2% อายุบ่ม 14 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.331	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.348	cm^2
DATE	11-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.992	cm.
TEST NO.	CN-SCP-D14_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.135	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.66	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.13
Undrained Shear Strength (Su) =	6.06
Strain at Failure , %	9.86

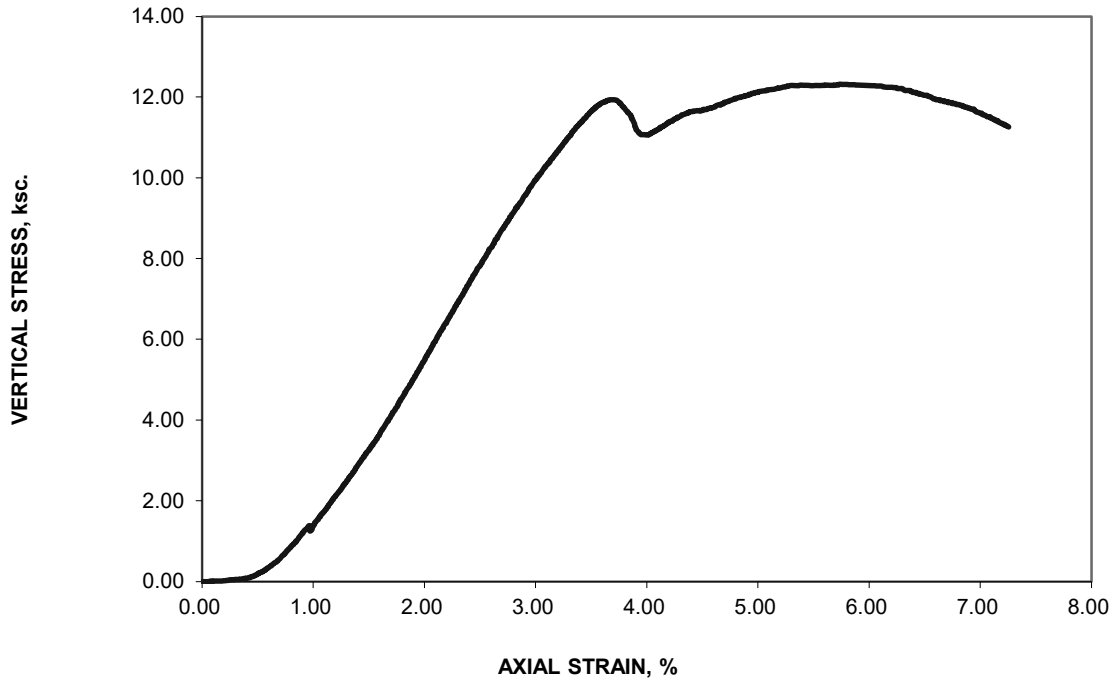
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2% อายุบ่ม 21 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.408	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.481	cm^2
DATE	18-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	10.919	cm.
TEST NO.	CN-SCP-D21_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.074	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.76	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.32
Undrained Shear Strength (Su) =	6.16
Strain at Failure , %	5.74

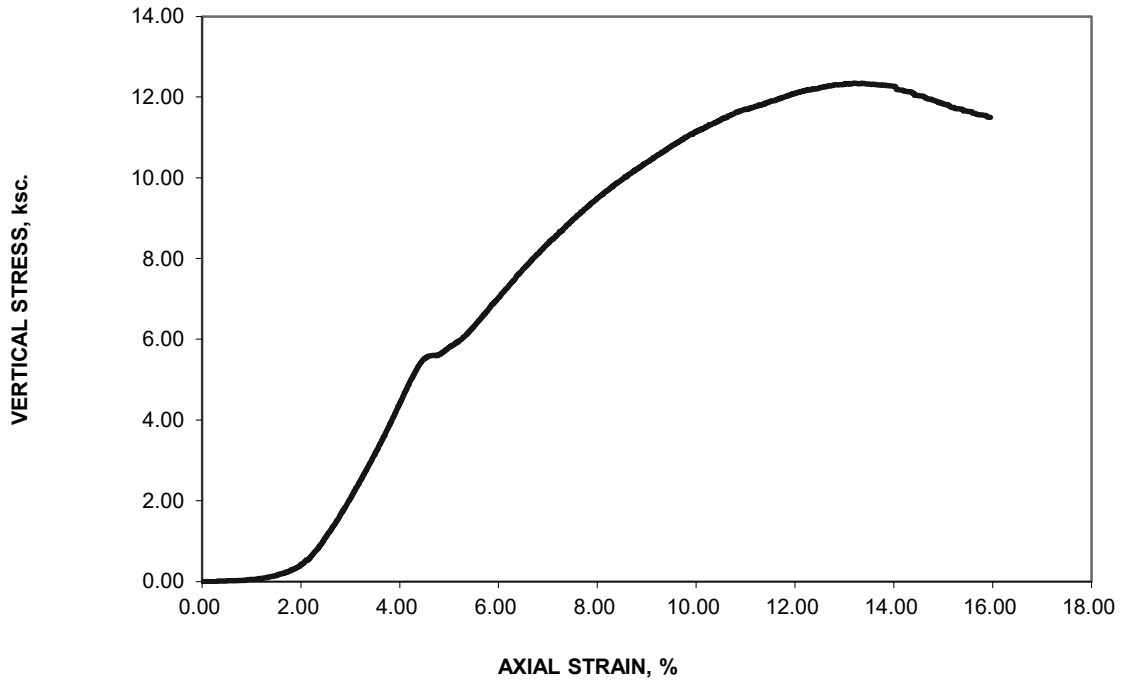
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2% อายุบ่ม 21 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.343	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.524	cm^2
DATE	18-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.105	cm.
TEST NO.	CN-SCP-D21_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.079	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.45	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.30
Undrained Shear Strength (Su) =	6.15
Strain at Failure , %	13.79

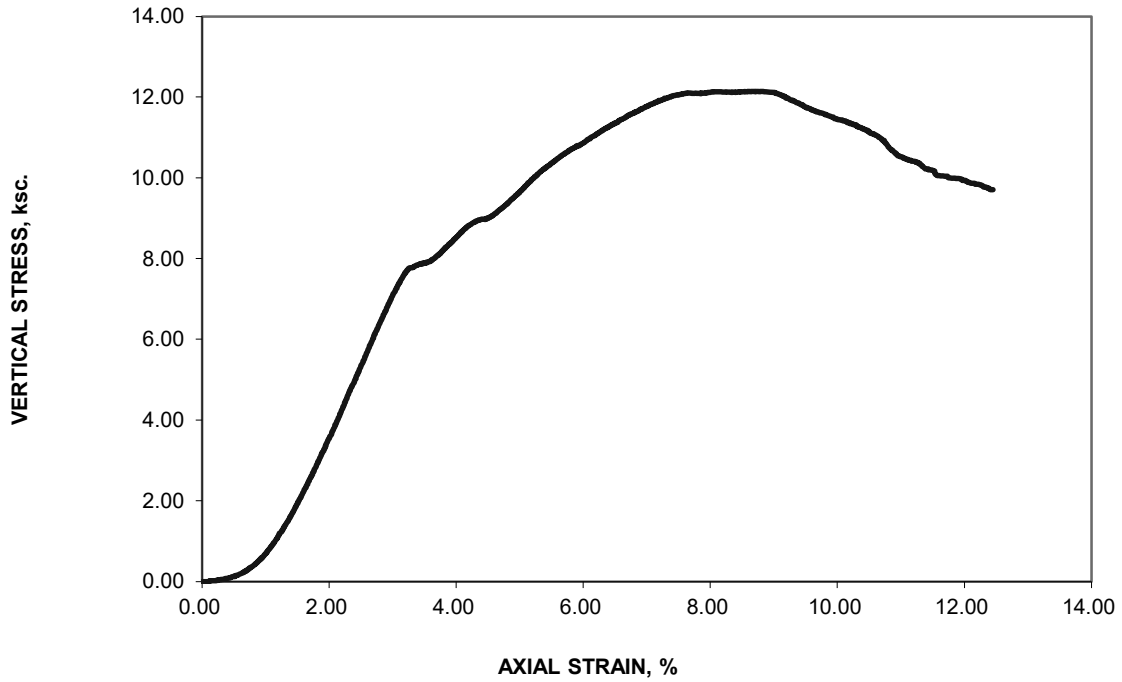
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2% อายุบ่ม 28 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.395	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.289	cm^2
DATE	25-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	7.889	cm.
TEST NO.	CN-SCP-D28_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.043	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.36	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.14
Undrained Shear Strength (Su) =	6.07
Strain at Failure , %	8.78

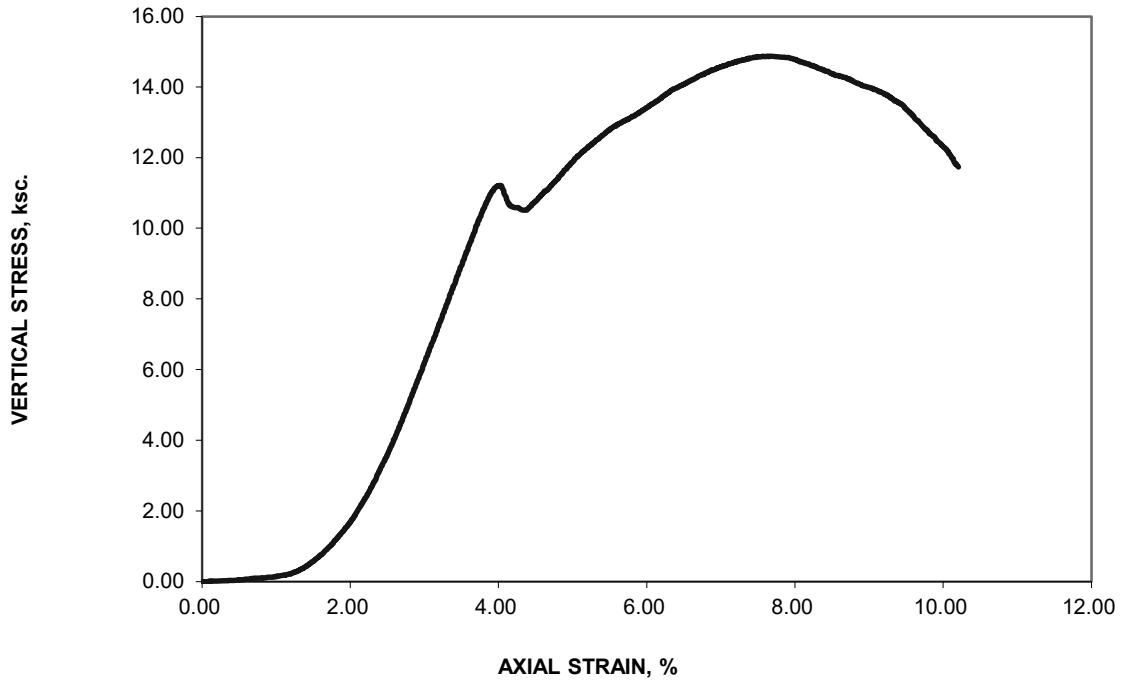
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2% อายุบ่ม 28 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.363	cm.
LOCATION	ชัยนาท	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.818	cm^2
DATE	25-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	8.476	cm.
TEST NO.	CN-SCP-D28_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.168	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.29	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.87
Undrained Shear Strength (Su) =	7.43
Strain at Failure , %	7.67

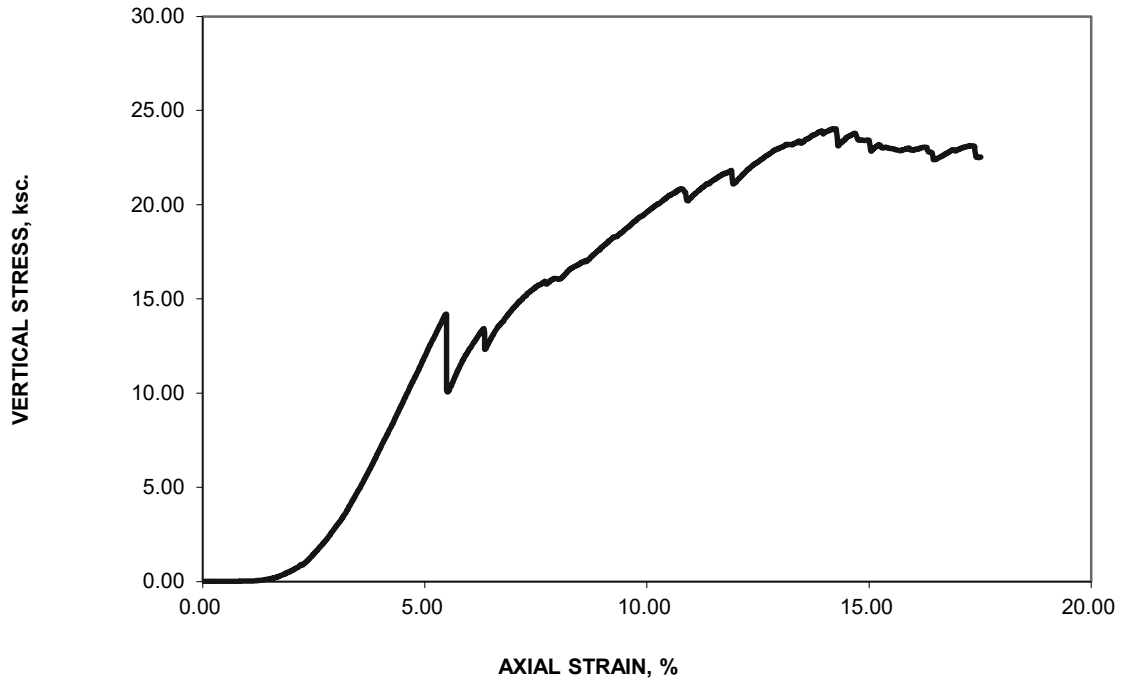
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3.9% อายุบ่ม 3 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.273	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.501	cm^2
DATE	29-06-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.064	cm.
TEST NO.	CB-SC-D3_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.076	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.16	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	24.01
Undrained Shear Strength (Su) =	12.01
Strain at Failure , %	14.26

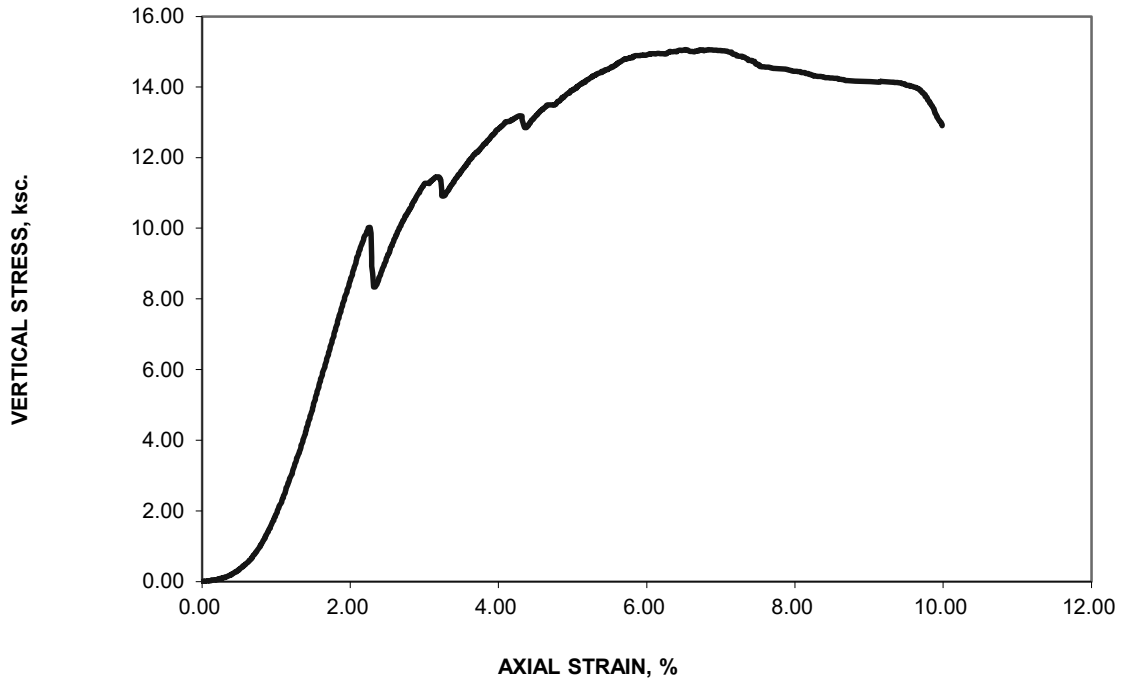
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3.9% อายุบ่ม 3 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.347	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.583	cm^2
DATE	29-06-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	8.384	cm.
TEST NO.	CB-SC-D3_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.062	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.73	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	15.05
Undrained Shear Strength (Su) =	7.53
Strain at Failure , %	6.83

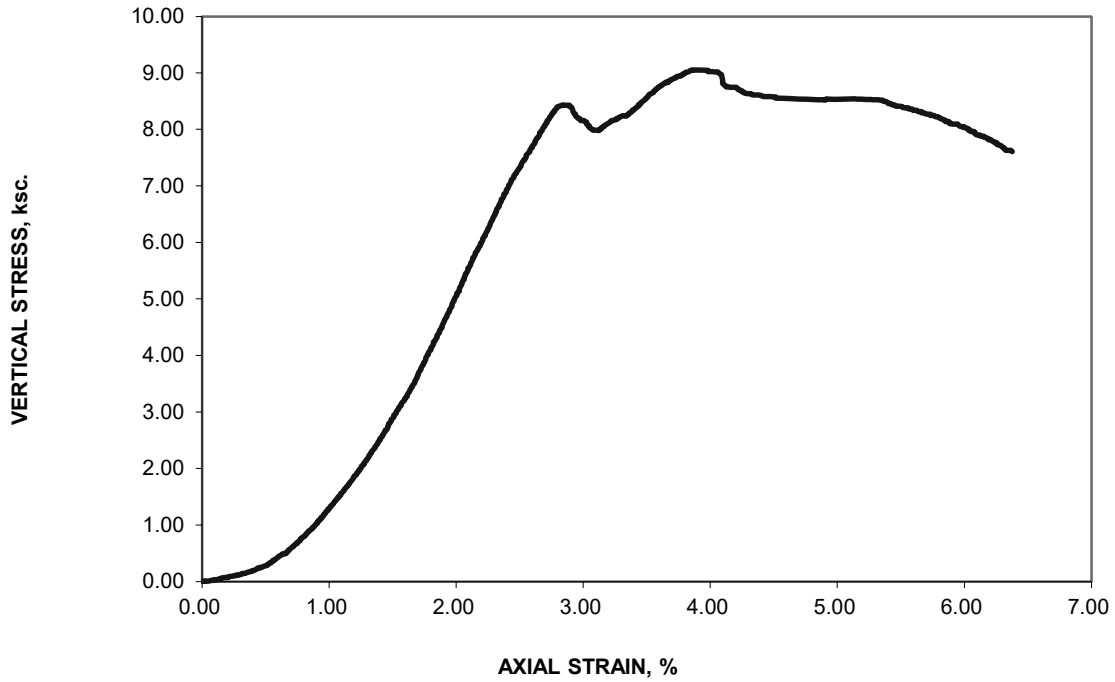
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3.9% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.345	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.553	cm^2
DATE	03-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	10.274	cm.
TEST NO.	CB-SC-D7_1 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.024	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	10.49	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	9.05
Undrained Shear Strength (Su) =	4.53
Strain at Failure , %	3.86

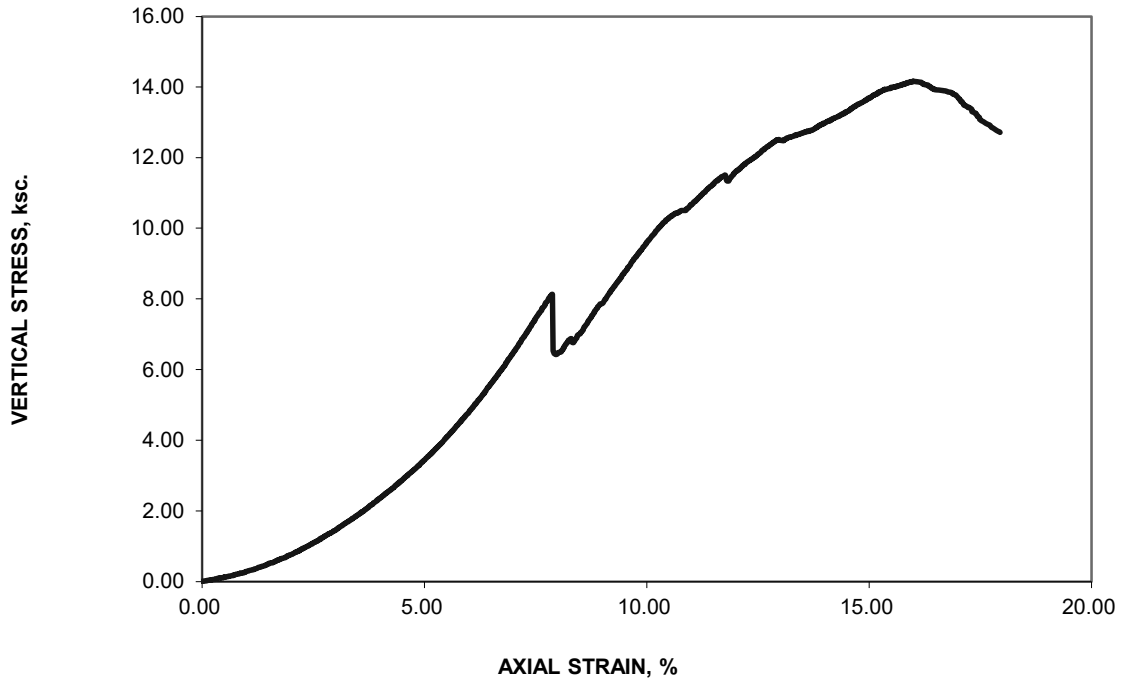
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3.9% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.471	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	70.414	cm^2
DATE	03-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	5.673	cm.
TEST NO.	CB-SC-D7_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.810	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	10.76	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.16
Undrained Shear Strength (Su) =	7.08
Strain at Failure , %	15.99

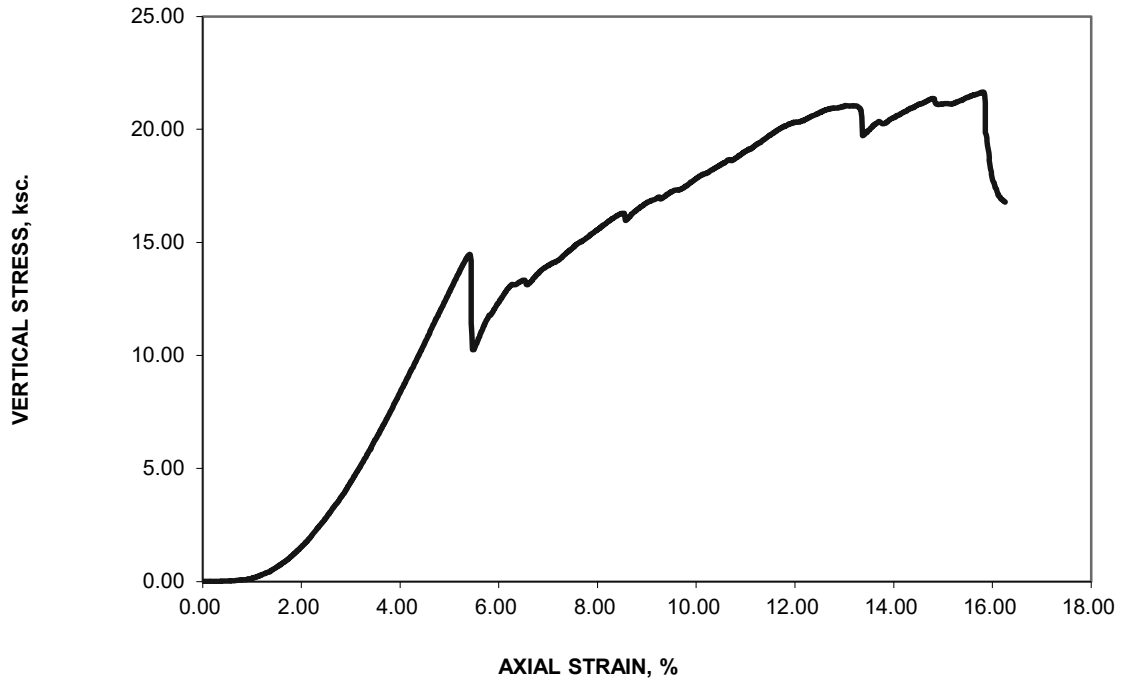
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3.9% อายุบ่ม 14 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.321	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.202	cm^2
DATE	10-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.785	cm.
TEST NO.	CB-SC-D14_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.025	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.39	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	21.65
Undrained Shear Strength (Su) =	10.82
Strain at Failure , %	15.80

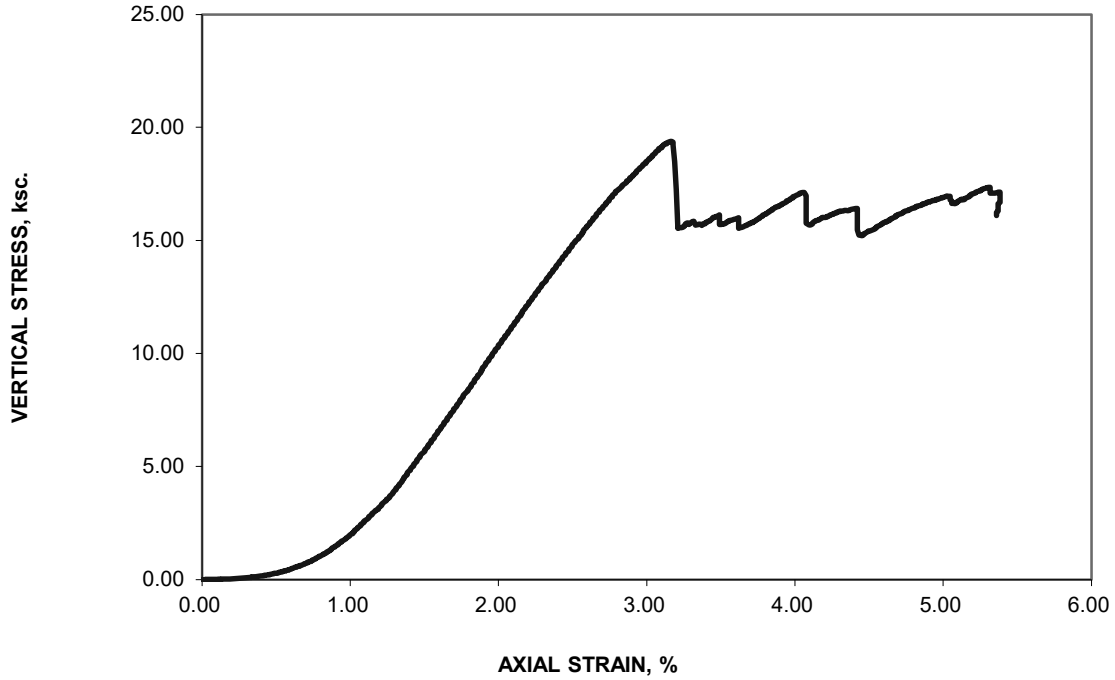
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3.9% อายุบ่ม 14 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.343	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.524	cm^2
DATE	10-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	9.253	cm.
TEST NO.	CB-SC-D14_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.076	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	9.27	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	19.38
Undrained Shear Strength (Su) =	9.69
Strain at Failure , %	3.16

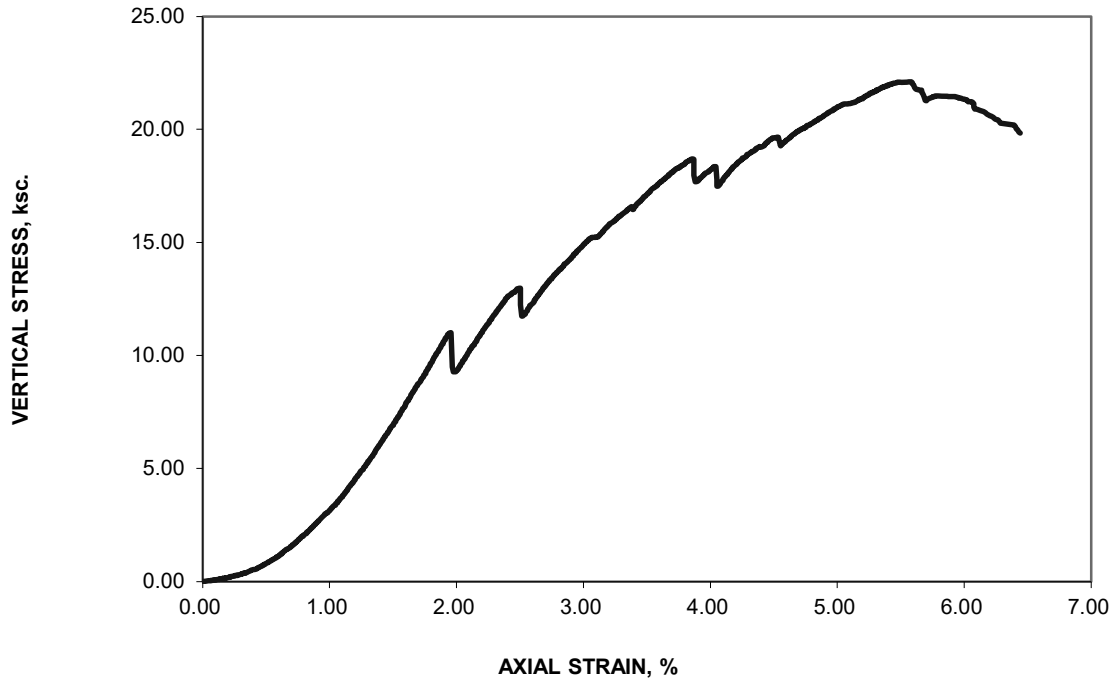
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3.9% อายุบ่ม 21 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.372	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.950	cm^2
DATE	17-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	10.980	cm.
TEST NO.	CB-SC-D21_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.027	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.24	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	21.23
Undrained Shear Strength (Su) =	10.62
Strain at Failure , %	9.80

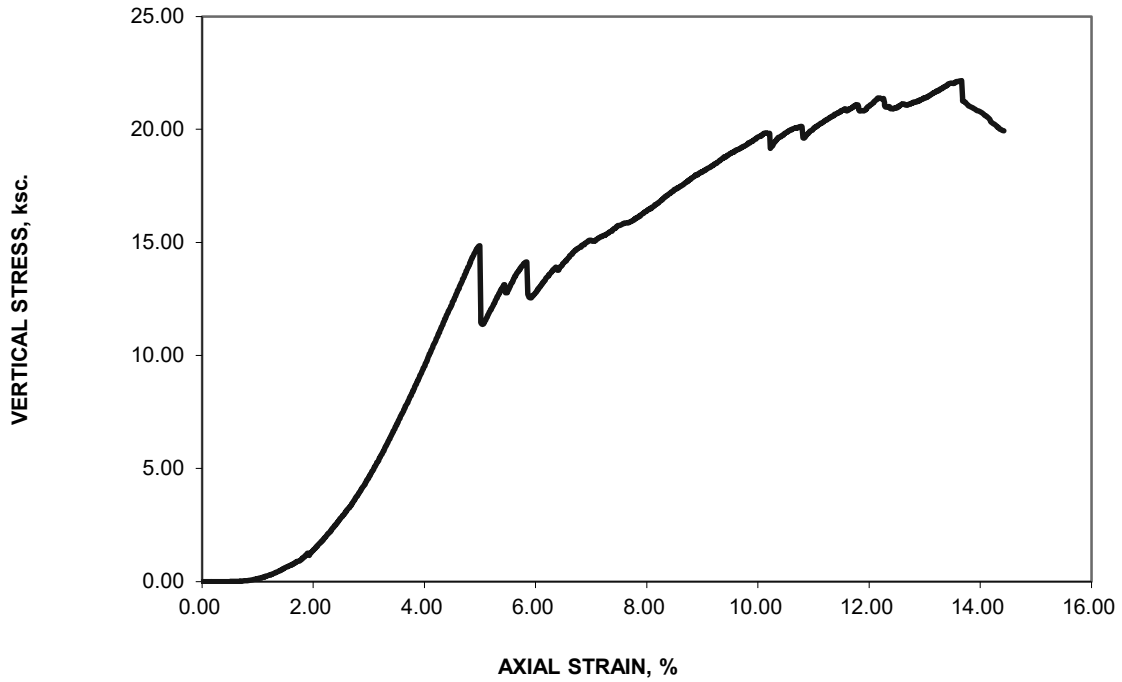
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3.9% อายุบ่ม 21 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.350	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.627	cm^2
DATE	17-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.484	cm.
TEST NO.	CB-SC-D21_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.036	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	9.89	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	22.16
Undrained Shear Strength (Su) =	11.08
Strain at Failure , %	13.66

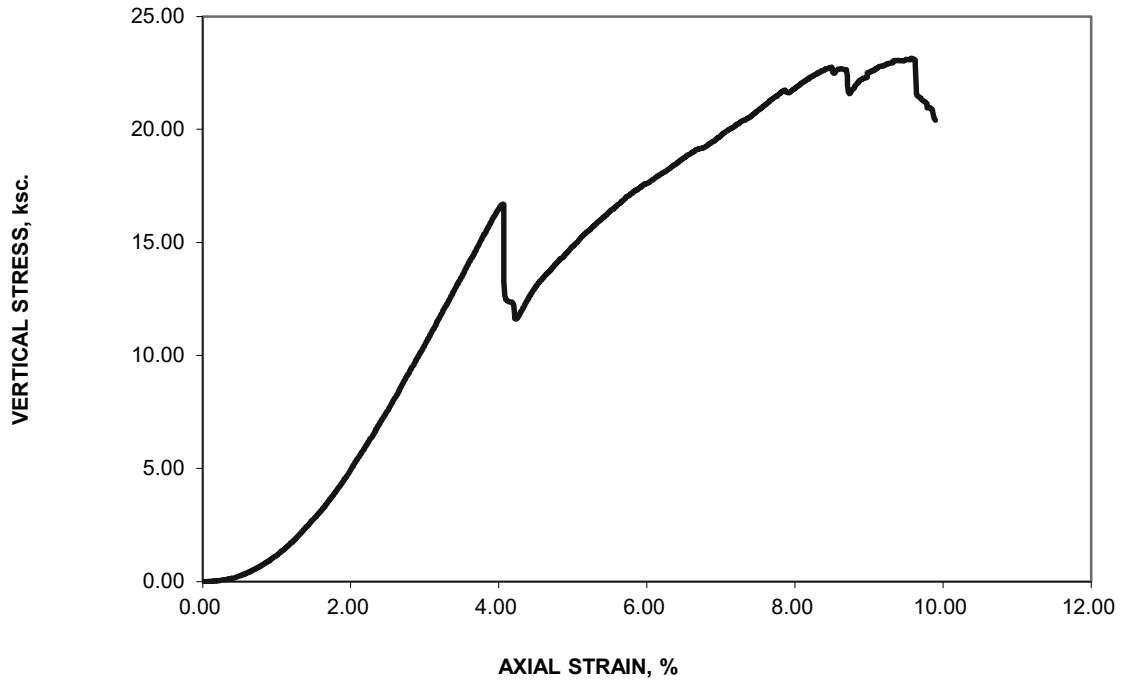
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3.9% อายุบ่ม 28 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.396	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.304	cm^2
DATE	24-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	7.521	cm.
TEST NO.	CB-SC-D28_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.981	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	9.11	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	23.15
Undrained Shear Strength (Su) =	11.57
Strain at Failure , %	9.57

