



คู่มือปฏิบัติงานทดลอง : งานดินและวัสดุผสมรวม



กลุ่มงานตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทาง
สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

กันยายน ๒๕๕๕

คำนำ

ในปีงบประมาณ ๒๕๕๕ กลุ่มงานตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ได้ดำเนินการจัดทำคู่มือปฏิบัติงานทดลอง หมาดงานดินและวัสดุมวลรวม เพื่อใช้เป็นคู่มือสำหรับเจ้าหน้าที่ของกลุ่มงานฯ ในการปฏิบัติงานด้านการตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทางประจำโครงการก่อสร้างทางต่างๆของกรมทางหลวง ใช้ประกอบกับมาตรฐานวิธีการทดลอง (ทล. - ท.) เนื่องจากในอดีตที่ผ่านมาในการปฏิบัติงานด้านตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทางของเจ้าหน้าที่ในกลุ่มงานฯ ยังขาดคู่มือด้านการปฏิบัติงานทดลอง ดังนั้นคู่มือปฏิบัติงานทดลองที่จัดทำขึ้นจึงช่วยให้การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่มีความเป็นเอกภาพไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งจะทำให้งานก่อสร้างทางของกรมฯมีคุณภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังใช้เป็นสื่อการสอนในการถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่จากรุ่นสู่รุ่นนับเป็นการพัฒนาองค์ความรู้ของสำนักฯ ในแนวทางหนึ่ง

คณะผู้จัดทำ

รายชื่อคณะกรรมการจัดทำสื่อการสอนวิธีการทดลองคุณภาพวัสดุ

๑. นายวีรภัทร	หุนสนอง	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ	ประธานคณะกรรมการ
๒. นายสุรชัย	สิงห์สาธ	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ	รองประธานคณะกรรมการ
๓. น.ส.จิรกุล	บุญคำ	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ	คณะกรรมการ
๔. นางโสธรพันธ์	ดวงแข	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ	คณะกรรมการ
๕. นายกฤษติเดช	ศรียงค์	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ	คณะกรรมการ
๖. นายณัฐพร	เนียมกลิ่น	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ	คณะกรรมการ
๗. นายบัณฑิต	สายทิพย์	วิศวกรโยธาชำนาญการ	คณะกรรมการ
๘. นายวุฒิชัย	บุญสมจิตร	วิศวกรโยธาชำนาญการ	คณะกรรมการ
๙. นายกิจจา	เจริญพัทตร์	วิศวกรโยธาชำนาญการ	คณะกรรมการ
๑๐. นายฉัตรชัย	จันทร์	วิศวกรโยธาชำนาญการ	คณะกรรมการ
๑๑. นายพิสูจน์	เทพบัณฑิต	นายช่างโยธาอาวุโส	คณะกรรมการ
๑๒. นายมนตรี	สารวิทย์	นายช่างโยธาอาวุโส	คณะกรรมการ
๑๓. นายวราวุธ	เสรีฐศรี	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการ
๑๔. นายวิรัตน์	มีเจริญ	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการ
๑๕. นายภูติศ	จ้อยเรือง	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการ
๑๖. นายวิทยา	แจ่มแจ้ง	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการ
๑๗. นายวัฒนชัย	พลหาญ	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการ
๑๘. นายอภิชาติ	ภูมิพิ้ง	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการ
๑๙. นายสมาน	มาลาลักษณ์	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการ
๒๐. นายพิทักษ์	เชื้อจันทิก	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการ
๒๑. นายอิทธิ	อินทสสกุล	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการ
๒๒. นายณรงค์ชัย	เกษมใจ	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการ
๒๓. นายสุวรรณ์	ระรื่น	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการ
๒๔. นายฤทธิณรงค์	โพธิ์งาม	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการ
๒๕. นายบัณฑิต	ผดุงศิลปะ	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการ
๒๖. นายวรชัย	อังกูรรัตน์	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	คณะกรรมการ
๒๗. นายอิทธิพล	แก้วบัวดี	วิศวกรโยธาชำนาญการ	คณะกรรมการและเลขานุการ
๒๘. นายเอกสิทธิ์	สละ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ	คณะกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๙. นายสิทธิพัฒน์	ตันติวุฒิกุล	นายช่างโยธาชำนาญงาน	คณะกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ



สารบัญ

วิธีการทดลองที่	เรื่อง	หน้า
ทล.-ท. 102/2515	วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (LL) ของดิน	1
ทล.-ท. 103/2515	วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit (PL) และ Plasticity Index (PI) ของดิน	14
ทล.-ท. 105/2515	วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน	23
ทล.-ท. 107/2517	วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน	38
ทล.-ท. 108/2517	วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน	56
ทล.-ท. 109/2517	วิธีการทดลองเพื่อหาค่า CBR	72
ทล.-ท. 202/2515	วิธีการทดลองหาความสึกหลอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion	99
ทล.-ท. 204/2516	วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง	108
ทล.-ท. 205/2517	วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบล้าง	119
ทล.-ท. 207/2517	วิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ	137
ทล.-ท. 213/2531	วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม	145
ทล.-ท. 603/2517	วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนาม โดยใช้ทราย	163
ทล.-ท. 607/2555	วิธีการทดลองหาค่าความแน่นและค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวม ในสนามระดับต้น โดยใช้วิธีนิวเคลียร์	184

การทดลองที่ ทล. - ท. 102/2515

วิธีการทดลอง Liquid Limit (LL) ของดิน



ทล. – ท. 102/2515 วิธีการทดลอง Liquid Limit (LL) ของดิน

1. ขอบข่าย

Liquid Limit ของดิน คือ การหาค่าปริมาณของน้ำที่มีอยู่พอดีในดิน ซึ่งจะ使得ดินเปลี่ยนจาก Plastic มาเป็นภาวะ Liquid คิดเทียบเป็นร้อยละของมวลดินอบแห้ง

หาได้โดยนำดินที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 40 (0.425 มม.) มาผสมกับน้ำ ค่า Liquid Limit คือปริมาณของน้ำคิดเป็นร้อยละที่使得ดินในเครื่องมือทดลอง (Liquid Limit Device) ไหลมาชนกันยาว 12.7 มม. ($\frac{1}{2}$ นิ้ว) เมื่อเคาะเครื่องมือทดลองซึ่งมีจุดตกกระทบสูง 10 มม. จำนวน 25 ครั้ง

วิธีการทดลองนี้เทียบเท่า AASHTO T 89 และได้ปรับปรุงจาก ASTM D 423-66 , Test Method No. Calif.204-13 อธิบายถึงวิธีหาค่า Liquid Limit ของดินโดยวิธี Mechanical Method

2. เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 เครื่องแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter)



2.2 ตะแกรงร่อนดิน ใช้ตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.) และตะแกรงเบอร์ 40 (0.425 มม.)



2.3 เครื่องมือทดลอง Liquid Limit 1 ชุด



2.4 เครื่องมือปาดร่องดิน (Grooving Tool)



2.5 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Glass Dish) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 115 มม. (4½ นิ้ว) หรือแผ่นกระจก สำหรับผสมดิน ขนาด 300 มม. x 300 มม. x 5 มม.



2.6 Spatula ขนาดยาวประมาณ 75 มม. (3.0 นิ้ว) กว้าง 20 มม.(0.75 นิ้ว)



2.7 Pipette หรือเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับใส่น้ำ



2.8 กระป๋องอบดิน ขนาดเล็ก (2 นิ้ว)



2.9 เครื่องชั่ง ชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม



2.10 เตาอบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110 ± 5 °C

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

3.1 น้ำที่ใช้ในการทดลอง จะต้องเป็นน้ำสะอาด เช่น น้ำกลั่น น้ำฝน หรือน้ำประปา



4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว.2-02

ว. 2-02

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่.....

วันที่รับตัวอย่าง..... วันที่ทดลอง..... เจ้าหน้าที่ทดลอง.....

เจ้าของตัวอย่าง..... หนังสือที่..... วันที่รับหนังสือ.....

ATTERBERG LIMITS

Sample & Source : No. of

TEST	LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT	
	1	2	3	4	1	2
Trial						
Can No.						
No. of blows						
Wet. Soil + can (gm.)						
Dry. Soil + can (gm.)						
Mass of water (gm.)						
Mass of can (gm.)						
Mass of dry soil (gm.)						
Water content (%)						
L.L. = ... %					P.L. = ... %	
P.I. = L.L. - P.L.					%	

Flow Curve

Water Content (%)

Number of Blows



5. การเตรียมตัวอย่างและเครื่องมือทดลอง

5.1 การเตรียมตัวอย่าง



5.1.1 นำตัวอย่างที่แบ่งมาจากการทำงาน Sieve มาทำการแบ่งตัวอย่างด้วยวิธี Quartering หรือแบ่งตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) ซึ่งตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่นำไปทดลอง และส่วนที่คงเหลือ



5.1.2 จากนั้น นำตัวอย่างมาร่อนตะแกรงเบอร์ 4 และ ตะแกรงเบอร์ 40



5.1.3 ส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4 และ ตะแกรงเบอร์ 40 ทิ้งไป นำเฉพาะ ส่วนที่ผ่าน ตะแกรงเบอร์ 40 ประมาณ 300 กรัม มาทำการทดลอง

5.2 การเตรียมเครื่องมือทดลอง



5.2.1 ตรวจสอบเครื่องมือทดลองว่าอยู่ในสภาพดี และ ขนาดถูกต้อง



5.2.2 สลักยึดถ้วยแน่น และไม่สึกหรองจนถ้วยเอียง ดูแนว
ปาดดินในถ้วยกระเทสีกเป็นร่องหรือไม่



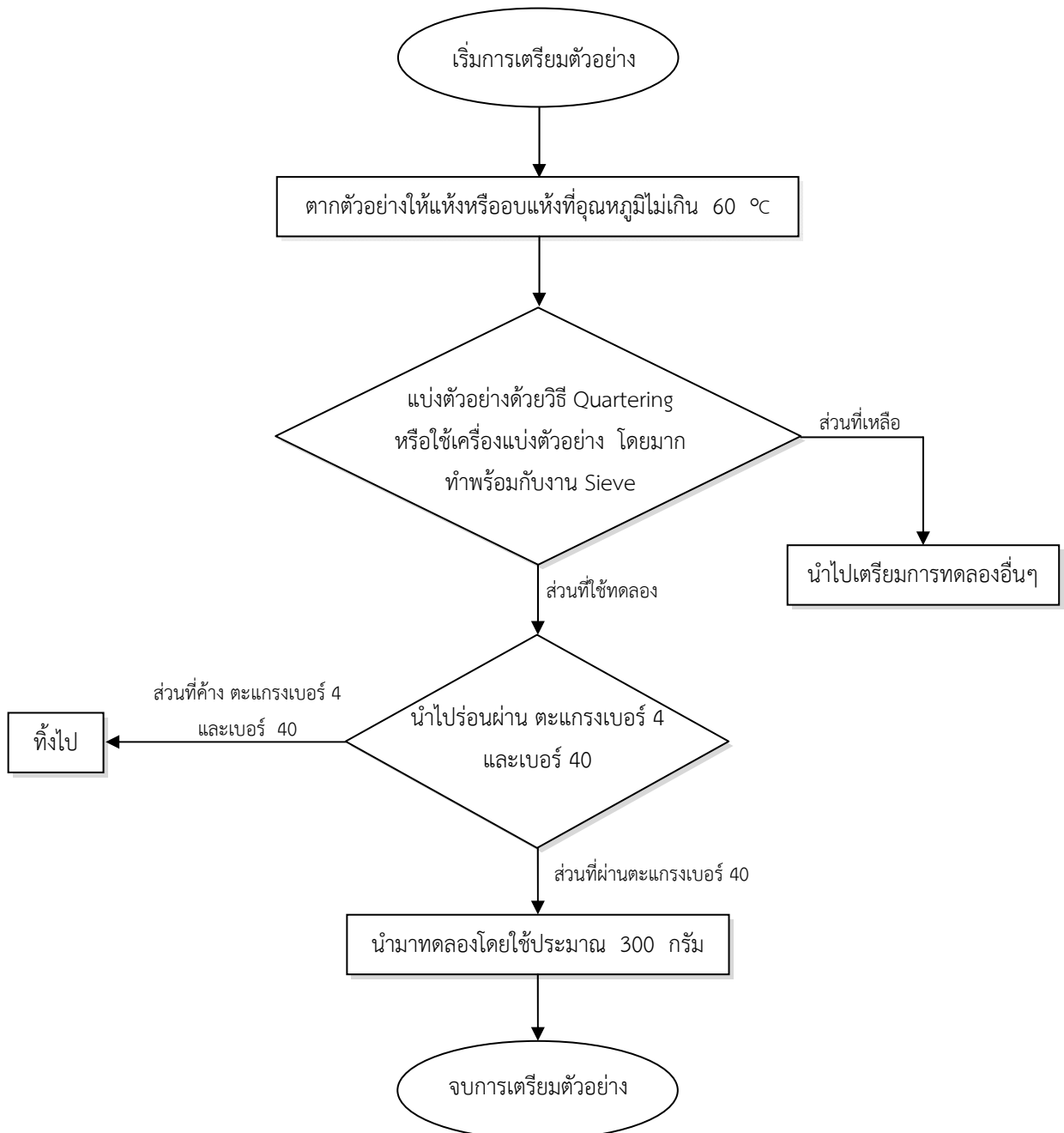
5.2.3 ตรวจสอบเครื่องมือปาดร่องดินบ่อย ๆ เพื่อให้แน่ใจ
ว่า ความกว้างของเครื่องมือยังถูกต้องตามมาตรฐานหรือไม่



5.2.4 ตรวจสอบความสูงของถ้วยกระเทที่จะยกขึ้น โดยใช้
ด้ามที่ปาดร่องดิน มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10
มม. วัดระยะตกของกระเทให้ได้ 10 มม. ถ้าไม่ถูกต้องให้
ปรับสกรู ข้างบน และด้านหลัง แล้วหมุนที่หมุนถ้วยกระเท
ดู ถ้าได้ยินเสียง “แก๊ก ๆ” เบาๆ แสดงว่าถูกต้อง



ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง





6. การทดลอง



6.1 นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ประมาณ 300 กรัม เทลงบน กระดาษ ผสมกันให้ทั่วแล้วแต่งเป็นรูปกรวย แล้วใช้ Spatula กดยอดกรวย แล้วหมุน Spatula จนครบรอบ เพื่อให้กองวัสดุตัวอย่างแบนราบลง



6.2 ใช้ Spatula แบ่งเป็น 4 ส่วนด้วยวิธี Quartering นำส่วนที่อยู่ตรงข้ามรวมกันนำไปทดลอง ส่วนที่เหลือเก็บไว้ใช้ทดลองใหม่ในกรณีที่สงสัย หรือต้องการทำใหม่ภายหลัง



6.3 นำตัวอย่างที่แบ่งผสมกับน้ำในถ้วยกระเบื้อง หรือบน แผ่นกระดาษ เติมน้ำ 15 – 20 มิลลิลิตร ใช้ Spatula ผสมไปมาและบีบให้เป็นเนื้อเดียวกัน กะดูให้เคาะได้ ประมาณ 40 ครั้ง ถ้ายังไม่ได้ ให้เติมน้ำเพิ่มครั้งละ 1 – 3 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการผสมทั้งหมด 5 – 10 นาที



6.4 เสร็จแล้วพักไว้โดยเอากระดาษปิดไม่น้อยกว่า 50 นาที และไม่เกิน 1 ชม. (เพื่อให้ส่วนที่เป็นดินเหนียว(ถ้ามี)ดูดซึมน้ำจนทั่ว)



6.5 นำตัวอย่างที่พักไว้ใส่ลงตรงกลางถ้วยกระเบื้อง ใช้ Spatula กด และปาด โดยพยายามปาดให้น้อยครั้งที่สุด อย่าให้มีฟองอากาศอยู่ข้างในดิน



6.6 ใส่ตัวอย่างลงไปให้ดินตรงกลาง กระทะหนา 10 มม. แล้วนำตัวอย่างที่เหลือ เก็บในถ้วยกระเบื้องเคลือบอย่างเดิม



6.7 จับยึดด้วยกระทะให้แน่น แล้วใช้เครื่องมือปาดร่องดิน ปาดตัวอย่างให้เป็นร่องตรงกลาง (กรณีตัวอย่างค่อนข้างแข็ง ให้ค่อย ๆ ปาด กลับไปกลับมาหลายครั้ง แต่ต้องไม่เกิน 6 ครั้ง และค่อยๆ ปาดเป็นร่องลึกลงไปเรื่อยๆ จนครั้งสุดท้าย ตะก้นถ้วยพอดี และได้ร่องดินที่สะอาดเรียบร้อย)



6.8 จากนั้นหมุนเคาะกระทะด้วยอัตรา 2 ครั้งต่อวินาที จนกระทั่งดินเคลื่อนที่เข้าสัมผัสกันเป็นระยะยาว 12.7 มม. ($\frac{1}{2}$ นิ้ว) จำนวนการเคาะจะต้องอยู่ในช่วงการเคาะแต่ละจุด ระยะเวลาที่ใช้ทดลองนับ ตั้งแต่ใส่ตัวอย่างลงในถ้วย กระทะจนกระทั่งเคาะ เสร็จจะต้องไม่เกิน 3 นาที



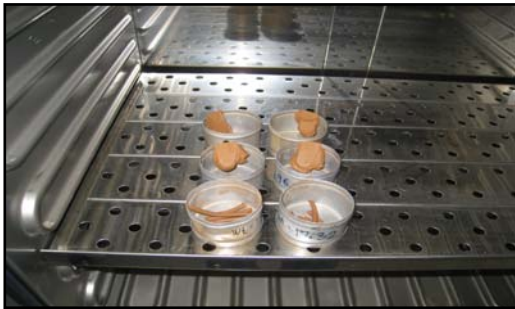
6.9 เมื่อได้ตัวอย่างที่เคลื่อนมาสัมผัสกันแล้ว ให้ใช้ช้อนตัก ตัวอย่างตรงที่ตัวอย่างสัมผัสกันตลอดแนวความ กว้างของ ตัวอย่างที่ตั้งฉากกับร่องตัวอย่าง ใส่กระป๋อง ปิดฝาให้แน่น แล้วนำไปชั่งหามวล แล้วจดบันทึกจำนวนครั้งที่เคาะ และมวลของแต่ละจุดไว้



6.10 นำตัวอย่างที่ได้มาชั่ง โดยเครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม



6.11 รวมตัวอย่างจากถ้วยกระทะมาใส่ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (หรือบนแผ่นกระจกแล้วแต่กรณี) เติมน้ำลงไปแล้วผสมตัวอย่างให้เข้ากัน แล้วทำตาม วิธีการทดลองข้อ 6.5 – 6.10 ให้ได้การทดลองครบทั้ง 4 จุด และแต่ละจุดช่วงเคาะที่ได้ต้องไม่น้อย หรือมากกว่าช่วงเคาะนั้น ๆ



6.12 นำตัวอย่างเข้าเตาอบ ตั้งอุณหภูมิที่ 110 ± 5 °C อบจนแห้งและมีน้ำหนักคงที่แล้วนำออกจากเตาอบทิ้งไว้จนเย็น แล้วชั่งหามวลอบแห้ง

ในการทดลอง ให้ทำการทดลองให้เคาะ 4 จุด แต่ละจุดให้เคาะห่างกันประมาณ 5 – 7 ครั้ง และแต่ละจุดควรอยู่ระหว่างช่วงดังนี้.

จุดที่ 1 ช่วงการเคาะ 35 – 40 ครั้ง

จุดที่ 2 ช่วงการเคาะ 25 – 35 ครั้ง

จุดที่ 3 ช่วงการเคาะ 20 – 30 ครั้ง

จุดที่ 4 ช่วงการเคาะ 15 – 25 ครั้ง

การทดลองที่เคาะนอกช่วง 15 – 40 ใช้ไม่ได้

7. การคำนวณ

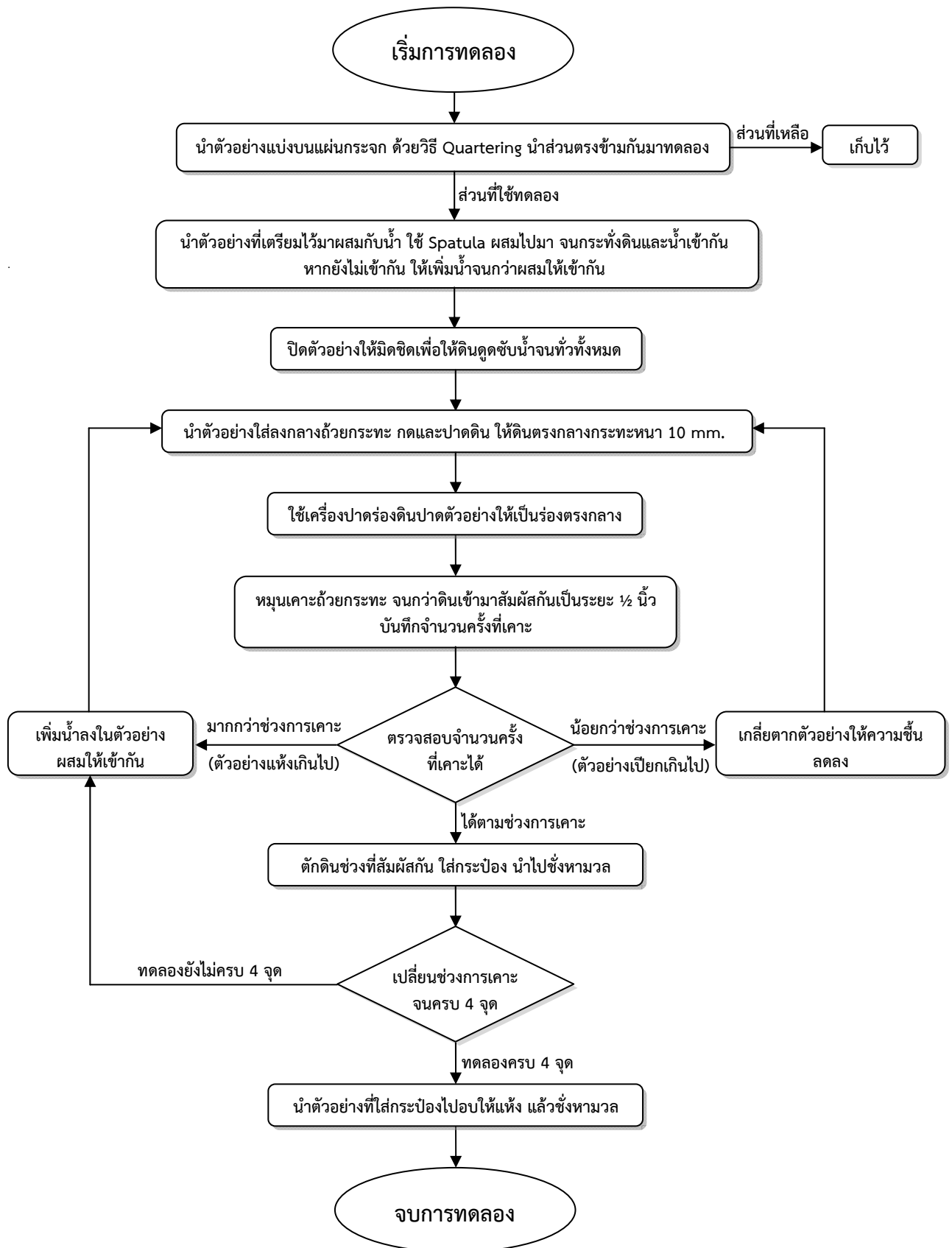
การคำนวณหาปริมาณน้ำในดินได้จากสูตร

$$W = \frac{\text{มวลของน้ำในดิน (กรัม)} \times 100}{\text{มวลของดินอบแห้ง (กรัม)}}$$

เมื่อ W = ปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็นร้อยละ



ผังขั้นตอนการทดลอง Liquid Limit (LL) ของดิน





8. การรายงาน

8.1 เขียน Flow Curve ลงใน Semilogarithmic Graph ซึ่งอยู่ในแบบฟอร์มที่ ว.2 - 02 จากปริมาณน้ำในดิน และจำนวนครั้งที่เคาะ (Number of Blows) เป็นเส้นตรงให้ผ่านหรือใกล้เคียง อย่างน้อย 3 จุด

8.2 Liquid Limit คือ ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละที่ได้จากการลากเส้นตรงจากจำนวนที่เคาะ 25 ครั้ง ตัดกับ Flow Curve ให้รายงานค่า L.L. ในแบบฟอร์มที่ ว.2 - 02 โดยใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

ว.2-02

สำนักวิเคราะห์และพัฒนางานทาง

อันดับทดลองที่ C-443 วันที่รับตัวอย่าง วันที่ทดลอง 26/4/43

เจ้าของตัวอย่าง หนังสือที่

ทางสาย พระประแดง-บางขุนเทียน ตอน 3 เจ้าหน้าที่ทดลอง ชัยฤทธิ์

ATTERBERG LIMITS

Sample : Weathering Rock No. Of

Source : km. 43+150-43+295 Frontage Rd., Rt

TEST	LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT	
	1	2	3	4	1	2
Trial	1	2	3	4	1	2
Can No.	10	5	13	22	16	19
No. of blows	16	24	30	37	-	-
Wet. soil+can gm.	37.90	38.11	37.37	35.05	31.40	31.27
Dry. soil+can gm.	33.82	34.17	33.66	31.70	29.47	29.26
Wt. of water gm.	4.08	3.94	3.71	3.35	1.93	2.01
Wt. of can gm.	20.96	20.70	20.11	18.79	19.93	19.53
Wt. of dry soil gm.	12.86	13.47	13.55	12.91	9.54	9.73
Water content %	31.72	29.23	27.37	25.97	20.28	20.66
L.L. = 28.80 %					P.L. 20.47 %	
P.I. = L.L.-P.L. 28.80-20.47=8.33						

Flow Curve



9. ข้อควรระวัง

9.1 ให้ตรวจสอบเครื่องมือที่จะทำการทดลองว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานดีหรือไม่

9.2 อย่าอบตัวอย่างเกิน 60 องศาเซลเซียส เพราะจะทำให้ค่า PI. และ LL. ของวัสดุบางชนิดลดลง และ Organic Matters อาจถูกเผาไหม้

9.3 ดินตัวอย่างที่มี PI. ต่ำ เช่น Silty Clay หรือ Sandy Clay ขณะที่ปริมาณน้ำในดินน้อยๆ การเคลื่อนที่ของตัวอย่างเข้าติดกันในร่อง อาจจะไม่ใช้การการเคลื่อนที่ (Flow) เข้าสัมผัสกันอย่างแท้จริง แต่อาจเป็นเพราะตัวอย่างเลื่อนไถล (Slip) มาชนกัน ให้ตรวจสอบ โดยใช้ Spatula ถ่างดูตรงที่ตัวอย่างชนกัน ถ้าปรากฏว่าตัวอย่าง “ชนกัน” เฉยๆ ไม่ “ติดเป็นเนื้อเดียวกัน” แสดงว่าเกิดการ Slip ขึ้น ให้เพิ่มน้ำแล้วทดลองใหม่

9.4 การผสมตัวอย่างกับน้ำ ถ้าใส่น้ำน้อย การเคาะจุดที่ 1 จะเคาะเกินช่วงเคาะ แก้ไขโดยการเพิ่มน้ำ จนกว่าการเคาะจะอยู่ในช่วงเคาะ แต่ถ้าตัวอย่างเปียกหรือน้ำมากเกินไป การเคาะจุดที่ 1 จะเคาะได้น้อยกว่าช่วงเคาะ แก้ไขโดย ให้เกลี่ยตัวอย่างบางๆ บน แผ่นกระจก หรือในถ้วยกระเบื้องเคลือบ ผึ่งลมไว้ชั่วคราว แต่อย่าให้ผิวหน้าแห้งเป็นคราบ แล้วทำการคลุกผสมใหม่ ทำจนกว่าการเคาะจะอยู่ในช่วงเคาะ และการเคลื่อนตัวของ ตัวอย่างลงมาติดกันที่ความยาว 12.7 มม. (½ นิ้ว) ห้ามใช้วิธีเอา ตัวอย่างใหม่ผสมลงไปเพื่อให้ตัวอย่างแห้ง

9.5 ต้องเก็บตัวอย่างทันทีเมื่อตัวอย่างเคลื่อนตัวเข้าติดกันยาว ½ นิ้ว (12.7 มม.) แล้วรีบชั่งหามวล เนื่องจากน้ำในดินมีจำนวนน้อยอยู่แล้ว การเก็บรอไว้จะทำให้ น้ำระเหยออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องทำงาน หรือห้องถิ่นที่มีอากาศร้อน การระเหยของน้ำก็จะมากขึ้น

9.6 ห้ามผสมดินตัวอย่างกับน้ำในถ้วยกระทะของเครื่องมือทดลอง แต่ให้ผสมในถ้วยกระเบื้องเคลือบ หรือบนแผ่นกระจกได้

9.7 ต้องวางเครื่องมือทดลองกับพื้นราบในขณะหมุนเครื่อง ห้ามใช้มืออุ้มเครื่องขึ้นเพื่อหมุนทดลอง

9.8 น้ำที่ใช้ทดลองจะต้องเป็นน้ำสะอาด เช่น น้ำกลั่น น้ำฝน หรือน้ำประปา

การทดลองที่ ทล. - ท. 103/2515

วิธีการทดลอง Plastic Limit (PL.) และ Plasticity Index (PI.) ของดิน



ทล. – ท. 103/2515

วิธีการทดลอง Plastic Limit (PL.) และ Plasticity Index (PI.) ของดิน

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้ได้ปรับปรุงจาก AASHTO T 90 อธิบายถึงการหาค่า จำนวนน้ำต่ำสุดในดิน เมื่อดินนั้นคงอยู่ในสภาพ Plastic หาได้โดยการนำดินมาคลึงเป็นเส้น ให้แตกตัวที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว)

2. เครื่องมือทดลอง

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 ใช้เครื่องมือชุดเดียวกันกับที่ทดลองหา Liquid Limit ตามการทดลองที่ ทล. – ท 102/2515



2.2 แผ่นกระจกขนาดประมาณ

300 มิลลิเมตร x 300 มิลลิเมตร x 5 มิลลิเมตร

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

3.1 น้ำที่ใช้ในการทดลอง จะต้องเป็นน้ำสะอาด เช่น น้ำกลั่น น้ำฝน หรือน้ำประปา



4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว.2 - 02

ว. 2-02

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่.....

วันที่รับตัวอย่าง..... วันที่ทดลอง..... เจ้าหน้าที่ทดลอง.....

เจ้าของตัวอย่าง..... หนังสือที่..... วันที่รับหนังสือ.....