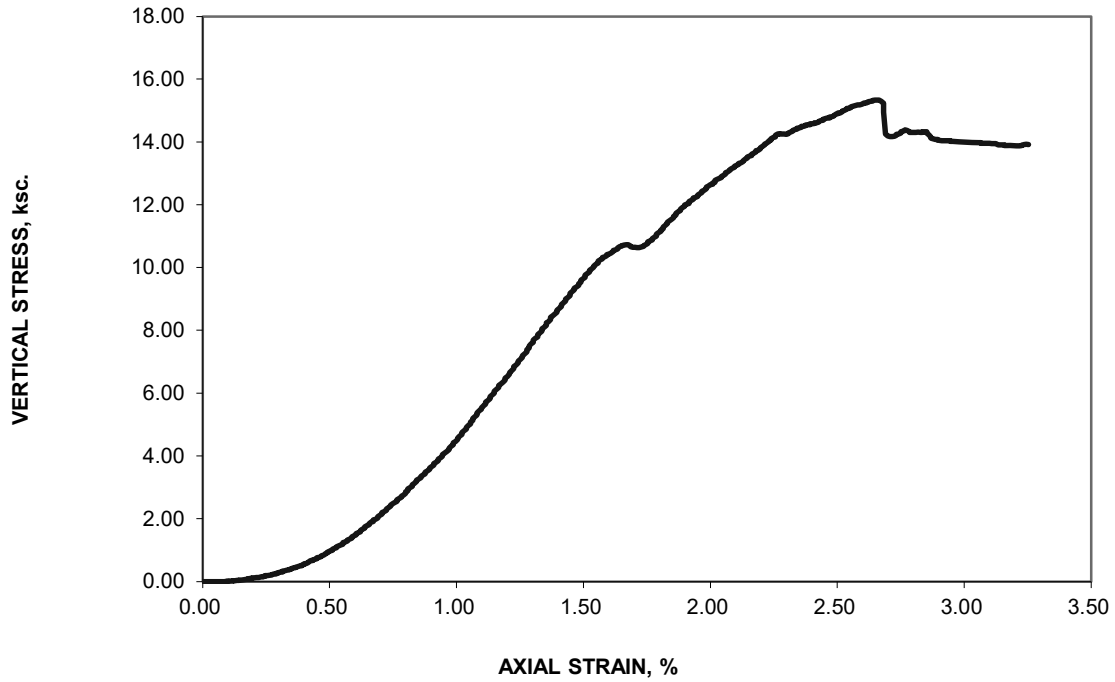
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ ซีเมนต์ 3.9% อายุบ่ม 28 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.471	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	70.414	cm^2
DATE	24-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.745	cm.
TEST NO.	CB-SC-D28_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.027	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	9.69	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	15.33
Undrained Shear Strength (Su) =	7.67
Strain at Failure , %	2.65

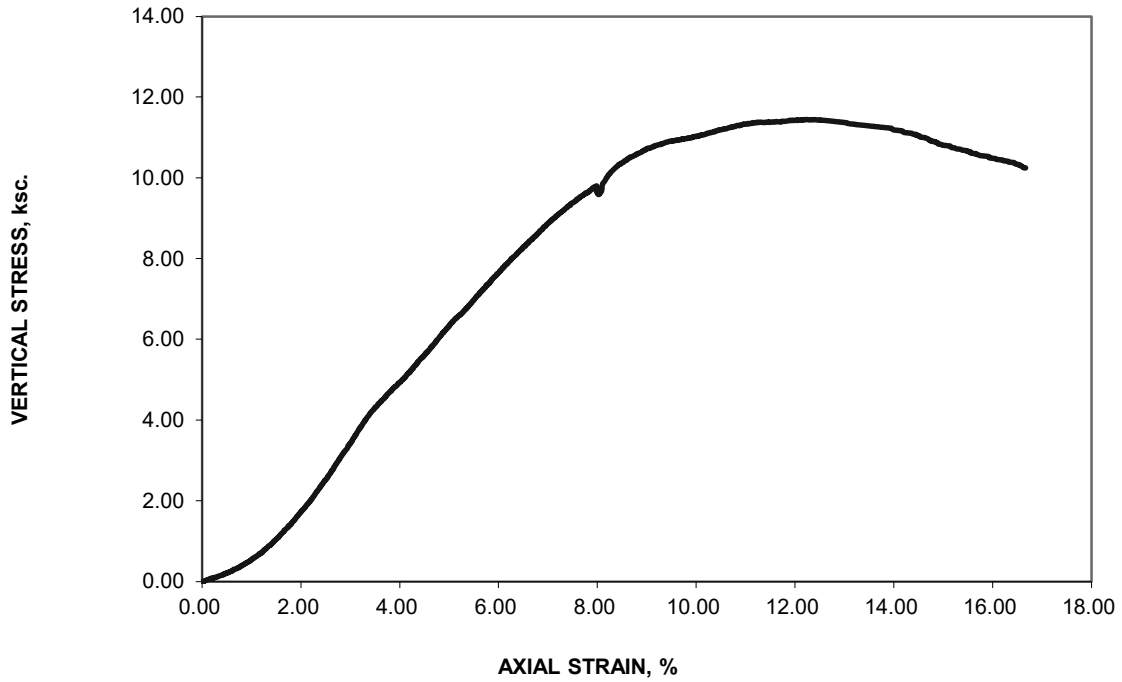
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2% อายุบ่ม 3 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.315	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.114	cm^2
DATE	01-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.535	cm.
TEST NO.	CB-SCP-D3_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.931	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.69	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	11.43
Undrained Shear Strength (Su) =	5.72
Strain at Failure , %	12.53

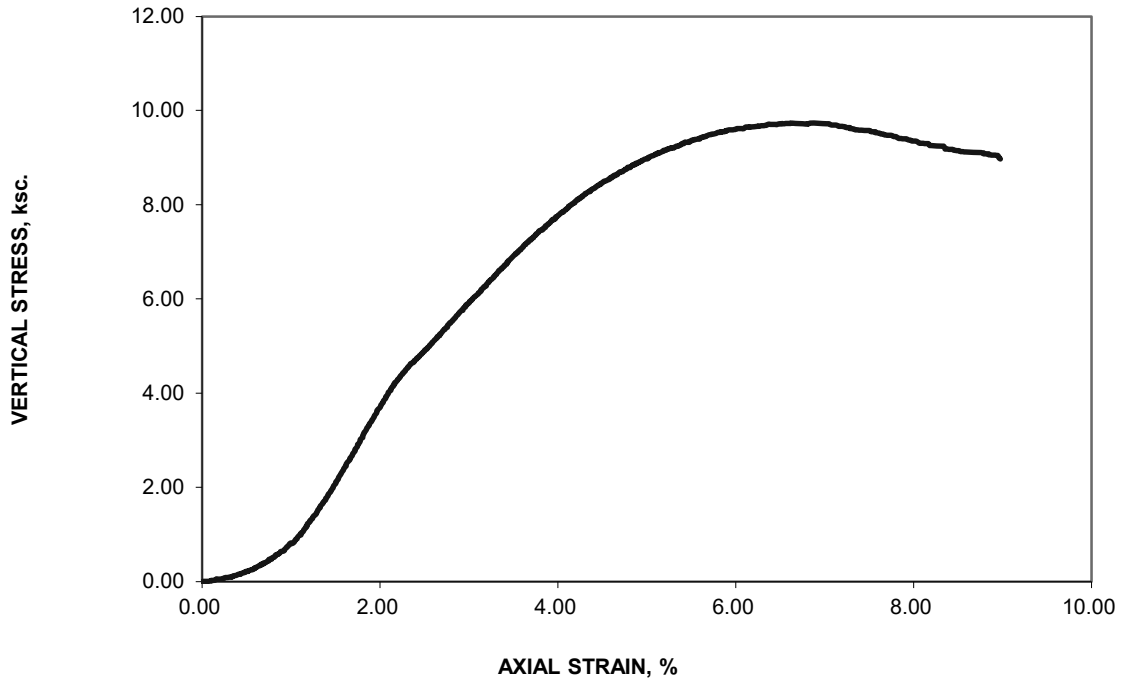
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2% อายุบ่ม 3 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.395	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.289	cm^2
DATE	01-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.919	cm.
TEST NO.	CB-SCP-D3_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.940	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	9.64	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	9.74
Undrained Shear Strength (Su) =	4.87
Strain at Failure , %	6.83

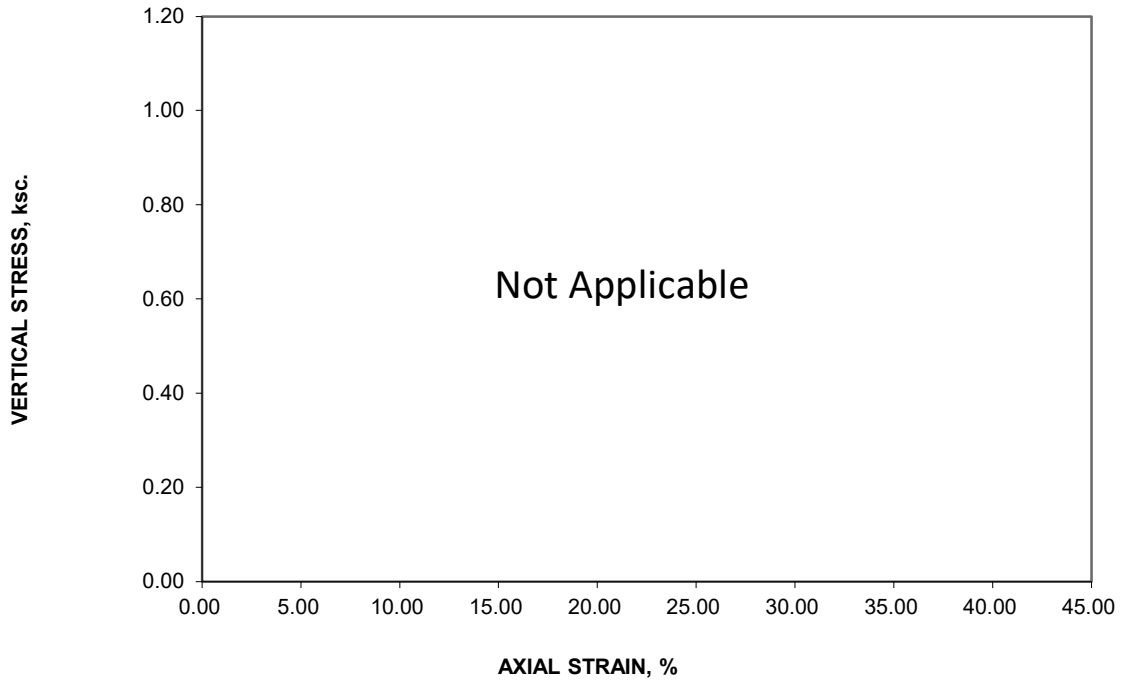
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.029	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	78.956	cm^2
DATE	05-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	4.107	cm.
TEST NO.	CB-SCP-D7_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.859	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	9.08	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	N/A
Undrained Shear Strength (Su) =	N/A
Strain at Failure , %	N/A

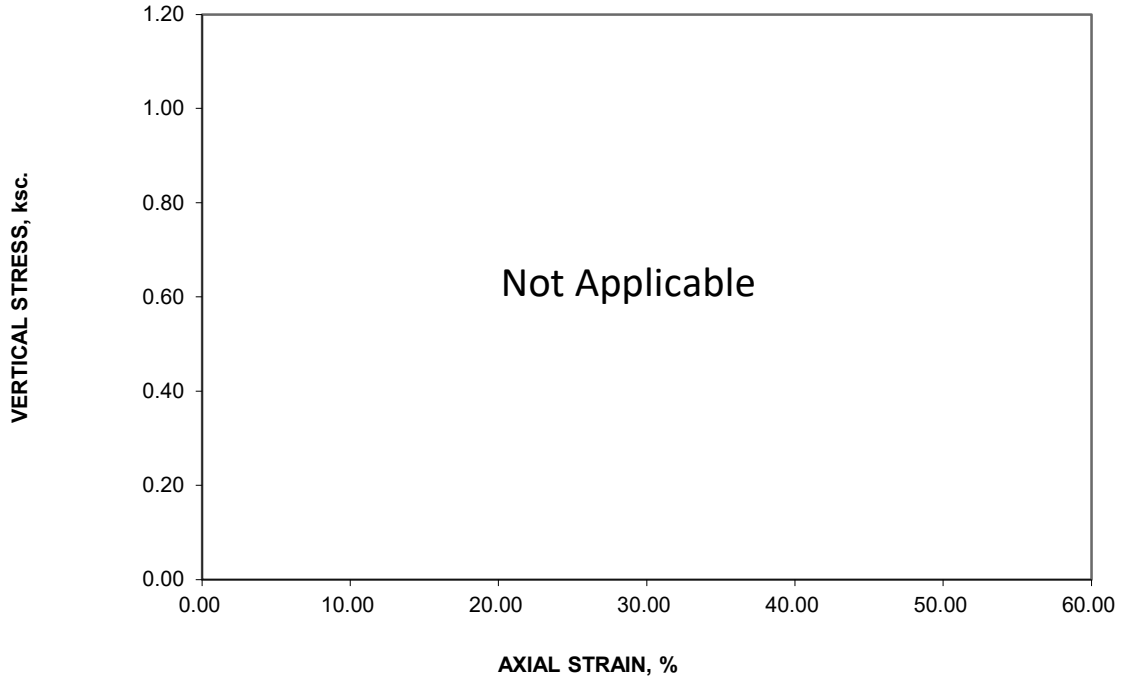
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2% อายุบ่ม 7 วัน			SAMPLE DIAMETER	10.088	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	79.888	cm^2
DATE	05-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	4.218	cm.
TEST NO.	CB-SCP-D7_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.885	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	10.35	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	N/A
Undrained Shear Strength (Su) =	N/A
Strain at Failure , %	N/A

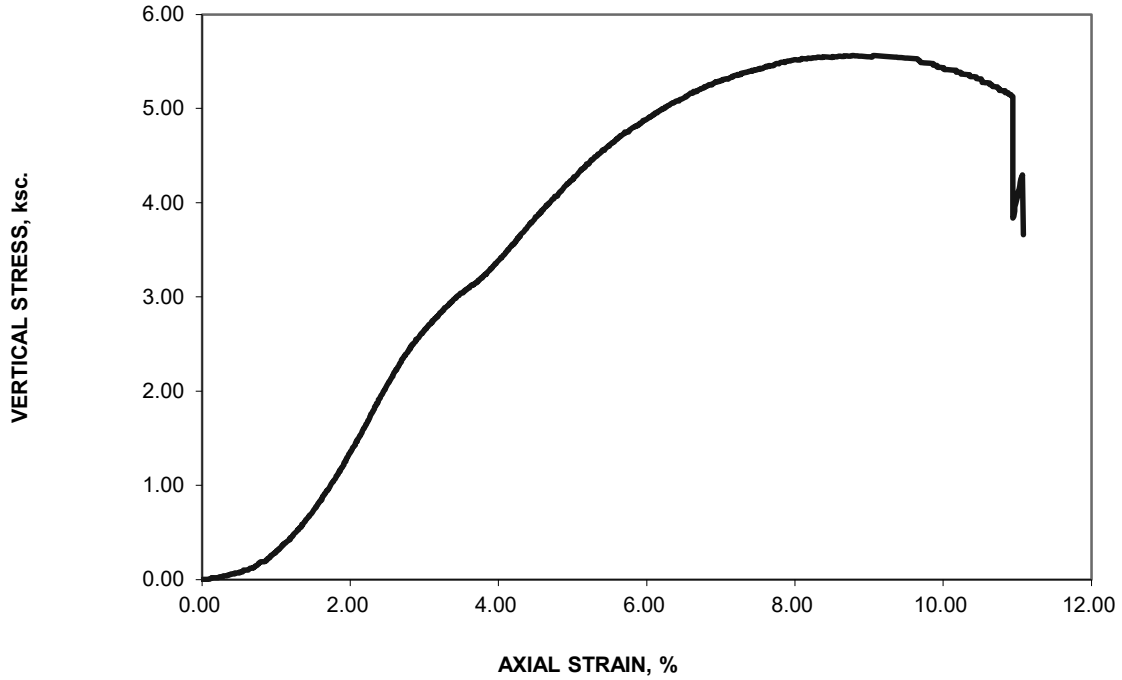
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2% อายุบ่ม 14 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.553	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	71.639	cm^2
DATE	12-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	7.734	cm.
TEST NO.	CB-SCP-D14_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.851	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	12.70	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	5.56
Undrained Shear Strength (Su) =	2.78
Strain at Failure , %	9.05

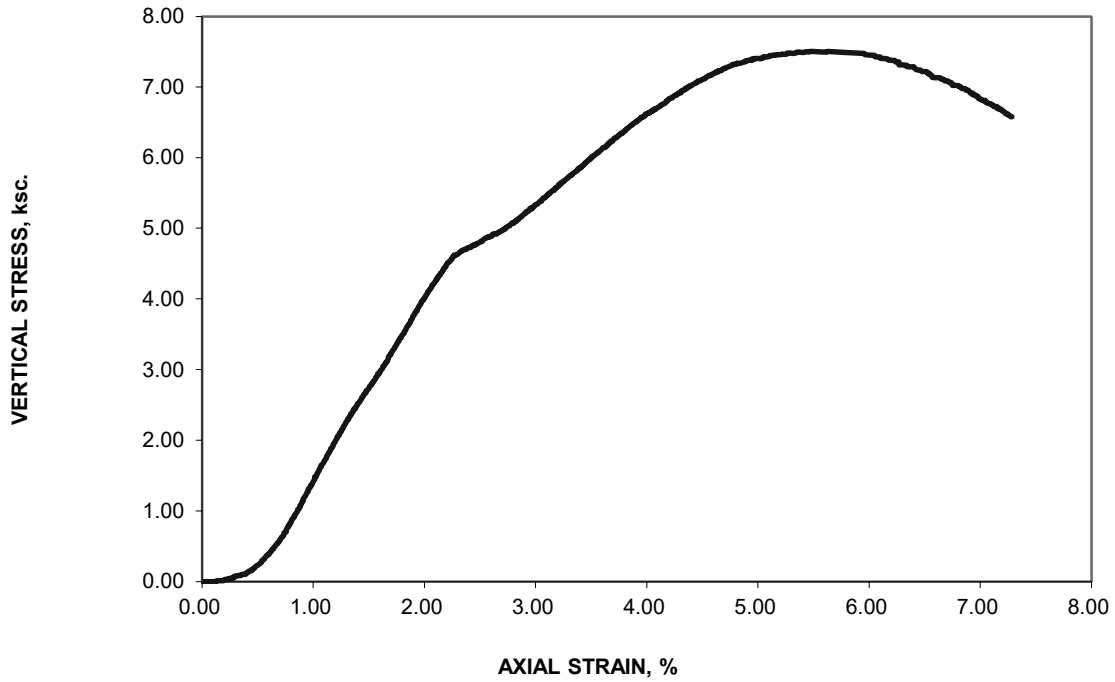
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2% อายุบ่ม 14 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.350	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.627	cm^2
DATE	12-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	10.447	cm.
TEST NO.	CB-SCP-D14_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.962	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	9.28	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	7.50
Undrained Shear Strength (Su) =	3.75
Strain at Failure , %	5.63

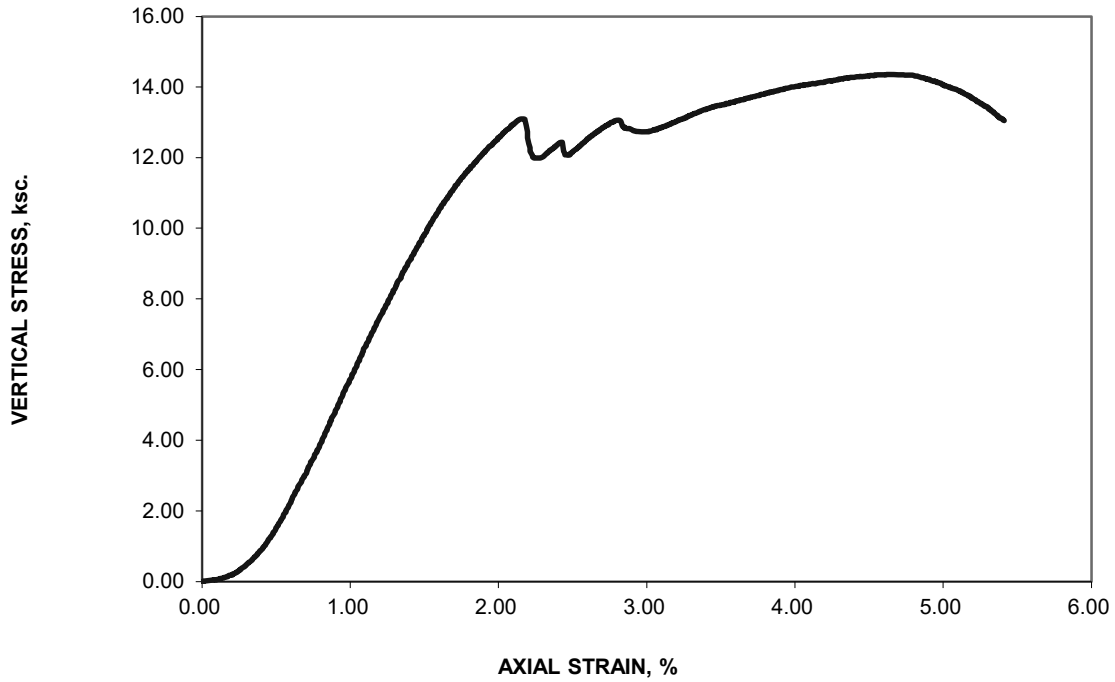
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2% อายุบ่ม 21 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.396	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.304	cm^2
DATE	19-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.477	cm.
TEST NO.	CB-SCP-D21_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.945	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	9.41	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.36
Undrained Shear Strength (Su) =	7.18
Strain at Failure , %	4.62

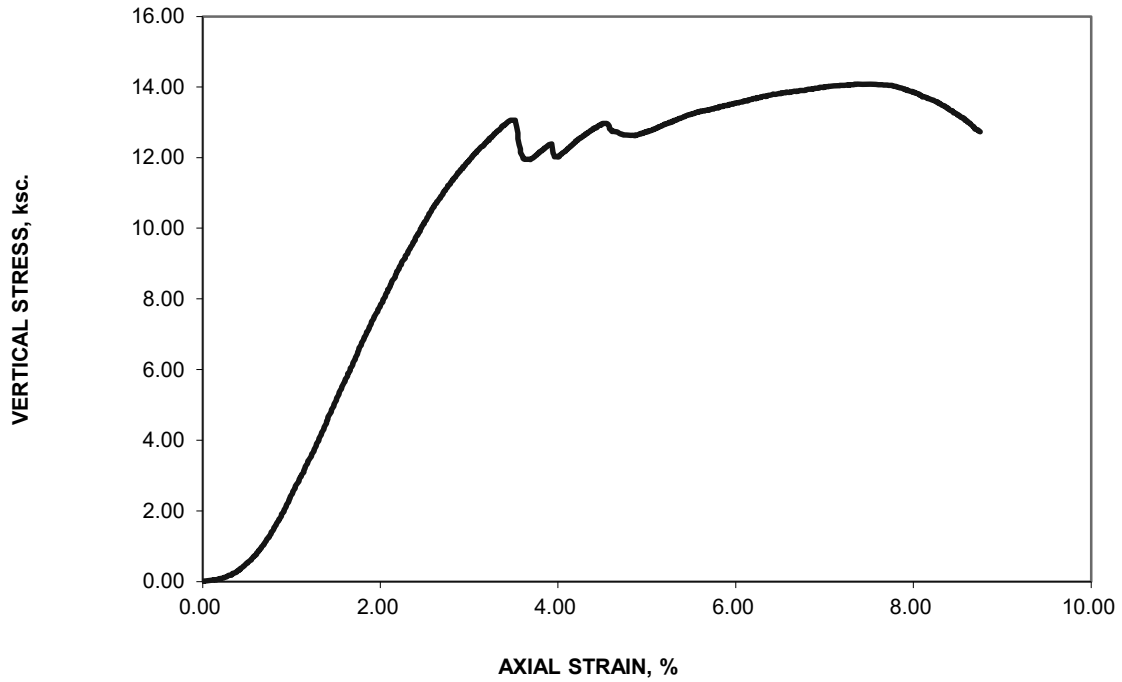
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2% อายุบ่ม 21 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.343	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.524	cm^2
DATE	19-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	7.099	cm.
TEST NO.	CB-SCP-D21_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.985	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	9.34	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.01
Undrained Shear Strength (Su) =	7.01
Strain at Failure , %	5.74

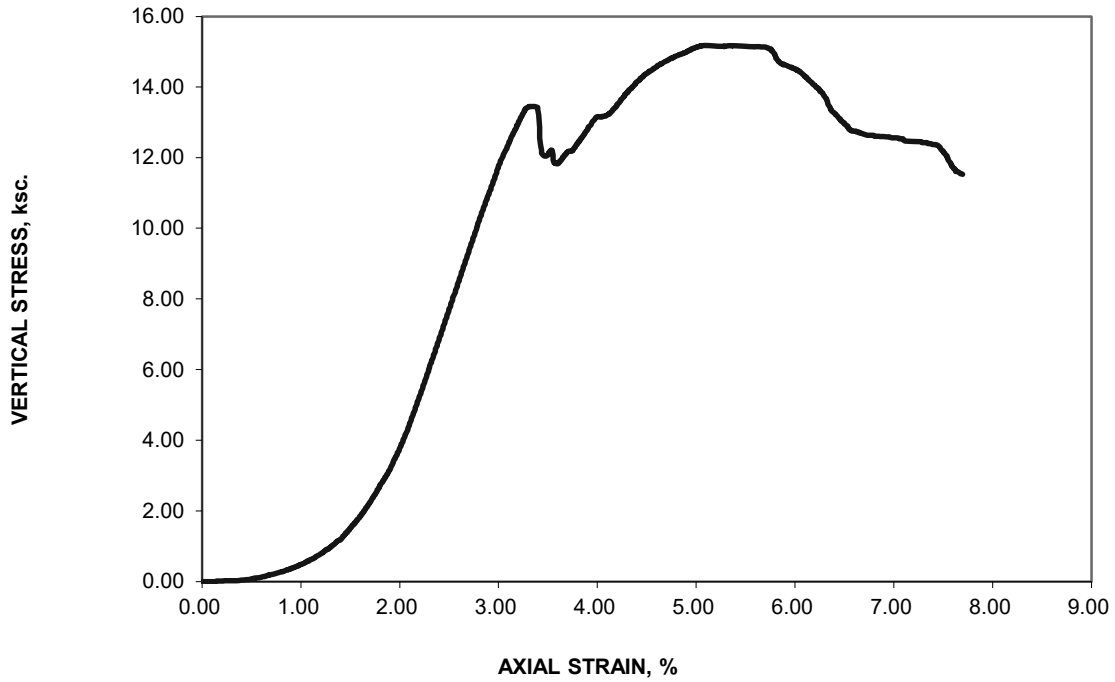
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2% อายุบ่ม 28 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.363	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.818	cm^2
DATE	26-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	10.333	cm.
TEST NO.	CB-SCP-D28_1(UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.999	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.96	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	15.14
Undrained Shear Strength (Su) =	7.57
Strain at Failure , %	5.60

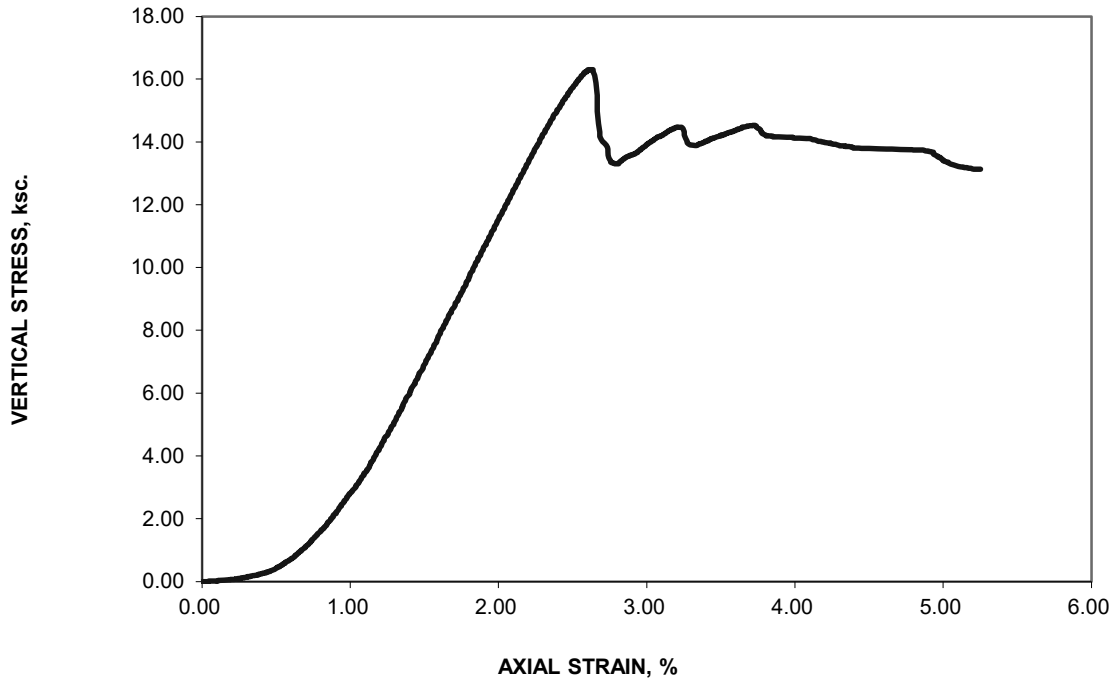
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2% อายุบ่ม 28 วัน			SAMPLE DIAMETER	9.350	cm.
LOCATION	ชลบุรี	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.627	cm^2
DATE	26-07-63	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.065	cm.
TEST NO.	CB-SCP-D28_2(SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.986	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	10.77	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	16.30
Undrained Shear Strength (Su) =	8.15
Strain at Failure , %	2.62

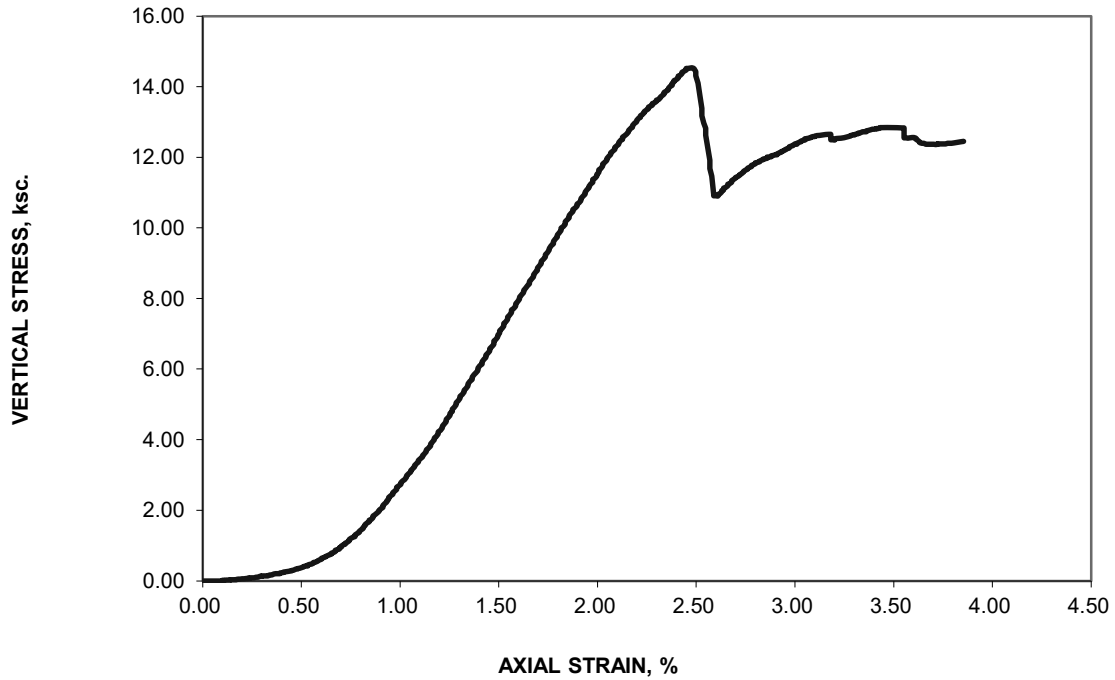
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.294	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+800	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.807	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	9.966	cm.
TEST NO.	1-1 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.984	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.21	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.54
Undrained Shear Strength (Su) =	7.27
Strain at Failure , %	2.48

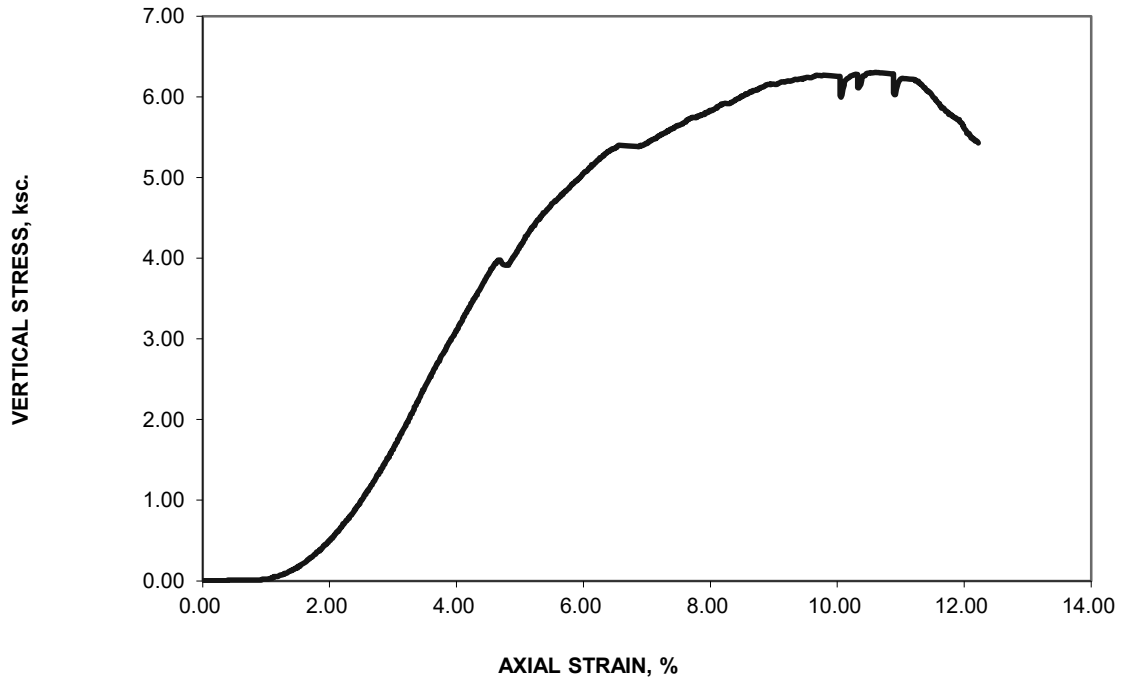
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.461	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+800	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	70.266	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.055	cm.
TEST NO.	1-1 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.967	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.77	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	6.30
Undrained Shear Strength (Su) =	3.15
Strain at Failure , %	10.60

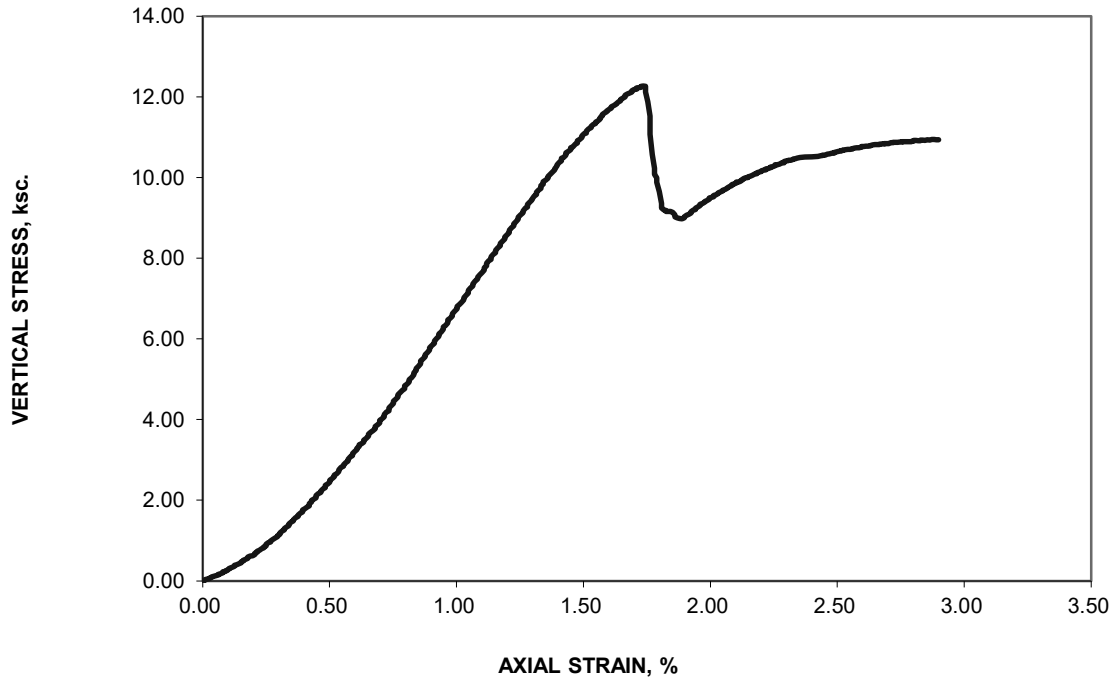
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.050	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+770	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	64.293	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.176	cm.
TEST NO.	1-2 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.106	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.22	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.27
Undrained Shear Strength (Su) =	6.14
Strain at Failure , %	1.73

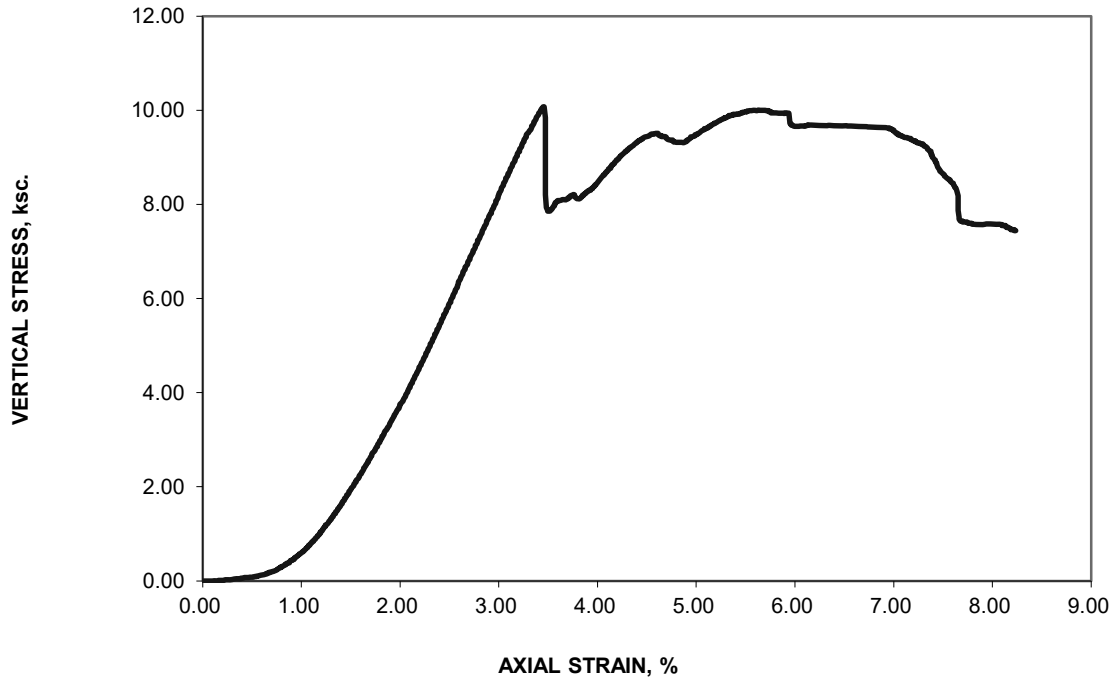
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.068	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+770	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	64.549	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	8.757	cm.
TEST NO.	1-2 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.016	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.79	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	10.63
Undrained Shear Strength (Su) =	5.32
Strain at Failure , %	6.43

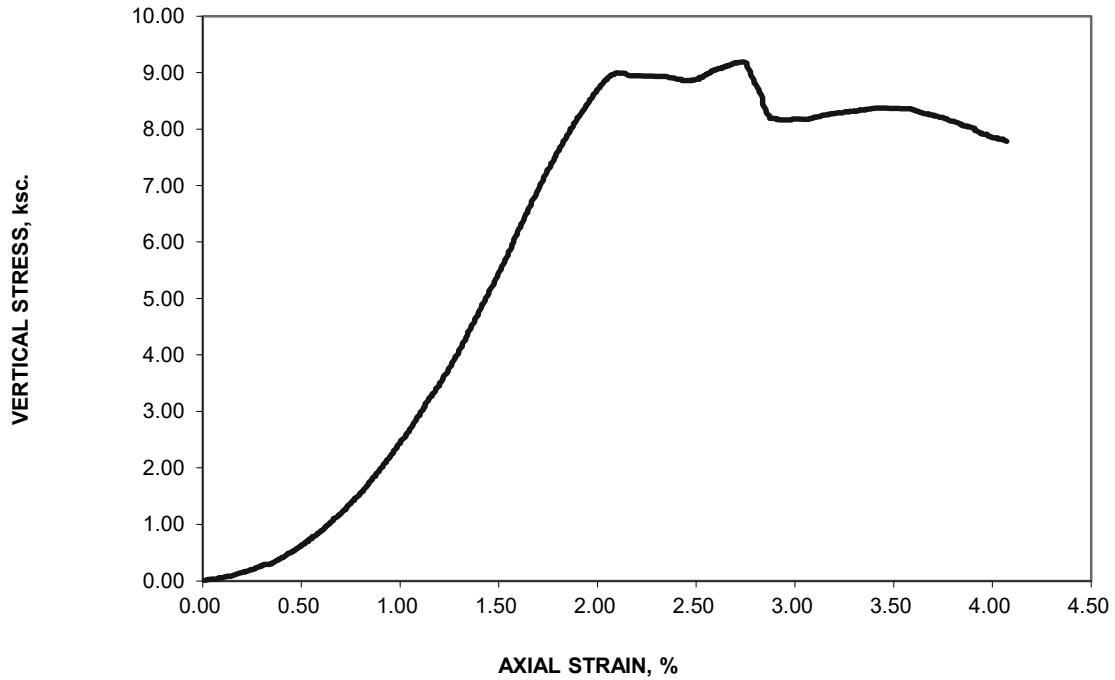
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.388	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+740	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.186	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.174	cm.
TEST NO.	1-3 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.104	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.12	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	9.19
Undrained Shear Strength (Su) =	4.59
Strain at Failure , %	2.73

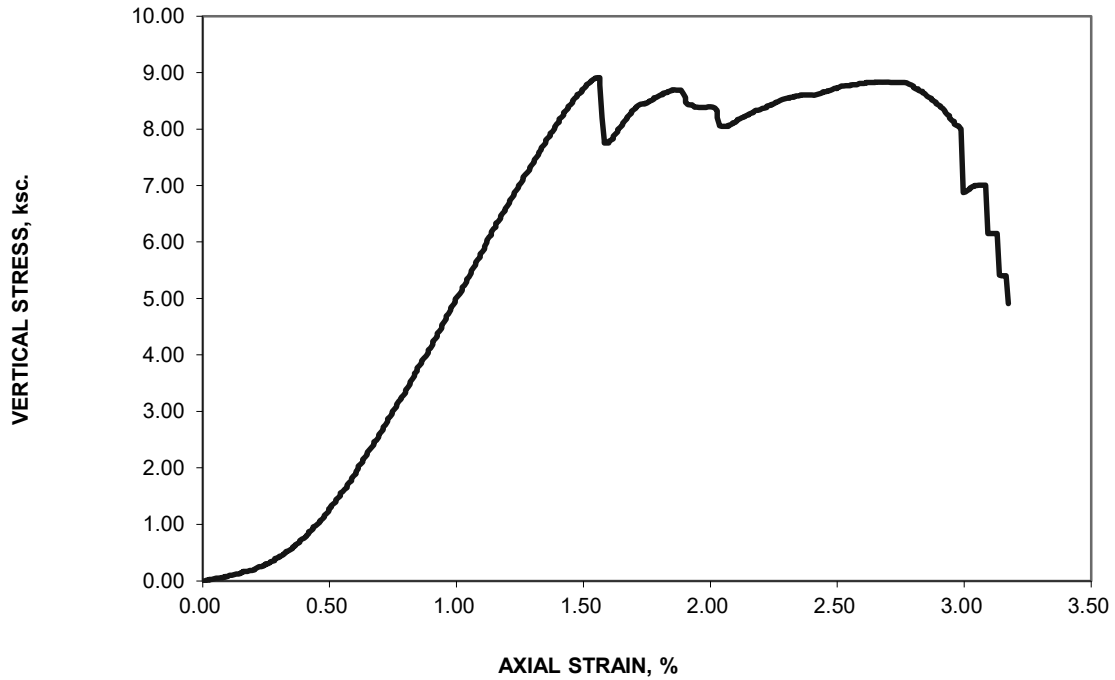
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.160	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+740	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	65.866	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.249	cm.
TEST NO.	1-3 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.006	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	15.65	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	8.83
Undrained Shear Strength (Su) =	4.42
Strain at Failure , %	2.66

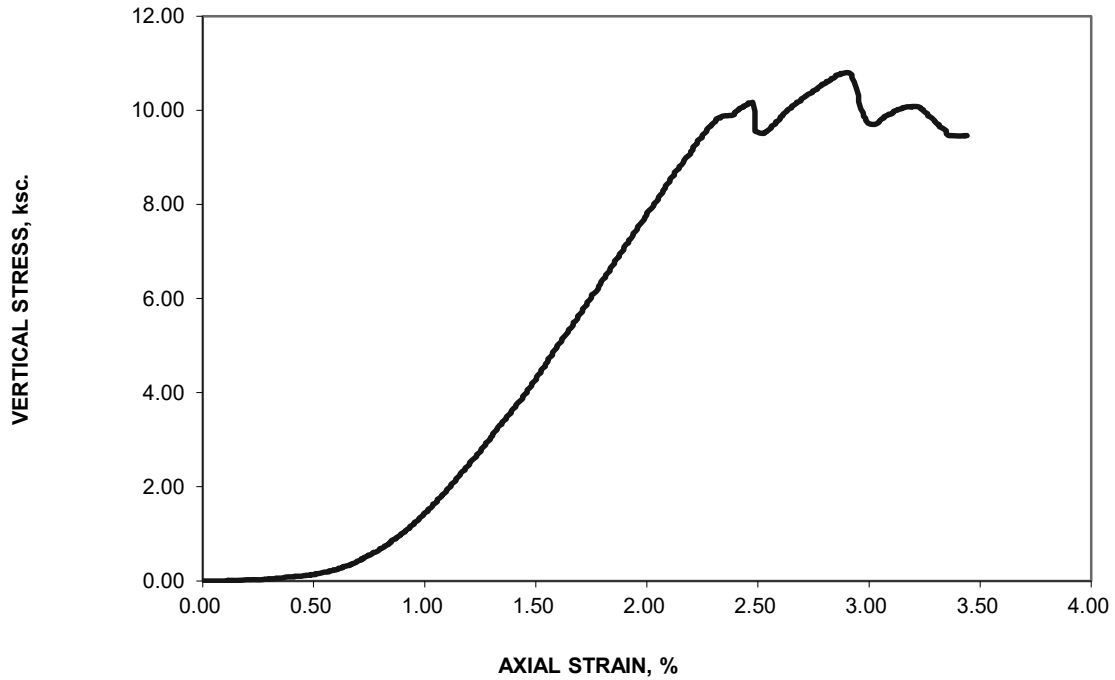
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.211	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+710	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	66.601	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	9.650	cm.
TEST NO.	1-4 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.989	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.04	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	10.80
Undrained Shear Strength (Su) =	5.40
Strain at Failure , %	2.89

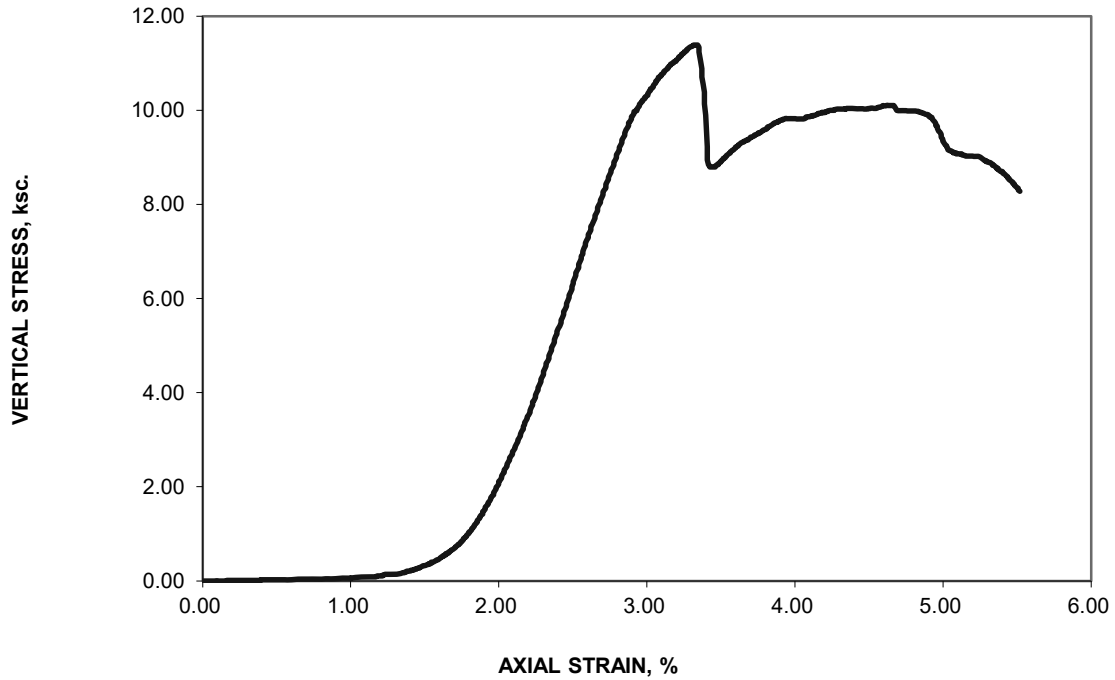
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.197	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+710	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	66.399	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	10.947	cm.
TEST NO.	1-4 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.058	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.55	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	11.39
Undrained Shear Strength (Su) =	5.69
Strain at Failure , %	3.33

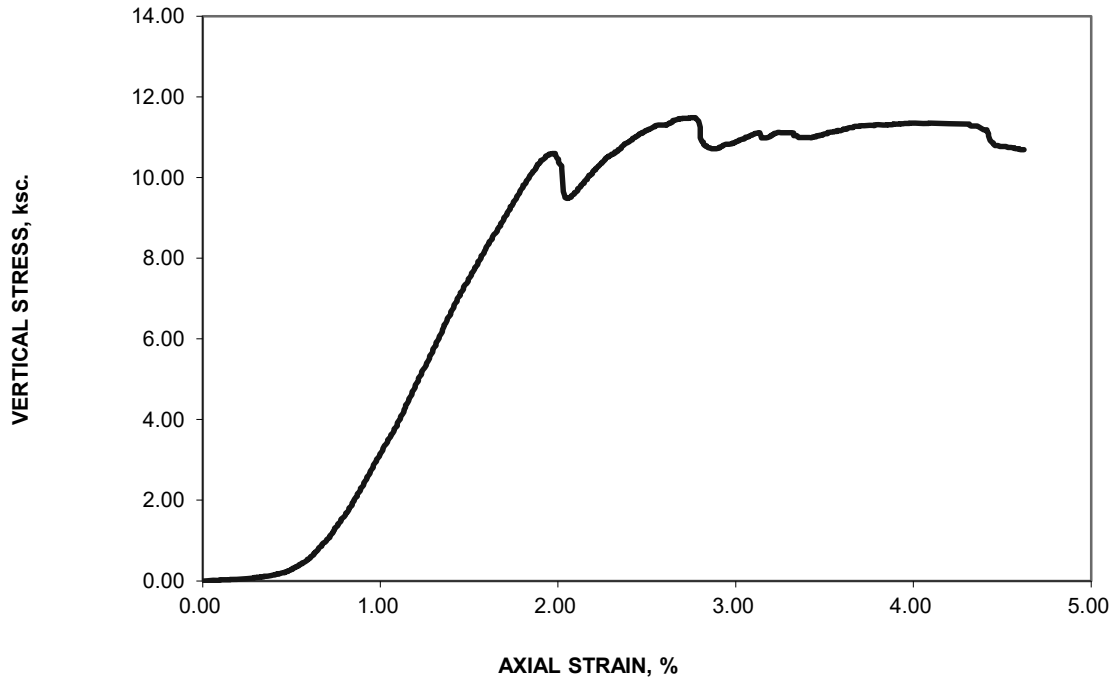
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.050	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+680	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	64.293	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.035	cm.
TEST NO.	1-5 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.097	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.21	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	11.35
Undrained Shear Strength (Su) =	5.68
Strain at Failure , %	4.10

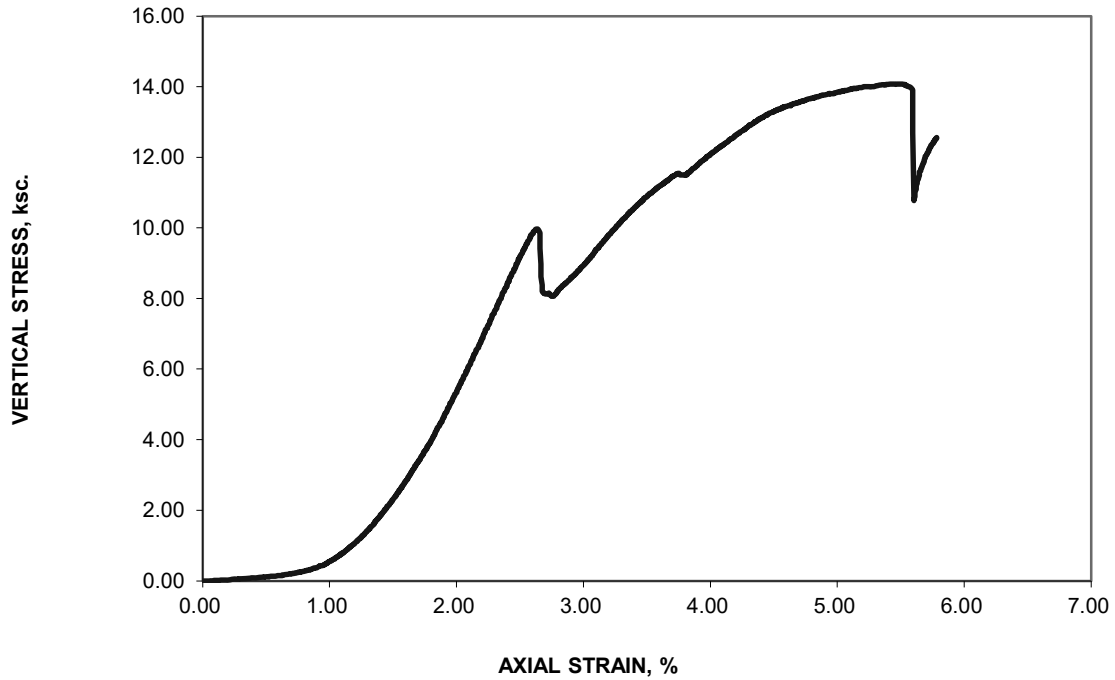
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.190	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+680	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	66.298	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.137	cm.
TEST NO.	1-5 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.097	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.93	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.08
Undrained Shear Strength (Su) =	7.04
Strain at Failure , %	5.47

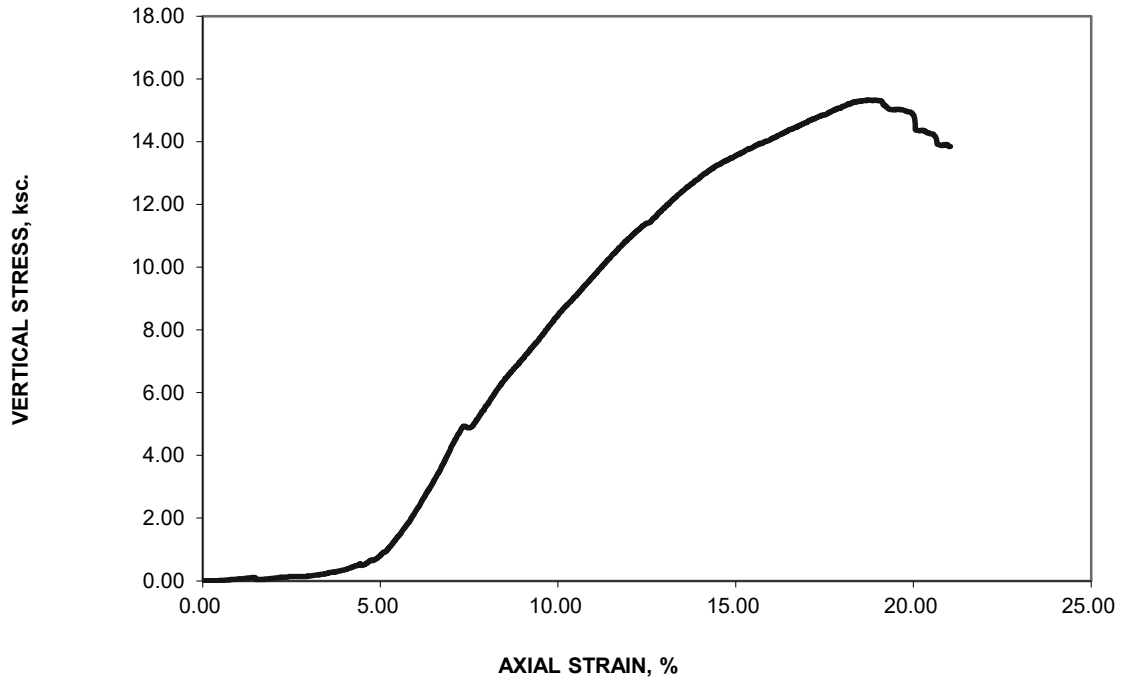
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.265	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+100	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.385	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	5.192	cm.
TEST NO.	2-1 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.118	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.35	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	15.31
Undrained Shear Strength (Su) =	7.65
Strain at Failure , %	19.04

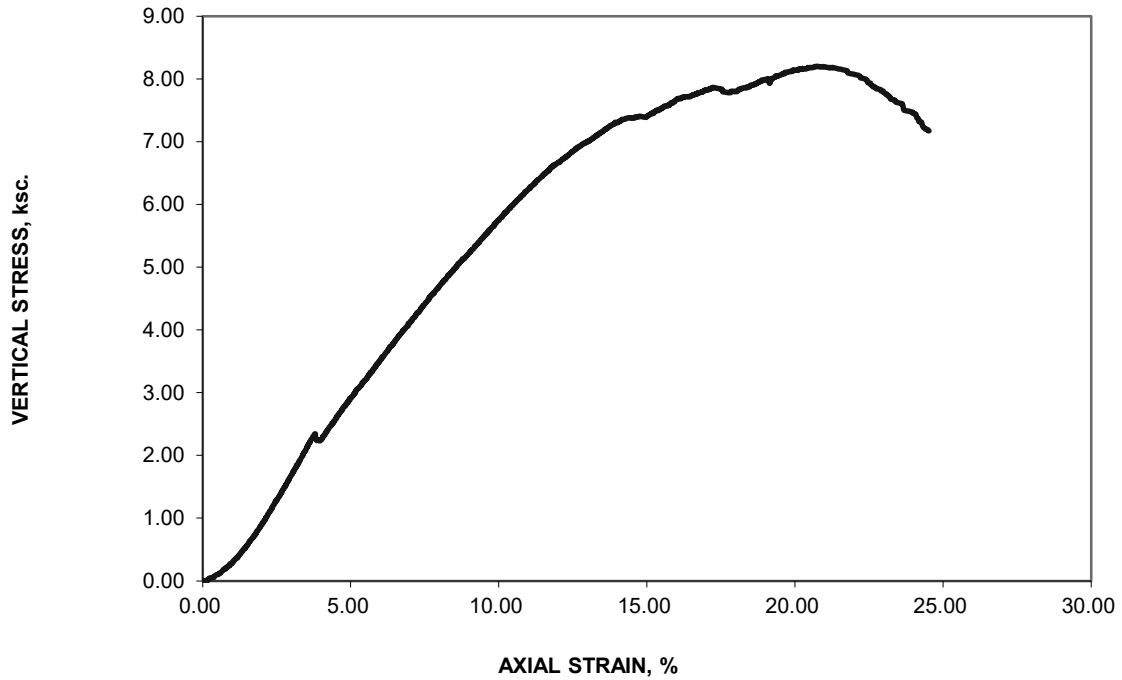
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.158	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+100	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	65.837	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	4.408	cm.
TEST NO.	2-1 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.224	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.94	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	8.18
Undrained Shear Strength (Su) =	4.09
Strain at Failure , %	21.26

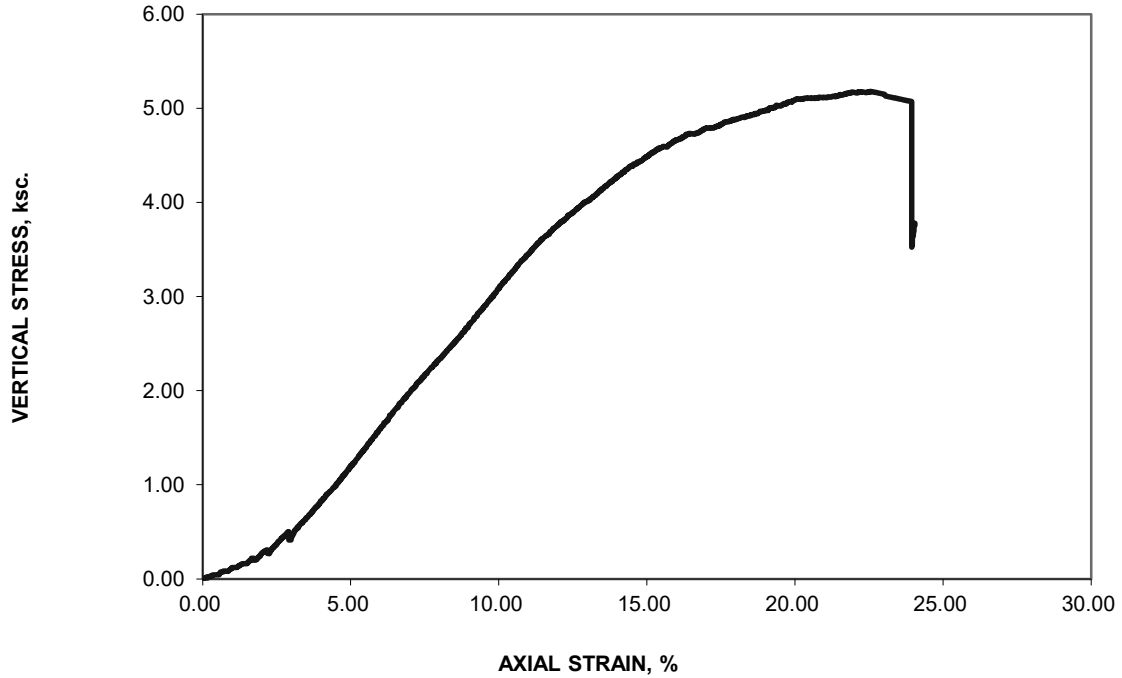
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.480	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+130	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	70.548	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	4.118	cm.
TEST NO.	2-2 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.036	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.49	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	5.18
Undrained Shear Strength (Su) =	2.59
Strain at Failure , %	22.55

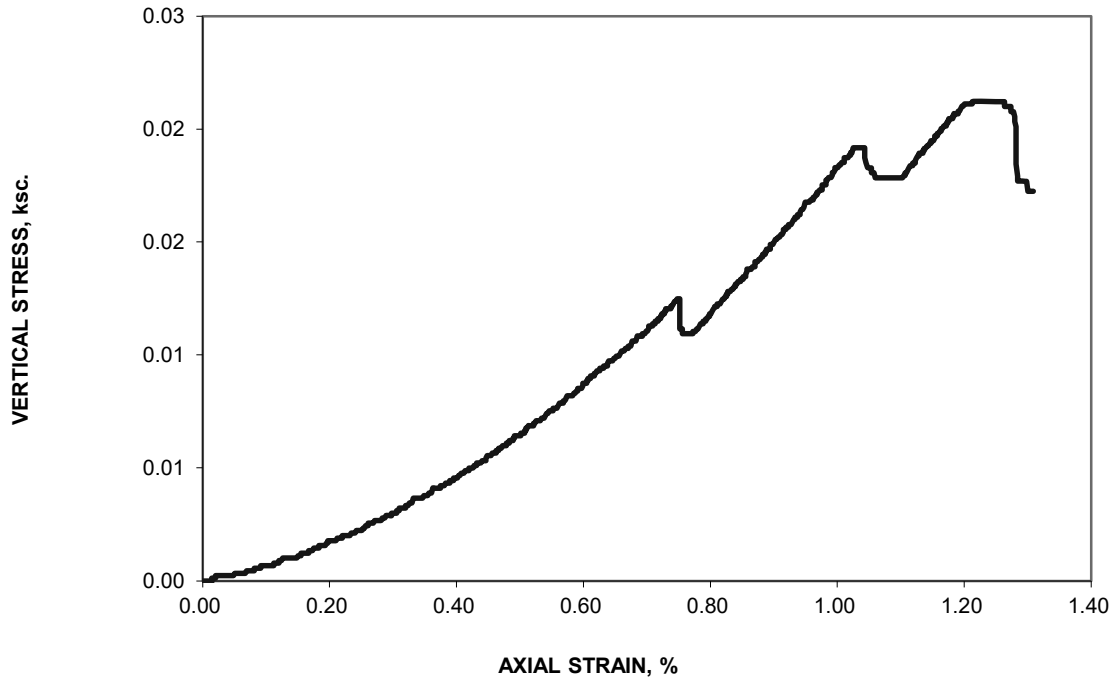
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	90.440	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+130	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	6420.824	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	49.070	cm.
TEST NO.	2-2 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.090	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	10.83	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	1.89
Undrained Shear Strength (Su) =	0.94
Strain at Failure , %	12.12

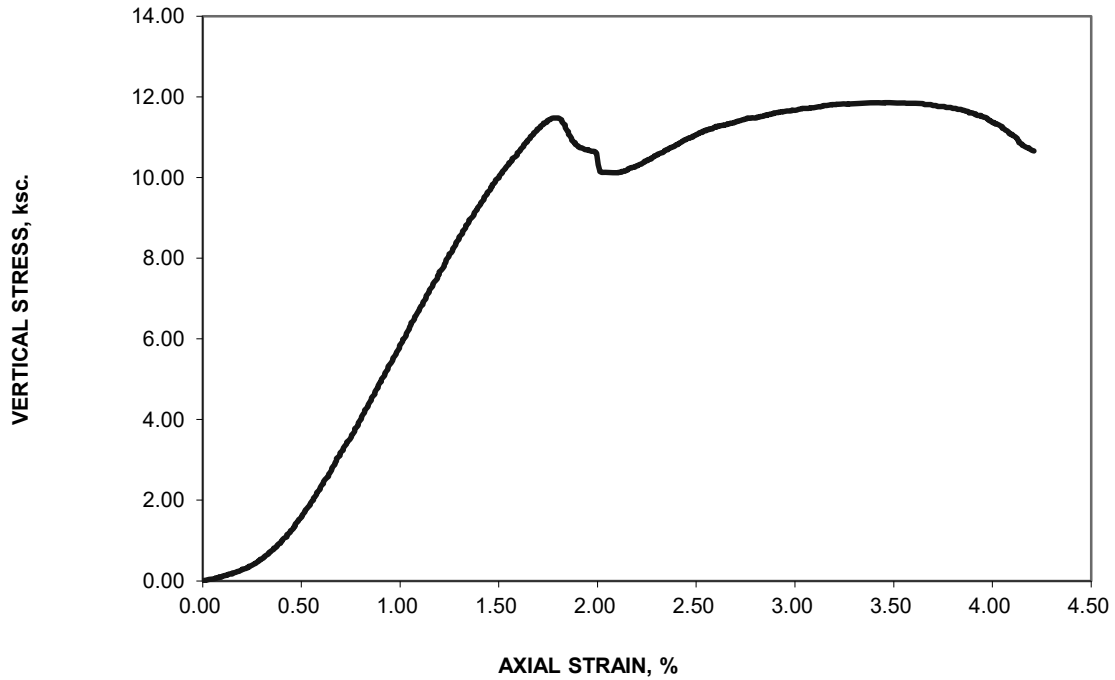
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.307	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+160	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.997	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.927	cm.
TEST NO.	2-3 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.213	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.66	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	11.86
Undrained Shear Strength (Su) =	5.93
Strain at Failure , %	3.46

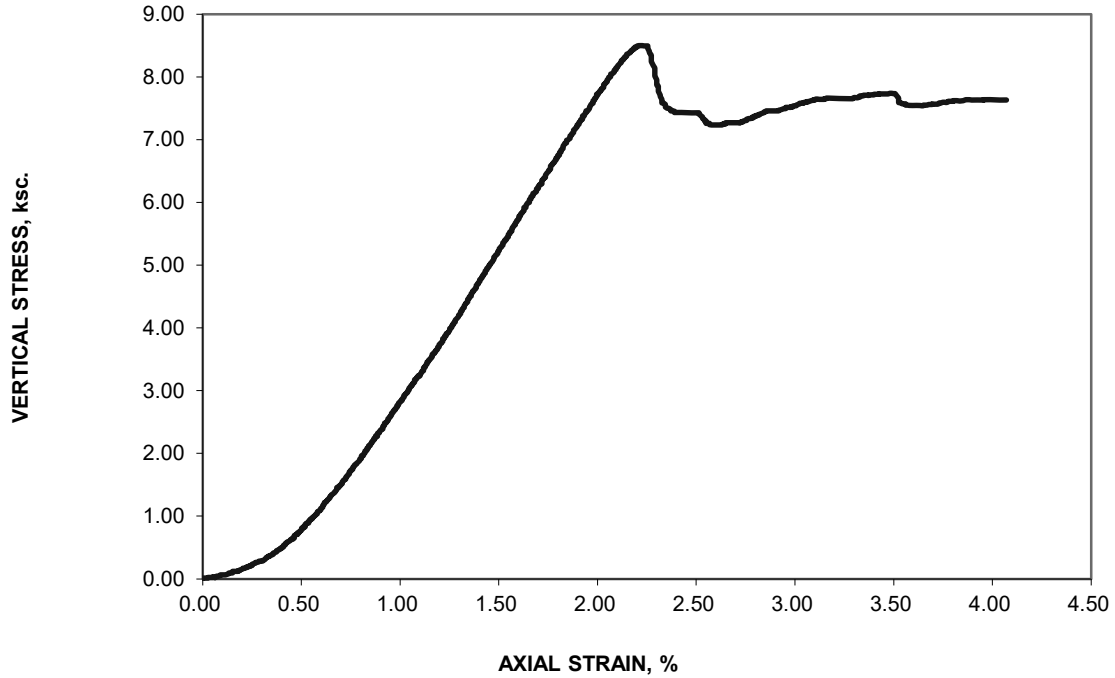
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.304	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+160	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.953	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.177	cm.
TEST NO.	2-3 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.210	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.55	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	8.50
Undrained Shear Strength (Su) =	4.25
Strain at Failure , %	2.21