ATTERBERG LIMITS

Sample & Source : No. of

TEST	LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT	
	1	2	3	4	1	2
Trial						
Can No.						
No. of blows						
Wet. Soil + can (gm.)						
Dry. Soil + can (gm.)						
Mass of water (gm.)						
Mass of can (gm.)						
Mass of dry soil (gm.)						
Water content (%)						
L.L. = ... %					P.L. = ... %	
P.I. = L.L. - P.L.						 %

Flow Curve

Water Content (%)

Number of Blows



5. การเตรียมตัวอย่าง

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างได้จากการเตรียมตัวอย่างของวิธีการ ทดลองหาค่า Liquid Limit ของดิน ตามการทดลองที่ ทล. – ท. 102/2515



5.1 นำตัวอย่างที่แบ่งมาจากการทำงาน Sieve มาทำการแบ่งตัวอย่างด้วยวิธี Quartering หรือแบ่งตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) ซึ่งตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่นำไปทดลอง และส่วนที่คงเหลือ



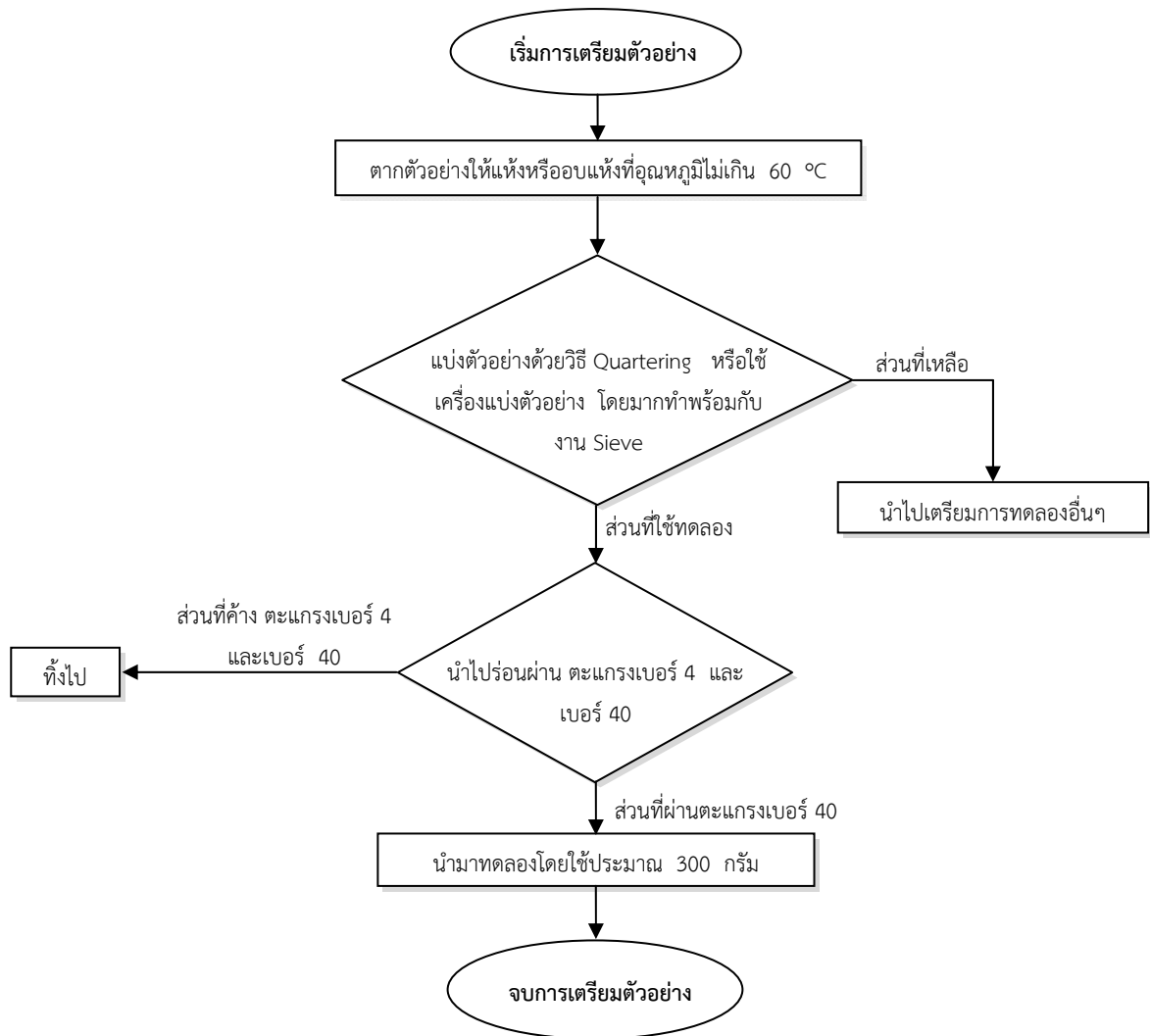
5.2 จากนั้น นำตัวอย่างมาร่อนตะแกรงเบอร์ 4 และ ตะแกรงเบอร์ 40



5.3 ส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4 และ ตะแกรงเบอร์ 40 ทั้งไป นำเฉพาะ ส่วนที่ผ่าน ตะแกรงเบอร์ 40 ประมาณ 300 กรัม มาทำการทดลอง



ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง



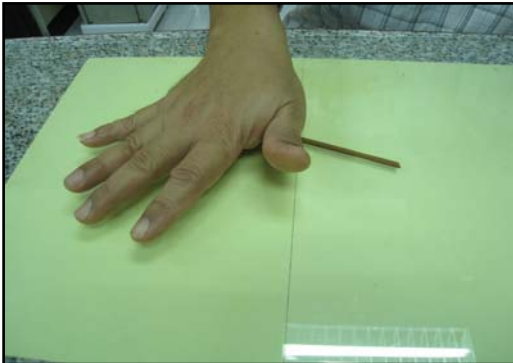
6. การทดลอง



6.1 แบ่งตัวอย่างจากการทดลอง Liquid Limit มาคลุกผสมให้เข้ากัน แล้วแบ่ง 4 ส่วน นำมาใช้ 2 ส่วน



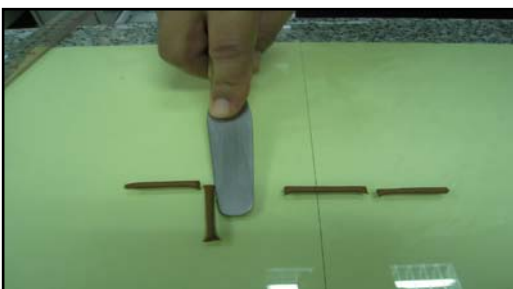
6.2 นำตัวอย่างที่แบ่งผสมกับน้ำ ใช้ Spatula ผสมไปมา และบีให้เป็นเนื้อเดียวกัน



6.3 ทำเป็นรูปยาวรี ใช้นิ้วมือ หรือสันมือ คลึงตัวอย่าง ออกเป็นเส้น โดยใช้น้ำหนักกดลงแต่พอดี ในอัตราการคลึง 80 – 90 เทียวด่อนาที (คลึงไป-กลับ นับเป็น 1 เที้ยว) ให้ เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นตัวอย่างสม่ำเสมอโดยตลอด ให้ได้ ขนาด 3.2 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว) สังเกตดูเส้นตัวอย่างจะต้อง แตกพอดี



6.4 เมื่อเส้นตัวอย่างได้ขนาดแล้ว เส้นตัวอย่างจะมีรอย แตกที่ ผิวของเส้นตัวอย่าง ถ้าไม่มีรอยแตก ให้แบ่งเส้น ตัวอย่างออกเป็น 6 – 8 ชิ้น แล้วนำมาขยี้ขยำให้เข้ากัน แล้ว ทำตามข้อ 6.3 ใหม่จนกว่าจะเห็นรอยแตก



6.5 จากนั้นแบ่งเส้นตัวอย่างออกเป็น 4 ส่วน แล้วนำเส้น ตัวอย่างใส่กระป๋อง

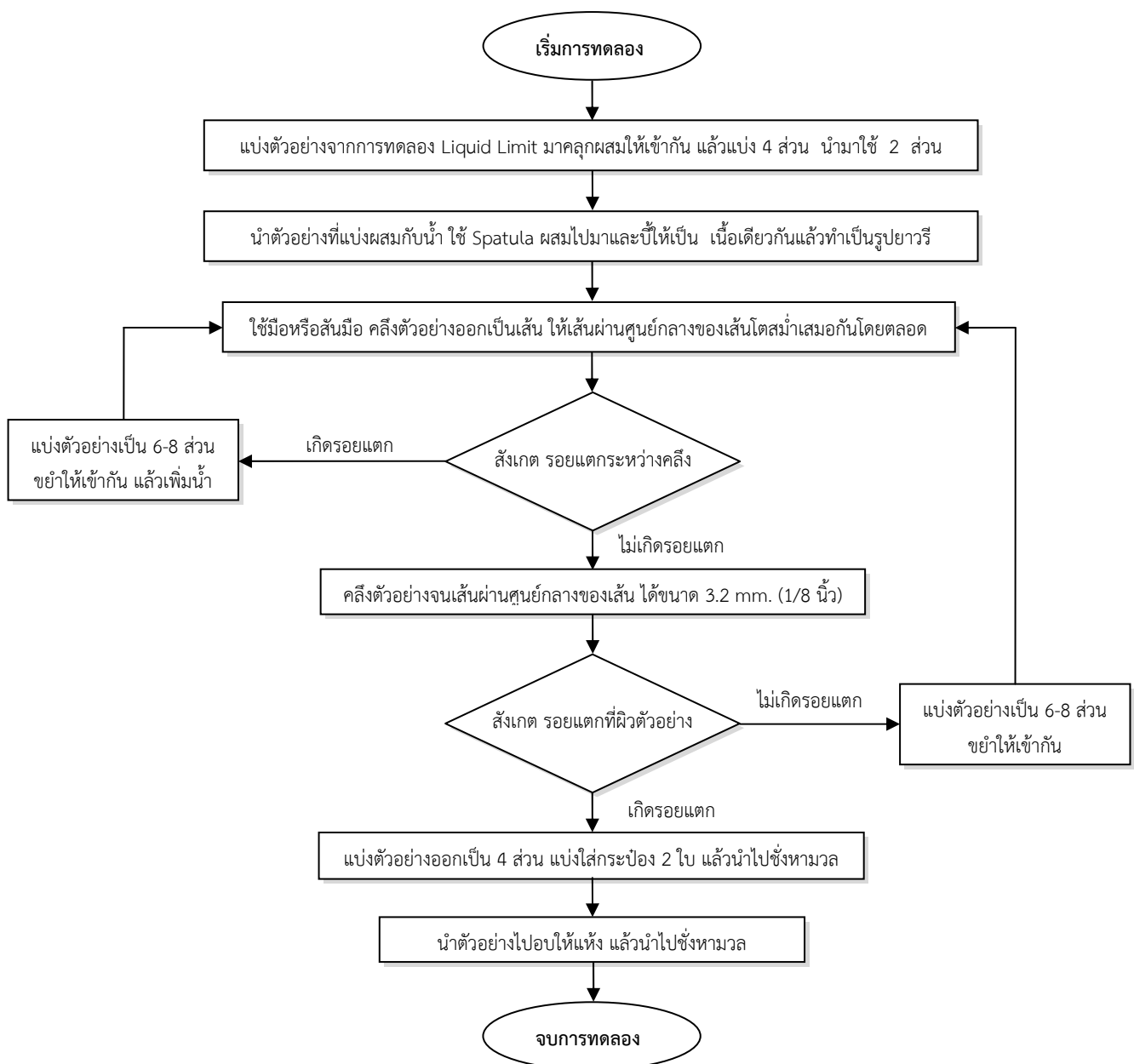


6.6 นำตัวอย่างไปชั่ง เพื่อหามวลน้ำที่อยู่ในดิน แล้วจด บันทึกไว้



6.7 นำตัวอย่างที่ได้ไปอบจนแห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °c แล้วนำมาชั่งหามวล

ผังขั้นตอนการทดลอง





7. การคำนวณ

นำมวลของน้ำทั้งสองมาหาผลต่าง จะเป็นผลต่างของค่า Plastic Limit (PI) จะต้องไม่เกิน 2 % จากนั้นนำค่า Liquid Limit (LL) ที่อ่านได้จากกราฟ มาลบกับค่า Plastic Limit (PI) จะได้ค่า Plasticity Index (PI) ของดิน

การคำนวณหาค่า Plastic Limit (PL.) และ Plasticity Index (PI.) ของดิน

$$\text{Plastic Limit (PL)} = \frac{\text{มวลของน้ำเป็น (กรัม) } \times 100}{\text{มวลของดินแห้ง (กรัม)}}$$

$$\text{Plasticity Index (PI)} = \text{LL.} - \text{PL.}$$

8. การรายงาน

ให้รายงานผลการทดลองโดยใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง ยกเว้นกรณีต่อไปนี้

- 8.1 ในกรณีที่ไม่สามารถหาค่า Plastic Limit ได้ให้รายงานค่า PI. ว่า “ N-P (Non – Plastic)”
- 8.2 ในกรณีที่ค่า Plastic Limit มากกว่า หรือเท่ากับ Liquid Limit ให้รายงานค่า PI. ว่า “N-P”



7.2-02

สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง

อันดับทดลองที่ C-443 วันที่รับตัวอย่าง วันที่ทดลอง 26/4/43

เจ้าของตัวอย่าง หนังสือที่

ทางสาย พระประแดง-บางขุนเทียน ตอน 3 เจ้าหน้าที่ทดลอง ชัยฤทธิ์

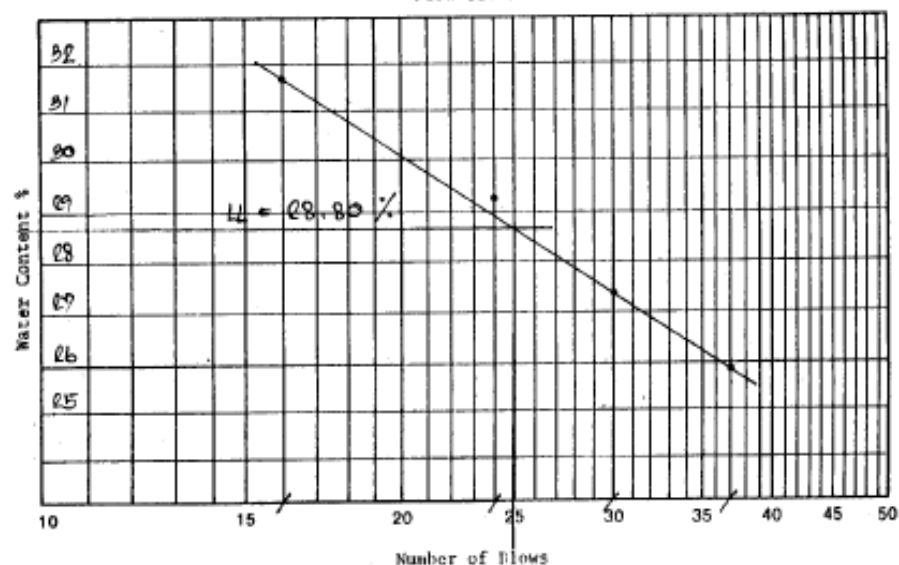
ATTERBERG LIMITS

Sample : Weathering Rock No. Of

Source : km. 43+150-43+295 Frontage Rd., Rt

TEST	LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT	
	1	2	3	4	1	2
Trial						
Can No.	10	5	13	22	16	19
No. of blows	16	24	30	37	-	-
Wet. soil+can gm.	37.90	38.11	37.37	35.05	31.40	31.27
Dry. soil+can gm.	33.82	34.17	33.66	31.70	29.47	29.26
Wt. of water gm.	4.08	3.94	3.71	3.35	1.93	2.01
Wt. of can gm.	20.96	20.70	20.11	18.79	19.93	19.53
Wt. of dry soil gm.	12.86	13.47	13.55	12.91	9.54	9.73
Water content %	31.72	29.23	27.37	25.97	20.28	20.66
L.L. = 28.80 %					P.L. 20.47 %	
P.I. = L.L.-P.L. 28.80-20.47=8.33						

Flow Curve





9. ข้อควรระวัง

9.1 ในการทดลองแต่ละครั้ง ให้แต่งดินตัวอย่างที่ใช้ทดลองเป็นแท่ง ยาวรีก่อนคลึง น้ำหนักนิ้วมือ หรือสันมือต้องพอเหมาะ และอัตราความเร็วที่ใช้คลึงจะต้องเหมือนกัน ห้ามเปลี่ยนอัตราความเร็ว หรือเปลี่ยนน้ำหนักในการคลึง หรือเปลี่ยนทั้งสองอย่าง

9.2 เมื่อคลึงเป็นเส้นได้ขนาด ในอัตราการคลึงที่กำหนดแล้ว ยังไม่ปรากฏรอยแตกให้เห็น หรือเห็นรอยแตกก่อนถึงอัตราการคลึง ให้แบ่งเส้นตัวอย่างออกเป็น 6 – 8 ชิ้น แล้วขยี้ขยำให้เข้ากัน ในกรณีเห็นรอยแตกก่อนให้เติมน้ำ แล้วทำการทดลองตามข้อ 6.2 ใหม่ (การแตกของเส้นตัวอย่าง จะแสดงลักษณะผิวดินแตกกันไปสุดแล้วแต่ชนิดของดิน บางชนิดจะแตกเป็นก้อนเล็ก ๆ มากมาย บางชนิดจะเป็นลักษณะทรงกระบอก โดยเริ่มจากปลายทั้งสองข้าง แล้วจึงแตกติดต่อไปตรงกลาง จนที่สุดจะแตกออกเป็นชิ้นบาง ๆ หรืออาจจะแตกในลักษณะอื่น)

9.3 ในตัวอย่างที่มี Plasticity น้อย ๆ ควรทำดินตัวอย่างให้มีรูปร่างยาวรี และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 3.2 มิลลิเมตร เล็กน้อย

9.4 ทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง ให้ชั่งทันที มิฉะนั้นน้ำจะระเหยหายหมด

9.5 ตัวอย่างดินพวก Silt หรือพวก PI. ต่ำ ๆ จะทำลำบากมาก ก่อนคลึงให้แต่งดินเป็นแท่งยาวๆ น้ำหนักที่ใช้กดคลึงต้องเบา มิฉะนั้นตัวอย่าง จะแตกทันทีและระหว่างคลึงอาจจะต้องคอยซับน้ำที่ออกจากตัวอย่างมาติดกระจก

9.6 ในกรณีที่ตัวอย่างมีทรายปนมาก ให้หาค่า Plastic Limit ก่อน Liquid Limit ถ้าเป็น Non – Plastic จะได้ไม่ต้องทดลองหาค่า Liquid Limit

การทดลองที่ ทล. - ท. 105/2515

วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน



ทล. – ท. 105/2515

วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน

1. ขอบข่าย

Unconfined Compressive Strength คือค่าแรงอัด (Compressive Load) สูงสุดต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งแท่งตัวอย่างดินจะรับได้ ถ้าในกรณีที่ค่าแรงอัดต่อหน่วยพื้นที่ยังไม่ถึงค่าสูงสุดเมื่อความเครียด (Strain) ในแนวดิ่งเกิน 20% ให้ใช้ค่าแรงอัดต่อหน่วยพื้นที่ ที่ความเครียด 20% นั้นเป็นค่า Unconfined Compressive Strength

การทดลองนี้ได้ปรับปรุงจาก ASSHTO T 208 – 70 อธิบายถึงการหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดินตัวอย่างบดอัด (Compacted Soil) ที่บดทับในแบบ หรือตัวอย่างดินบดอัดที่ได้จากการเจาะเก็บตัวอย่าง (Coring) อัตราการเพิ่มแรงอัดในระหว่างการทดลองควบคุมโดยความเครียด (Strain Control)

2. เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 เครื่องกด (Loading Machine) เป็นเครื่องกดแท่งตัวอย่าง โดยอาจใช้แบบมือหมุน หรือ แบบมอเตอร์ไฟฟ้า ที่สามารถควบคุมอัตราเร็วของแรงกด และมีกำลังกดที่เพียงพอ



2.2 วงแหวนวัดแรงกด (Proving Ring) สำหรับอ่านค่าแรงกดที่กระทำกับแท่งตัวอย่าง โดยติดตั้งวงแหวนวัดแรงกดเข้ากับเครื่องกด และท่อนกดตัวอย่าง



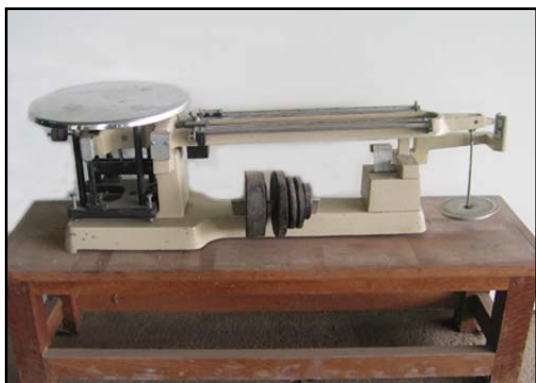
2.3 ท่อนกดตัวอย่าง (Piston) โลหะทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 49.5 มม. (1.95 นิ้ว) พื้นที่หน้าตัด 1,935.5 ตารางมม. (3 ตารางนิ้ว) และยาวไม่น้อยกว่า 101.6 มม. (4 นิ้ว) และแผ่นเหล็กใช้รองระหว่างท่อนกดและผิวด้านบนของแท่งตัวอย่าง มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่เล็กกว่าพื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง



2.4 ชุดเครื่องมือทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามมาตรฐานการทดลองที่ ทล.-ท. 108/2517 สำหรับการเตรียมแท่งตัวอย่างชนิดดินบดอัด (Compacted Soil)



2.5 เครื่องดันตัวอย่างดิน (Sample Extruder) ใช้ดันแท่งตัวอย่างดินออกจากแบบ



2.6 เครื่องชั่ง ชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 1 กรัม ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักของแท่งตัวอย่าง มีความสามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 16 กิโลกรัม



2.7 เครื่องชั่ง ชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำในตัวอย่าง มีความสามารถชั่งได้ 1,000 กรัม



2.8 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ 110 ± 5 องศาเซลเซียส สำหรับอบดินตัวอย่าง

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

- ไม่มี

4. แบบฟอร์ม

แบบฟอร์มรายงานการทดลอง Unconfined Compressive Strength ของดิน

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

งาน

Test No.	Description
----------	-------------

Sourcec	Stockpile No.
---------	---------------

Location of Sampling

Cement	%	Tested by	Date
--------	---	-----------	------

Type of Test	Mold Mass	kg.	Volume	ml.
--------------	-----------	-----	--------	-----

DENSITY

Sample No.									
Mass of Mold + Soil	Kg.								
Mass of Mold	Kg.								
Mass of Sample	Kg.								
Wet Density	gm./ml.								
Dry Density	gm./ml.								
Average Dry Density	gm./ml.								

WATER CONTENT

Can No.									
Mass of Can + Wet Soil	gm.								
Mass of Can + Dry Soil	gm.								
Mass of Water	gm.								
Mass of Can	gm.								
Mass of Dry Soil	gm.								
Water Content	%								
Average Water Content	%								

COMPRESSIVE STRENGTH

Proving Ring No. K Factor = lbs.

Sample No.	Date Molded	Date Broken	Curing Days	Dimensions			Dial Reading	Ultimate load lbs.	Uc psi	Uc ksc	Remark
				D. inch	H. inch	A. inch ²					
Average Unconfined Compressive Strength = ksc.											



5. การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างทดสอบ ขนาดของแท่งตัวอย่างควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ไม่น้อยกว่า 33 มม. (1.3 นิ้ว) ขนาดที่ใหญ่ที่สุดของเม็ดวัสดุในตัวอย่างต้องไม่เกิน 1 ใน 10 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งตัวอย่าง สำหรับตัวอย่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับหรือมากกว่า 71 มม. (2.8 นิ้ว) ขนาดที่ใหญ่ที่สุดของเม็ดวัสดุ ต้องไม่เกิน 1 ใน 6 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งตัวอย่าง

ตัวอย่างทดลองชนิดดินบดอัด (Compacted Soil) ได้จากการเตรียมตัวอย่างดินบดทับในแบบ (Mold) ตามการทดลองที่ ทล.-ท. 108/2517 วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน และใช้ปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content โดยประมาณ หากเป็นการเตรียมแท่งตัวอย่างในสนาม ให้เก็บตัวอย่างตัวแทน ขณะที่ทำการปูวัสดุ หรือจากการเจาะเก็บแท่งตัวอย่าง (Coring) ในกรณีที่ยกก่อสร้างแล้วเสร็จและต้องการทดสอบ กำลังรับแรงอัดของวัสดุ โดยเตรียมตัวอย่าง จำนวน 3 แท่งตัวอย่างสำหรับการทดสอบกำลังรับแรงอัด 1 ชุด ทดสอบ ขั้นตอนการเตรียมแท่งตัวอย่างเป็นดังนี้



5.1 เตรียมตัวอย่างสำหรับบดทับในแบบ โดยใช้ดิน ตัวอย่าง ประมาณ 3,000 กรัม ต่อ 1 แท่งตัวอย่าง หรือ ประมาณ 9,000 กรัม สำหรับ 1 ชุดทดสอบ (3 แท่งตัวอย่าง)



5.2 เก็บดินตัวอย่างใส่กระป๋องอบดิน เพื่อนำไป คำนวณหาปริมาณน้ำในดินตัวอย่าง



5.3 นำดินตัวอย่างใส่ลงในแบบ ซึ่งทำความสะอาดและติดตั้งปลอกสวมเรียบร้อยแล้ว โดยประมาณให้ดินแต่ละชั้นเมื่ออัดเรียบร้อยแล้วมีความสูงประมาณ 1 ใน 5 ของความสูงแบบ



5.4 ทำการอัดทับด้วยค้อน ตามวิธี ก. และ ค. จำนวน 25 ครั้งต่อชั้น ดำเนินการอัดทับเป็นชั้นๆ จนครบ 5 ชั้น



5.5 ถอดปลอกออก ใช้เหล็กปาดแต่งผิวหน้าของแท่งตัวอย่างให้เรียบเท่าระดับตอนบนของแบบ กรณีมีหลุมบนผิวหน้าของแท่งตัวอย่าง ให้เติมดินตัวอย่างแล้วใช้ค้อนยางทุบให้แน่นพอควร



5.6 ดันตัวอย่างออกจากแบบ โดยใช้เครื่องดันตัวอย่าง



5.7 นำแท่งตัวอย่างออกจากแบบใส่ในถุงพลาสติกเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น



5.8 ชั่งน้ำหนักแท่งตัวอย่าง เพื่อหาค่าความแน่นเปียก (Wet Density) และความแน่นแห้ง (Dry Density) เมื่อทราบปริมาณน้ำในดินตัวอย่าง



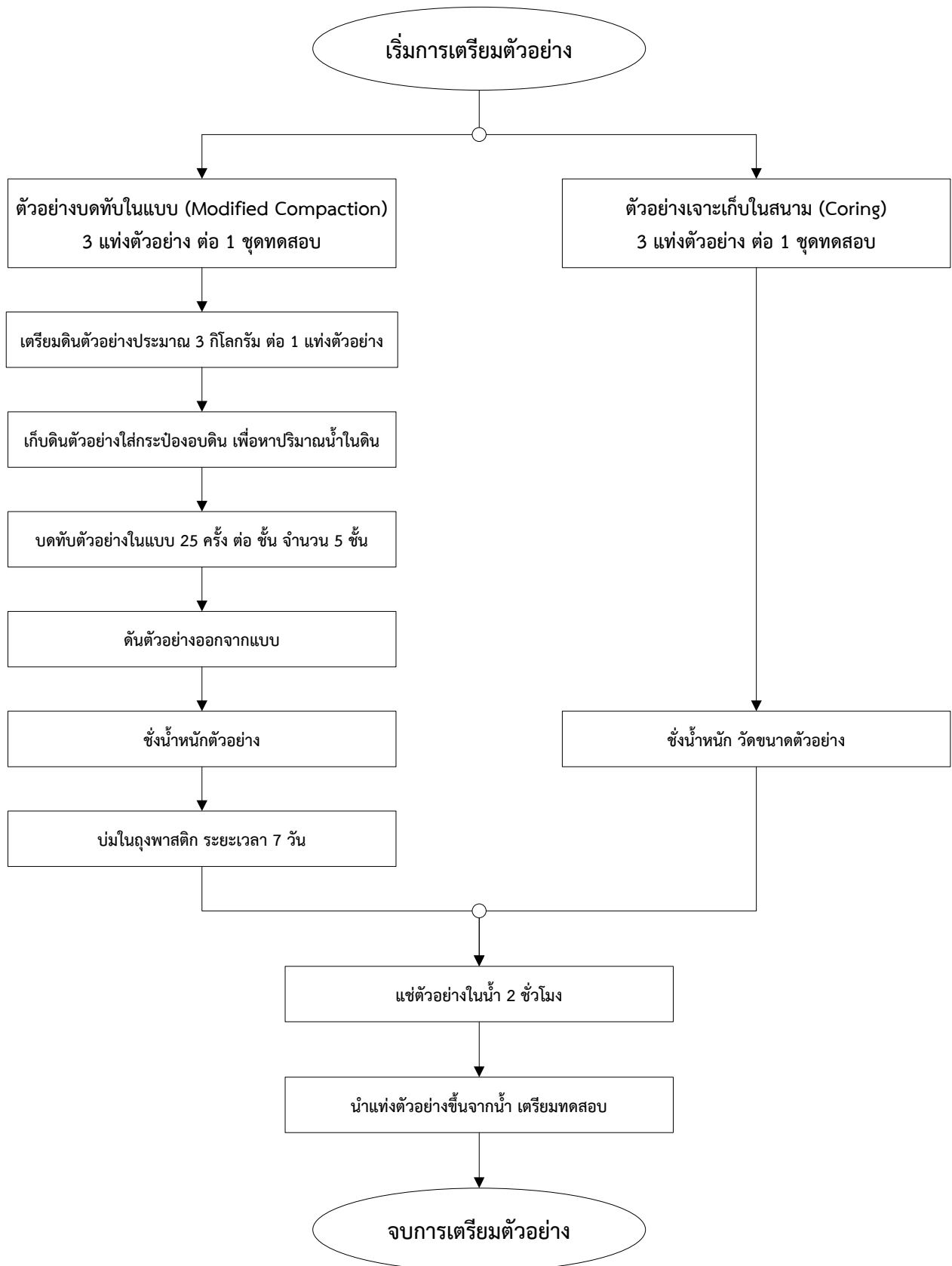
5.9 บ่มตัวอย่างในถุงพลาสติกป้องกันตัวอย่างสูญเสียความชื้น เป็นระยะเวลา 7 วัน



5.10 เมื่อบ่มตัวอย่างครบระยะเวลา 7 วัน นำตัวอย่างออกจากถุงพลาสติก แช่น้ำนาน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างไปทดสอบกำลังรับแรงอัด



ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง
(ตัวอย่างชนิดดินบดอัด, Compacted Soil)





6. การทดลอง

การทดลองเพื่อหาค่า Unconfined Compressive Strength ของแท่งตัวอย่างชนิด ดินบดอัด กระทำโดยวิธีการควบคุมความเครียด (Strain Control) มีขั้นตอนดังนี้



6.1 ติดตั้ง วงแหวนวัดแรงกด และท่อนกดเข้ากับเครื่องกด จากนั้นวางแท่งตัวอย่างไว้ตรงกลางฐานแผ่นกลมด้านล่างของเครื่องกด และวางแผ่นเหล็กสำหรับรองท่อนกดไว้ที่ด้านบนของแท่งตัวอย่าง เพื่อให้แรงกดจากท่อนกดกระทำกับตัวอย่างเต็มพื้นที่หน้าตัดอย่างสม่ำเสมอ



6.2 หมุนปรับฐานแผ่นกลมของเครื่องกดขึ้นจนตัวอย่างสัมผัสกับท่อนกด โดยสังเกตที่เข็มหน้าปัด Dial Gauge ของวงแหวนวัดแรงเริ่มหมุน



6.3 ปรับเข็มหน้าปัด Dial Gauge ของวงแหวนวัดแรงให้เป็นศูนย์



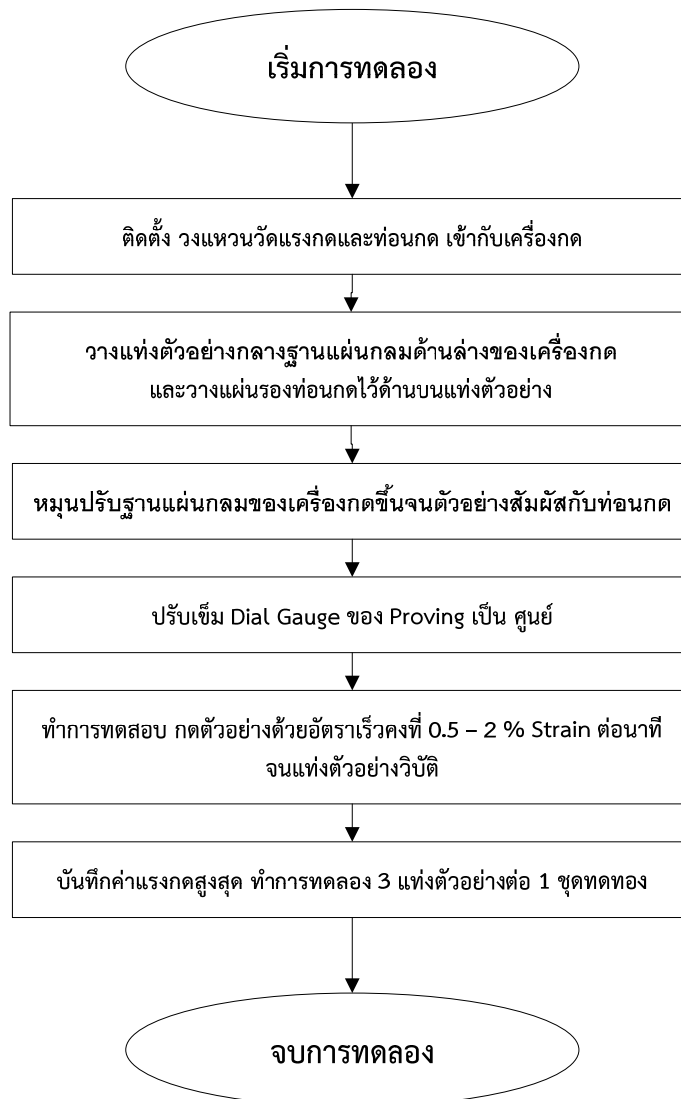
6.4 เริ่มทำการทดสอบโดยกดแท่งตัวอย่างด้วยอัตราเร็วคงที่คิดเป็นความเครียดในแนวดิ่งประมาณ 0.5 – 2 เปอร์เซ็นต์ต่อนาที เพิ่มแรงกดต่อไปจนกระทั่งแรงกดลดลง ในขณะที่ความเครียดเพิ่มขึ้น หรือจนกระทั่งแท่งตัวอย่างมีความเครียด 20 เปอร์เซ็นต์ จึงหยุดการกดทดสอบ