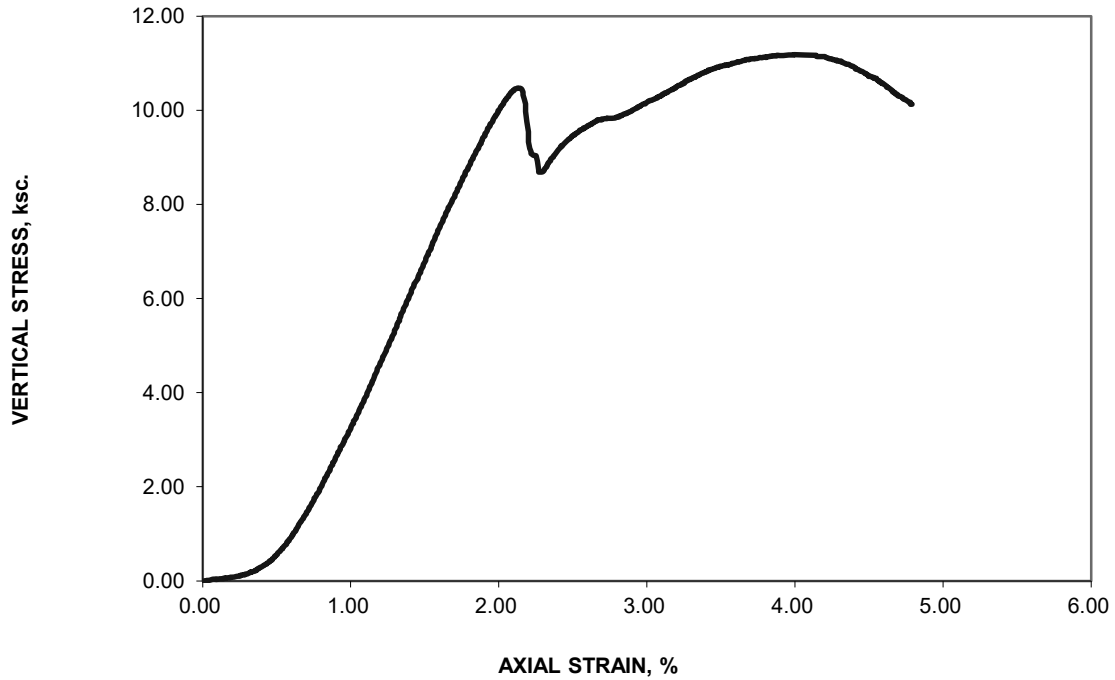
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.295	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+190	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.822	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.275	cm.
TEST NO.	2-4 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.177	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.54	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	11.18
Undrained Shear Strength (Su) =	5.59
Strain at Failure , %	4.00

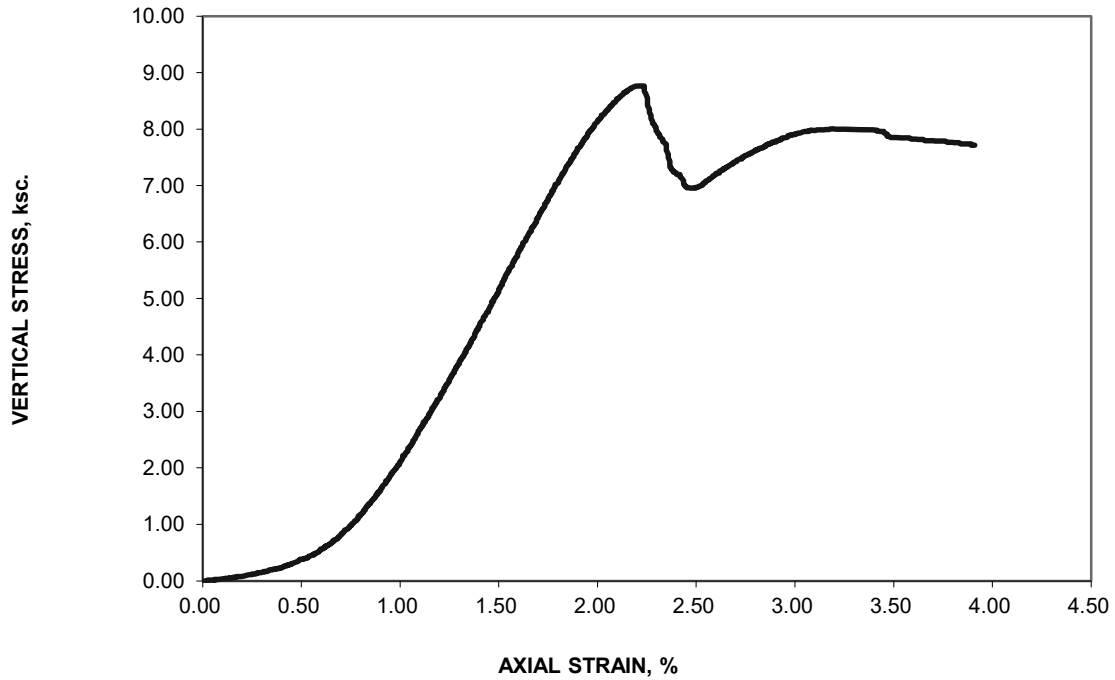
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.151	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+190	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	65.737	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.537	cm.
TEST NO.	2-4 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.181	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.57	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	8.76
Undrained Shear Strength (Su) =	4.38
Strain at Failure , %	2.19

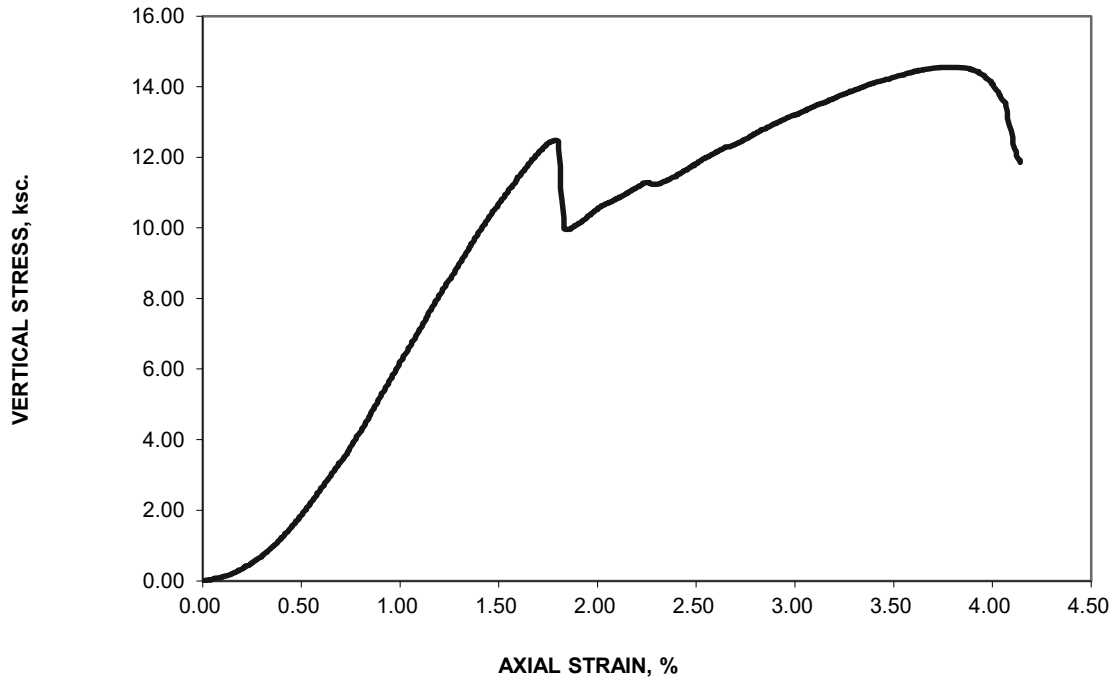
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.235	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+220	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	66.949	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.039	cm.
TEST NO.	2-5 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.179	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.65	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.55
Undrained Shear Strength (Su) =	7.28
Strain at Failure , %	3.77

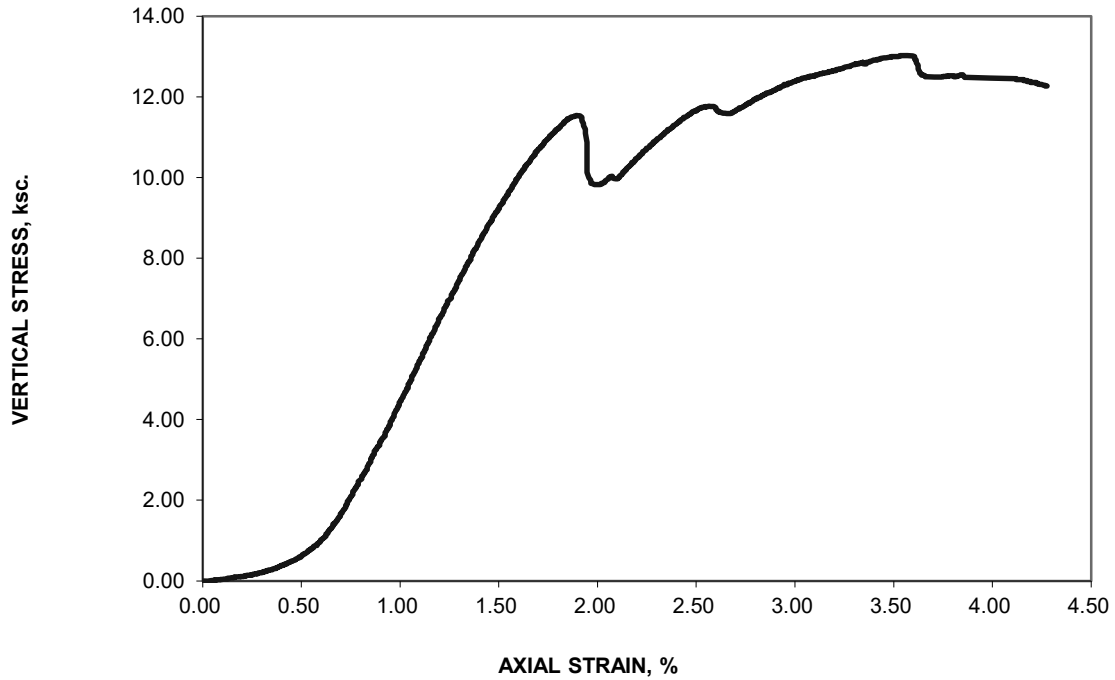
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.285	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+220	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.676	cm^2
DATE	18/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.039	cm.
TEST NO.	2-5 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.156	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.81	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	13.02
Undrained Shear Strength (Su) =	6.51
Strain at Failure , %	3.54

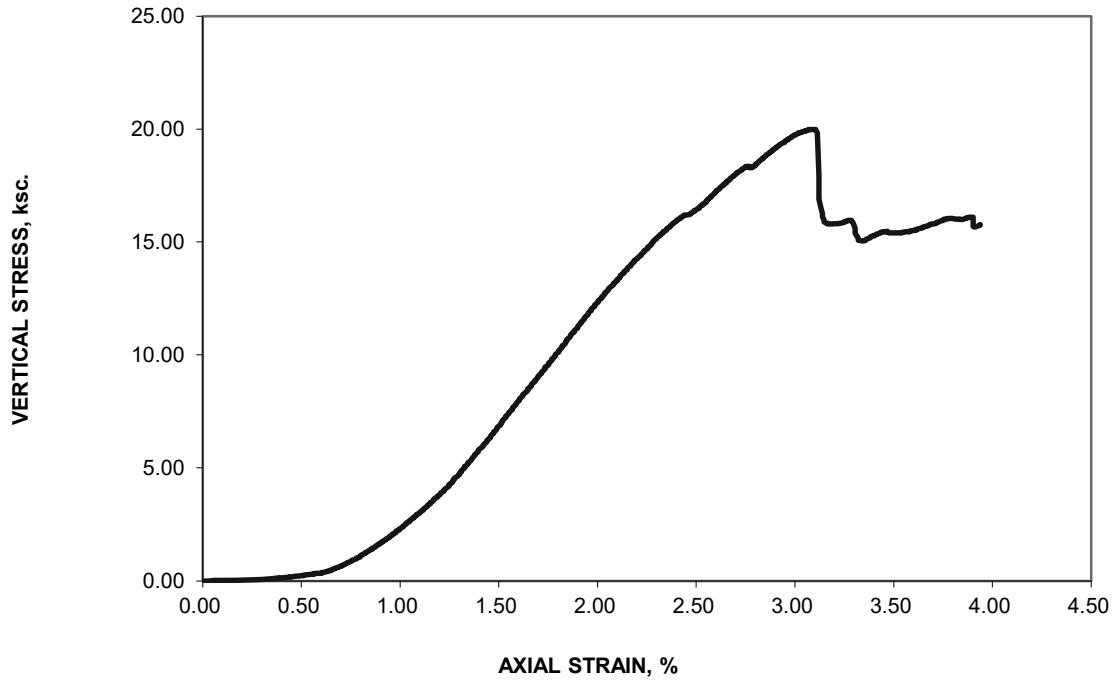
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.325	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+800	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.260	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.531	cm.
TEST NO.	1-1 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.061	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.50	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	19.99
Undrained Shear Strength (Su) =	9.99
Strain at Failure , %	3.09

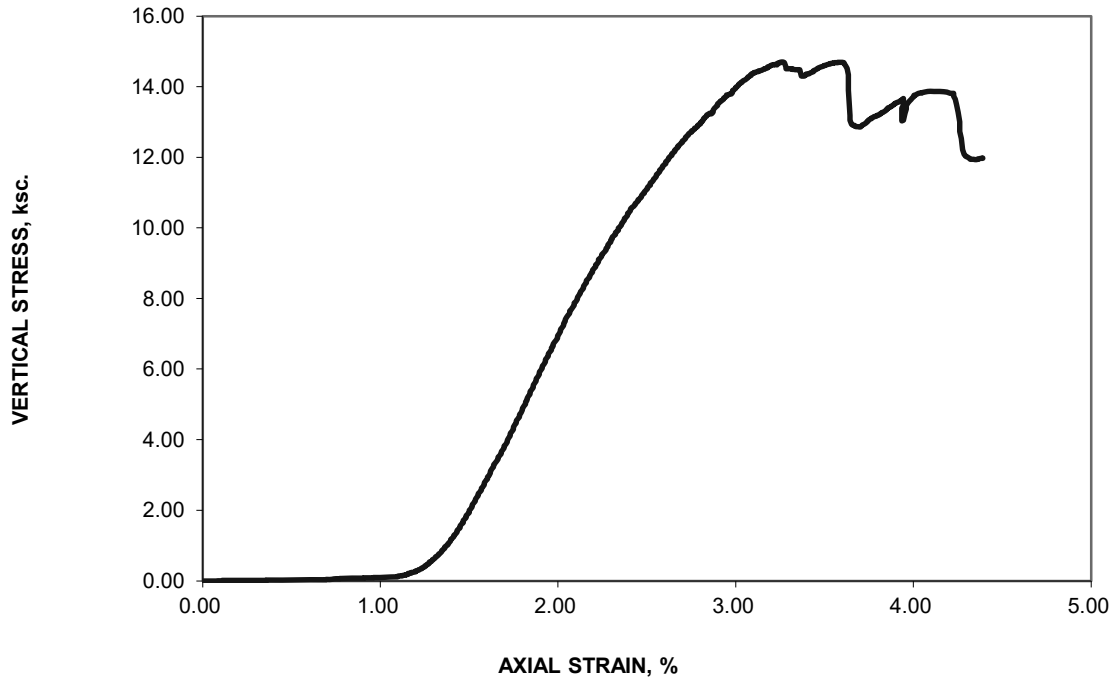
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.342	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+800	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.509	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.666	cm.
TEST NO.	1-1 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.071	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.42	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.69
Undrained Shear Strength (Su) =	7.35
Strain at Failure , %	3.58

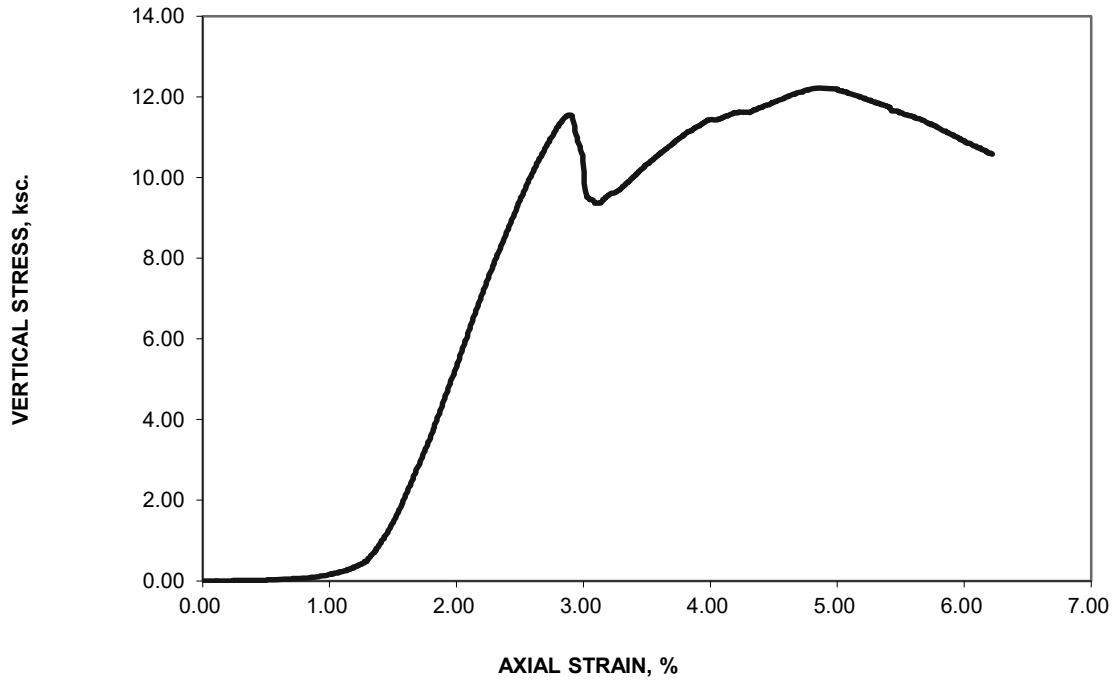
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.184	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+770	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	66.211	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	9.580	cm.
TEST NO.	1-2 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.047	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.42	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.22
Undrained Shear Strength (Su) =	6.11
Strain at Failure , %	4.83

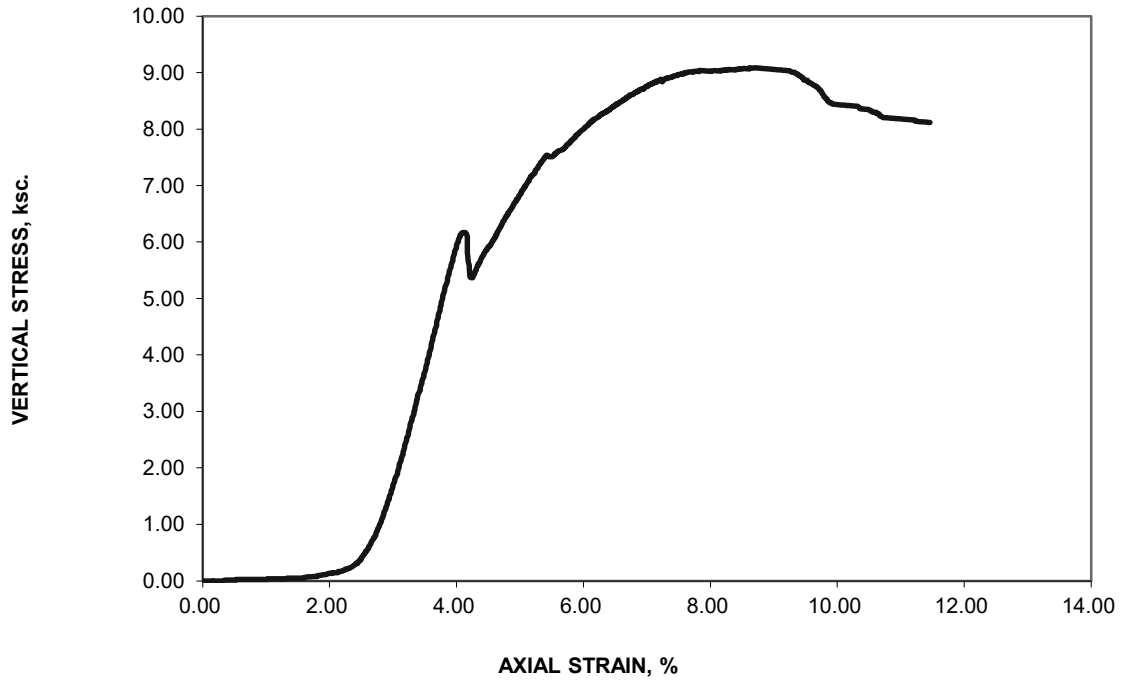
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.014	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+770	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	63.783	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	7.000	cm.
TEST NO.	1-2 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.945	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	9.04	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	8.78
Undrained Shear Strength (Su) =	4.39
Strain at Failure , %	5.23

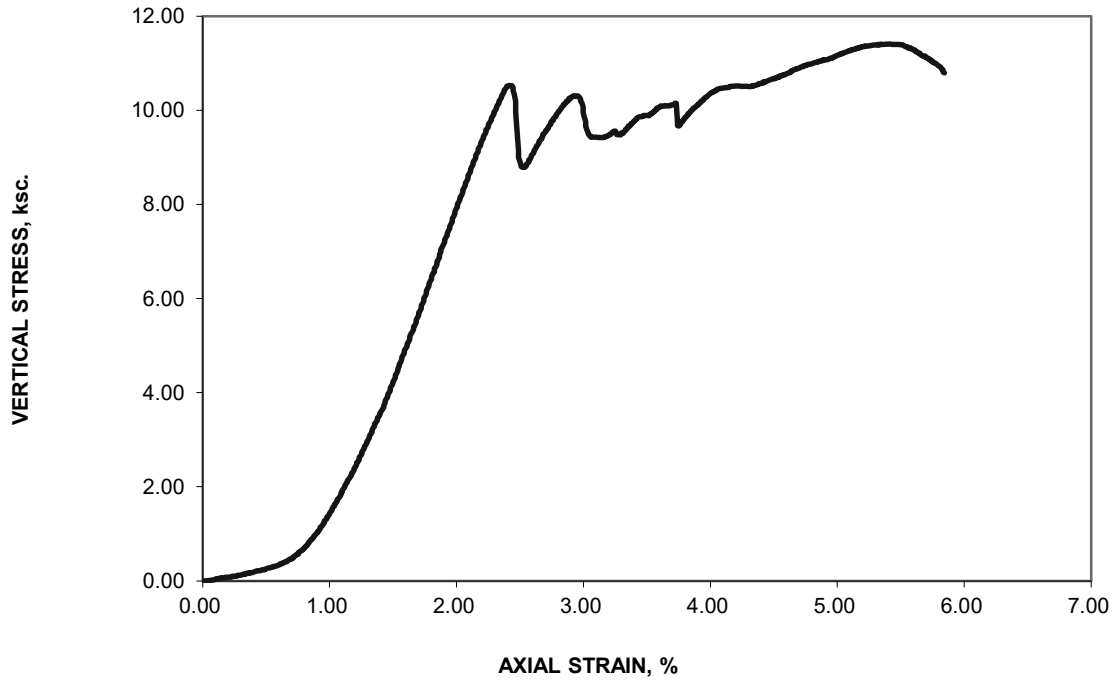
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.271	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+740	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.472	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	9.807	cm.
TEST NO.	1-3 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.053	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.07	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	11.41
Undrained Shear Strength (Su) =	5.70
Strain at Failure , %	5.38

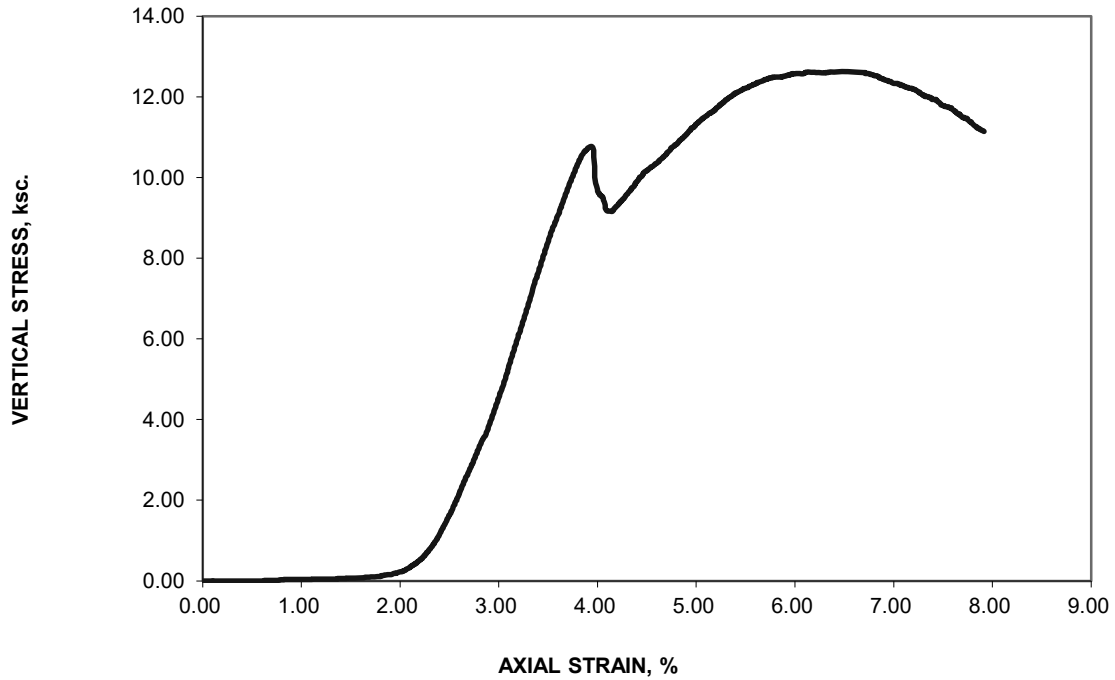
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.100	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+740	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	65.006	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	10.098	cm.
TEST NO.	1-3 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.079	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.22	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.63
Undrained Shear Strength (Su) =	6.31
Strain at Failure , %	6.48

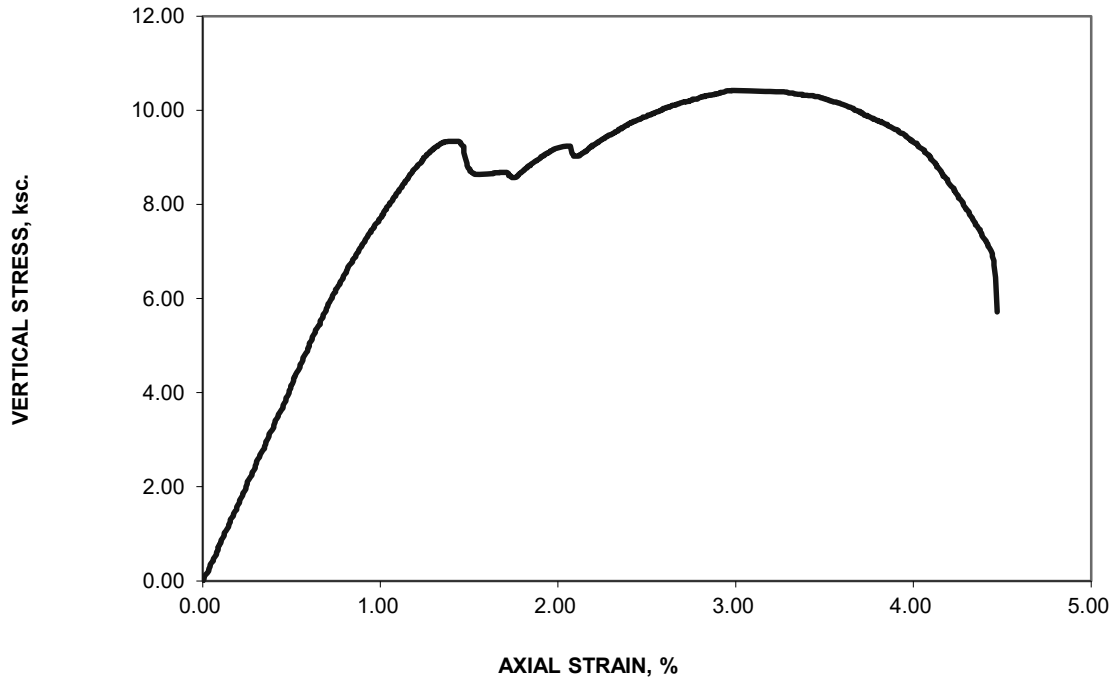
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.281	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+710	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.618	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.497	cm.
TEST NO.	1-4 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.076	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.08	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	10.42
Undrained Shear Strength (Su) =	5.21
Strain at Failure , %	2.98

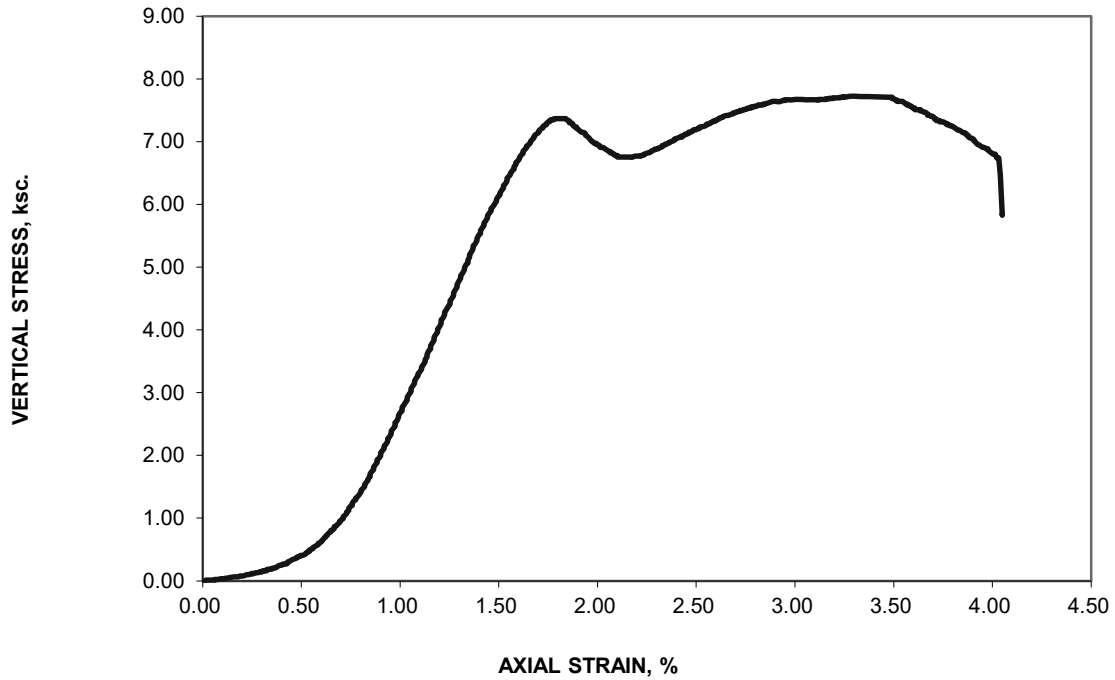
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.211	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+710	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	66.601	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.088	cm.
TEST NO.	1-4 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.030	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.22	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	7.72
Undrained Shear Strength (Su) =	3.86
Strain at Failure , %	3.28

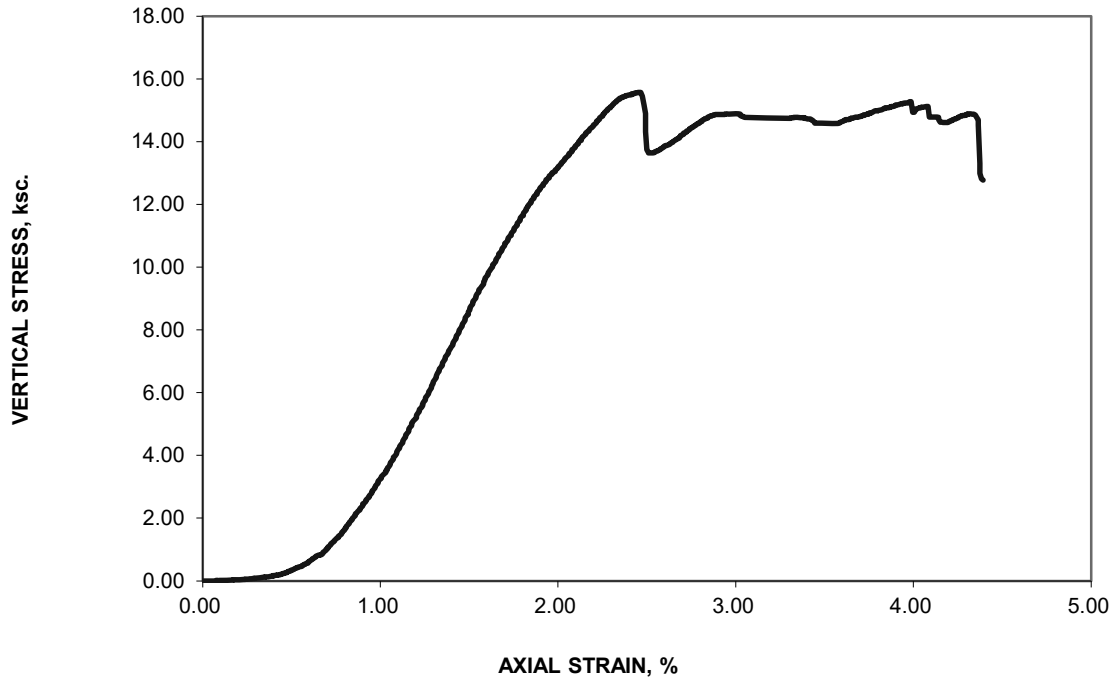
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.338	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+680	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.451	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.638	cm.
TEST NO.	1-5 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.063	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.78	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	15.57
Undrained Shear Strength (Su) =	7.78
Strain at Failure , %	2.45

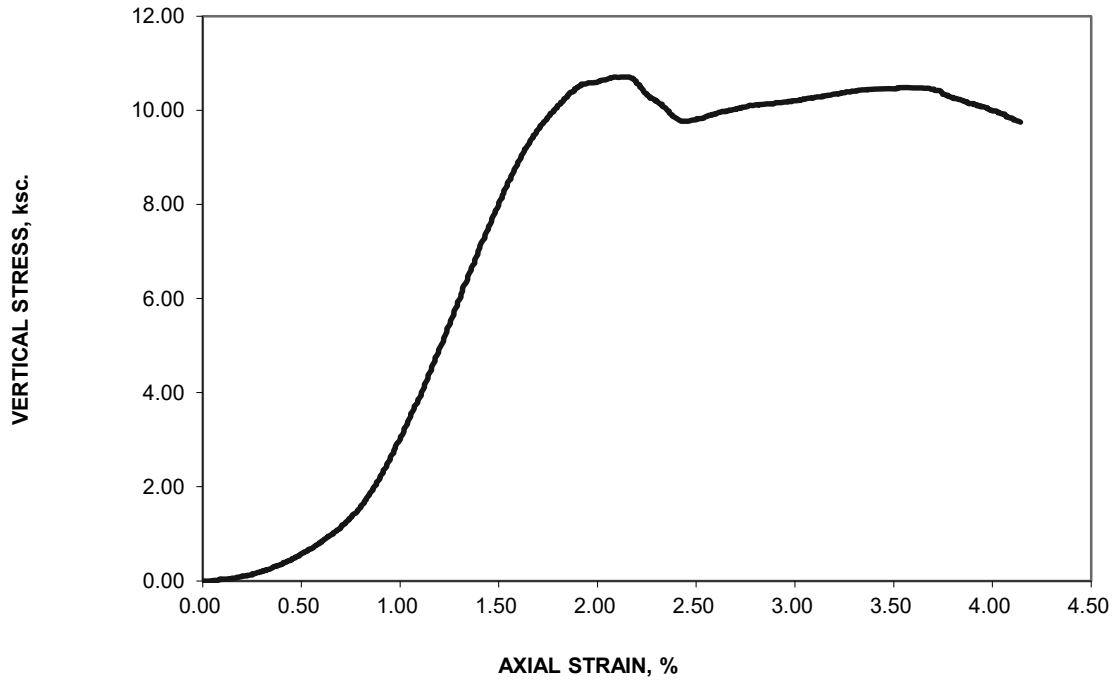
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.286	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+680	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.690	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.470	cm.
TEST NO.	1-5 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.045	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.55	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	10.71
Undrained Shear Strength (Su) =	5.35
Strain at Failure , %	2.12