6.5 จดบันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่อ่านได้จาก Dial Gauge ของวงแหวนวัดแรง และเขียนรูปภาพของแท่งตัวอย่างหลังการทดสอบ กรณีที่แท่งตัวอย่างมีรอยแตกร้าวเกิดขึ้นให้วัดมุมของรอยแตกร้าวเทียบกับแกนนอนด้วย



ผังขั้นตอนการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน



7. การคำนวณ

7.1 คำนวณหาปริมาณน้ำในดิน (Moisture Content)

$$\omega = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} \times 100$$

เมื่อ ω = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละคิดเทียบกับมวลของดินอบแห้ง

M_1 = มวลของดินเปียก มีหน่วยเป็นกรัม

M_2 = มวลของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม



7.2 คำนวณหาค่าความแน่นเปียก (Wet Density)

$$\rho_t = \frac{M}{V}$$

เมื่อ	ρ_t	=	ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร
	M	=	มวลของดินเปียกที่บดทับในแบบ มีหน่วยเป็นกรัม
	V	=	ปริมาตรของแบบ หรือปริมาตรของดินเปียกที่บดทับในแบบ

7.3 คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\rho_d = \frac{\rho_t}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

เมื่อ	ρ_d	=	ความแน่นแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร
	ρ_t	=	ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร
	ω	=	ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

7.4 คำนวณหาความเค้นสำหรับแรงกดใดๆ σ_C ได้โดยใช้สูตร

$$\sigma_C = \frac{P}{A}$$

เมื่อ	P	=	แรงกด
	A	=	พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง

7.5 ตัวอย่างการคำนวณ

— การคำนวณหาปริมาณน้ำในดิน (Water Content)

มวลของกระป๋อง + ดินเปียก (Mass Can + Wet Soil)	=	366.1	กรัม
มวลของกระป๋อง + ดินแห้ง (Mass Can + Dry Soil)	=	349.9	กรัม
มวลของน้ำ (Mass Water)	=	366.1 – 349.9	
	=	16.2	กรัม
มวลของกระป๋อง (Mass Can)	=	40.4	กรัม
มวลของดินแห้ง (Mass Dry Soil)	=	349.9 – 40.4	
	=	309.5	กรัม
ปริมาณน้ำในดิน (Water Content)	=	$\frac{16.2}{309.5} \times 100$	
	=	5.2	%



— การคำนวณหาค่าความแน่นเปียก (Wet Density)

มวลของแบบ + ดิน (Mass Mold + Soil)	=	6.005	กิโลกรัม
มวลของแบบ (Mass Mold)	=	3.697	กิโลกรัม
มวลของดิน (Mass Soil)	=	6.005 – 3.697	
	=	2.308	กิโลกรัม
ปริมาตรของแบบ (Volume Mold)	=	944	มิลลิลิตร
ความแน่นเปียก (Wet Density)	=	$\frac{2.308}{944} \times 1000$	
	=	2.445	กรัม/มิลลิลิตร

— การคำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

ความแน่นเปียก (Wet Density)	=	2.445	กรัม/มิลลิลิตร
ปริมาณน้ำในดิน (Water Content)	=	5.2	%
ความแน่นแห้ง (Dry Density)	=	$\frac{2.445}{1 + \frac{5.2}{100}}$	
	=	2.324	กรัม/มิลลิลิตร

— การคำนวณหาค่า Unconfined Compressive Strength

ค่าแรงกดสูงสุดที่อ่านได้จาก Proving Ring	=	500	Division
สมการสอบเทียบของ Proving Ring ที่ใช้ทดลอง			
แรงกด (Load)	=	(Div. x 11.250) + (-46.0)	ปอนด์
แรงกดสูงสุดของแท่งตัวอย่าง	=	(500 x 11.250) + (-46.0)	ปอนด์
แรงกดสูงสุดที่กระทำกับแท่งตัวอย่าง	=	5,579.0	ปอนด์
พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง	=	12.566	ตารางนิ้ว
ค่า Unconfined Compressive Strength ของแท่งตัวอย่าง			
	=	$\frac{5,579.0}{12.566}$	
	=	443.98	ปอนด์/ตารางนิ้ว
	=	31.2	กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร



8. การรายงาน

ให้รายงานผลการทดลองตามแบบฟอร์ม และรายละเอียดดังนี้

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

งาน โครงการฯ ตลาดหนองมน - อ.บางละมุง ตอน 2

Test No. CM - 16 Description Cement Mod. CR. Base 1st Layer
 Source หินคลุก: โรงไม้หินโบราณ ในทางหลวงหมายเลข 7 Stockpile No. -
 Location of Sampling KM.123+975 - KM.124+025 RT - RT (คันทางขวา ขยายด้านขวา)
 Cement ตรา TPIPL Type 1 2 % Tested by วัฒนชัย, กิจจา Date 23 ก.ย. 2553
 Type of Test Mod. Compaction Mold Mass 3.697 kg. Volume 944 ml.

DENSITY

Sample No.		1	2	3						
Mass of Mold + Soil	Kg.	6.005	5.985	5.990						
Mass of Mold	Kg.	3.697	3.697	3.697						
Mass of Sample	Kg.	2.308	2.288	2.293						
Wet Density	gm./ml.	2.445	2.424	2.429						
Dry Density	gm./ml.	2.324	2.311	2.318						
Average Dry Density	gm./ml.	2.318								

WATER CONTENT

Can No.		2	14	61						
Mass of Can + Wet Soil	gm.	366.1	368.4	349.4						
Mass of Can + Dry Soil	gm.	349.9	353.0	335.2						
Mass of Water	gm.	16.2	15.4	14.2						
Mass of Can	gm.	40.4	39.4	40.0						
Mass of Dry Soil	gm.	309.5	313.6	295.2						
Water Content	%	5.2	4.9	4.8						
Average Water Content	%	5.0								

COMPRESSIVE STRENGTH

Proving Ring No. 440127 K Factor = Div. x 11.250 + (-46.00) lbs.

Sample No.	Date Molded	Date Broken	Curing Days	Dimensions			Dial Reading	Ultimate load lbs.	Uc psi	Uc ksc	Remark
				D. inch	H. inch	A. inch ²					
1	15 ก.ย. 53	22 ก.ย. 53	7	4.0	4.584	12.566	500	5,579.0	443.98	31.2	
2	"	"	"	4.0	4.584	12.566	490	5,466.5	435.02	30.6	
3	"	"	"	4.0	4.584	12.566	495	5,522.8	439.50	30.9	
Average Unconfined Compressive Strength = 30.9 ksc.											



9. ข้อควรระวัง

- 9.1 เครื่องกด ต้องตั้งอยู่บนพื้นที่ยึดแน่นคง แกนของเครื่องและท่อนกดต้องอยู่ในแนวตั้ง
- 9.2 ติดตั้งแท่งตัวอย่างทดสอบโดยให้ศูนย์กลางของแท่งตัวอย่าง ตรงกับศูนย์กลางของท่อนกด
- 9.3 ในการเตรียมแท่งตัวอย่าง ต้องปาดแต่งผิวหน้าให้เรียบและได้ระดับ และให้เคลื่อนย้ายตัวอย่างด้วยความระมัดระวัง
- 9.4 การใช้เครื่องกดแบบมือหมุน ต้องหมุนด้วยอัตราเร็วที่คงที่

การทดลองที่ ทล. - ท. 107/2517

วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน



ทล. – ท. 107/2517

วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน

1. ขอบข่าย

การทดลอง Compaction แบบมาตรฐานนี้เทียบเท่า AASHTO T99 ซึ่งวิธีนี้เป็นการทดลองโดยวิธี Dynamic Compaction เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของดินกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดทับ เมื่อทำการบดทับดินในแบบ (Mold) ตามขนาดข้างล่างนี้ ด้วยค้อนหนัก 2.494 กิโลกรัม (5.5 ปอนด์) ระยะปล่อยค้อนตก 304.8 มม. (12 นิ้ว)

- วิธี ก. แบบ (Mold) ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มม. (4 นิ้ว)
ตัวอย่างทดลอง (Sample) ใช้ดินผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว)
- วิธี ข. แบบ (Mold) ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152.4 มม. (6 นิ้ว)
ตัวอย่างทดลอง (Sample) ใช้ดินผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว)
- วิธี ค. แบบ (Mold) ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มม. (4 นิ้ว)
ตัวอย่างทดลอง (Sample) ใช้ดินผ่านตะแกรงขนาดขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4)
- วิธี ง. แบบ (Mold) ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152.4 มม. (6 นิ้ว)
ตัวอย่างทดลอง (Sample) ใช้ดินผ่านตะแกรงขนาดขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4)

หมายเหตุ ถ้าไม่ระบุวิธีใดให้ใช้วิธี “ก”

2. เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 แบบ(Mold) ทำด้วยโลหะแข็งและเหนียวลักษณะทรงกระบอกกลวง มี 2 ขนาด คือ

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 นิ้ว (รูปที่1)
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 6 นิ้ว (รูปที่2)



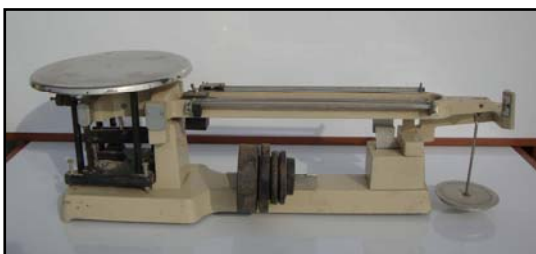
2.2 แท่งโลหะรอง (Spacer Disc) เป็นโลหะรูปทรงกระบอกใช้กับแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152.4 มม. (6 นิ้ว) โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150.8 มม. (5 15/16 นิ้ว) และสูงขนาดต่างๆ ซึ่งเมื่อใช้รองด้านล่างแล้วได้ตัวอย่างสูงเท่ากับ 116.4 มม. (4.584 นิ้ว)



2.3 ค้อน (Hammer) ทำด้วยโลหะรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8 มม. (2 นิ้ว) มีมวลรวมทั้ง ด้ามถือ 2.494 กิโลกรัม (5.5 ปอนด์) ต้องมีปลอกที่ทำไว้อย่างเหมาะสม เป็นตัวบังคับระยะตกเท่ากับ 304.8 มม. (12 นิ้ว) เหนือระดับดินที่ต้องการบดทับ



2.4 เครื่องดันตัวอย่าง (Sample Extruder) ใช้ดันดินออกจากแบบภายหลังเมื่อทดลองเสร็จแล้ว ประกอบด้วย Jack ทำหน้าที่เป็นตัวดันและโครงเหล็กทำหน้าที่เป็นตัวจับแบบ ในกรณีที่ไม่มีเครื่องดันดินให้ใช้สิ่ว หรือเครื่องมืออย่างอื่นแคะตัวอย่างออกจากแบบ



2.5 เครื่องชั่งแบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 16 กิโลกรัม และชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม สำหรับชั่งตัวอย่างทดลอง



2.6 เครื่องชั่งแบบ Scale หรือแบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ 1,000 กรัม และชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำในดิน



2.7 เตาอบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ 110 ± 5 °c สำหรับอบดินตัวอย่าง



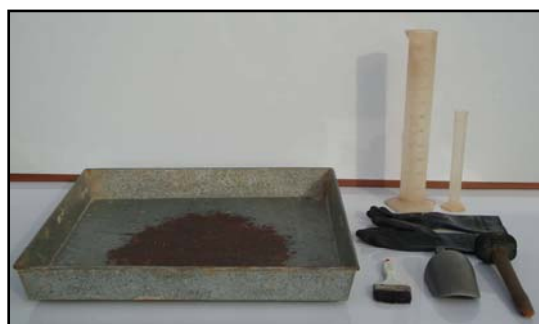
2.8 เหล็กปาด (Straight Edge) เป็นเหล็กคัลลายไม้บรรทัด หนาและแข็งเพียงพอในการตัดแต่งตัวอย่างที่ส่วนบนของแบบ มีความยาวไม่น้อยกว่า 300 มม. แต่ไม่ยาวเกินไป และหนาประมาณ 3.0 มม.



2.9 ตะแกรงร่อนดิน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 203 มม. (8 นิ้ว) และสูงประมาณ 51 มม. (2 นิ้ว) มีขนาดดังนี้

2.9.1 ตะแกรงขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว)

2.9.2 ตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4)



2.10 เครื่องผสม เป็นเครื่องมือจำเป็นอย่างอื่น ๆ ที่ใช้ผสมตัวอย่างกับน้ำ ได้แก่ ถาด, ช้อน, พลั่ว, เกรียง, ค้อนยาง ถ้วยตวงวัดปริมาตรน้ำ หรือจะใช้เครื่องผสมแบบ Mechanical Mixer ก็ได้



2.11 กระป๋องอบดิน สำหรับใส่ตัวอย่างดินเพื่ออบหาปริมาณน้ำในดิน



3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

- น้ำสะอาด

4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว.2-05 สำหรับการทดลอง Compaction Test และ Plot Curve

ที่ ว.2-12 สำหรับสรุปคุณภาพวัสดุ



สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

ว. 2-05

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ _____
 วันที่รับตัวอย่าง _____ วันที่ทดลอง _____ ผู้ทดลอง _____
 เจ้าของตัวอย่าง _____ หนังสือที่ _____ วันที่รับหนังสือ _____

COMPACTION TEST

Sample : _____
 Source : _____
 Type test : _____ Mold Mass _____ Kgs Volume _____ ml.

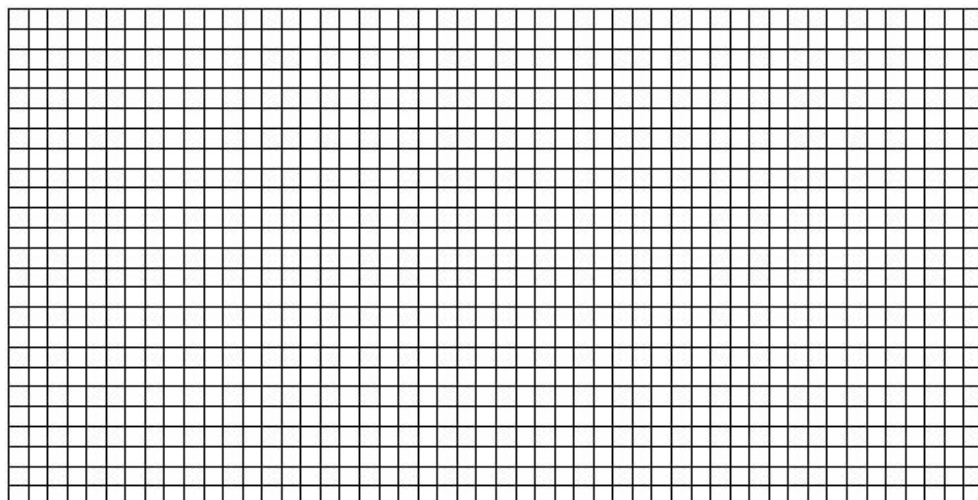
DENSITY

Trial (Water added)	(%)					
Mass Mold + Soil	(Kg)					
Mass Mold	(Kg)					
Mass Soil	(Kg)					
Wet density	(gm./mL)					
Dry density	(gm./mL)					

WATER CONTENT

Can No.					
Mass Can + Wet Soil	(gm.)				
Mass Can + Dry Soil	(gm.)				
Mass water	(gm.)				
Mass Can	(gm.)				
Mass Dry Soil	(gm.)				
Water Content	(%)				

DRY DENSITY gm./mL



WATER CONTENT %



สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

สรุปคุณภาพวัสดุ

[illegible]

.....Material Engineer



5. การเตรียมตัวอย่าง



5.1 ทำตัวอย่างให้แห้งโดยวิธีการตากแห้ง โดยให้ตัวอย่างมีความแห้งพอเหมาะ (มีน้ำประมาณ 2 – 3%)



วิธี Quartering

5.2 ทำการแบ่งตัวอย่างด้วยวิธี Quartering หรือแบ่งตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) ซึ่งตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่นำไปทดลองและส่วนที่คงเหลือ



วิธีแบ่งโดยใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง



5.3 นำตัวอย่างส่วนที่นำไปทดลอง มาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว จะได้ตัวอย่างส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว