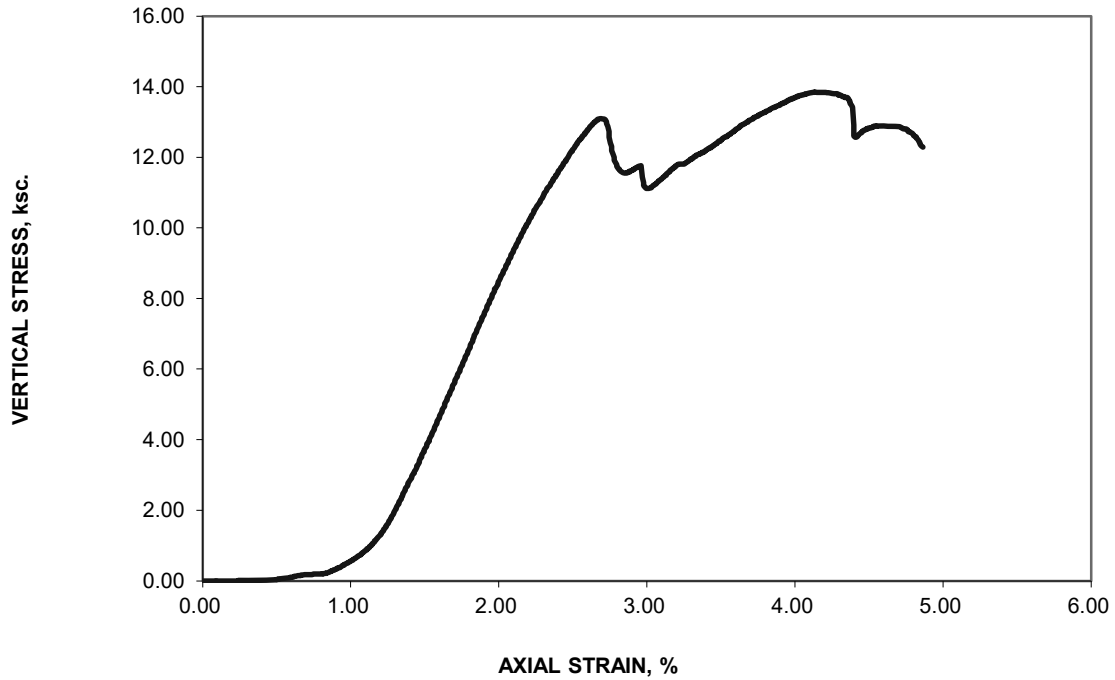
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.305	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+100	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.968	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.621	cm.
TEST NO.	2-1 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.136	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	4.81	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	13.84
Undrained Shear Strength (Su) =	6.92
Strain at Failure , %	4.14

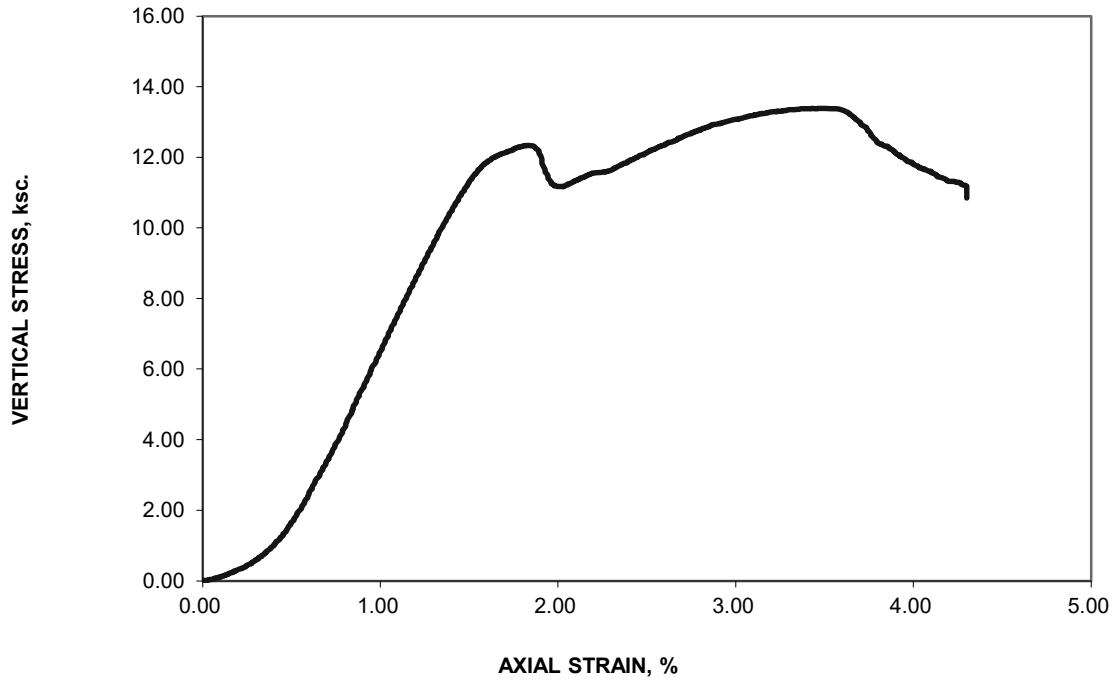
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.370	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+100	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.921	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.676	cm.
TEST NO.	2-1 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.138	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.55	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	13.39
Undrained Shear Strength (Su) =	6.69
Strain at Failure , %	3.46

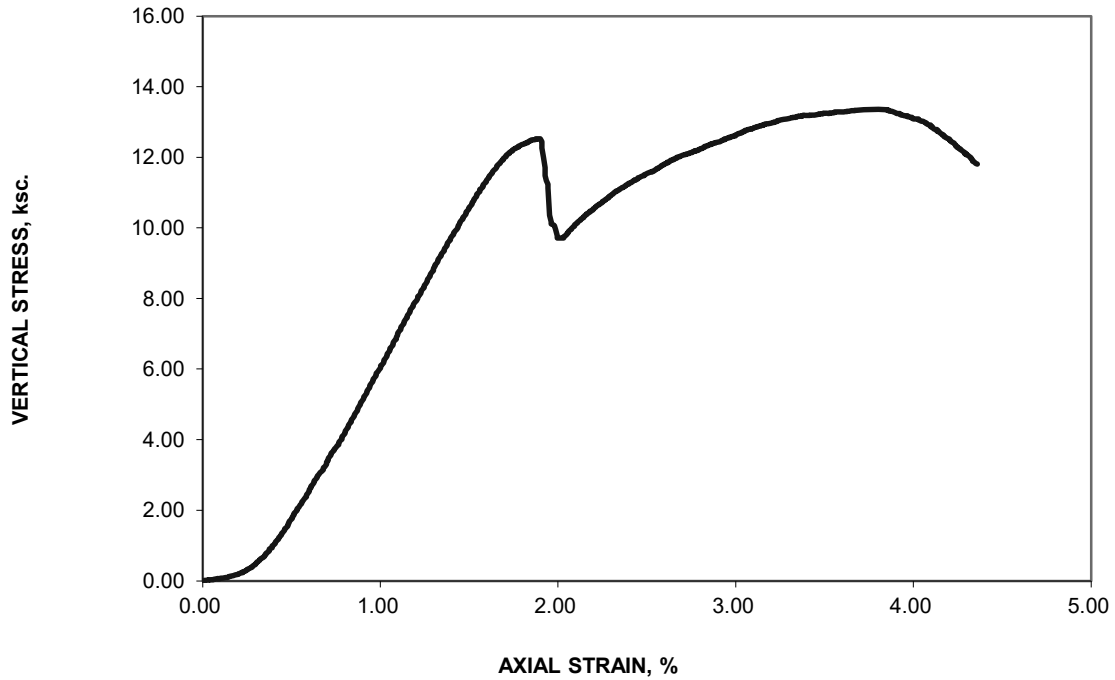
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.287	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+130	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.705	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.471	cm.
TEST NO.	2-2 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.045	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.40	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	13.36
Undrained Shear Strength (Su) =	6.68
Strain at Failure , %	3.77

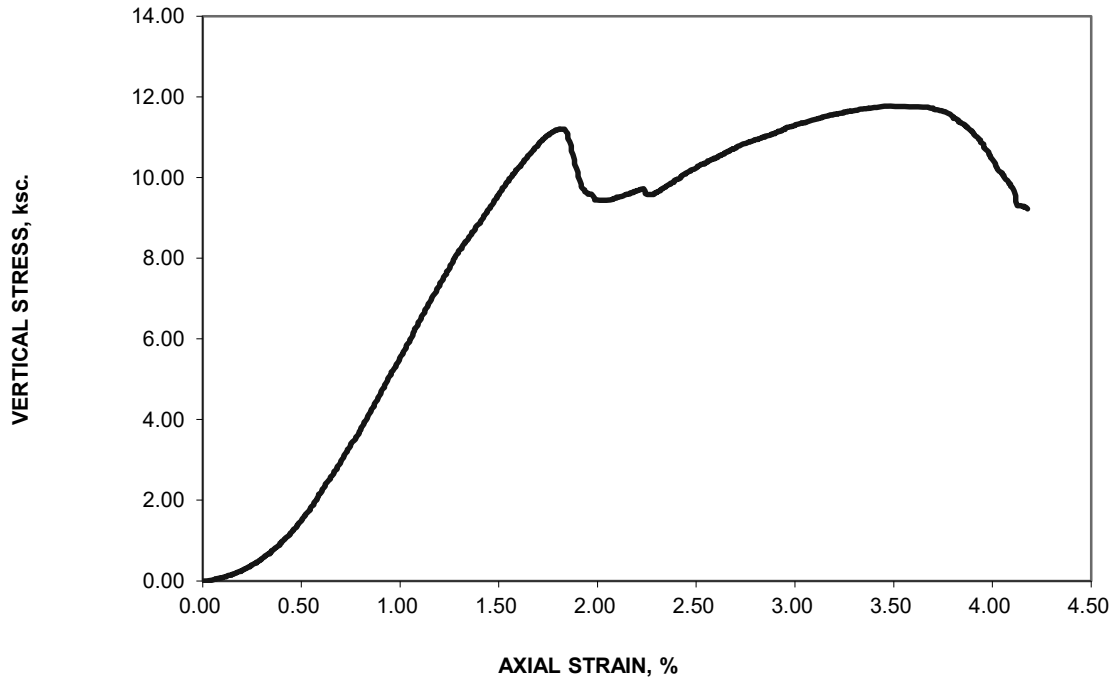
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.337	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+130	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.436	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.729	cm.
TEST NO.	2-2 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.124	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.92	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	11.77
Undrained Shear Strength (Su) =	5.88
Strain at Failure , %	3.46

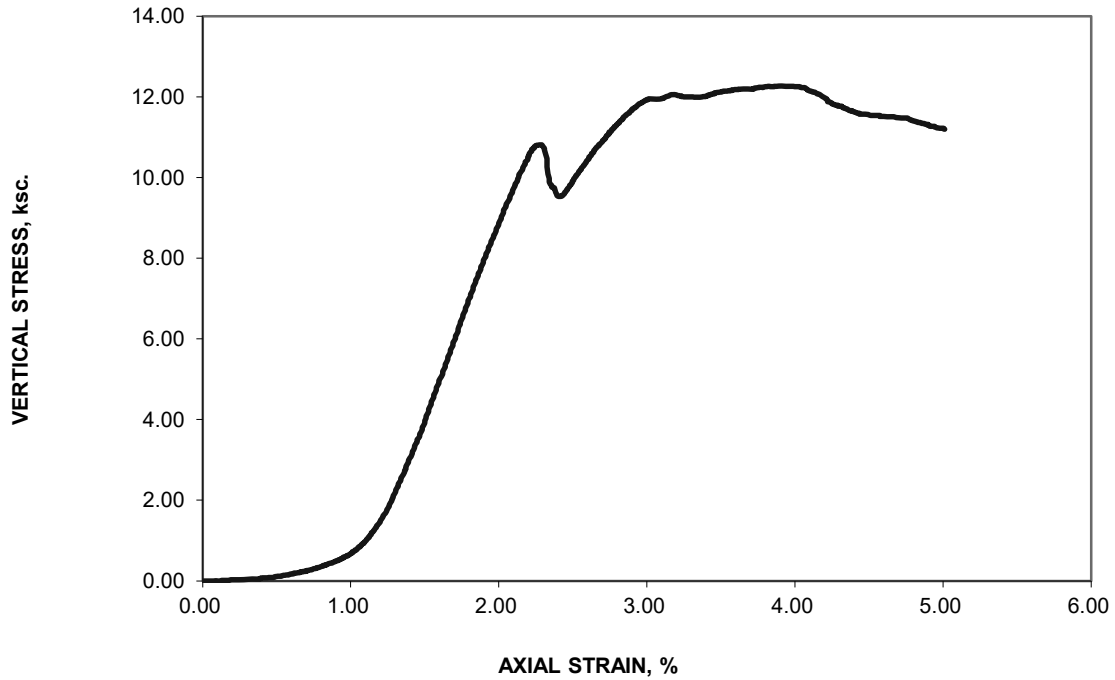
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.272	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+160	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.486	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.657	cm.
TEST NO.	2-3 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.098	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.68	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.27
Undrained Shear Strength (Su) =	6.13
Strain at Failure , %	3.90

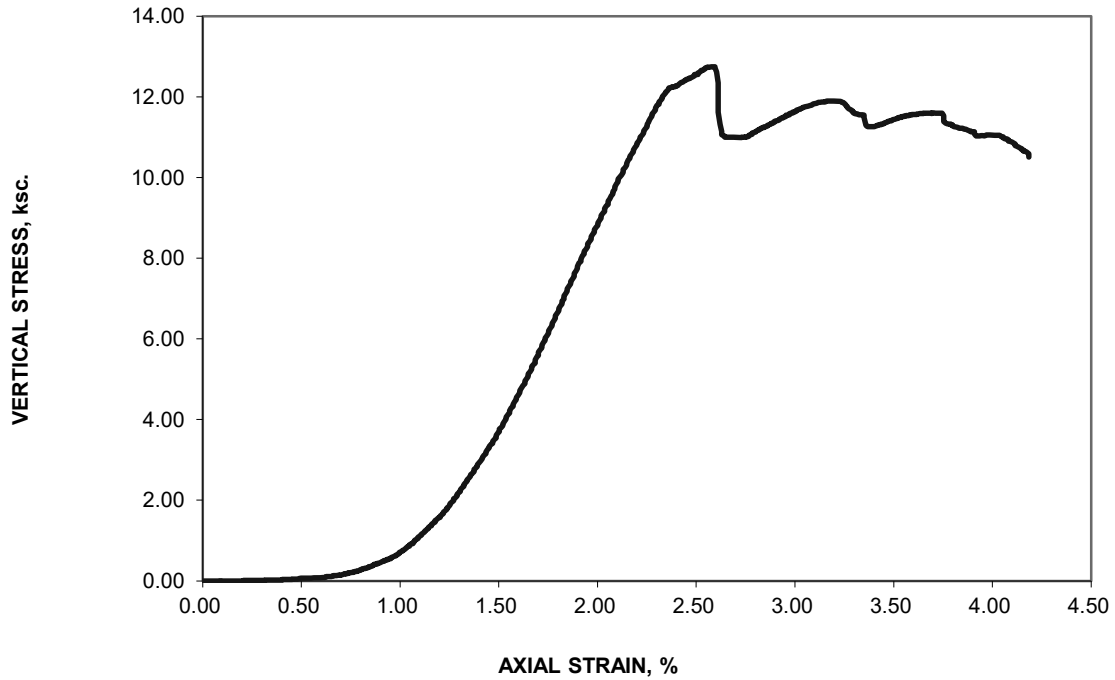
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.321	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+160	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.202	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.641	cm.
TEST NO.	2-3 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.099	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.19	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.75
Undrained Shear Strength (Su) =	6.37
Strain at Failure , %	2.57

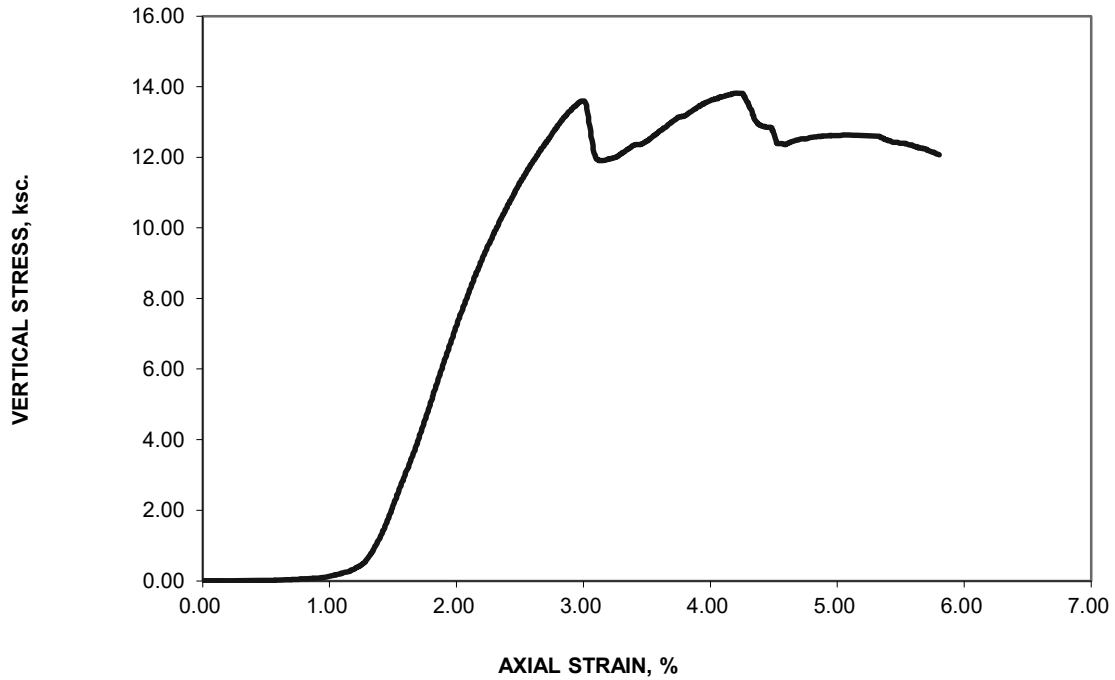
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.385	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+190	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.141	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.703	cm.
TEST NO.	2-4 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.127	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.87	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	13.82
Undrained Shear Strength (Su) =	6.91
Strain at Failure , %	4.20

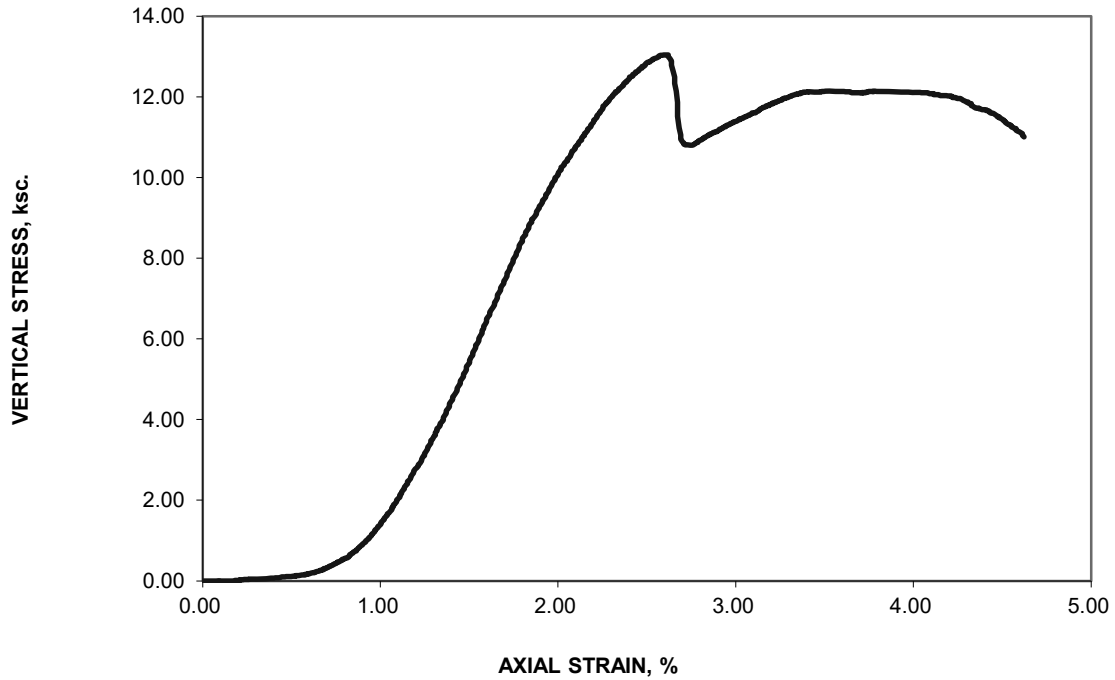
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.296	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+190	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.836	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.446	cm.
TEST NO.	2-4 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.089	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.62	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	13.04
Undrained Shear Strength (Su) =	6.52
Strain at Failure , %	2.60

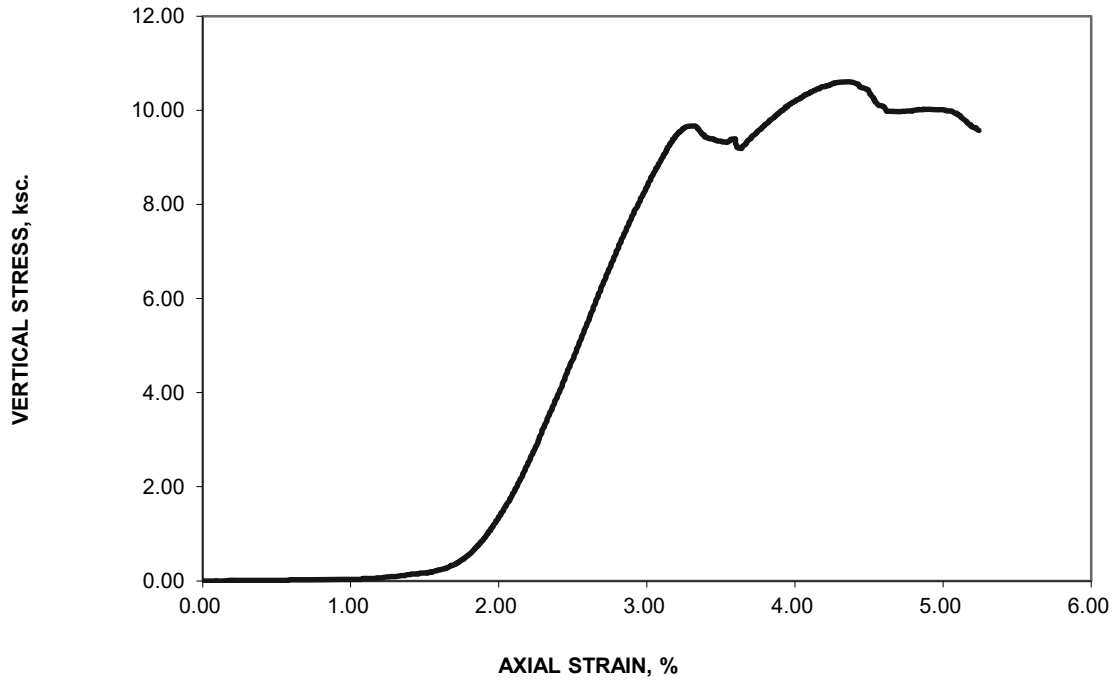
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.367	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+220	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.876	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.565	cm.
TEST NO.	2-5 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.007	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.68	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	10.61
Undrained Shear Strength (Su) =	5.30
Strain at Failure , %	4.32

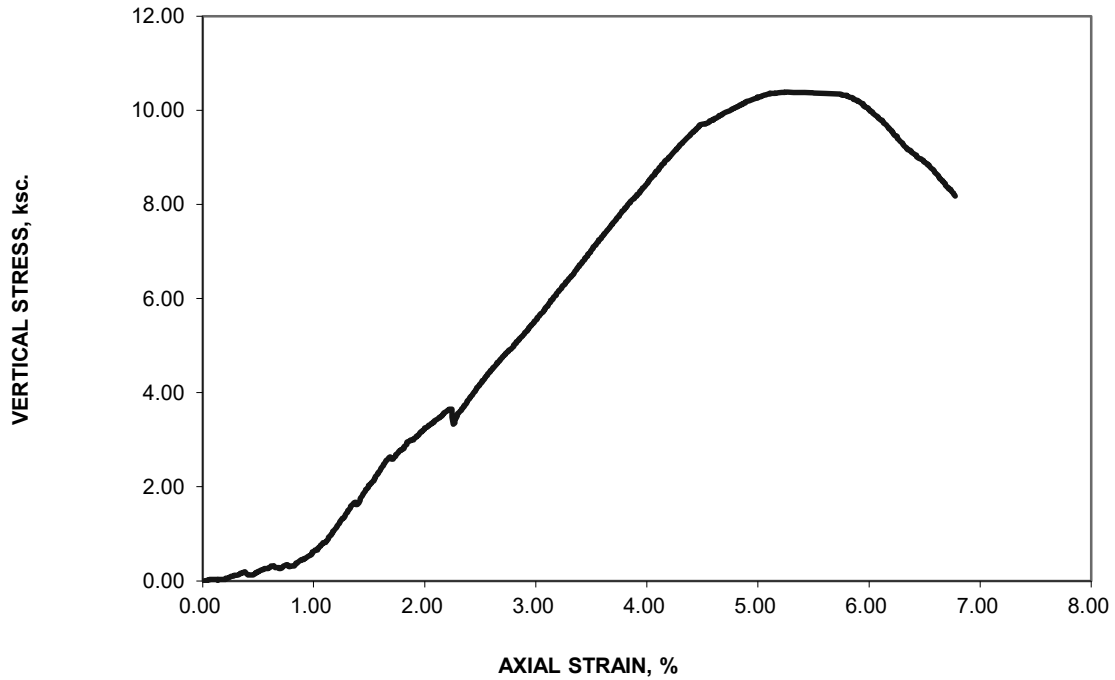
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.322	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+220	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.216	cm^2
DATE	22/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	8.105	cm.
TEST NO.	2-5 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.056	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.04	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	10.38
Undrained Shear Strength (Su) =	5.19
Strain at Failure , %	5.38

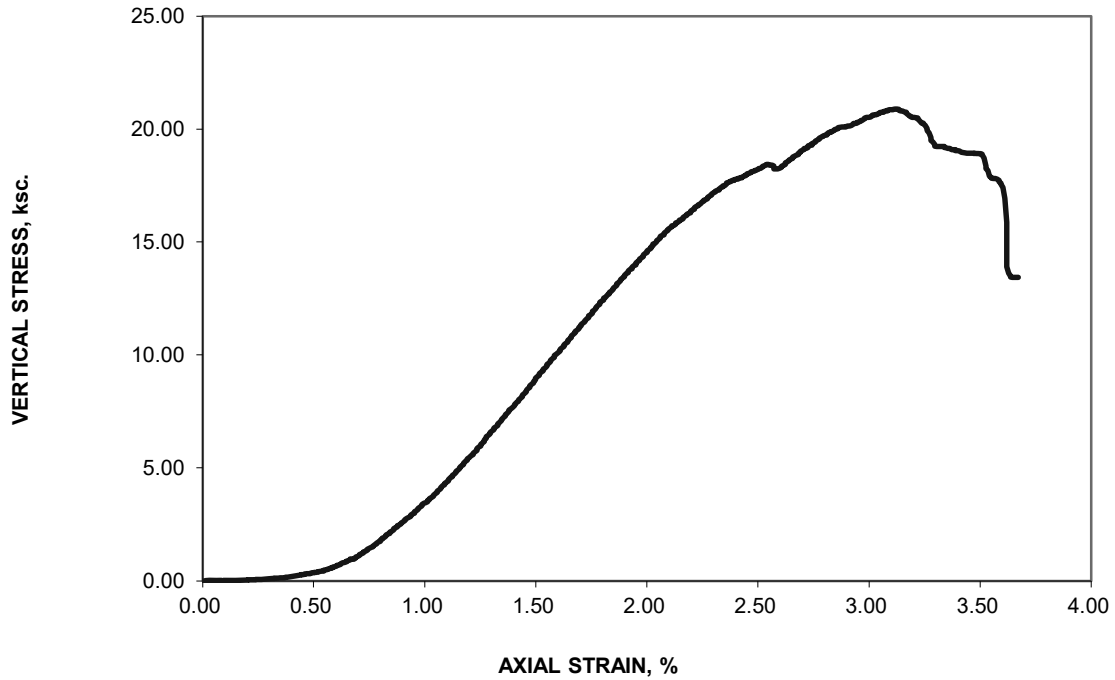
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.378	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+800	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.038	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.742	cm.
TEST NO.	1-1 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.898	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	10.93	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	20.89
Undrained Shear Strength (Su) =	10.45
Strain at Failure , %	3.12

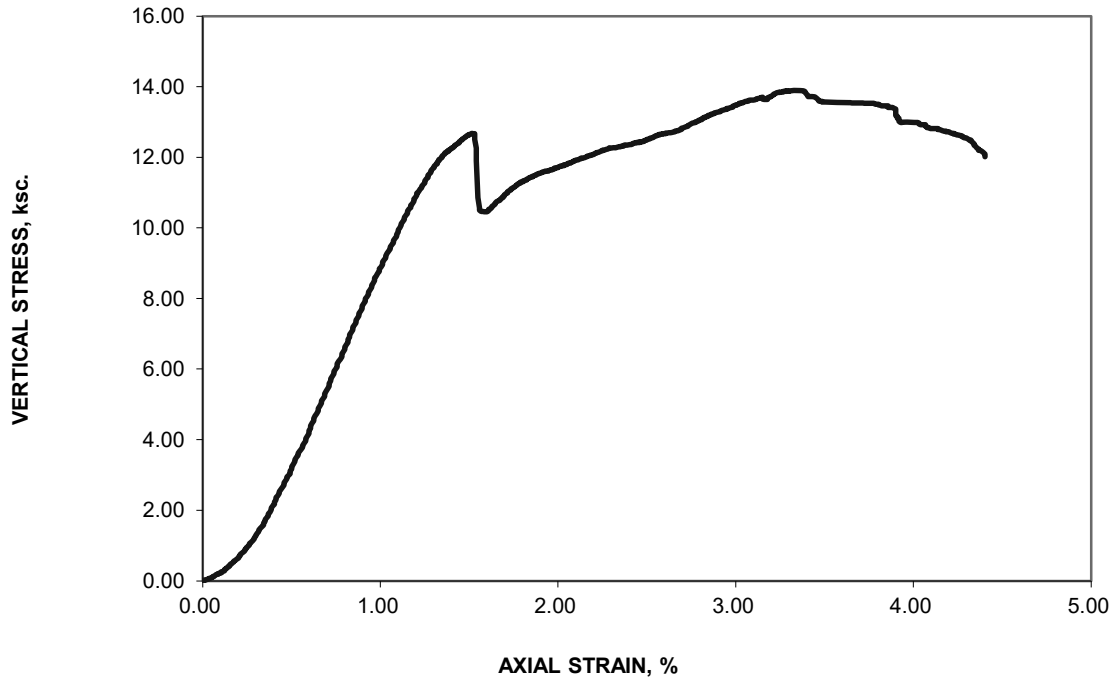
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.307	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+800	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.997	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.358	cm.
TEST NO.	1-1 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.912	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	10.82	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	13.89
Undrained Shear Strength (Su) =	6.95
Strain at Failure , %	3.33

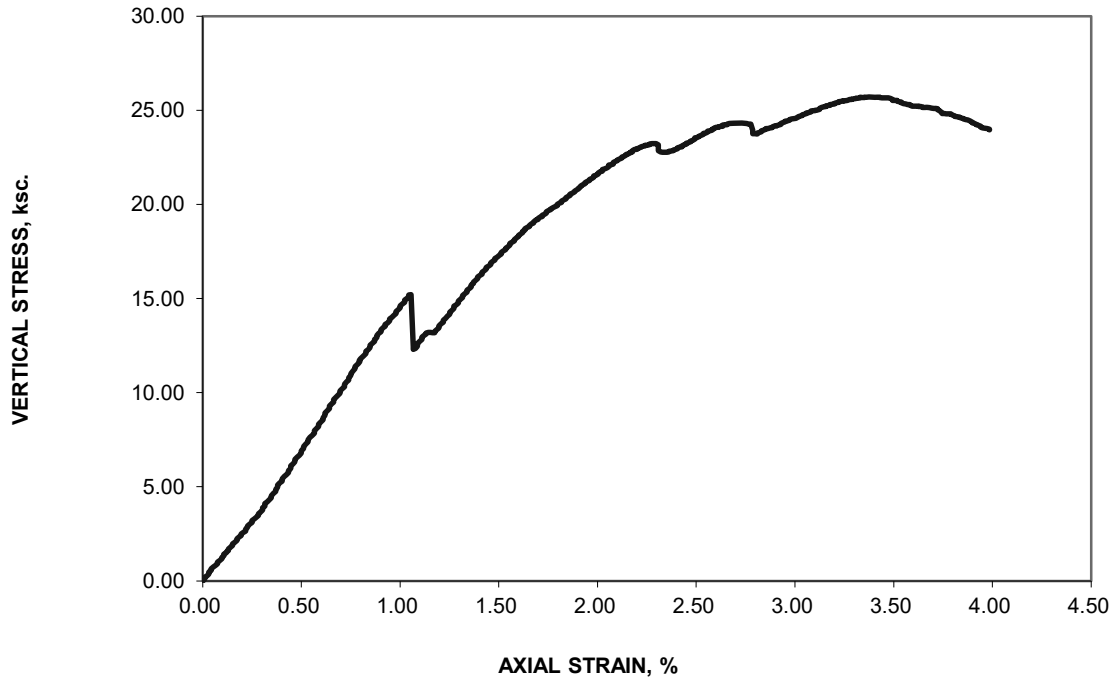
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.347	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+770	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.583	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	9.186	cm.
TEST NO.	1-2 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.094	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.25	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	25.70
Undrained Shear Strength (Su) =	12.85
Strain at Failure , %	3.38

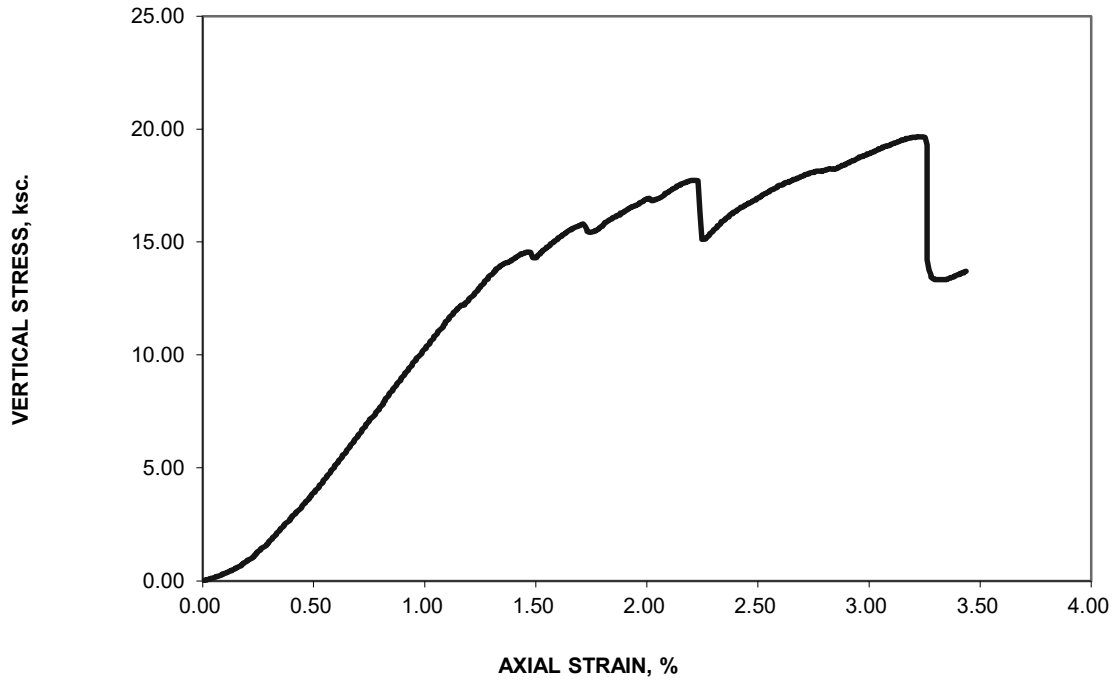
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.300	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+770	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.895	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.437	cm.
TEST NO.	1-2 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.066	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.73	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	19.67
Undrained Shear Strength (Su) =	9.83
Strain at Failure , %	3.24

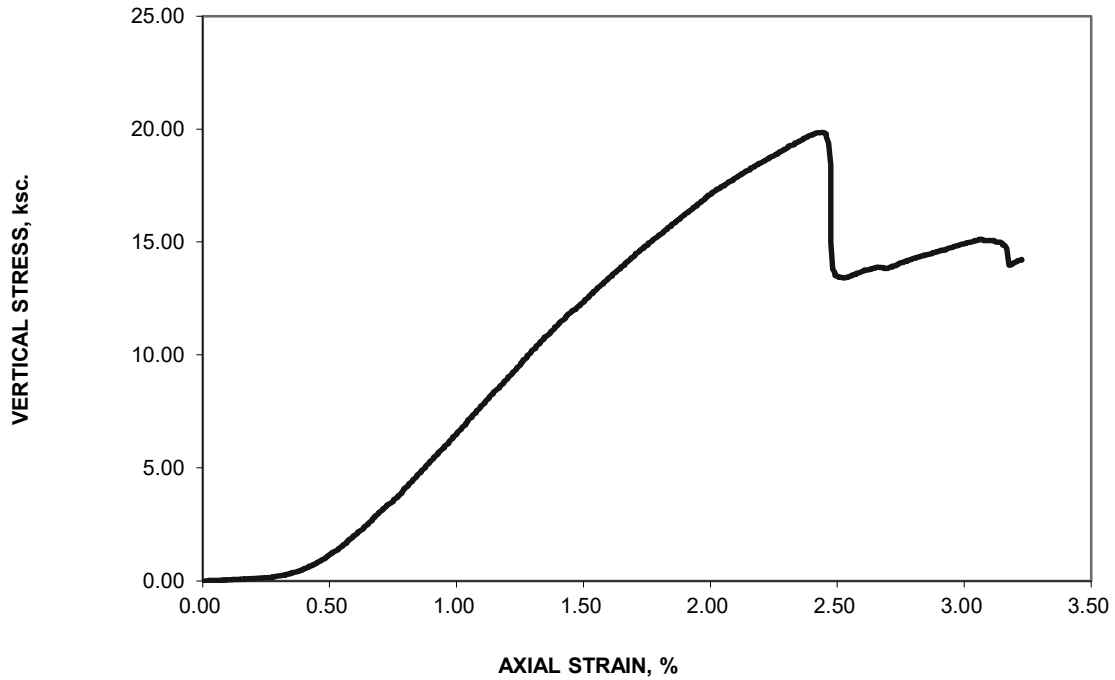
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.344	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+740	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.539	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.964	cm.
TEST NO.	1-3 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.076	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.94	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	19.85
Undrained Shear Strength (Su) =	9.92
Strain at Failure , %	2.43

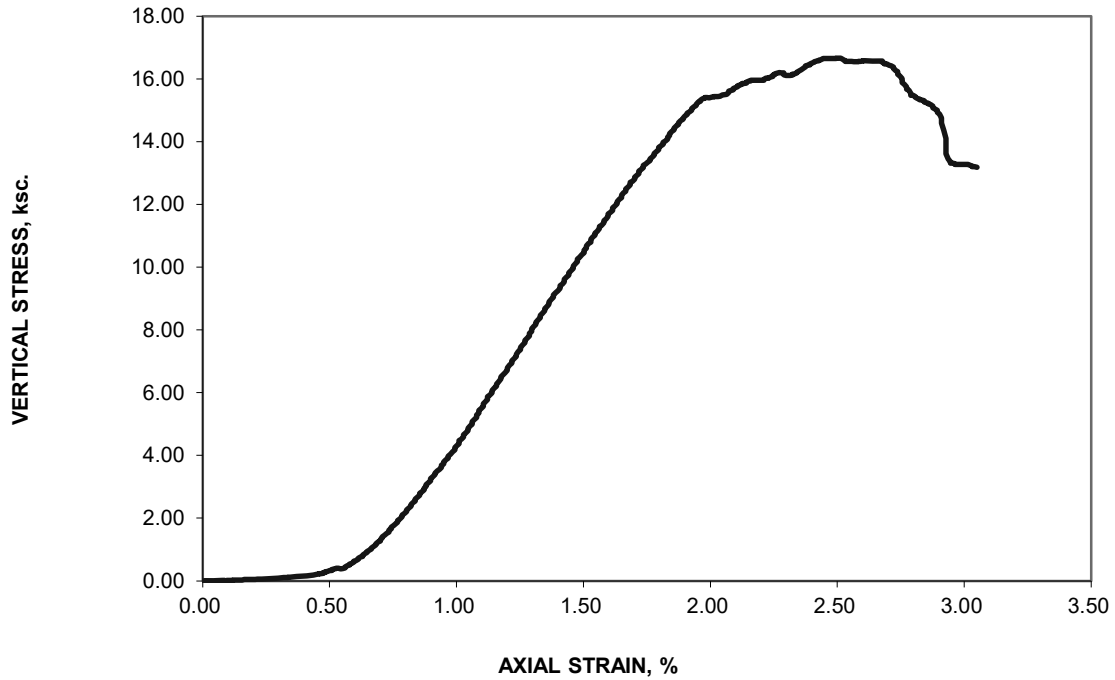
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.374	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+740	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.979	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.577	cm.
TEST NO.	1-3 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.082	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.24	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	16.66
Undrained Shear Strength (Su) =	8.33
Strain at Failure , %	2.51

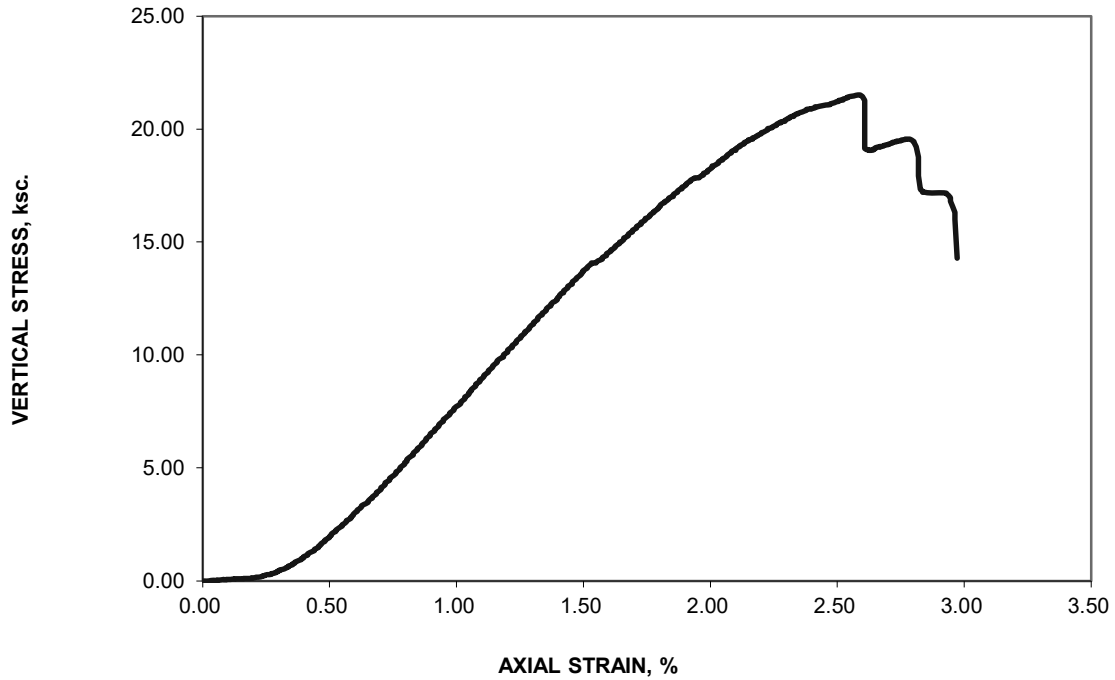
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.390	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+710	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.215	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.812	cm.
TEST NO.	1-4 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.089	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.65	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	21.51
Undrained Shear Strength (Su) =	10.75
Strain at Failure , %	2.58

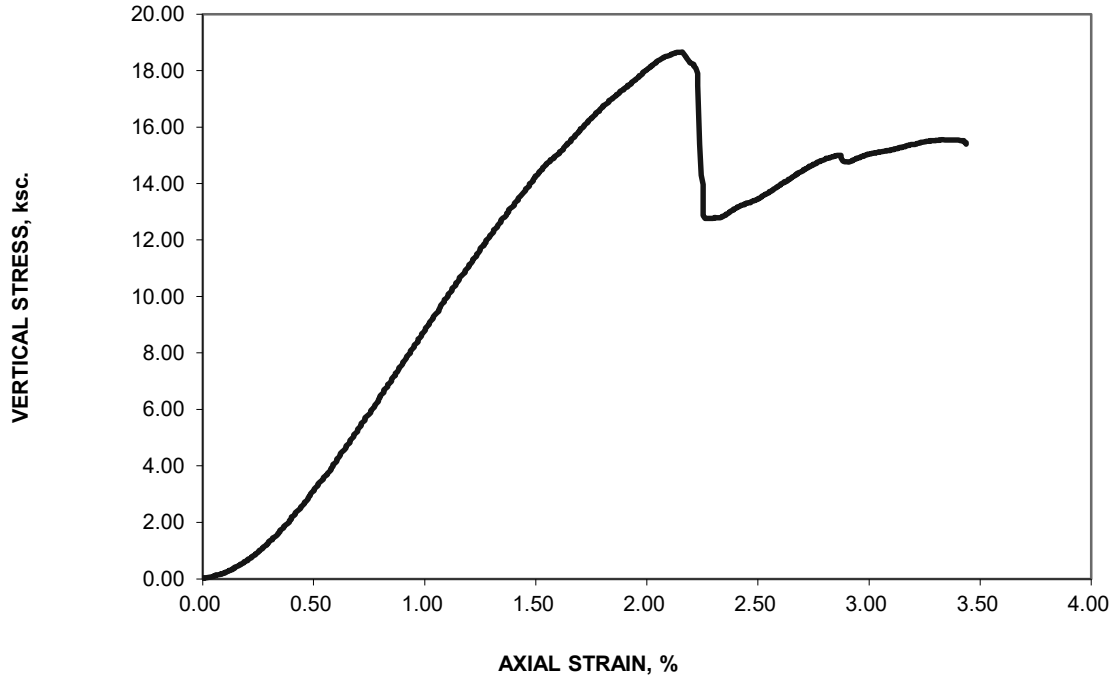
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.335	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+710	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.407	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.758	cm.
TEST NO.	1-4 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.091	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.67	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	18.66
Undrained Shear Strength (Su) =	9.33
Strain at Failure , %	2.16

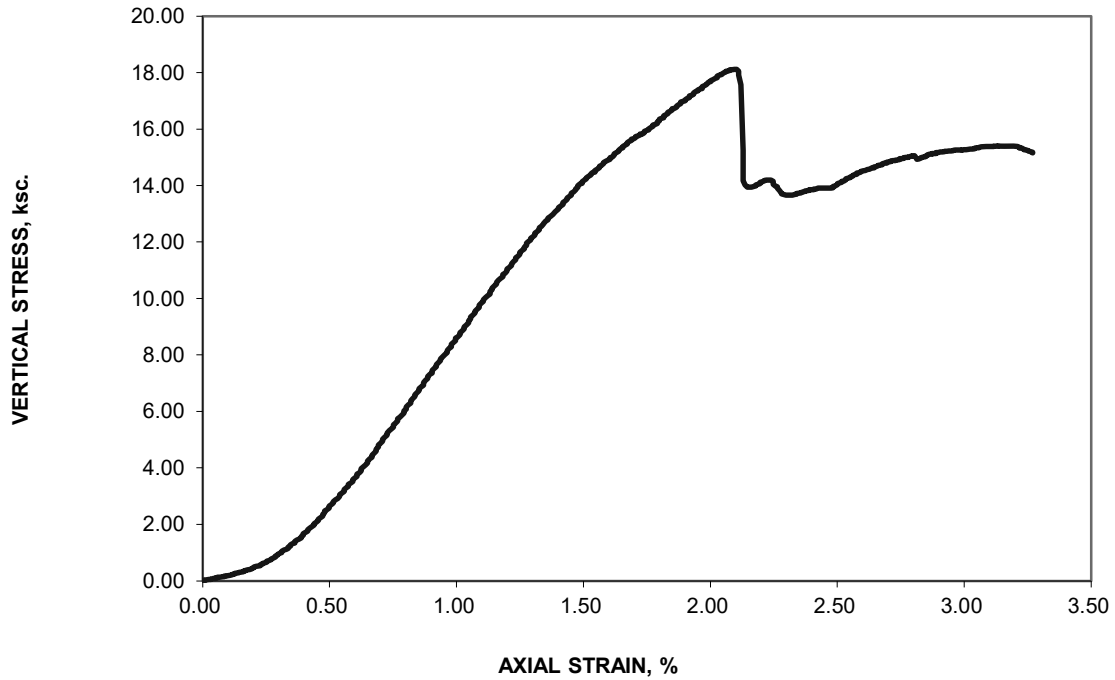
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.371	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+680	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.935	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.838	cm.
TEST NO.	1-5 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.063	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.05	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	18.11
Undrained Shear Strength (Su) =	9.06
Strain at Failure , %	2.10

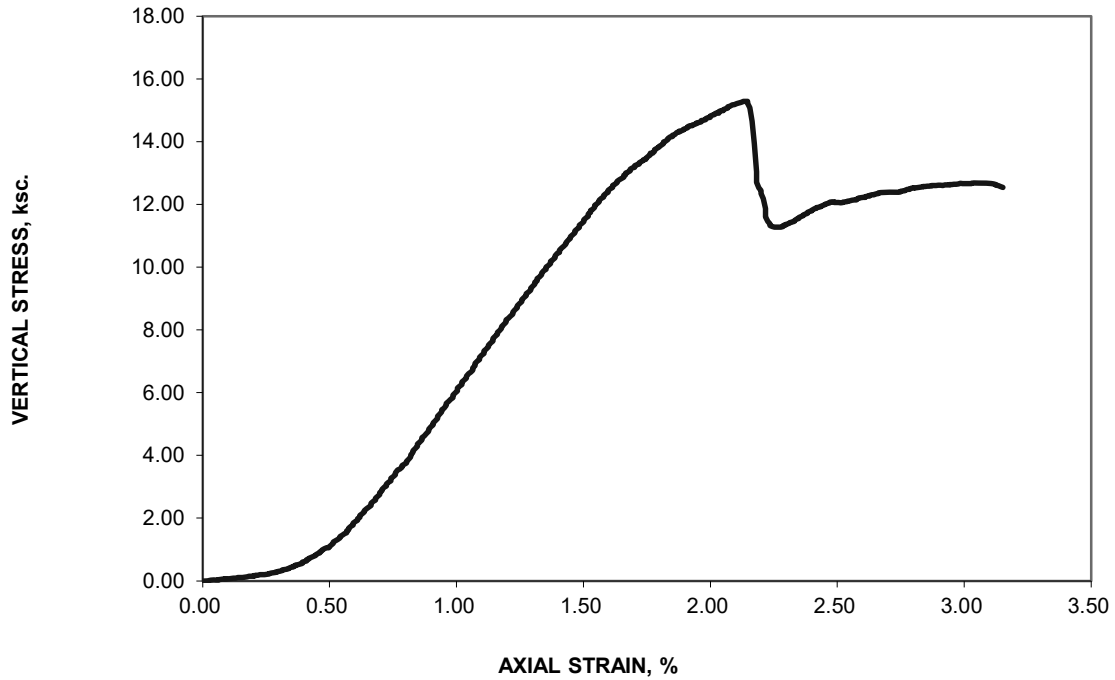
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.315	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+680	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.114	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.456	cm.
TEST NO.	1-5 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.071	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.82	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	15.29
Undrained Shear Strength (Su) =	7.64
Strain at Failure , %	2.13

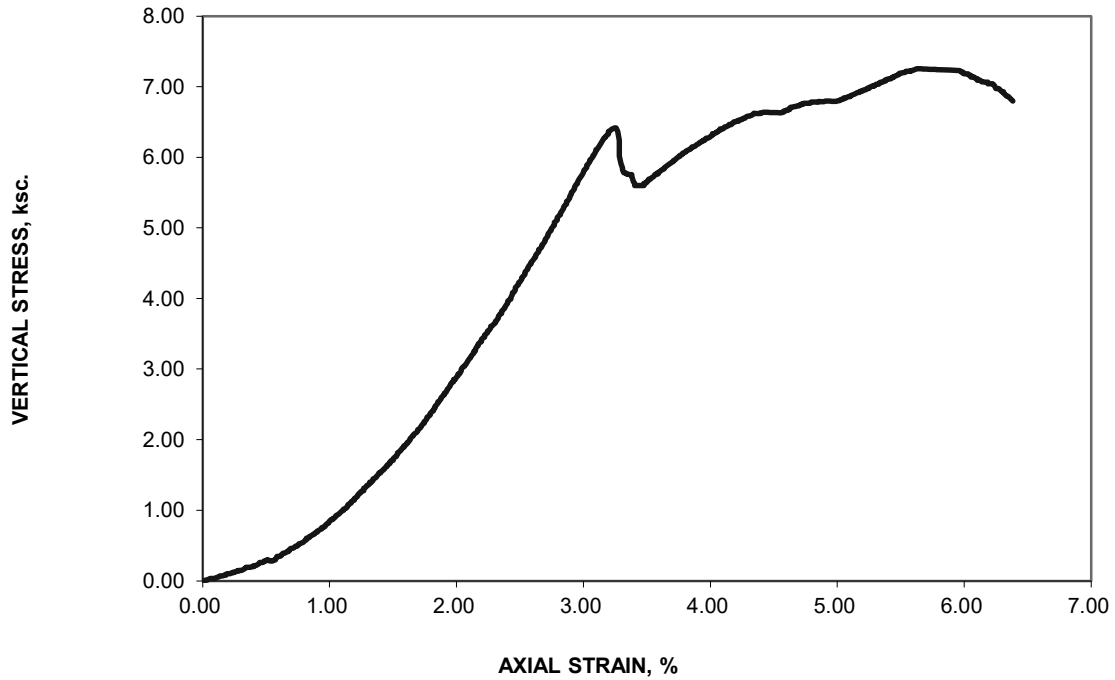
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.001	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+100	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	63.599	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	8.194	cm.
TEST NO.	2-1 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.151	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	5.65	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	7.26
Undrained Shear Strength (Su) =	3.63
Strain at Failure , %	5.62

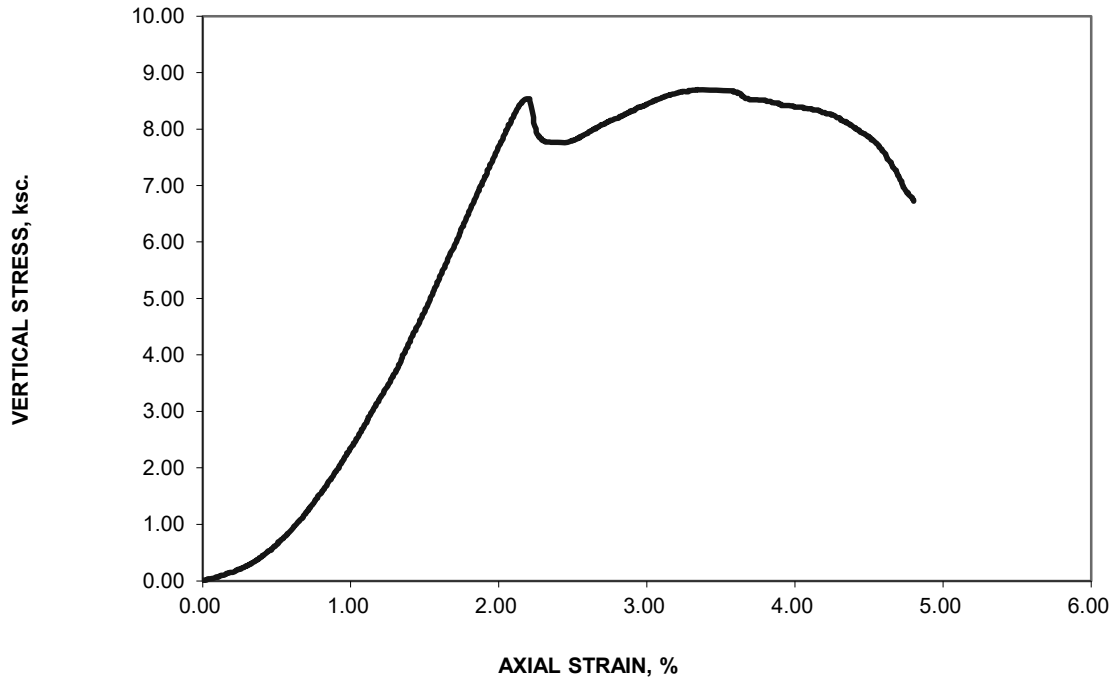
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.198	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+100	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	66.414	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.185	cm.
TEST NO.	2-1 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.077	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.24	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	8.70
Undrained Shear Strength (Su) =	4.35
Strain at Failure , %	3.34

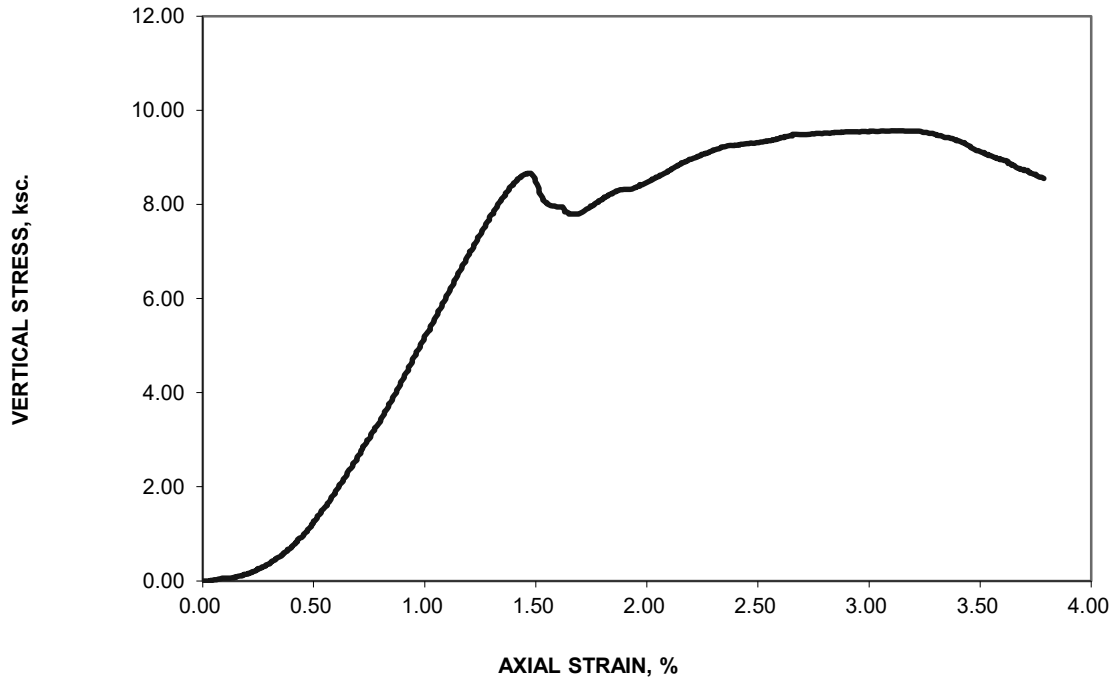
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.337	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+130	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.436	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.225	cm.
TEST NO.	2-2 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.106	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.53	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	9.57
Undrained Shear Strength (Su) =	4.78
Strain at Failure , %	3.11

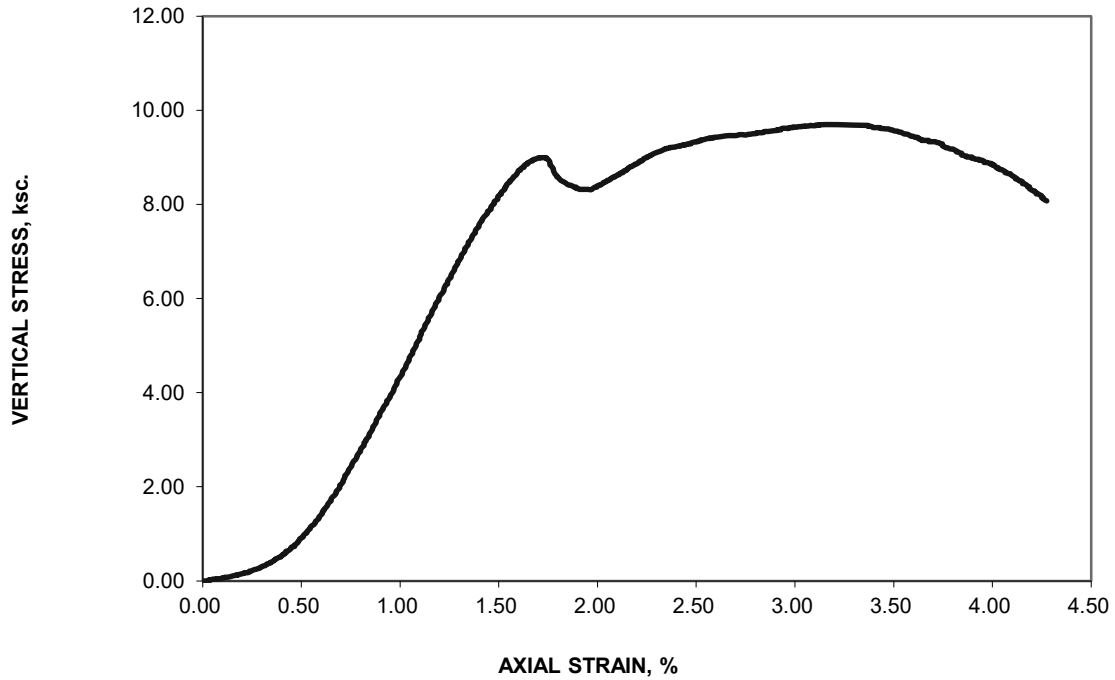
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.181	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+130	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	66.168	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.369	cm.
TEST NO.	2-2 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.082	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.45	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	9.70
Undrained Shear Strength (Su) =	4.85
Strain at Failure , %	3.16

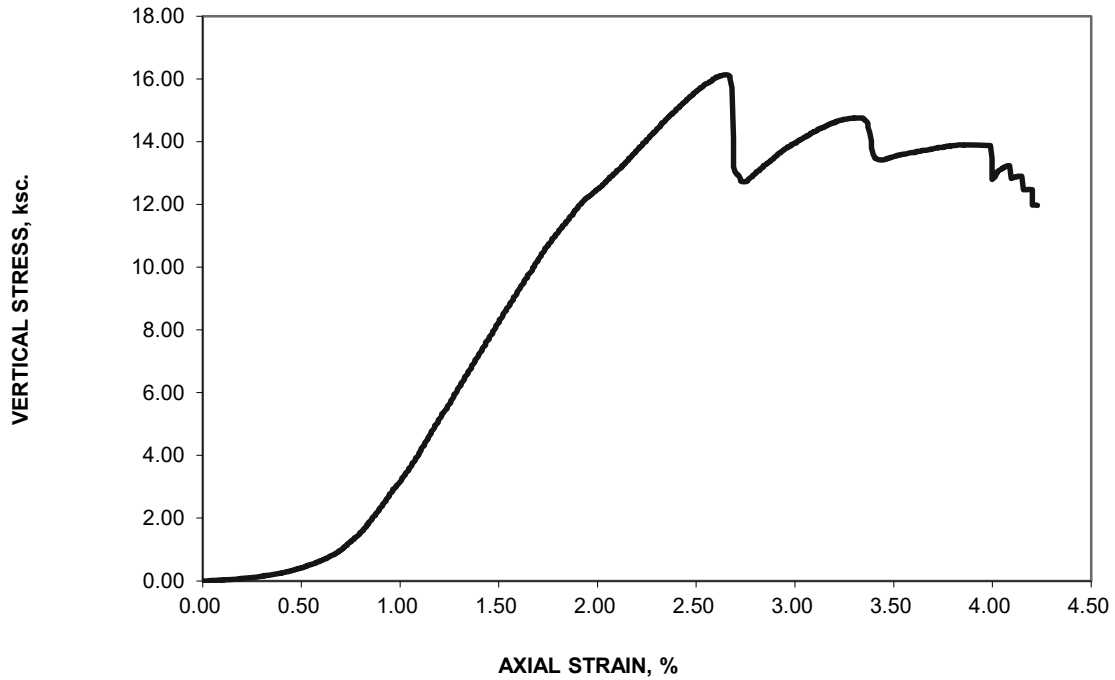
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.385	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+160	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.141	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.306	cm.
TEST NO.	2-3 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.126	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.47	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	16.13
Undrained Shear Strength (Su) =	8.06
Strain at Failure , %	2.64

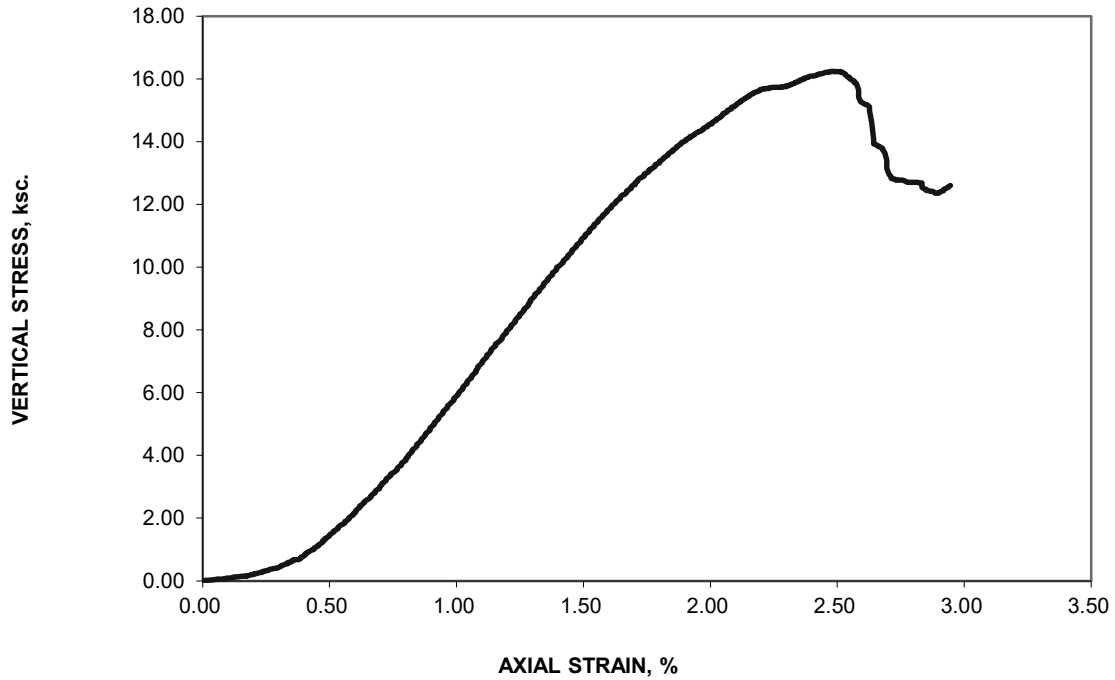
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.396	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+160	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.304	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.612	cm.
TEST NO.	2-3 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.109	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.13	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	16.24
Undrained Shear Strength (Su) =	8.12
Strain at Failure , %	2.48

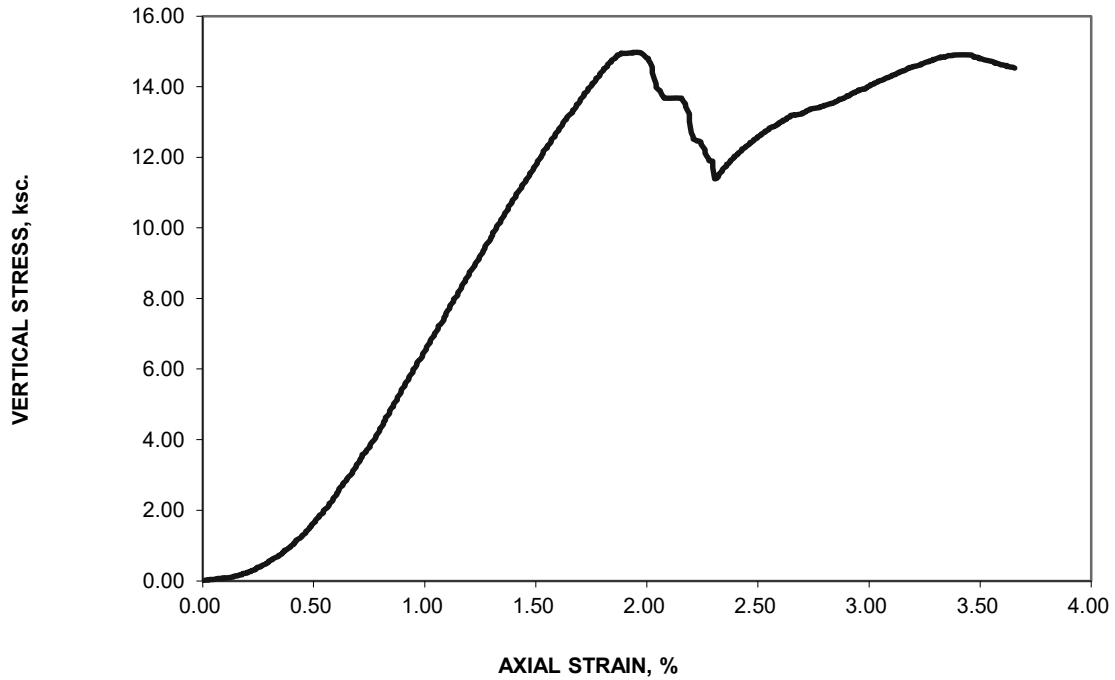
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.399	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+190	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.348	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.409	cm.
TEST NO.	2-4 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.156	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.56	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	14.91
Undrained Shear Strength (Su) =	7.45
Strain at Failure , %	3.42

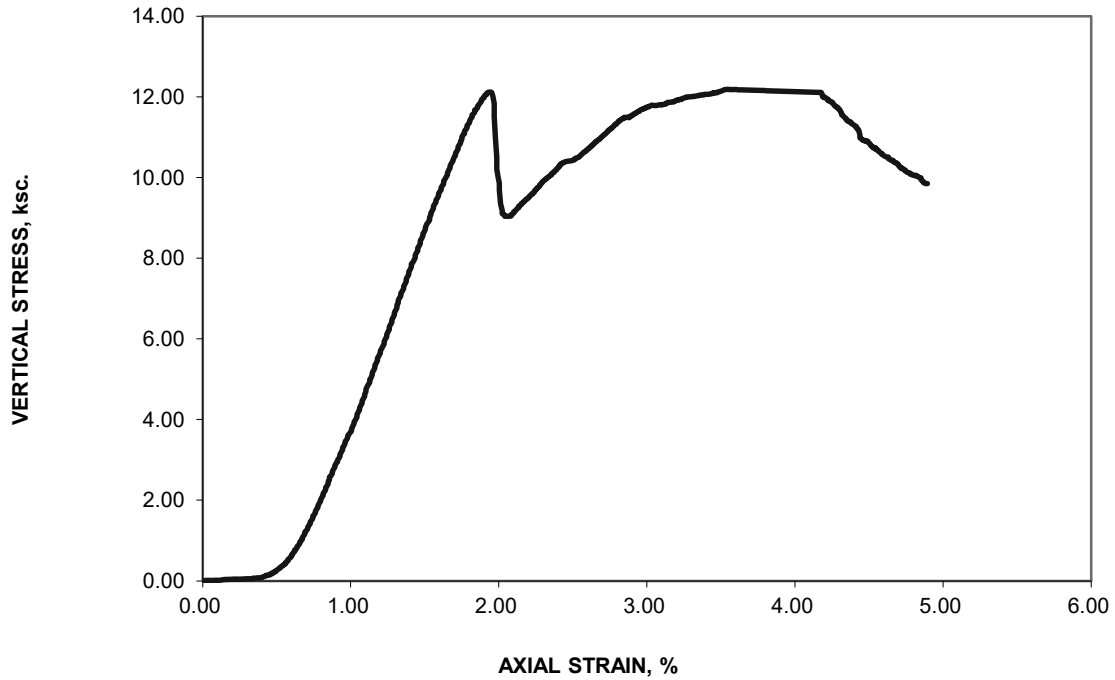
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.382	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+190	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	69.097	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.422	cm.
TEST NO.	2-4 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.156	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.20	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.19
Undrained Shear Strength (Su) =	6.09
Strain at Failure , %	3.53