5.4 นำตัวอย่างส่วนที่ค้ำตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว ไปชั่งหา มวล (A) พร้อมทั้งจดบันทึกค่า และทิ้งไป



5.5 จากนั้นนำตัวอย่างส่วนที่คงเหลือ มาร่อนด้วยตะแกรง ขนาด 3/4 นิ้ว และตะแกรงขนาดเบอร์ 4 ซึ่งตัวอย่างจะถูก แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ (1) ส่วนที่ค้ำตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว (2) ส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และค้ำตะแกรง ขนาดเบอร์ 4 (3) ส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4



5.6 ให้ใช้เฉพาะส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 3/4" และค้ำ ตะแกรงขนาดเบอร์ 4 โดยนำไปชั่งให้มีมวลเท่ากับมวล (A) ของส่วนที่ค้ำตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว ตามที่ได้จดบันทึกค่าไว้



5.7 จากนั้นนำไปแทนที่ในส่วนที่ค้ำตะแกรงขนาด 3/4" ของ ตัวอย่างส่วนที่นำไปทดลอง และทำการคลุกเคล้ากับตัวอย่าง ส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว ของตัวอย่างส่วนที่นำไป ทดลอง ให้เข้ากัน



5.8 ชั่งตัวอย่างที่เตรียมได้ ให้ได้มวลซึ่งแล้วแต่กรณี ดังนี้

- ใช้แบบขนาด 4 นิ้ว ใช้มวลประมาณ 3,000 กรัม สำหรับการทดลอง 1 ครั้ง
- ใช้แบบขนาด 6 นิ้ว ใช้มวลประมาณ 6,000 กรัม สำหรับการทดลอง 1 ครั้ง

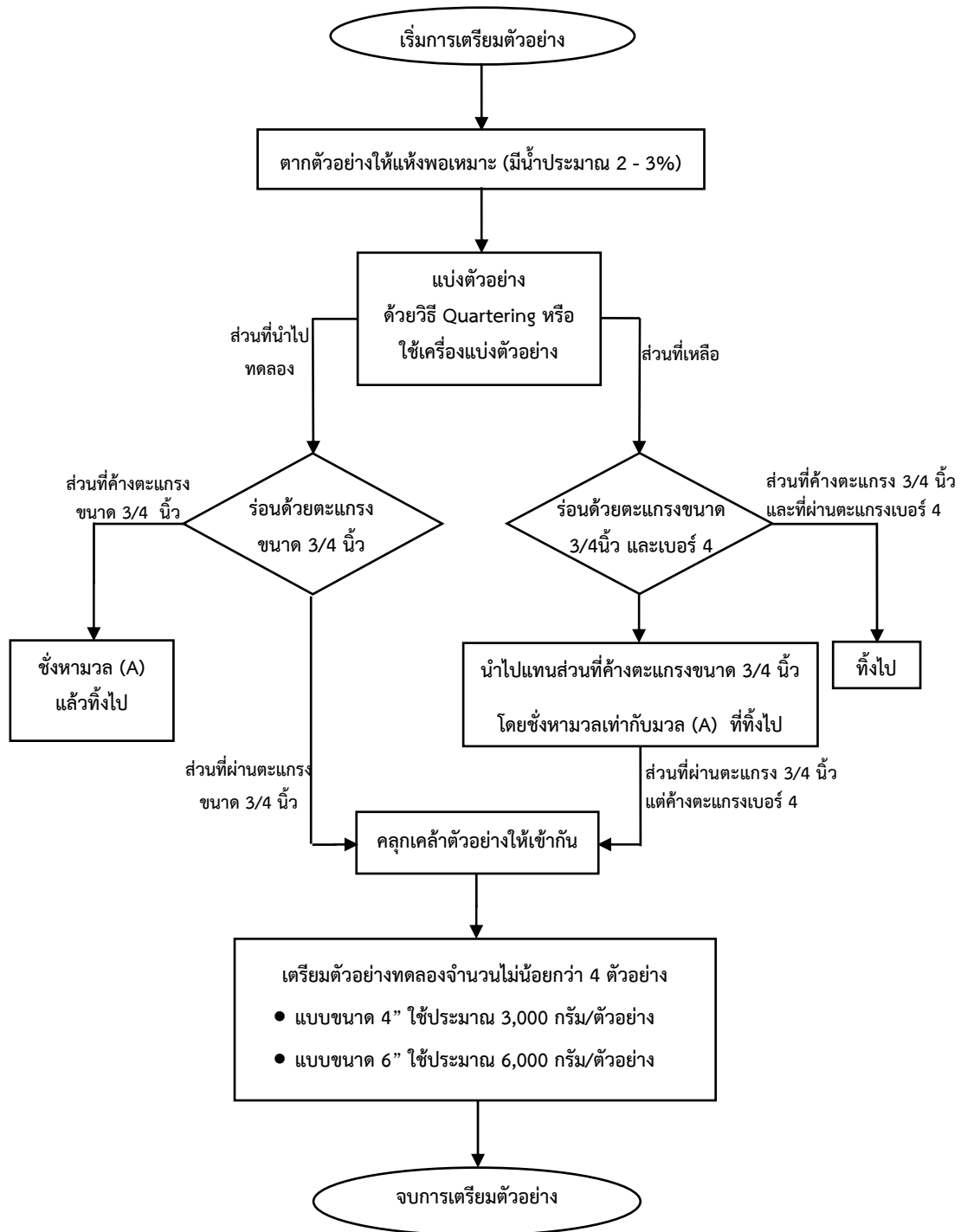


5.9 ให้เตรียมตัวอย่างเพื่อทดลองได้ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง

หมายเหตุ : กรณีที่ตัวอย่างทดลองไม่มีส่วนค้ำตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว ไม่ต้องดำเนินการในข้อที่ 5.4 – 5.7



ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง





6. การทดลอง

การทดลอง Compaction Test จะใช้แบบขนาดใดก็ได้แล้วแต่ความต้องการตามวิธีต่างๆดังกล่าว ในขอบข่ายแล้วให้ดำเนินการทดลองดังนี้



6.1 นำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้แล้วมาคลุกเคล้าจนเข้ากันดี



6.2 เติมน้ำจำนวนหนึ่ง โดยปกติมักเริ่มต้นที่ประมาณ 4 % หรือต่ำกว่าปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นสูงสุด (Optimum Moisture Content)



6.3 คลุกเคล้าตัวอย่างที่เติมน้ำแล้วด้วยมือ หรือนำเข้าเครื่องผสมจนเข้ากันดี



6.4 แบ่งตัวอย่างใส่ลงในแบบซึ่งมีปลอกสวมเรียบร้อย โดยให้ดินแต่ละชั้น เมื่อกดทับแล้วมีความสูง $\frac{1}{3}$ ของ 127 มม. (5 นิ้ว)



6.5 ทำการกดทับด้วยค้อนดังนี้

6.5.1 ตามวิธี ก. และ ค. จำนวน 25 ครั้ง

6.5.2 ตามวิธี ข. และ ง. จำนวน 56 ครั้ง

โดยดำเนินการกดทับจนได้ตัวอย่างที่กดทับแล้วเป็นชั้นๆ จำนวน 3 ชั้น มีความสูงประมาณ 127 มม. (5 นิ้ว) (สูงกว่า แบบประมาณ 10 มม.)



6.6 ถอดปลอกออก ใช้เหล็กปาดแต่งหน้าให้เรียบเท่าระดับ ตอนบนของแบบ (เหลือความสูงเท่ากับ 116.4 มม.) กรณีมี หลุมบนหน้า ให้เติมตัวอย่างและใช้ค้อนทุบให้แน่นพอควร แล้วนำไปชั่ง จะได้มวลของดินตัวอย่างและมวลของแบบ หักมวลของแบบออกก็จะได้มวลของดินตัวอย่างเพียง



6.7 นำไปชั่งจะได้มวลของดินตัวอย่างและมวลของแบบ หักมวลของแบบออก ก็จะได้มวลของดินตัวอย่างเพียง (A) และจดบันทึก



6.8 ในขณะเดียวกันกับที่ทำการบดทับตัวอย่างในแบบ ให้นำดินใส่กระป๋องอบดินเพื่อนำไปทดลองหาปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ มวลของดินที่นำไปหาปริมาณน้ำในดิน ให้ใช้ดังนี้

6.8.1 ขนาดก้อนใหญ่สุด 19.0 มม. ให้ใช้ประมาณ 300 กรัม

6.8.2 ขนาดก้อนใหญ่สุด 4.75 มม. ให้ใช้ประมาณ 100 กรัม



6.9 นำกระป๋องอบดินซึ่งภายในบรรจุตัวอย่างไว้ ไปชั่งหามวล ก็จะได้มวลของตัวอย่างดินเทียบกับกระป๋องอบทำการจดบันทึก แล้วนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ $110 \pm 5^\circ\text{C}$



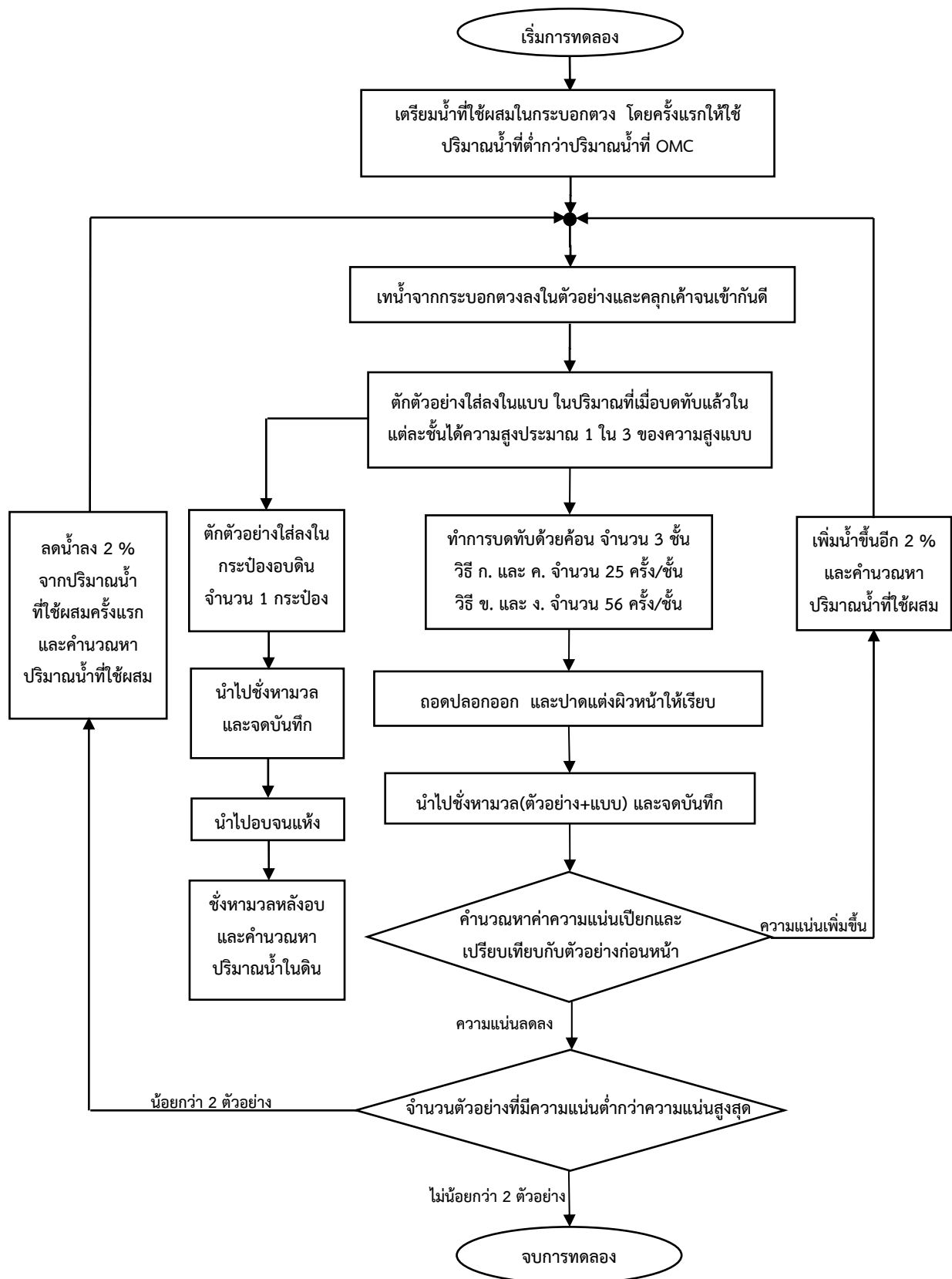
6.10 หลังจากนำไปอบจนแห้ง นำมาชั่งหามวลหลังการอบก็จะได้มวลของตัวอย่างดินเทียบกับกระป๋องอบ แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณน้ำในดิน w (Water Content) , ค่าความแน่นเปียก (Wet Density) และค่าความแน่นแห้ง (Dry Density) ต่อไป

6.11 ดำเนินการตามข้อที่ 6.1 – 6.10 โดยเพิ่มปริมาณน้ำในดินขึ้นอีกครั้งละ 2 % จนกว่าจะได้ความแน่นลดลงจึงหยุดการทดลอง หรืออาจลดน้ำที่ผสม ในกรณีที่เพิ่มน้ำแล้วได้ความแน่นลดลง เพื่อให้เขียน Curve ได้

6.12 เขียน Curve ระหว่างความแน่นแห้ง (ρ_d) และปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ (w) ก็จะทราบค่าความแน่นแห้งสูงสุด $\text{Max. } \rho_d$ (Maximum Dry Density) และปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นแห้งสูงสุด O.M.C. (Optimum Moisture Content)



ผังขั้นตอนการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน





7. การคำนวณ

7.1 สูตรการคำนวณ

7.1.1 คำนวณหาปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ (Water Content)

$$w = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} \times 100$$

เมื่อ w = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละคิดเทียบกับมวลของดินอบแห้ง
 M_1 = มวลของดินเปียก มีหน่วยเป็นกรัม
 M_2 = มวลของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

7.1.2 คำนวณหาค่าความแน่นเปียก (Wet Density)

$$\rho_t = \frac{A}{V}$$

เมื่อ ρ_t = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร
 A = มวลของดินเปียกที่บดทับในแบบ มีหน่วยเป็นกรัม
 V = ปริมาตรของแบบ หรือปริมาตรของดินเปียกที่บดทับในแบบ
มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร

7.1.3 คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\rho_d = \frac{\rho_t}{1 + (w/100)}$$

เมื่อ ρ_d = ความแน่นแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร
 ρ_t = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร
 w = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ



7.2 ตัวอย่างการคำนวณ (จากแบบฟอร์มที่ ว. 2-05 ตามเอกสารแนบท้ายเรื่อง)

7.2.1 การคำนวณหาความแน่นเปียก (Wet Density)

มวลของแบบ + ดิน (Mass Mold + Soil)	=	5.265	กิโลกรัม
มวลของแบบ (Mass Mold)	=	3.528	กิโลกรัม
มวลของดิน (Mass Soil)	=	5.265 - 3.528	= 1.737 กิโลกรัม
ปริมาตรของแบบ (Volume Mold)	=	937	มิลลิลิตร
ความแน่นเปียก (Wet Density)	=	(1.737 / 937) X 1,000 = 1.855 กรัม/มิลลิลิตร	

7.2.2 การคำนวณหาปริมาณน้ำในดิน (Water Content)

มวลของกระป๋อง + ดินเปียก(Mass Can + Wet Soil)	=	380.7	กรัม
มวลของกระป๋อง + ดินแห้ง(Mass Can + Dry Soil)	=	348.5	กรัม
มวลของน้ำ (Mass Water)	=	380.7 – 348.5 = 32.2	กรัม
มวลของกระป๋อง (Mass Can)	=	41.5	กรัม
มวลของดินแห้ง (Mass Dry Soil)	=	348.5 – 41.5 = 307.0	กรัม
ปริมาณน้ำในดิน (Water Content)	=	(32.2 / 307.0) × 100 = 10.5	%

7.2.3 การคำนวณหาความแน่นแห้ง (Dry Density)

ความแน่นเปียก (Wet Density)	=	1.855	กรัม/มิลลิลิตร
ปริมาณน้ำในดิน (Water Content)	=	10.5	%
ความแน่นแห้ง (Dry Density)	=	$1.855 / [(1+(10.5 / 100))] = 1.679$ กรัม/มิลลิลิตร	

จากนั้นนำค่าความแน่นแห้ง และค่าปริมาณน้ำในดิน ไป Plot ลงในกราฟ โดยที่สัดส่วนของแกนตั้งจะแสดงอยู่ในค่าของความแน่นแห้ง มีหน่วยเป็น กรัม/มิลลิลิตร และสัดส่วนของแกนนอนจะแสดงอยู่ในค่าของปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็น ร้อยละ เมื่อ Plot ค่าจนครบทุกจุดแล้ว ให้ลาก Curve เชื่อมต่อกันระหว่างจุดต่อจุดจนครบ จากนั้นให้ลากเส้นขนานแกนตั้ง และเส้นขนานแกนนอนไปตัดกัน ที่จุดสูงสุดของ Curve ค่าความแน่นแห้งที่ได้ คือค่าความแน่นแห้งสูงสุด (Maximum Dry Density) และค่าปริมาณน้ำในดินที่ได้ คือค่าปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นแห้งสูงสุด (Optimum Moisture Content)

8. การรายงาน

ในการทำ Compaction Test แบบมาตรฐานให้รายงานดังนี้

8.1 ค่าความแน่นแห้งสูงสุด มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร (ใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่ง)

8.2 ค่าปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นแห้งสูงสุด เป็นร้อยละ (ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง)



สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

จ. 2-05

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ G-6

วันที่รับตัวอย่าง

วันที่ทดลอง

15 พ.ย. 54 ผู้ทดลอง

เจ้าของตัวอย่าง หจก.กอมณีก่อสร้าง

หนังสือที่

วันที่รับหนังสือ

COMPACTION TEST

Sample : Silty Sand / Embankment

Source : Km.6+200 RT 2.7

Type test :

Std. Comp.