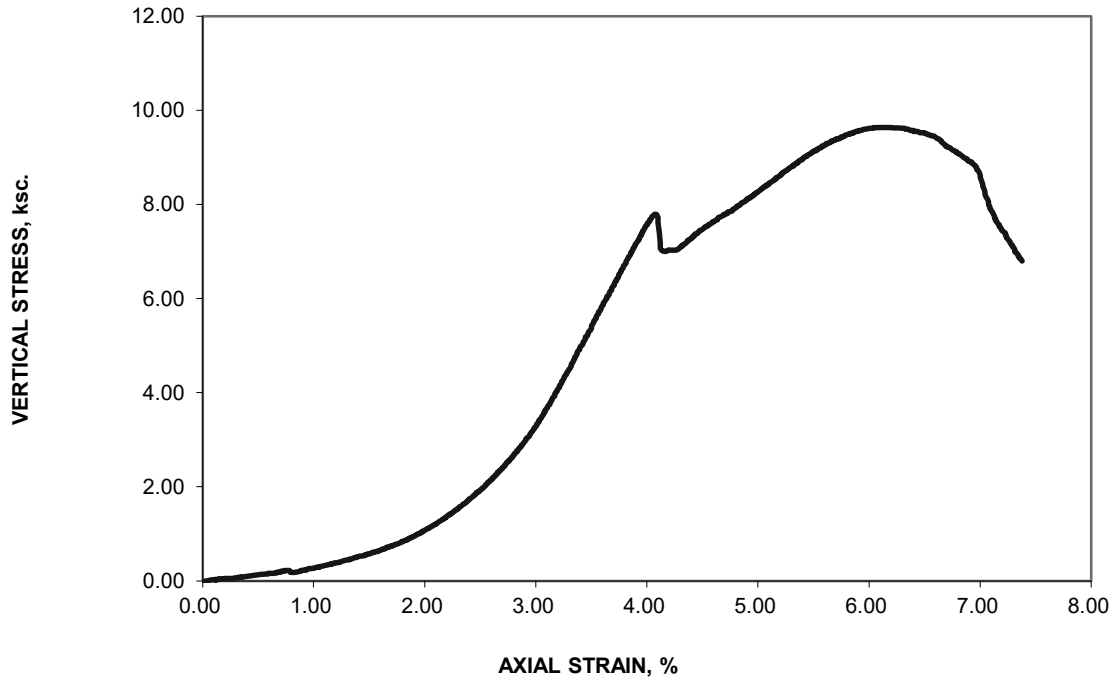
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.367	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+220	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.876	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	9.340	cm.
TEST NO.	2-5 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.973	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.31	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	9.64
Undrained Shear Strength (Su) =	4.82
Strain at Failure , %	6.12

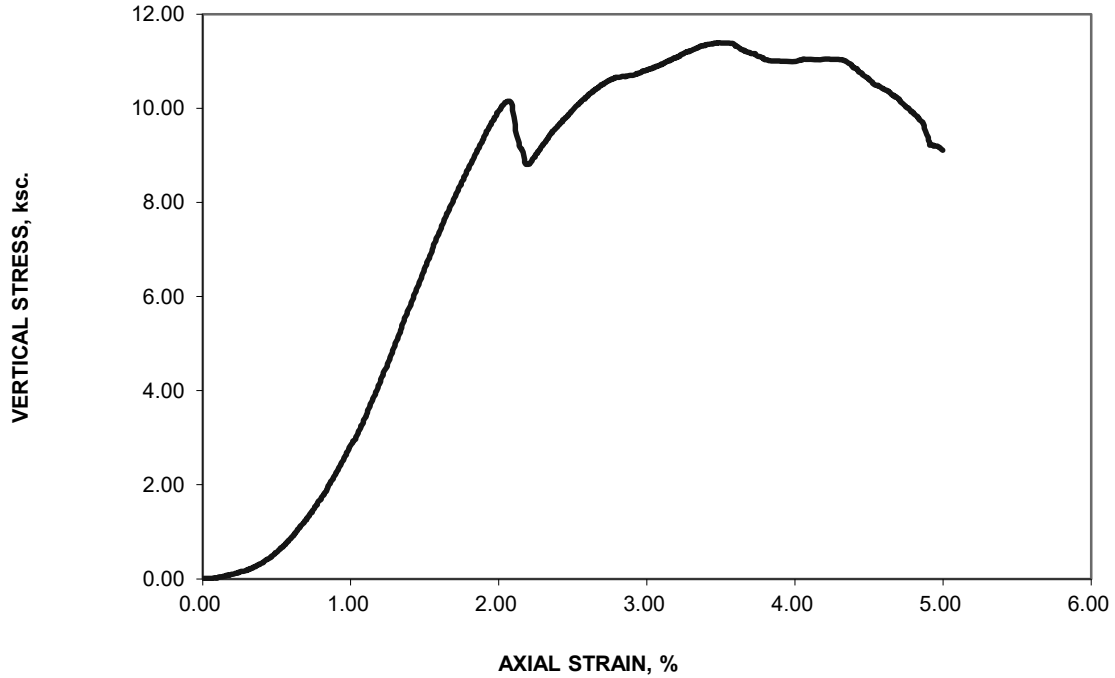
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.342	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+220	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.509	cm^2
DATE	25/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.225	cm.
TEST NO.	2-5 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.060	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.46	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	17.49
Undrained Shear Strength (Su) =	8.75
Strain at Failure , %	4.93

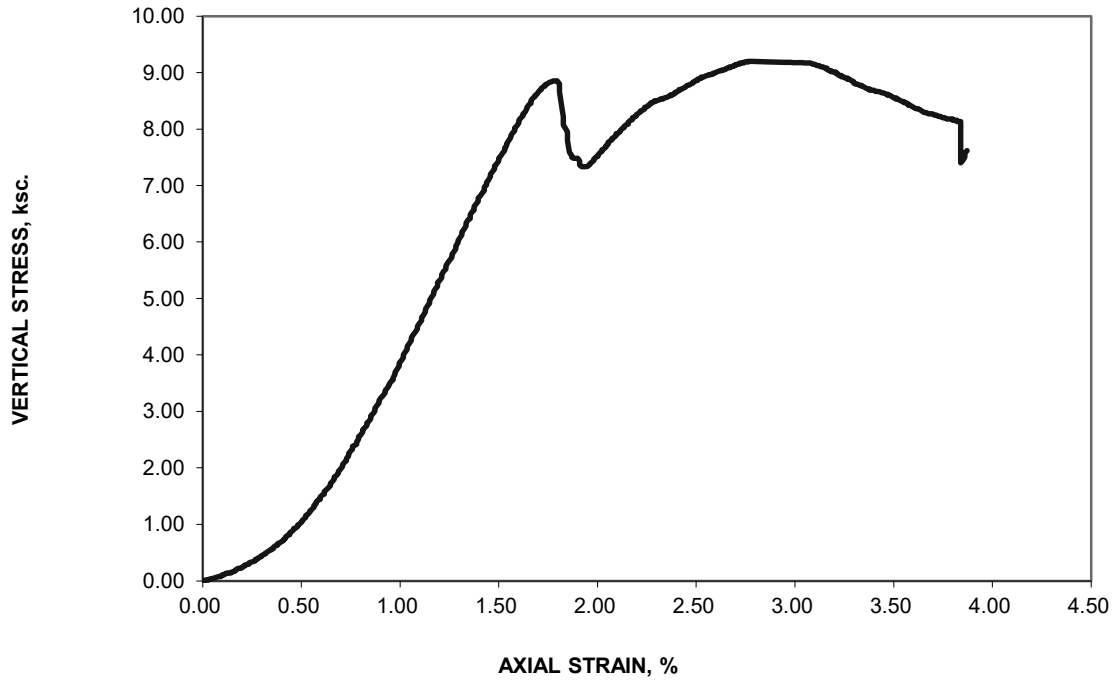
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.240	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+800	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.021	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	9.740	cm.
TEST NO.	1-1 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.767	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	12.68	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	9.28
Undrained Shear Strength (Su) =	4.64
Strain at Failure , %	2.77

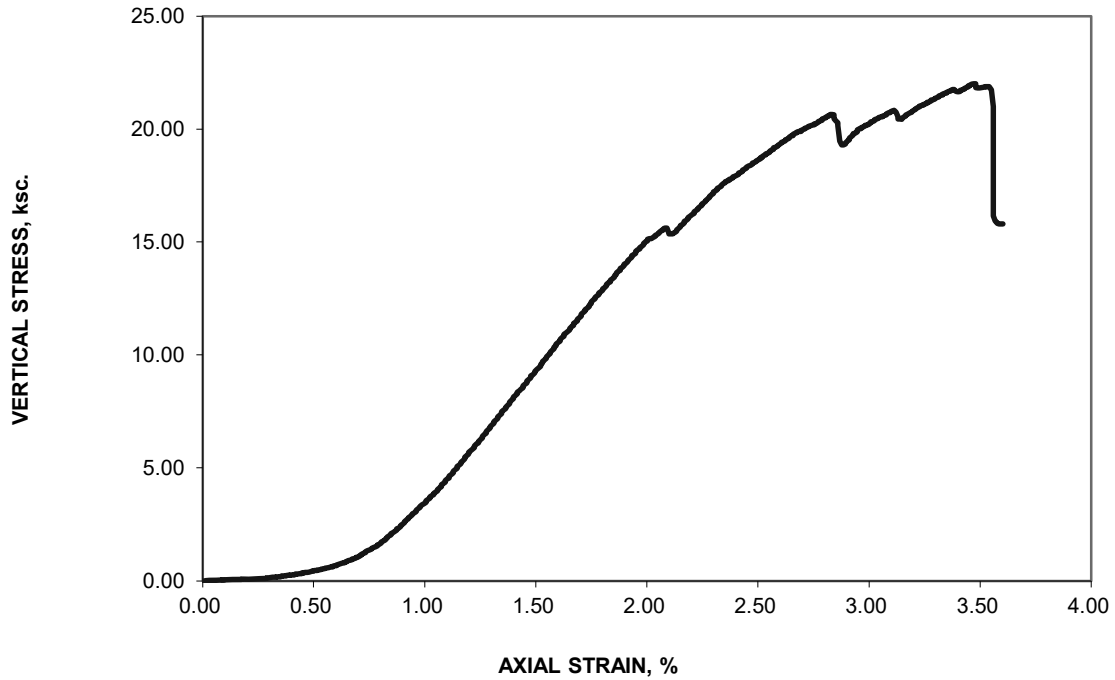
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.305	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+800	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.968	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.436	cm.
TEST NO.	1-1 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.005	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	10.81	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	22.01
Undrained Shear Strength (Su) =	11.00
Strain at Failure , %	3.47

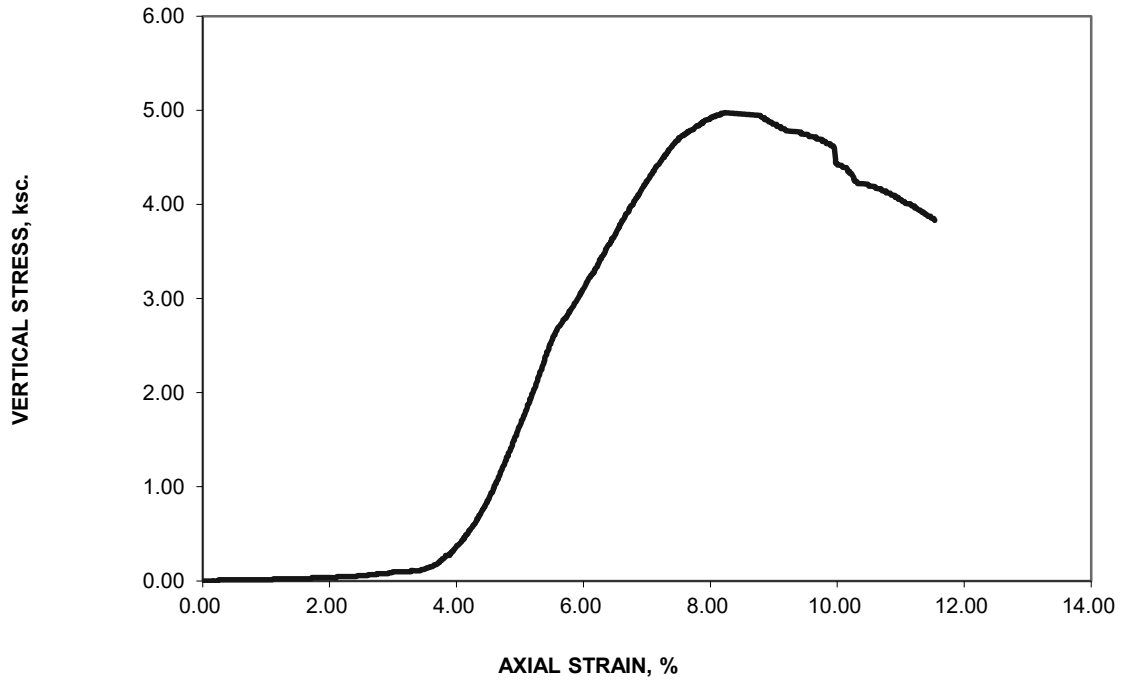
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.045	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+770	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	64.222	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.268	cm.
TEST NO.	1-2 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.605	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	9.95	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	4.98
Undrained Shear Strength (Su) =	2.49
Strain at Failure , %	8.22

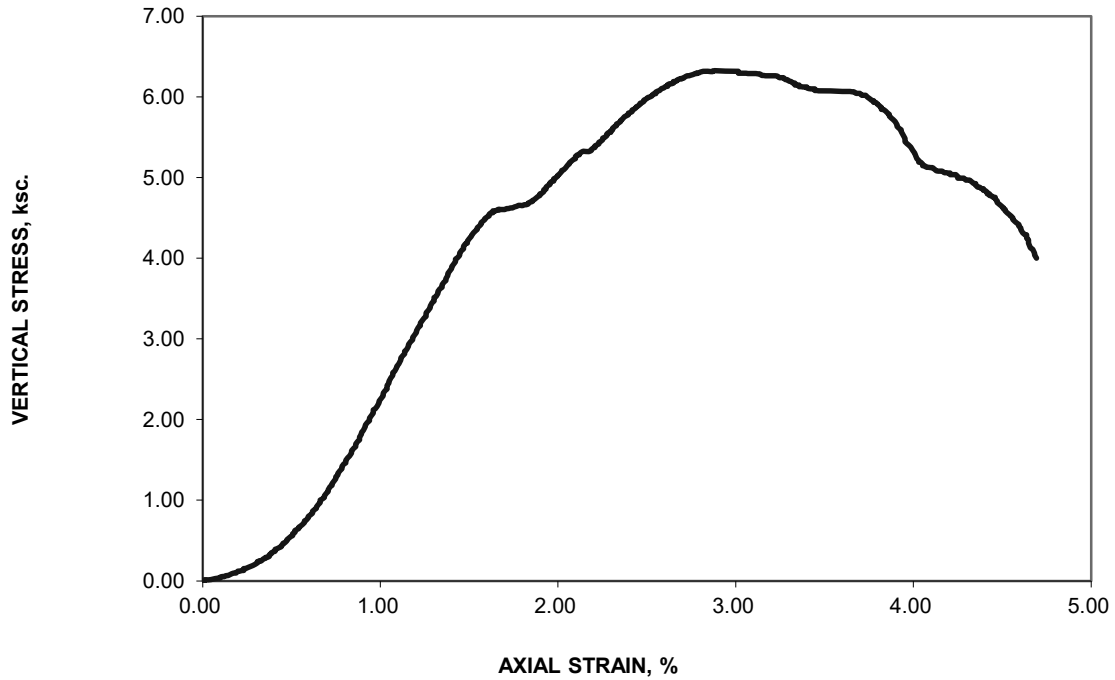
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.176	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+770	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	66.096	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	9.058	cm.
TEST NO.	1-2 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.740	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	10.84	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	6.32
Undrained Shear Strength (Su) =	3.16
Strain at Failure , %	2.87

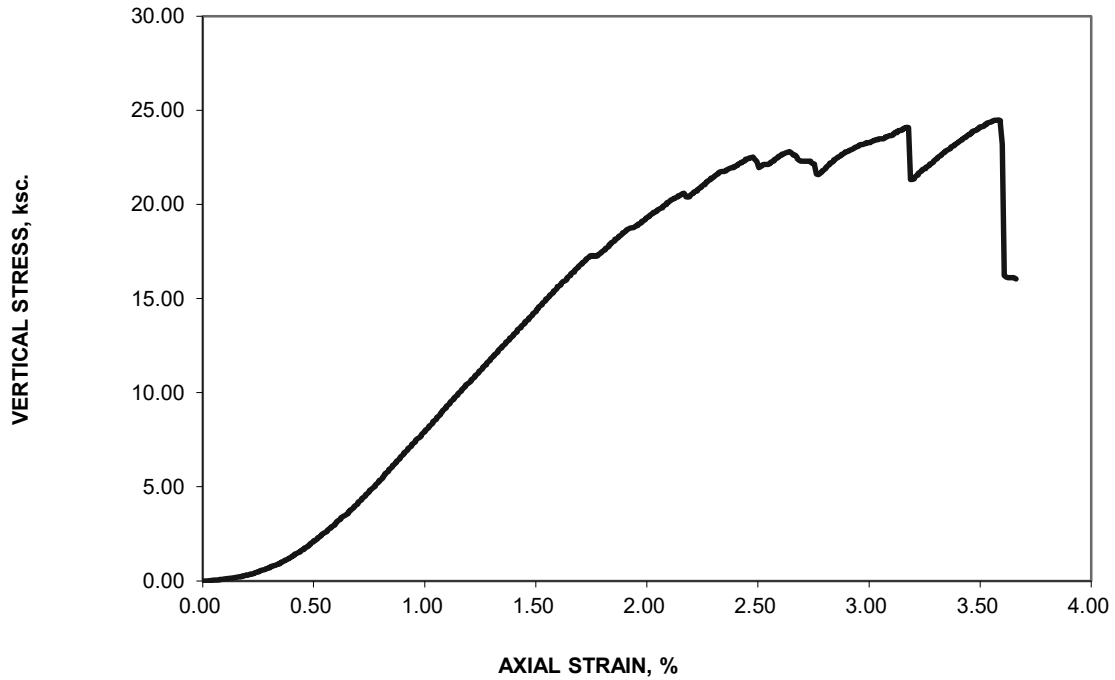
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.324	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+740	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.246	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.582	cm.
TEST NO.	1-3 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.164	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.96	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	24.48
Undrained Shear Strength (Su) =	12.24
Strain at Failure , %	3.58

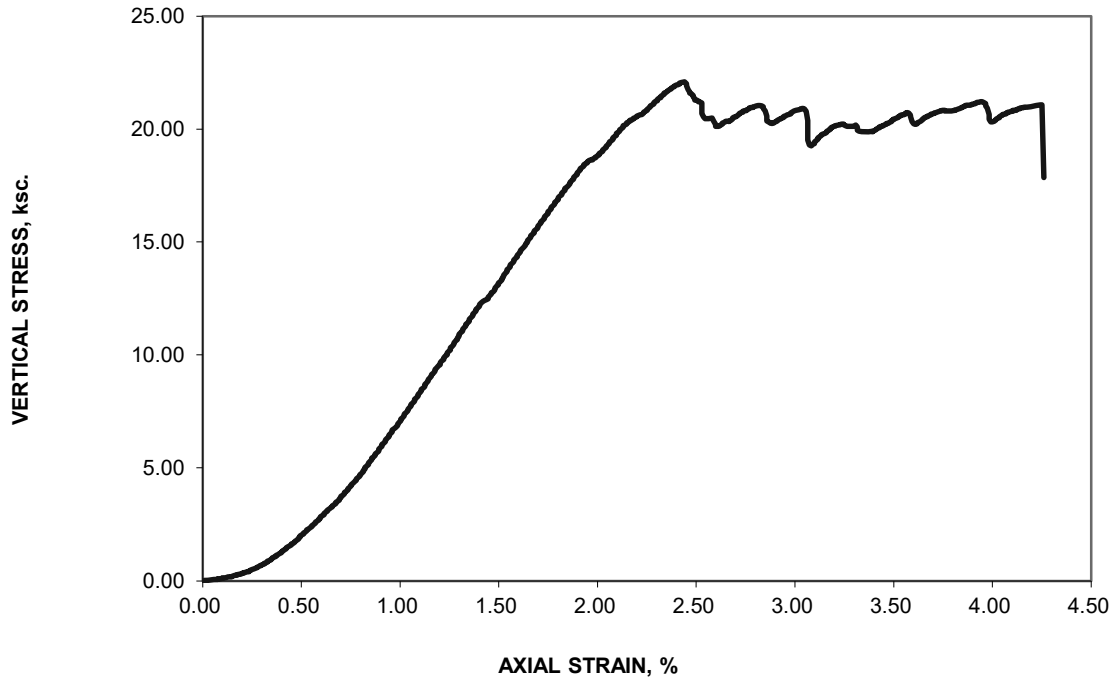
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.353	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+740	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.671	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.550	cm.
TEST NO.	1-3 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.139	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.77	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	22.09
Undrained Shear Strength (Su) =	11.04
Strain at Failure , %	2.43

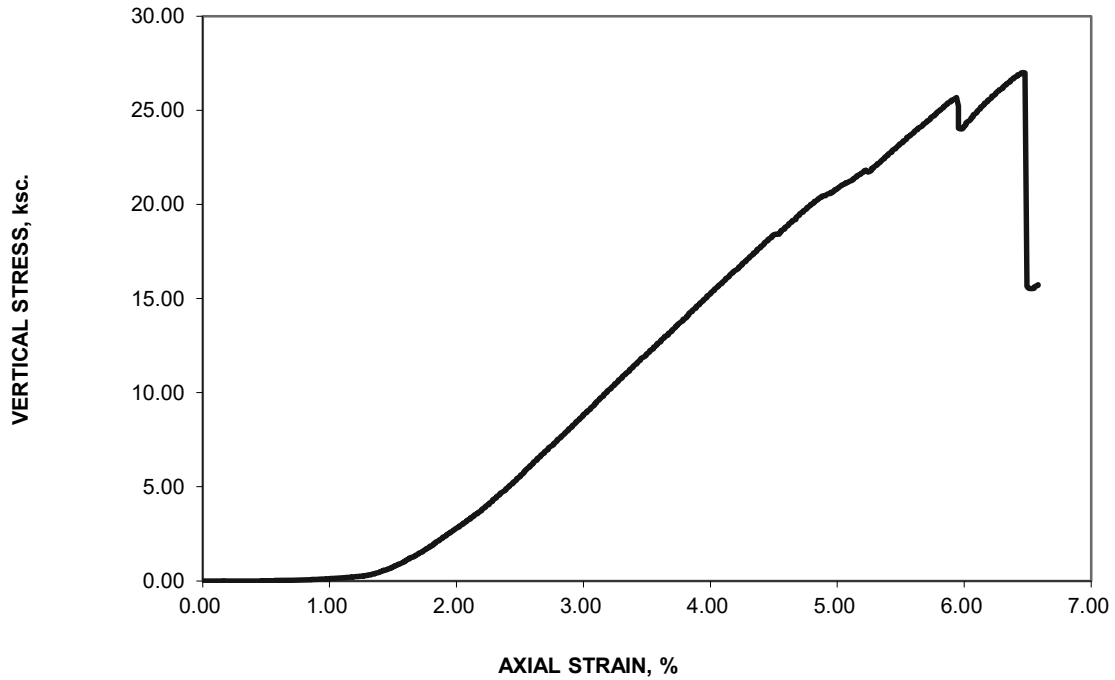
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.325	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+710	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.260	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	6.869	cm.
TEST NO.	1-4 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.100	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.27	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	27.02
Undrained Shear Strength (Su) =	13.51
Strain at Failure , %	6.46

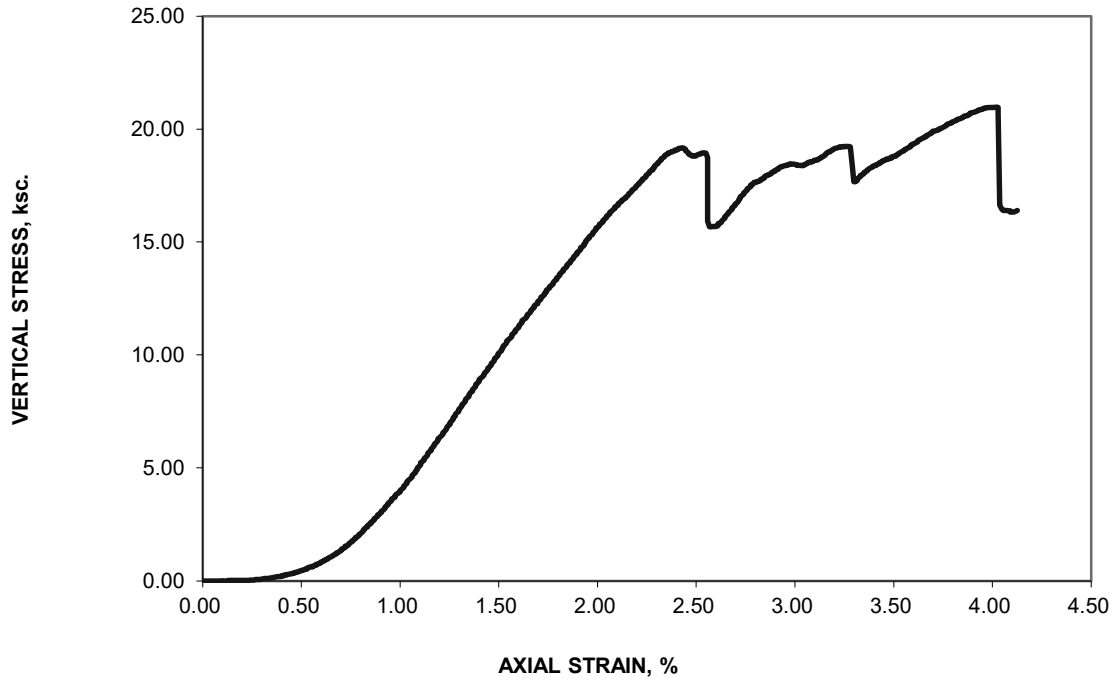
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.322	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+710	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.216	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.492	cm.
TEST NO.	1-4 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.048	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	8.28	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	20.97
Undrained Shear Strength (Su) =	10.48
Strain at Failure , %	4.02

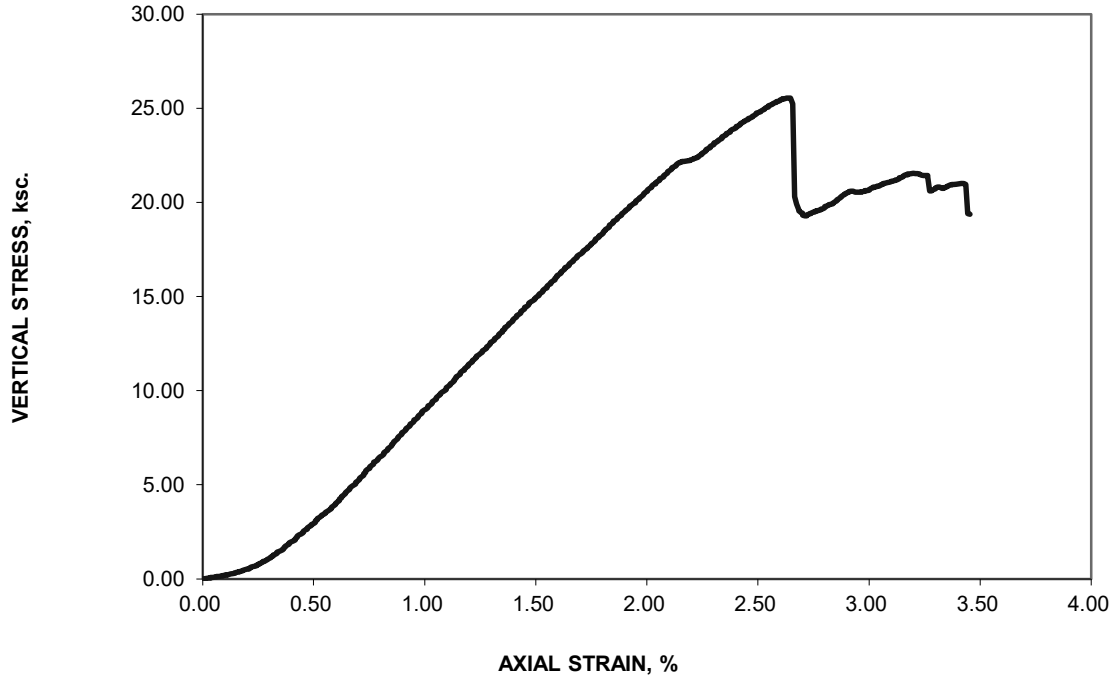
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.301	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+680	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.909	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.031	cm.
TEST NO.	1-5 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.145	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.69	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	25.55
Undrained Shear Strength (Su) =	12.77
Strain at Failure , %	2.63

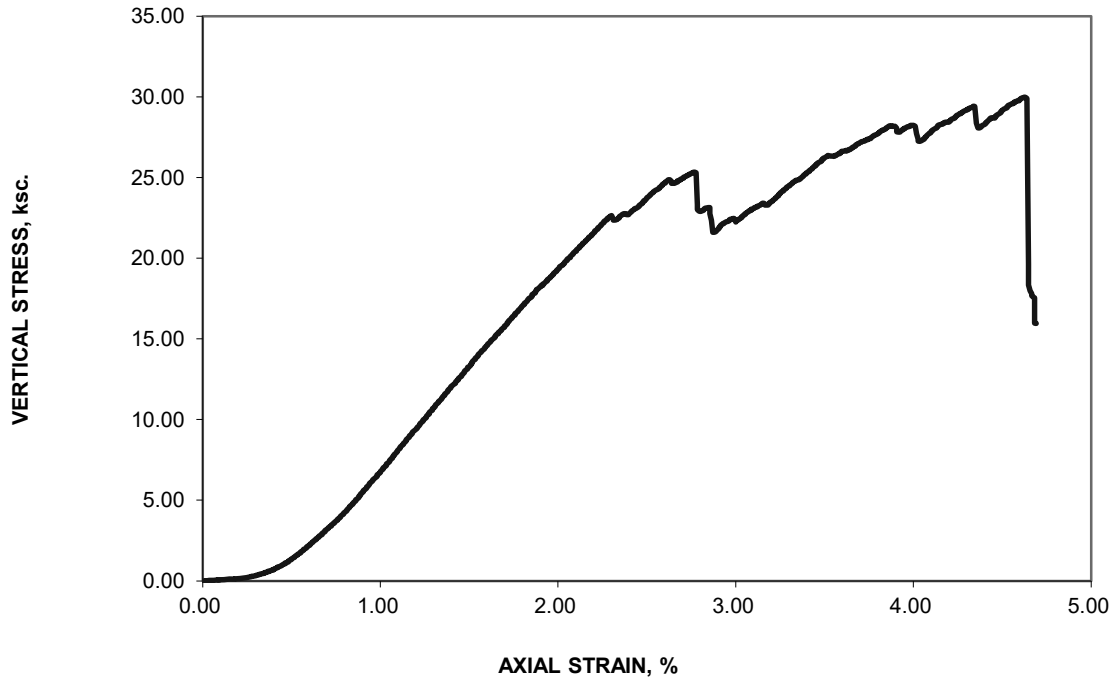
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.313	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 1 ก.ม. 1+680	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.085	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.598	cm.
TEST NO.	1-5 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.115	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	7.84	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	29.98
Undrained Shear Strength (Su) =	14.99
Strain at Failure , %	4.63

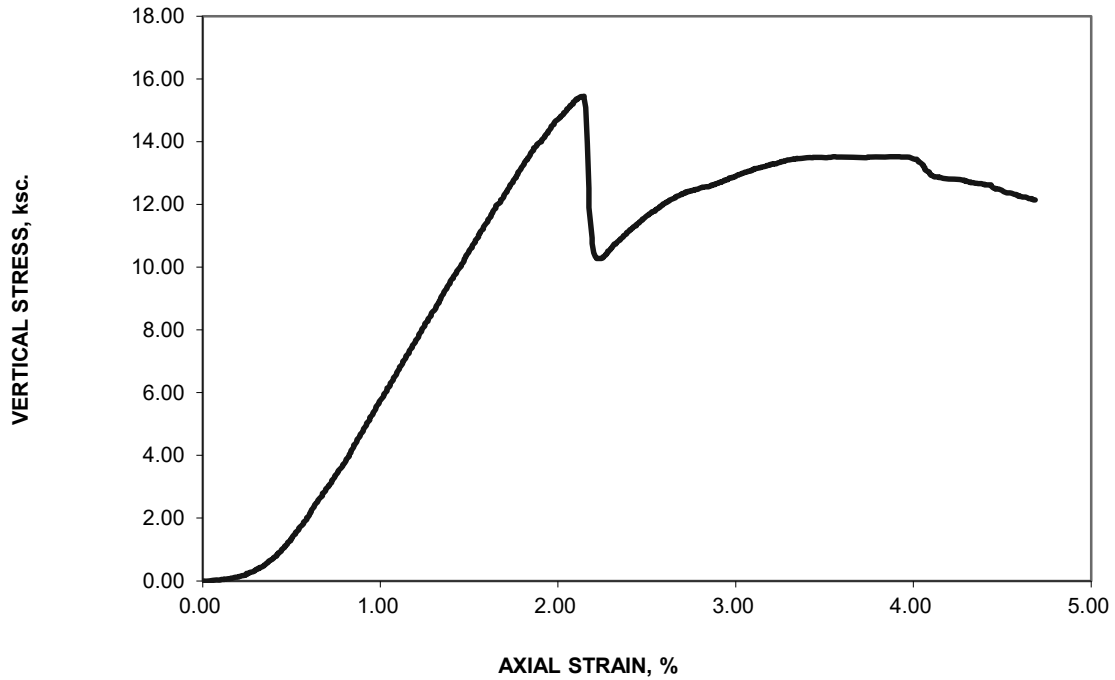
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.301	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+100	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.909	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.271	cm.
TEST NO.	2-1 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.134	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.20	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	15.44
Undrained Shear Strength (Su) =	7.72
Strain at Failure , %	2.14