Mold Mass

3.431

Kgs

Volume

969

ml.

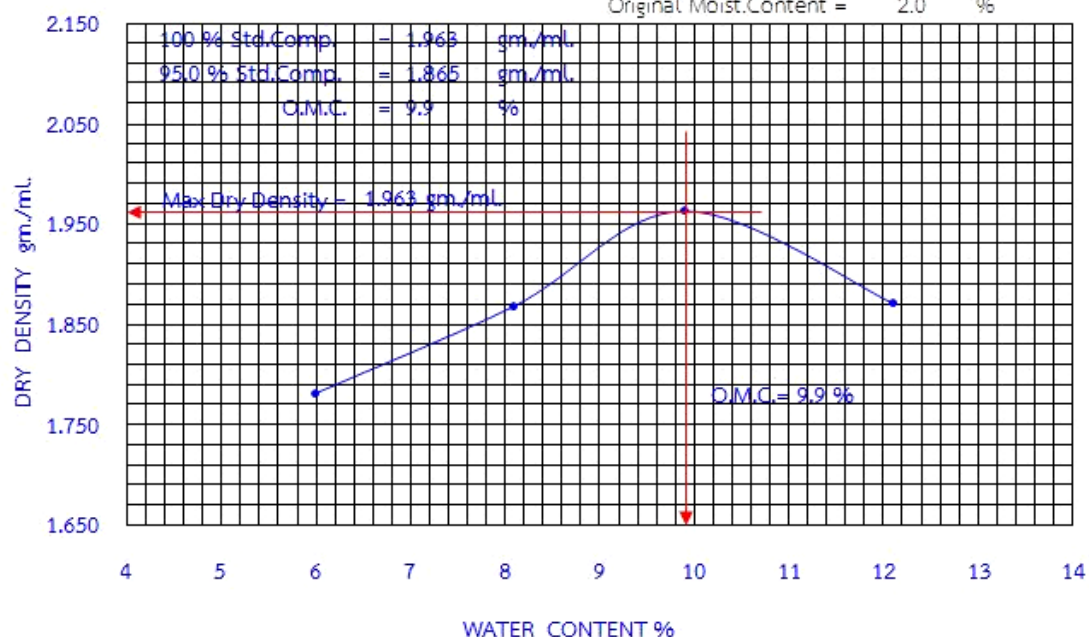
DENSITY

Trial (Water added)	(%)	4	6	8	10	-
Mass Mold + Soil	(Kg)	5.260	5.388	5.521	5.463	-
Mass Mold	(Kg)	3.431	3.431	3.431	3.431	-
Mass Soil	(Kg)	1.829	1.957	2.090	2.032	-
Wet density	(gm./ml.)	1.888	2.020	2.157	2.097	-
Dry density	(gm./ml.)	1.781	1.868	1.963	1.871	-

WATER CONTENT

Can No.		17	12	24	32	-
Mass Can + Wet Soil	(gm.)	255.4	268.6	285.5	282.9	-
Mass Can + Dry Soil	(gm.)	243.5	251.8	263.6	257.2	-
Mass water	(gm.)	11.9	16.8	21.9	25.7	-
Mass Can	(gm.)	45.4	44.2	41.7	44.3	-
Mass Dry Soil	(gm.)	198.1	207.6	221.9	212.9	-
Water Content	(%)	6.0	8.1	9.9	12.1	-

Original Moist. Content = 2.0 %





9. ข้อควรระวัง

9.1 การประมาณปริมาณน้ำที่ใช้ผสม

9.1.1 สำหรับดินเหนียว (Cohesive Soil) ควรใช้ปริมาณต่ำกว่า และสูงกว่าปริมาณน้ำในดินที่ให้ ความแน่นสูงสุดที่ประมาณไว้

9.1.2 สำหรับดินทราย (Cohesionless Soil) ควรเริ่มจากดินตากแห้ง แล้วค่อยๆ เพิ่มปริมาณน้ำขึ้นทีละน้อย เพื่อให้ได้จำนวนจุดที่จะนำมาเขียน Curve มากที่สุด

9.2 ในการใช้คอนทำการบดทับให้วางแบบบนพื้นที่มีมั่นคง แข็งแรง ราบเรียบ เช่น พื้นคอนกรีต เพื่อไม่ให้แบบกระดกหรือกระดอนขึ้นขณะทำการบดทับ

9.3 ให้ใช้จำนวนตัวอย่างให้เพียงพอ โดยให้มีตัวอย่างทดลองทางด้านแห้งกว่าปริมาณน้ำในดิน ที่ให้ความแน่นสูงสุดไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง และให้มีจุดทดลองทางด้านเปียกกว่าปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นสูงสุดจำนวน 1 ตัวอย่าง

9.4 สำหรับดินที่เหนียวมากหลังจากตากแห้งแล้ว ให้ทุบด้วยค้อนยางหรือนำเข้าเครื่องบด จนได้ตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

9.5 ปริมาตรของแบบ (V) ให้ทำการวัดและคำนวณ เพื่อให้ได้ปริมาตรที่แท้จริงของแต่ละแบบ ห้ามใช้ปริมาตรที่แสดงไว้โดยประมาณ

การทดลองที่ ทล. - ท. 108/2517

วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน



ทล. – ท. 108/2517

วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน

1. ขอบข่าย

การทดลอง Compaction เป็นวิธีการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของดินกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดทับ ซึ่งผลของการทดลองจะทำให้ทราบค่าความแน่นแห้งสูงสุด (Maximum Dry Density) และปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นแห้งสูงสุด (Optimum Moisture Content) ภายใต้การบดทับในแบบ (Mold) ด้วยค้อนหนัก 10.0 ปอนด์ (4.537 กิโลกรัม) ระยะปล่อยค้อนตก 18 นิ้ว (457.2 มม.) ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นค่าที่นำไปใช้ในการควบคุมการบดทับวัสดุในสนาม วิธีการทดลองแบ่งได้ดังนี้

- **วิธี ก.** แบบ (Mold) ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว (101.6 มม.)
ตัวอย่างทดลอง (Sample) ใช้ดินผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว (19.0 มม.)
- **วิธี ข.** แบบ (Mold) ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว (152.4 มม.)
ตัวอย่างทดลอง (Sample) ใช้ดินผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว (19.0 มม.)
- **วิธี ค.** แบบ (Mold) ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว (101.6 มม.)
ตัวอย่างทดลอง (Sample) ใช้ดินผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มม.)
- **วิธี ง.** แบบ (Mold) ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว (152.4 มม.)
ตัวอย่างทดลอง (Sample) ใช้ดินผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มม.)

2. เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 แบบ(Mold) ทำด้วยโลหะแข็งและเหนียวลักษณะทรงกระบอกกลวง มี 2 ขนาด คือ

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 นิ้ว
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 6 นิ้ว



2.2 แท่งโลหะรอง(Spacer Disc) เป็นโลหะรูปทรงกระบอกใช้กับแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ใช้รองด้านล่างในขณะบดทับ เพื่อให้ได้ตัวอย่างสูง 116.4 มม.



2.3 ค้อน (Hammer) ทำด้วยโลหะ เป็นรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว มีมวลรวมด้ามถือ 10.0 ปอนด์ มีปลอกเป็นตัวบังคับระยะตกเท่ากับ 18 นิ้ว เหนือระดับดินที่ต้องการบดทับ



2.4 เครื่องดันตัวอย่าง (Sample Extruder) ใช้ดันดินออกจากแบบภายหลังเมื่อทดลองเสร็จแล้ว ในกรณีที่ไม่มีเครื่องดันดิน ให้ใช้ส้อม หรือเครื่องมืออย่างอื่นแคะตัวอย่างออกจากแบบได้



2.5 ตาชั่งแบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 16 กิโลกรัม ชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม สำหรับชั่งตัวอย่างทดลอง



2.6 ตาชั่งแบบ Scale หรือแบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ 1,000 กรัม ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำในดิน



2.7 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ 100 ± 5 °c สำหรับอบดินตัวอย่าง

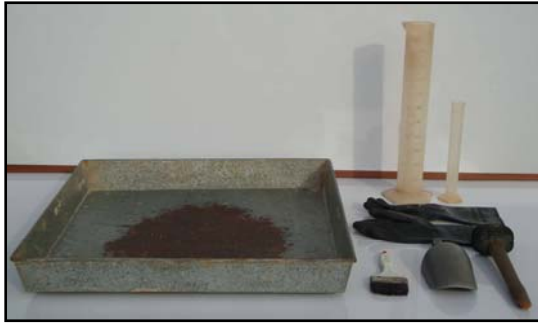


2.8 เหล็กปาด (Straight Edge) เป็นเหล็กคัลลายไม้บรรทัด หนา และแข็ง ใช้ในการตัดแต่งตัวอย่างที่ส่วนบนของแบบ มีความยาวไม่น้อยกว่า 300 มม. แต่ไม่ยาวเกินไป และหนาประมาณ 3.0 มม.



2.9 ตะแกรงร่อนดิน ที่ใช้ มี 2 ขนาดดังนี้

- ตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว (19.0 มม.)
- ตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มม.)



2.10 เครื่องผสม เป็นเครื่องมือจำเป็นอย่างอื่น ๆ ที่ใช้ผสมตัวอย่างกับน้ำ ได้แก่ ถาด, ช้อน, พลั่ว, เกรียง, ค้อนยาง, ถ้วยตวงวัดปริมาตรน้ำ หรือจะใช้เครื่องผสมแบบ Mechanical Mixer ก็ได้



2.11 ครอบงอบดิน สำหรับใส่ตัวอย่างดินเพื่อหาปริมาณน้ำในดิน

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

- น้ำสะอาด

4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 2-05 สำหรับทำ Compaction Test และ Plot Curve ผลการทำ Compaction Test



ว. 2-05

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่

วันที่รับตัวอย่าง

วันที่ทดลอง

เจ้าหน้าที่ทดลอง

เจ้าของตัวอย่าง

หนังสือที่

วันที่รับหนังสือ

COMPACTION TEST

Sample :

Source :

Type of test : Mold Mass kgs. Volume ml.

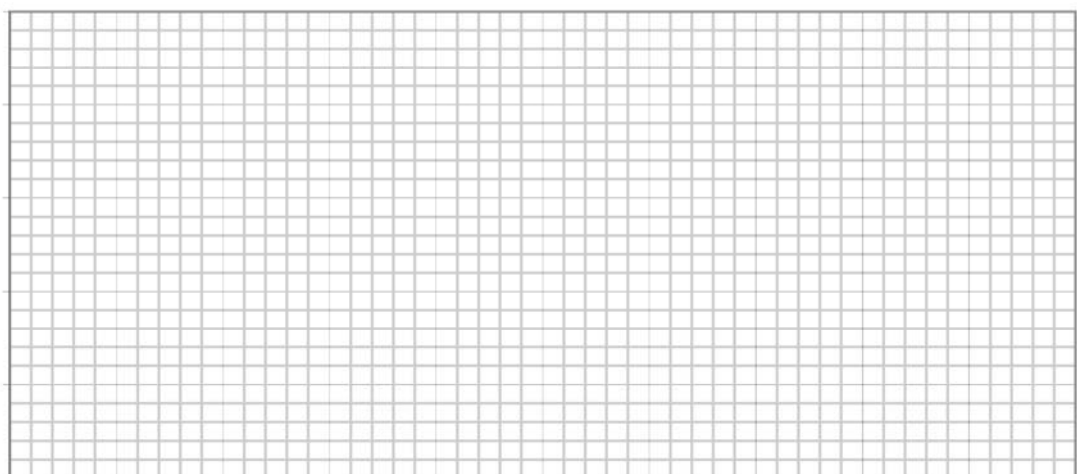
DENSITY

Tial (Water added)					
Mass of Mold + Soil (kg.)					
Mass of Mold (kg.)					
Mass of Soil (kg.)					
Wet density (gm./ml.)					
Dry density (gm./ml.)					

WATER CONTENT

Can No.					
Mass of Can + Wet Soil (gm.)					
Mass of Can + Dry Soil (gm.)					
Mass of water (gm.)					
Mass of can (gm.)					
Mass of dry soil (gm.)					
Water content (%)					

DRY DENSITY gm./ml.



WATER CONTENT %



5. การเตรียมตัวอย่าง



5.1 ทำตัวอย่างให้แห้งโดยวิธีการตากแห้ง โดยให้ตัวอย่างมีความแห้งพอเหมาะ(มีน้ำประมาณ 2 – 3%)



5.2 ทำการแบ่งตัวอย่างด้วยวิธี Quartering หรือแบ่งตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) ซึ่งตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่นำไปทดลอง และส่วนที่คงเหลือ



5.3 นำตัวอย่างส่วนที่นำไปทดลอง มาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว จะได้ตัวอย่างส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว



5.4 นำตัวอย่างส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว ไปชั่งหามวล(A) พร้อมทั้งจดบันทึกค่า และทิ้งไป



5.5 จากนั้นนำตัวอย่างส่วนที่คงเหลือ มาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และตะแกรงขนาดเบอร์ 4 ตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ (1) ส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว (2) ส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และค้างตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (3) ส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4



5.6 ให้ใช้เฉพาะส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และค้างตะแกรงขนาดเบอร์ 4 โดยนำไปชั่งให้มีมวลเท่ากับมวล(A) ของส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว ตามที่ได้จดบันทึกค่าไว้



5.7 จากนั้นนำไปแทนที่ในส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว ของตัวอย่างส่วนที่นำไปทดลอง และทำการคลุกเคล้ากับตัวอย่างส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว ของตัวอย่างส่วนที่นำไปทดลอง ให้เข้ากัน



5.8 ชั่งตัวอย่างที่เตรียมได้ข้างต้น ให้ได้มวลแล้วแต่กรณี ดังนี้

- ถ้าใช้แบบขนาด 4 นิ้ว ใช้มวลประมาณ 3,000 กรัม สำหรับการทดลอง 1 ครั้ง
- ถ้าใช้แบบขนาด 6 นิ้ว ใช้มวลประมาณ 6,000 กรัม สำหรับการทดลอง 1 ครั้ง