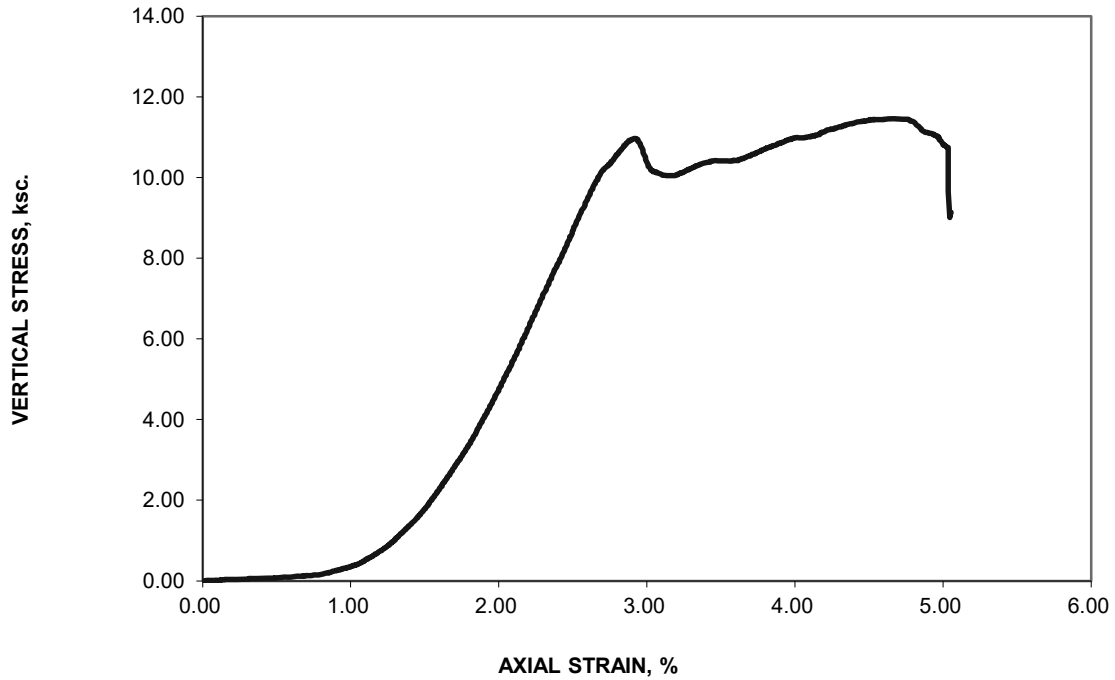
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.127	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+100	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	65.392	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.498	cm.
TEST NO.	2-1 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.093	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.88	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	11.47
Undrained Shear Strength (Su) =	5.74
Strain at Failure , %	4.63

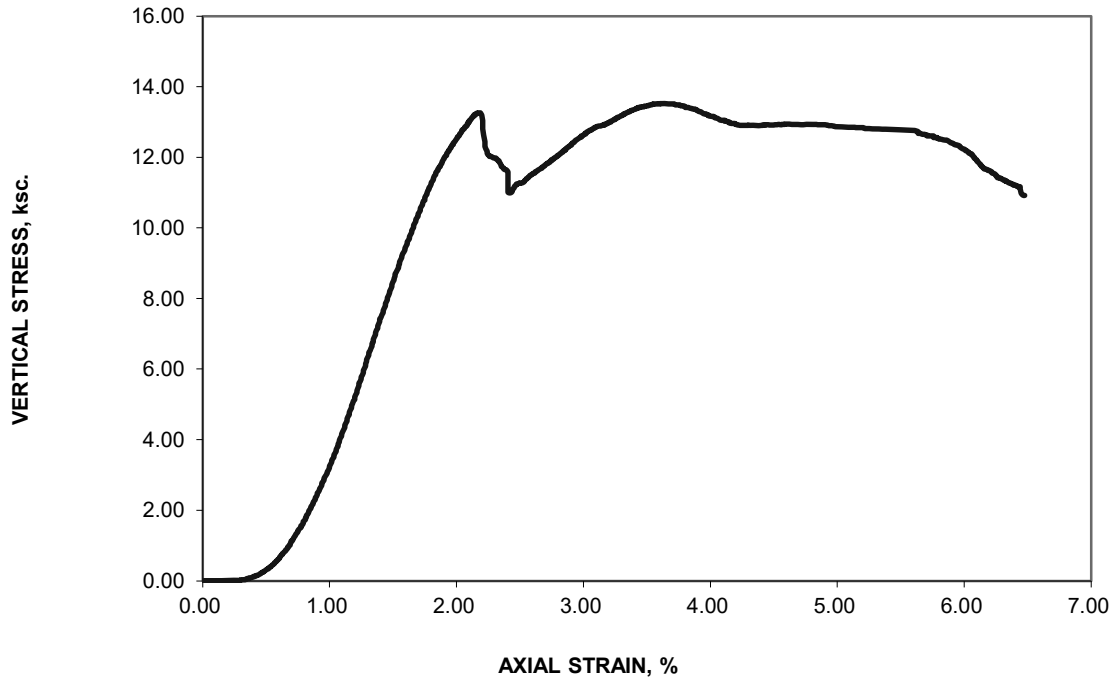
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.267	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+130	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.414	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.600	cm.
TEST NO.	2-2 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.182	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.77	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	13.52
Undrained Shear Strength (Su) =	6.76
Strain at Failure , %	3.61

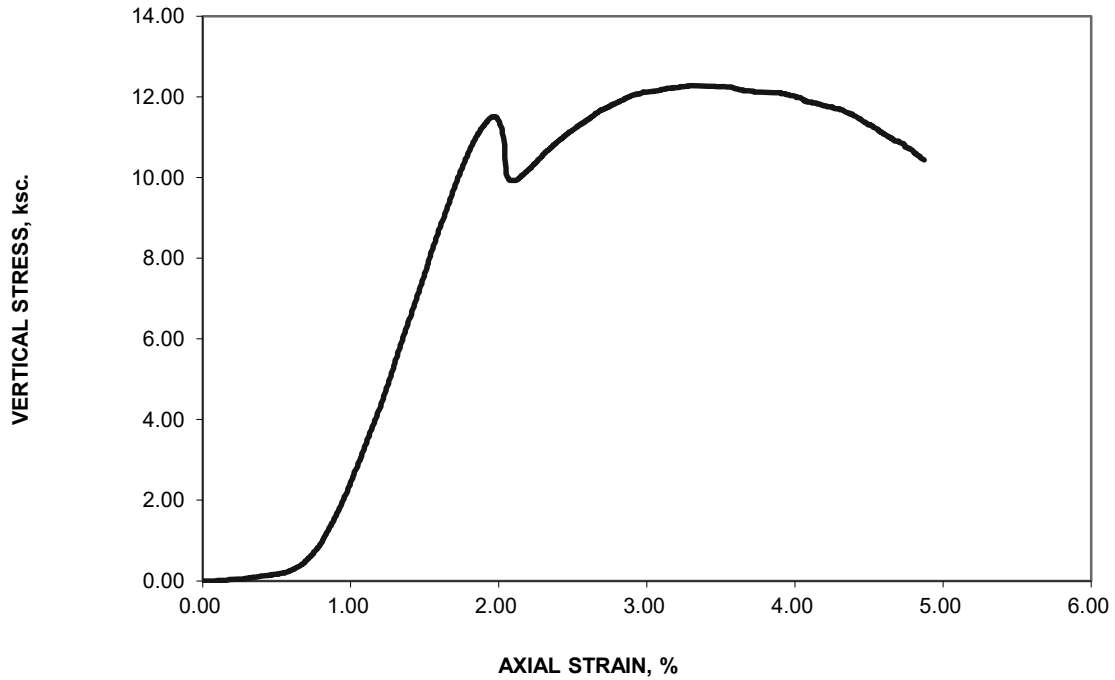
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.247	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+130	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.123	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.619	cm.
TEST NO.	2-2 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.162	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.79	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	12.28
Undrained Shear Strength (Su) =	6.14
Strain at Failure , %	3.29

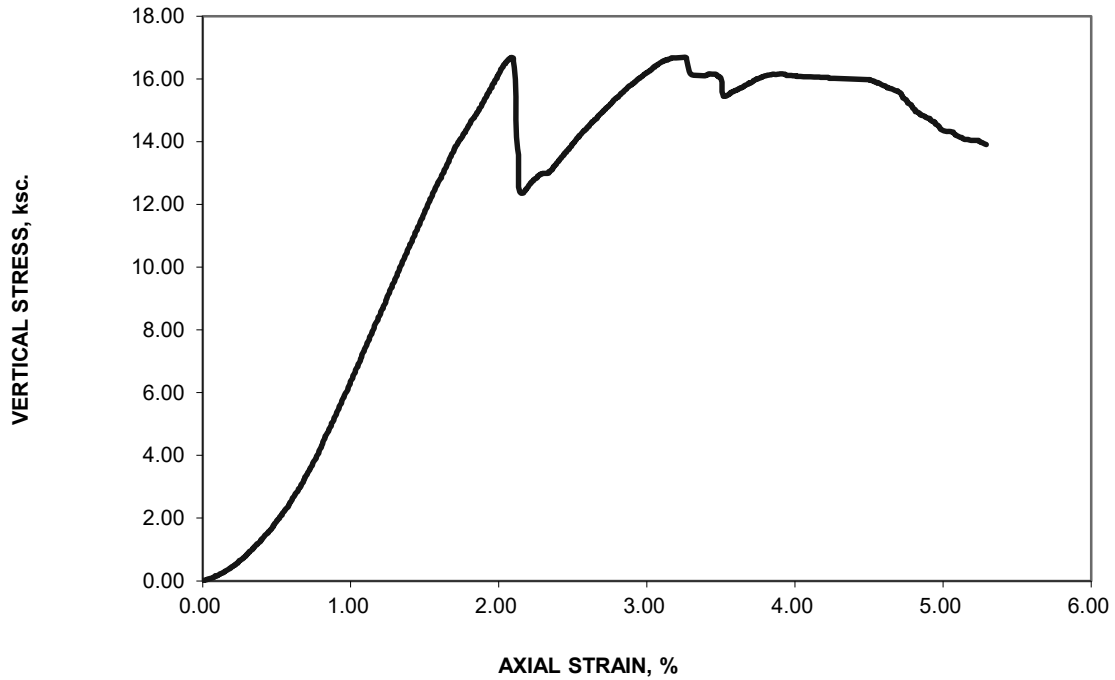
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.295	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+160	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.822	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.720	cm.
TEST NO.	2-3 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.173	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.20	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	16.70
Undrained Shear Strength (Su) =	8.35
Strain at Failure , %	3.25

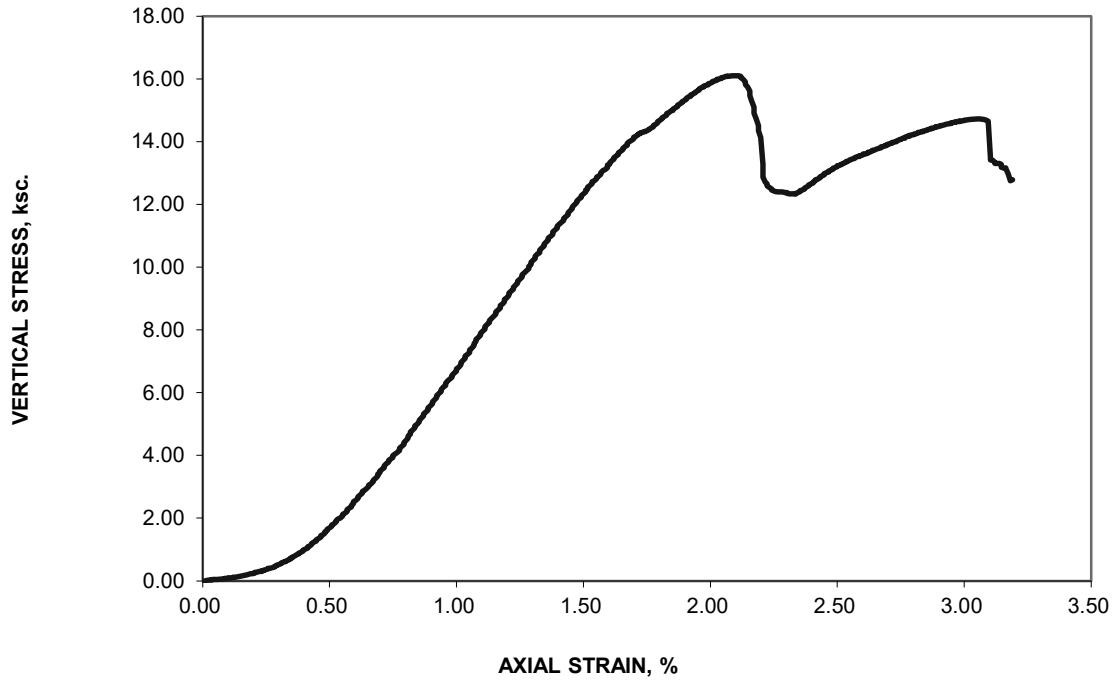
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.277	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+160	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.559	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.600	cm.
TEST NO.	2-3 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.150	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.70	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	16.10
Undrained Shear Strength (Su) =	8.05
Strain at Failure , %	2.09

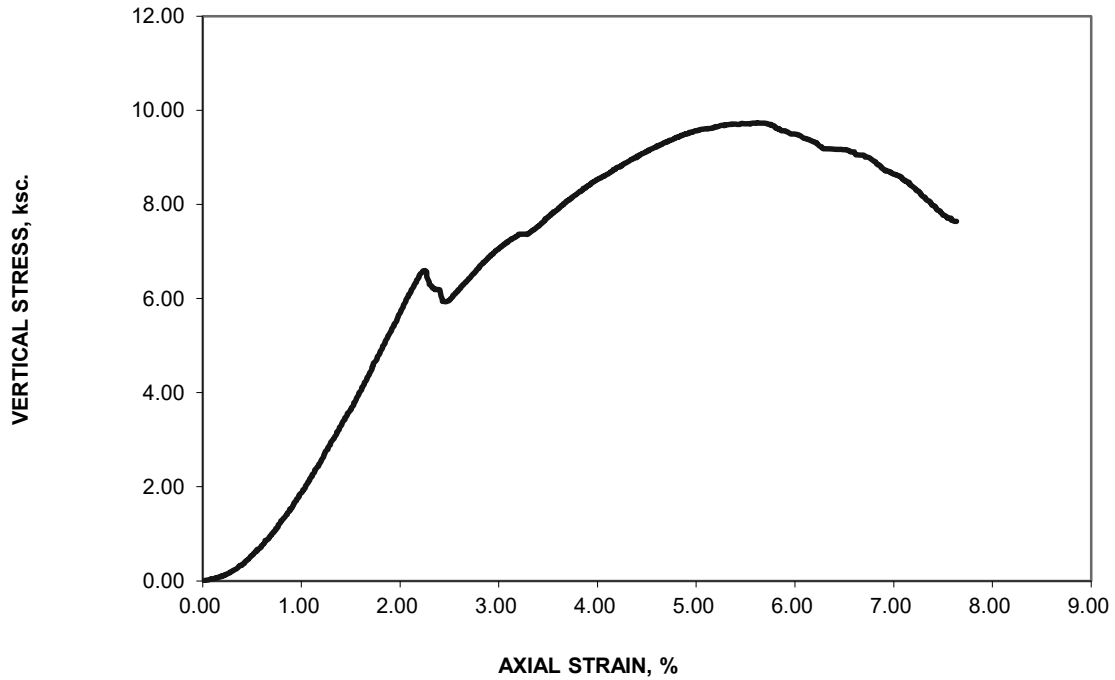
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.261	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+190	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.326	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	7.572	cm.
TEST NO.	2-4 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	1.954	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.68	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	9.73
Undrained Shear Strength (Su) =	4.87
Strain at Failure , %	5.62

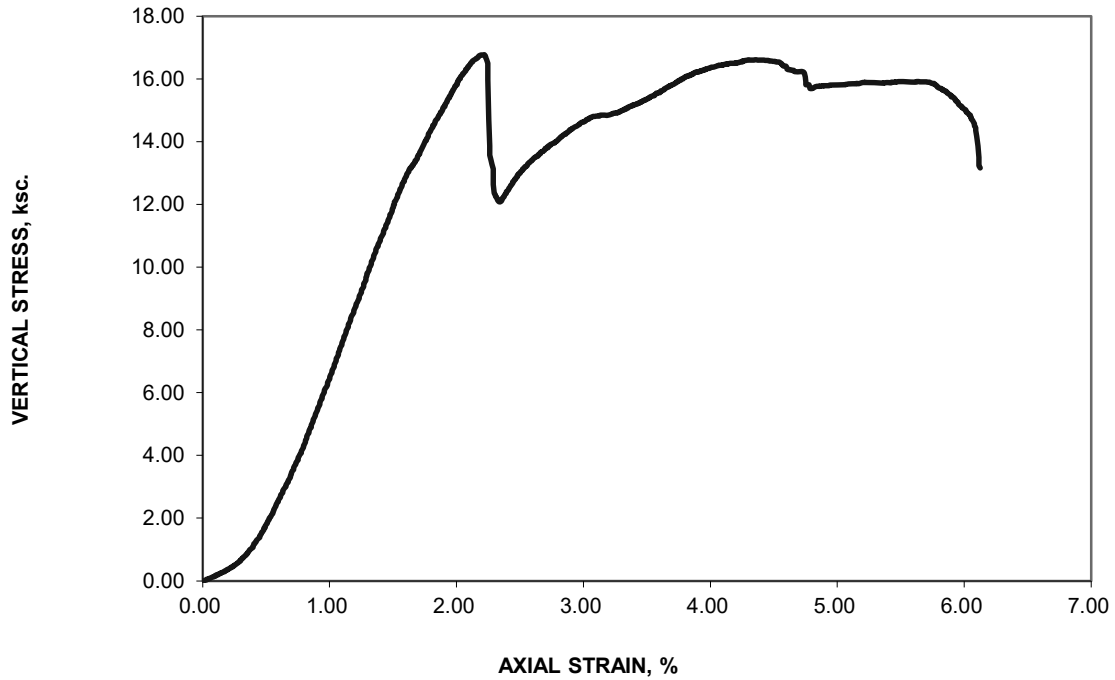
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.244	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+190	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	67.079	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.576	cm.
TEST NO.	2-4 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.180	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.75	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	11.39
Undrained Shear Strength (Su) =	5.70
Strain at Failure , %	3.48

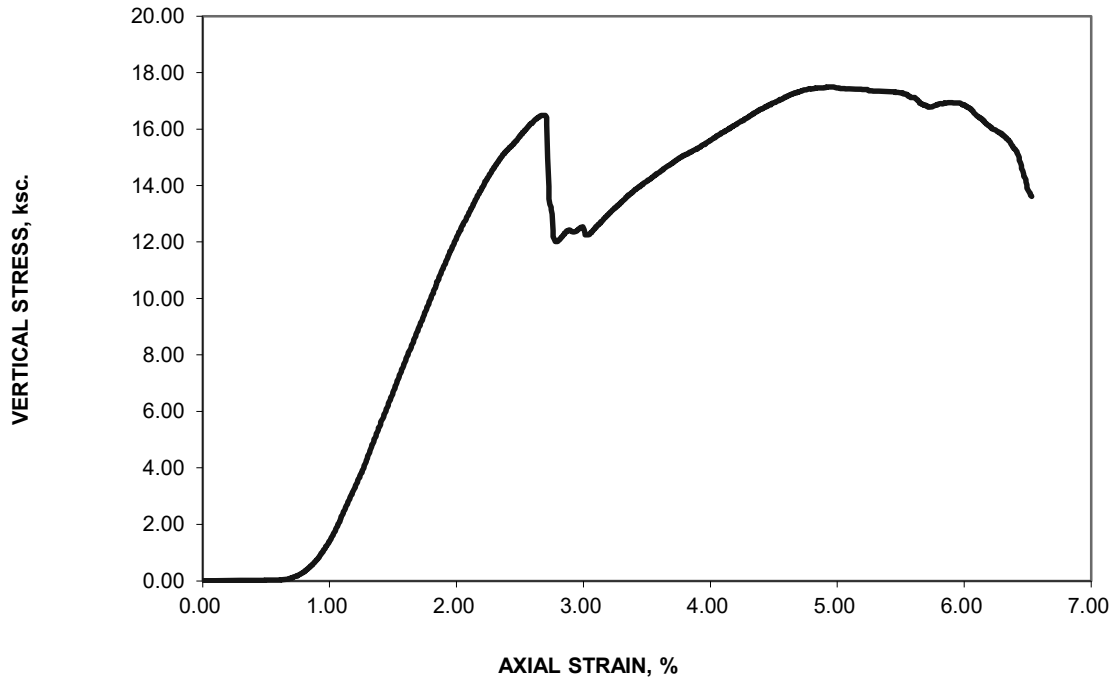
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.339	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+220	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.465	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.548	cm.
TEST NO.	2-5 (UNSOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.160	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.11	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	16.61
Undrained Shear Strength (Su) =	8.30
Strain at Failure , %	4.36

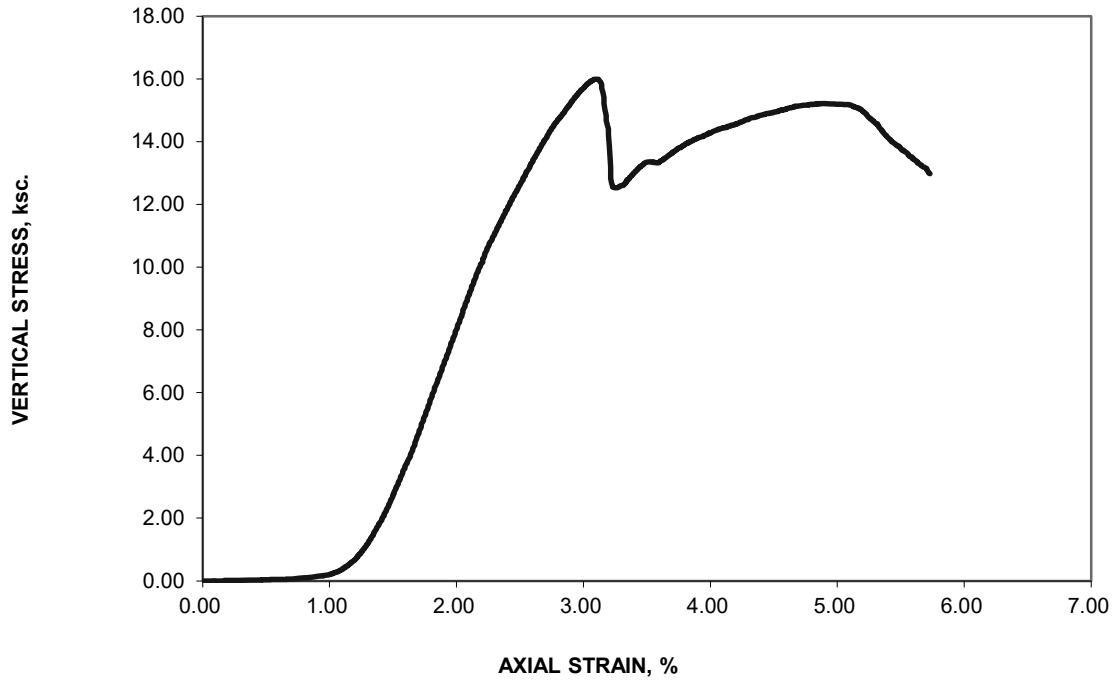
KASETSART UNIVERSITY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY

UNCONFINED COMPRESSION TEST (ASTM D2166)

PROJECT	โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย					
SOIL DESCRIPTION	ดินซีเมนต์			SAMPLE DIAMETER	9.322	cm.
LOCATION	แปลงทดสอบที่ 2 ก.ม. 23+220	SAMPLE DEPTH	-	SAPLE AREA	68.216	cm^2
DATE	29/5/2563	PROVING RING NO.	UTM	SAMPLE HEIGHT	11.606	cm.
TEST NO.	2-5 (SOAKED)	LOADING RATE	2 mm/min	INITIAL DRY DENSITY	2.162	g/cm^3
TESTED BY	เฉลิมชัย			WATER CONTENT	6.79	%
APPROVED BY	(Asst. Prof. Dr. Susit Chaiprakaikeow)					

UNCONFINED COMPRESSION TEST



Remark: 1) Certification applies to test samples only.
2) Information under "For", "Project", are supplied by client. These are not certified.
3)This certificate is invalid without appropriate signature and seal.

Unconfined Compressive Strength (qu),ksc. =	15.99
Undrained Shear Strength (Su) =	7.99
Strain at Failure , %	3.10

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

สถานที่ แปลงทดสอบที่ 1 (ดินลูกรังชัยนาท ซีเมนต์ 2.4%)

ชนิดตัวอย่าง CNC2.4P0 **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

ผู้ทดสอบ _____

ผู้ตรวจสอบ _____

	DAY		0		1		3		5		7		14	
	MODE		BS	DT	BS	DT	BS	DT	BS	DT	BS	DT	BS	DT
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2267	2280	2239	2241	2438	2325	2332	2558	2393	2396	2240	2288
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	2104	2131	2091	2081	2280	2153	2165	2388	2214	2220	2275	2112
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	7.70	7.40	7.10	7.70	6.90	8.00	7.70	7.10	8.10	7.90	7.20	8.40
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

ผู้ทดสอบ _____

สถานที่ แปลงทดสอบที่ 1 (ดินลูกรังชัยนาท ซีเมนต์ 2.4%)

ผู้ตรวจสอบ _____

ชนิดตัวอย่าง CNC2.4P0 **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	DAY		21		28									
	MODE		BS	DT	BS	DT								
	DEPTH	cm.	-	10	-	10								
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2263	2186	2476	2350								
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	2103	2030	2317	2199								
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	7.60	7.70	6.90	6.90								
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

สถานที่ แปลงทดสอบที่ 2 (ดินลูกรังชัยนาท ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2%)

ชนิดตัวอย่าง CNC2.4P2 **ชั้นโครงสร้างถนน** Para Soil Cement

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

ผู้ทดสอบ _____

ผู้ตรวจสอบ _____

	DAY		0		1		3		5		7		14	
	MODE		BS	DT	BS	DT	BS	DT	BS	DT	BS	DT	BS	DT
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2450	2417	2446	2256	2293	2061	2405	2290	2409	2344	2391	2291
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	2278	2251	2281	2097	2108	1880	2205	2092	2215	2148	2202	2118
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	7.60	7.40	7.20	7.60	8.80	9.60	9.00	9.50	8.70	9.20	8.60	8.20
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

ผู้ทดสอบ _____

สถานที่ แปลงทดสอบที่ 2 (ดินลูกรังชัยนาท ซีเมนต์ 2.4% ยางพารา 2%)

ผู้ตรวจสอบ _____

ชนิดตัวอย่าง CNC2.4P2 **ชั้นโครงสร้างถนน** Para Soil Cement

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	DAY		21		28									
	MODE		BS	DT	BS	DT								
	DEPTH	cm.	-	10	-	10								
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2270	2107	2240	2207								
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	2107	1918	2064	2018								
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	7.80	9.90	8.50	9.40								
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

สถานที่ แปลงทดสอบที่ 3 (ดินลูกรังชลบุรี ซีเมนต์ 3.9%)

ชนิดตัวอย่าง CBC3.9P0 **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

ผู้ทดสอบ _____

ผู้ตรวจสอบ _____

	DAY		0		1		3		5		7		14	
	MODE		BS	DT	BS	DT	BS	DT	BS	DT	BS	DT	BS	DT
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2435	2259	2286	2453	2423	2295	2354	2322	2316	2310	2446	2150
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	2146	1985	2013	2146	2115	2008	2048	2019	2017	2015	2164	1892
3	MOISTURE (M)	$Kg./m^3$	289.0	273.0	273.0	289.0	308.0	288.0	306.0	304.0	299.0	295.0	282.0	257.0
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	13.50	13.80	13.60	13.50	14.60	14.30	15.00	15.00	14.80	14.60	13.00	13.60
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

ผู้ทดสอบ _____

สถานที่ แปลงทดสอบที่ 3 (ดินลูกรังชลบุรี ซีเมนต์ 3.9%)

ผู้ตรวจสอบ _____

ชนิดตัวอย่าง CBC3.9P0 **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	DAY		21		28									
	MODE		BS	DT	BS	DT								
	DEPTH	cm.	-	10	-	10								
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2169	2139	2519	2278								
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	1906	1873	2240	2002								
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	13.80	14.20	12.50	13.80								
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

สถานที่ แปลงทดสอบที่ 4 (ดินลูกรังชลบุรี ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2%)

ชนิดตัวอย่าง CBC3.9P2 **ชั้นโครงสร้างถนน** Para Soil Cement

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

ผู้ทดสอบ _____

ผู้ตรวจสอบ _____

	DAY		0		1		3		5		7		14	
	MODE		BS	DT	BS	DT	BS	DT	BS	DT	BS	DT	BS	DT
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2409	2186	2310	2233	2282	2199	2400	2293	2286	2266	2252	2134
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	2153	1927	2066	1975	1968	1878	2105	2007	1965	1932	1963	1839
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	11.90	13.40	11.80	13.00	15.90	17.10	14.00	14.30	16.30	17.30	14.70	16.00
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

ผู้ทดสอบ _____

สถานที่ แปลงทดสอบที่ 4 (ดินลูกรังชลบุรี ซีเมนต์ 3.9% ยางพารา 2%)

ผู้ตรวจสอบ _____

ชนิดตัวอย่าง CBC3.9P2 **ชั้นโครงสร้างถนน** Para Soil Cement

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	DAY		21		28									
	MODE		BS	DT	BS	DT								
	DEPTH	cm.	-	10	-	10								
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2051	2163	2278	2182								
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	1749	1856	1982	1871								
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	17.30	16.50	15.00	16.60								
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 15 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		1+800 BS	1+800 -	1+770 BS	1+770 -	1+740 BS	1+740 -	1+710 BS	1+710 -	1+680 BS	1+680 -		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2046	2190	1530	2029	1882	2260	1751	2094	2079	2231		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	1860	2006	1409	1906	1761	2133	1606	1949	1955	2103		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	10.00	9.20	8.50	6.50	6.80	5.90	9.00	7.40	6.40	6.10		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 15 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง - **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		23+130	23+130	23+160	23+160	23+190	23+190	23+220	23+220	23+250	23+250		
			BS	-	BS	-	BS	-	BS	-	BS	-		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	1912	2283	1916	2236	1977	2179	1897	2331	2125	2292		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	1800	2169	1600	2188	1853	2054	1745	2197	1962	2138		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	6.20	5.30	6.50	5.10	6.70	6.10	8.70	6.30	8.30	7.10		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 16 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง - **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		1+800 BS	1+800 -	1+770 BS	1+770 -	1+740 BS	1+740 -	1+710 BS	1+710 -	1+680 BS	1+680 -		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2153	2146	2253	2269	2340	2212	2217	2194	2151	2233		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	2015	2007	2008	2111	2201	2080	2050	2026	1976	2060		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	6.80	6.90	7.90	7.50	6.30	6.40	8.10	8.30	8.80	8.40		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 16 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง - **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		23+130	23+130	23+160	23+160	23+190	23+190	23+220	23+220	23+250	23+250		
			BS	-	BS	-	BS	-	BS	-	BS	-		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2409	2322	2198	2264	2281	2219	2214	2291	2355	2313		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	2273	2180	2045	2107	2170	2105	2111	2162	2207	2183		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	6.00	6.50	7.50	7.50	5.10	5.40	4.90	6.00	6.70	5.90		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 18 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง - **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		1+800 BS	1+800 -	1+770 BS	1+770 -	1+740 BS	1+740 -	1+710 BS	1+710 -	1+680 BS	1+680 -		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	1935	2101	1793	2157	1761	2261	1848	2189	2015	2234		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	1772	1945	1658	2015	1643	2130	1714	2063	1865	2078		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	8.70	8.00	8.10	7.10	7.20	6.10	7.90	6.10	7.90	7.50		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 18 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง - **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		23+130	23+130	23+160	23+160	23+190	23+190	23+220	23+220	23+250	23+250		
			BS	-	BS	-	BS	-	BS	-	BS	-		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2132	2360	2081	2312	2016	2358	1903	2338	1787	2327		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	2016	2229	1943	2178	1871	2218	1746	2181	1633	2188		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	5.70	5.90	7.10	6.10	7.70	6.30	9.00	7.20	9.40	6.30		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 20 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง - **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		1+800 BS	1+800 -	1+770 BS	1+770 -	1+740 BS	1+740 -	1+710 BS	1+710 -	1+680 BS	1+680 -		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2140	2218	1840	2110	2174	2232	2127	2193	1910	2138		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	1976	2050	1715	1991	2047	2102	1994	2081	1785	2030		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	8.30	8.20	7.20	6.00	6.20	6.20	6.70	5.40	7.00	5.30		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 20 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง - **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		23+130	23+130	23+160	23+160	23+190	23+190	23+220	23+220	23+250	23+250		
			BS	-	BS	-	BS	-	BS	-	BS	-		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2175	2204	2140	2255	2290	2228	2094	2224	2182	2362		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	2058	2080	1995	2125	2165	2089	1970	2112	2041	2172		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	5.70	6.00	7.30	6.20	5.80	6.60	6.30	5.30	6.90	6.00		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 22 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง - **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		1+800 BS	1+800 -	1+770 BS	1+770 -	1+740 BS	1+740 -	1+710 BS	1+710 -	1+680 BS	1+680 -		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2152	2243	2123	2182	2166	2252	2132	2207	2068	2244		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	2011	2108	1997	2068	2050	2140	1989	2090	1932	2118		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	7.00	6.40	6.30	5.50	5.60	5.20	7.20	5.60	7.00	6.00		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 22 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง - **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		23+130	23+130	23+160	23+160	23+190	23+190	23+220	23+220	23+250	23+250		
			BS	-	BS	-	BS	-	BS	-	BS	-		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2198	2287	1954	2205	2235	2256	2153	2243	2102	2154		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	2069	2169	1861	2113	2104	2126	2004	2129	2001	2053		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	6.20	5.40	4.90	4.40	6.20	6.10	7.40	5.40	5.10	4.90		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 25 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง - **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		1+800 BS	1+800 -	1+770 BS	1+770 -	1+740 BS	1+740 -	1+710 BS	1+710 -	1+680 BS	1+680 -		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2063	2117	1978	2286	2132	2313	2187	2277	2000	2194		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	1821	1867	1749	2110	1973	2164	2046	2134	1851	2034		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	13.30	13.40	10.20	8.30	8.10	6.90	6.90	6.70	8.00	7.90		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 25 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง - **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		23+130	23+130	23+160	23+160	23+190	23+190	23+220	23+220	23+250	23+250		
			BS	-	BS	-	BS	-	BS	-	BS	-		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2215	2291	1967	2267	1981	2275	1785	2303	1728	2274		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	2058	2129	1815	2121	1850	2139	1643	2151	1553	2117		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	7.70	7.60	8.10	6.90	7.10	6.30	8.70	7.10	11.20	7.40		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ
โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 29 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 1

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง - **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR
ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		1+800 BS	1+800 -	1+770 BS	1+770 -	1+740 BS	1+740 -	1+710 BS	1+710 -	1+680 BS	1+680 -		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	1918	2019	1836	2154	2113	2162	2106	2302	2086	2201		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	1746	1841	1702	2053	1969	2048	1972	2157	1953	2067		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	9.80	9.70	8.00	5.90	7.30	5.60	6.80	6.70	6.80	6.50		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....

SURFACE MOISTURE DENSITY GAUGE

Nuclear method (Direct transmission)

โครงการ โครงการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

วันที่ทดสอบ 29 พฤษภาคม 2563

สถานที่ ทางหลวงหมายเลข 11 แยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอนแยกอินทร์บุรี - บ.หนองบัวทอง ตอน 2

ผู้ทดสอบ

ชนิดตัวอย่าง - **ชั้นโครงสร้างถนน** Soil Cement Base

ความกว้างถนน - **ม.** **ความกว้างไหล่ทาง** - **ม.**

ผู้ตรวจสอบ

ความแน่นที่ต้องการ ไม่น้อยกว่า 95 % STANDARD PROCTOR

ไม่น้อยกว่า 95 % MODIFIELD PROCTOR

	SAMPLE No		1		2		3		4		5			
	STATION		23+130	23+130	23+160	23+160	23+190	23+190	23+220	23+220	23+250	23+250		
			BS	-	BS	-	BS	-	BS	-	BS	-		
	DEPTH	cm.	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10		
1	WET DENSITY OF SAMPLE (WD)	$Kg./m^3$	2083	2183	2041	2201	2244	2335	2200	2289	2315	2387		
2	DRY DENSITY OF SAMPLE (DD)	$Kg./m^3$	1967	2064	1948	2102	2111	2203	2046	2147	2178	2248		
3	MOISTURE CONTENT (%M)	%	5.90	5.80	4.80	4.70	6.30	6.00	7.50	6.60	6.30	6.20		
4	MAX. DRY DENSITY (PR)	$Kg./m^3$												
5	**PERCENT OF COMPACTION (%PR)**	%												

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะจุดและชั้นที่ทำการทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผลการทดสอบ.....