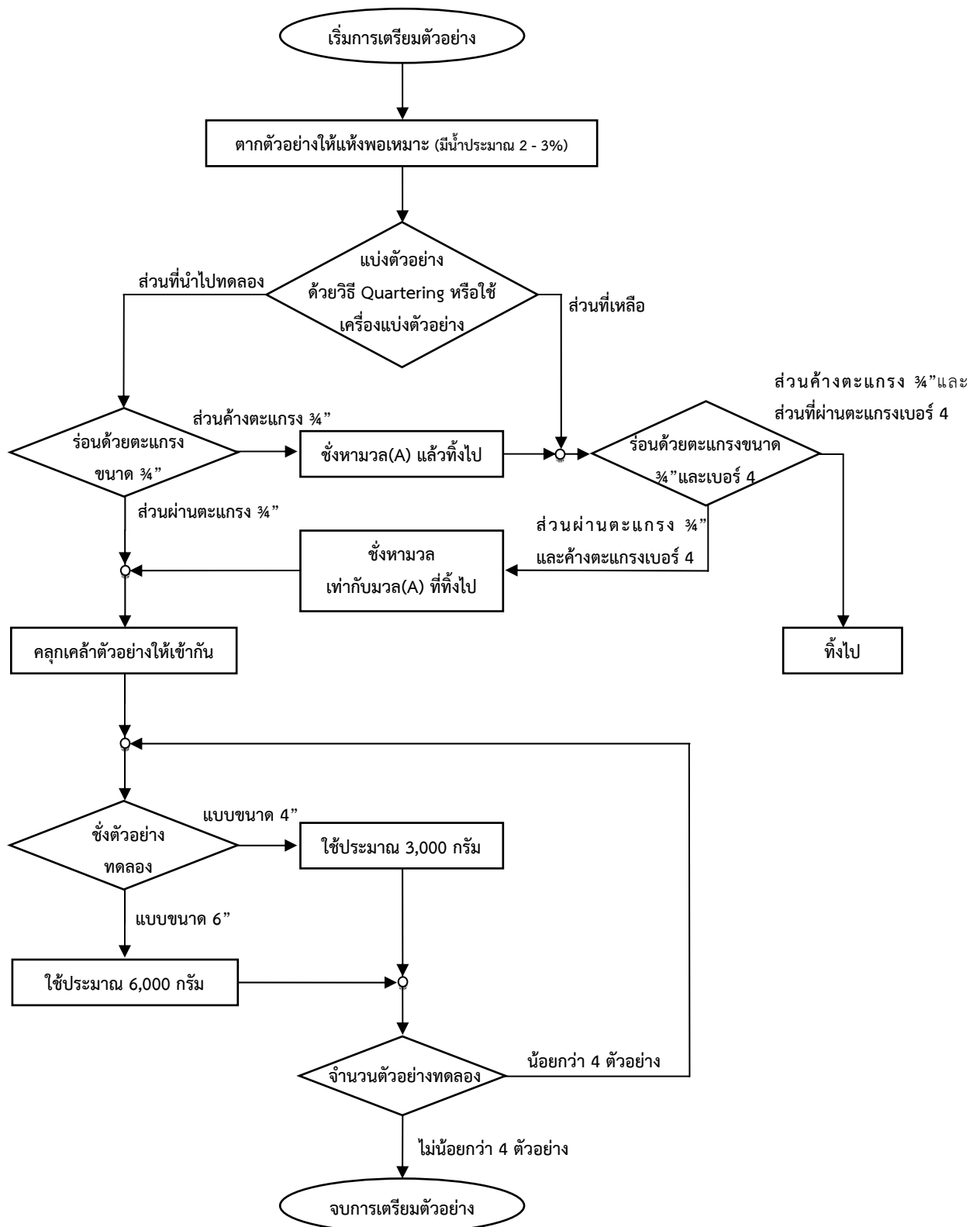


5.9 ให้เตรียมตัวอย่างเพื่อทดลองได้ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง

หมายเหตุ : กรณีที่ตัวอย่างทดลองไม่มีส่วนค้างตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว ไม่ต้องดำเนินงานในข้อที่ 5.4 – 5.7



ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง





6. การทดลอง

6.1 คำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้ผสม โดยปกติมักเริ่มต้นที่ปริมาณน้ำประมาณ 4% โดยน้ำหนัก หรือ เริ่มต้นที่จุดซึ่งปริมาณน้ำต่ำกว่าปริมาณน้ำที่ให้ความแน่นสูงสุด (Optimum Moisture Content) ก็ได้



6.2 เทน้ำลงกระบอกลงในตัวอย่าง จากนั้นคลุกเคล้าจนเข้ากันดี



6.3 นำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้แล้ว มาคลุกเคล้าจนเข้ากันดี ในภาชนะผสม



6.4 เทน้ำจากกระบอกลงในตัวอย่าง จากนั้นคลุกเคล้าตัวอย่างกับน้ำให้เข้ากันดี



6.5 ตักตัวอย่างใส่ลงในแบบ ซึ่งทำความสะอาดและติดตั้ง ป्लอกไว้แล้ว โดยประมาณให้ดินแต่ละชั้นเมื่อบดทับแล้วมีความสูงประมาณ 1 ใน 5 ของความสูงแบบ



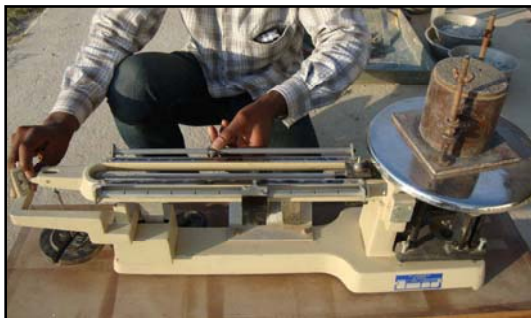
6.6 ทำการบดทับด้วยค้อน ดังนี้

- ตามวิธี ก. และ ค. จำนวน 25 ครั้งต่อชั้น
- ตามวิธี ข. และ ง. จำนวน 56 ครั้งต่อชั้น

ดำเนินการบดทับเป็นชั้นๆ จนครบ 5 ชั้น



6.7 ถอดปลอกออก ใช้เหล็กปาดแต่งหน้าให้เรียบเท่าระดับของตอนบนของแบบ กรณีมีหลุมบนหน้า ให้เติมดินตัวอย่างแล้วใช้ค้อนยางทุบให้แน่นพอควร



6.8 นำไปซึ่งจะได้มวลของดินตัวอย่างและแบบ จากนั้นจดบันทึก และคำนวณหาความแน่นเปียก (Wet Density) ระหว่างนั้นให้เคาะตัวอย่างภายในแบบทิ้งไป



6.9 ในขณะที่เดียวกับที่ทำการบดทับตัวอย่างในแบบ ให้ตักตัวอย่างใส่กระป๋องอบดิน



6.10 นำกระป๋องอบดินซึ่งภายในบรรจุตัวอย่าง ไปซึ่งหามวล และจดบันทึก

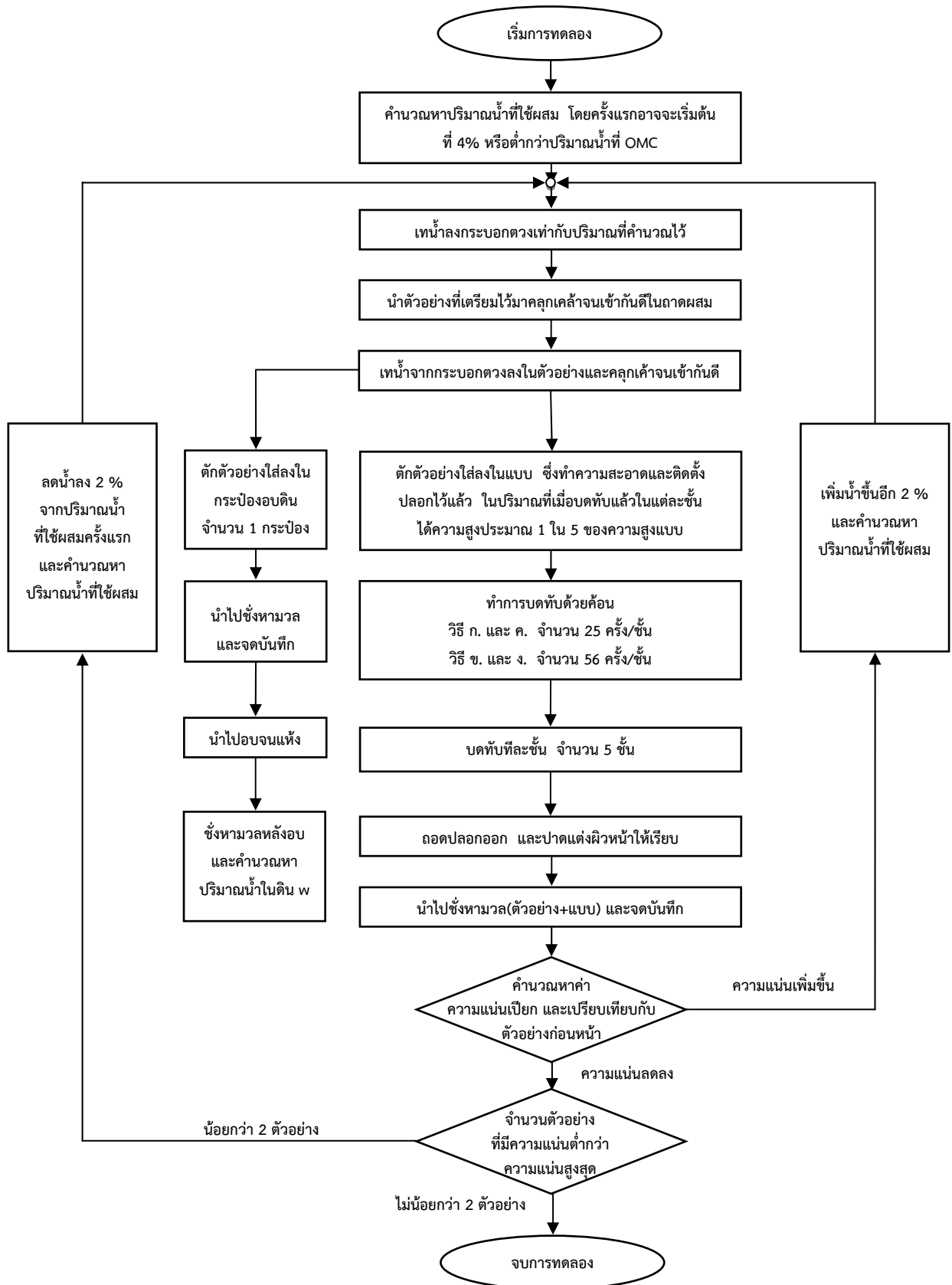


6.11 นำไปอบจนแห้ง จากนั้นนำมาชั่งหามวลหลังการอบ
จดบันทึก คำนวณหาปริมาณน้ำในดิน w (Water
Content) และค่าความแน่นแห้ง (Dry Density) ต่อไป

6.12 นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ มาดำเนินการตามข้อ 6.1 ถึงข้อ 6.11 โดยเพิ่มน้ำขึ้นอีกครั้งละ 2% จนกว่า
ค่าความแน่นลดลงถึงหยุดการทดลอง จากนั้นให้พิจารณาจำนวนตัวอย่างทดลองทางด้านแห้ง มีค่าความแน่นต่ำ
กว่าความแน่นสูงสุด ควรมีจำนวนตัวอย่างไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง หากมีจำนวนน้อยกว่า ให้ดำเนินการตามข้อ 6.1
ถึงข้อ 6.11 อีกครั้งโดยลดน้ำลง 2% จากปริมาณน้ำที่ใช้ผสมตัวอย่างครั้งแรก ทั้งนี้เพื่อให้เขียน Curve แสดง
ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นแห้ง กับปริมาณน้ำในดิน ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม



ผังขั้นตอนการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน





7. การคำนวณ

7.1 คำนวณหาปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ (Water Content)

$$w = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} \times 100$$

เมื่อ	w	=	ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละคิดเทียบกับมวลของดินอบแห้ง
	M ₁	=	มวลของดินเปียก มีหน่วยเป็นกรัม
	M ₂	=	มวลของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

7.2 คำนวณหาค่าความแน่นเปียก (Wet Density)

$$\rho_t = \frac{A}{V}$$

เมื่อ	ρ_t	=	ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร
	A	=	มวลของดินเปียกที่บดทับในแบบ มีหน่วยเป็นกรัม
	V	=	ปริมาตรของแบบ หรือปริมาตรของดินเปียกที่บดทับในแบบ มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร

7.3 คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\rho_d = \frac{\rho_t}{1 + (w/100)}$$

เมื่อ	ρ_d	=	ความแน่นแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร
	ρ_t	=	ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร
	w	=	ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ



7.4 ตัวอย่างการคำนวณ (จากแบบฟอร์มที่ ว. 2-05 ตามเอกสารแนบท้ายเรื่อง)

ปริมาณน้ำที่เพิ่ม(Water added) 2%

— การคำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดิน (Water Content)

มวลของกระป๋อง + ดินเปียก(Mass Can + Wet Soil)	=	377.0	กรัม
มวลของกระป๋อง + ดินแห้ง(Mass Can + Dry Soil)=		367.9	กรัม
มวลของน้ำ (Mass Water)	=	378.3 – 370.4 = 9.1	กรัม
มวลของกระป๋อง (Mass Can)	=	35.7	กรัม
มวลของดินแห้ง (Mass Dry Soil)	=	367.9 – 35.7 = 332.2	กรัม
ปริมาณน้ำในดิน (Water Content)	=	(9.1 / 332.2) X 100	
	=	2.7	%

— การคำนวณหาค่าความแน่นเปียก (Wet Density)

มวลของแบบ + ดิน (Mass Mold + Soil)	=	5.470	กิโลกรัม
มวลของแบบ (Mass Mold)	=	3.460	กิโลกรัม
มวลของดิน (Mass Soil)	=	5.470 - 3.460 = 2.010	กิโลกรัม
ปริมาตรของแบบ (Volume Mold)	=	907	มิลลิลิตร
ความแน่นเปียก (Wet Density)	=	(2.010 / 907) X 1,000	
	=	2.216	กรัม/มิลลิลิตร

— การคำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

ความแน่นเปียก (Wet Density)	=	2.216	กรัม/มิลลิลิตร
ปริมาณน้ำในดิน (Water Content)	=	2.7	%
ความแน่นแห้ง (Dry Density)	=	2.216 / [(1+(2.7 / 100)]	
	=	2.158	กรัม/มิลลิลิตร

จากนั้นนำค่าความแน่นแห้ง และค่าปริมาณน้ำในดินซึ่งได้จากการทดลองของแต่ละตัวอย่าง ไป Plot ลงในกราฟ โดยที่สัดส่วนของแกนตั้งจะแสดงอยู่ในค่าของความแน่นแห้ง มีหน่วยเป็น กรัม/มิลลิลิตร และสัดส่วนของแกนนอนแสดงอยู่ในค่าของปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็น ร้อยละ เมื่อ Plot ครบทุกจุดแล้ว ให้ลาก Curve เชื่อมต่อกันระหว่างจุดต่อจุดจนครบ จากนั้นให้ลากเส้นขนานแกนตั้ง และเส้นขนานแกนนอนไปตัดกัน ที่จุดสูงสุดของ Curve ค่าความแน่นแห้งที่ได้ คือค่าความแน่นแห้งสูงสุด (Maximum Dry Density) และค่าปริมาณน้ำในดินที่ได้ คือค่าปริมาณน้ำในดินที่ทำให้ความแน่นแห้งสูงสุด (Optimum Moisture Content)



8. การรายงาน

8.1 ค่าความแน่นแห้งสูงสุด (Maximum Dry Density) มีหน่วยเป็นกรัมต่อมม. และใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่ง

8.2 ค่าปริมาณน้ำในดินที่ทำให้ความแน่นแห้งสูงสุด (Optimum Moisture Content) มีหน่วยเป็นร้อยละ และใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

9. ข้อควรระวัง

9.1 การประมาณปริมาณน้ำในดินเมื่อใช้ผสมสำหรับดินจำพวก Cohesive Soil ควรใช้ระยะต่ำกว่า และสูงกว่าปริมาณน้ำในดิน ที่ให้ความแน่นสูงที่ประมาณ

สำหรับดินจำพวก Cohesionless Soil ควรใช้ปริมาณน้ำในดินจากสภาพดินตากแห้ง จนกระทั่งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

9.2 ในการใช้ค้อนทำการบดทับ ให้วางแบบบนพื้นที่ยึดแน่น แข็งแรง ราบเรียบ เช่น คอนกรีต ไม่ให้แบบกระดอนขึ้นขณะทำการตอก

9.3 ให้ใช้จำนวนตัวอย่างให้เพียงพอ โดยให้มีตัวอย่างทดลองทางด้านแห้งกว่าปริมาณน้ำในดิน ที่ให้ความแน่นสูงสุดไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง และให้มีจุดทดลองทางด้านเปียกกว่าปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นสูงสุด 1 ตัวอย่าง

9.4 สำหรับดินจำพวกดินเหนียวมาก (Heavy Clay) หลังจากตากแห้งแล้ว ให้ทุบด้วยค้อนยางหรือนำเข้าเครื่องบด จนได้ตัวอย่างผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.) ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

9.5 ปริมาณของแบบ (V) ให้ทำการวัดและคำนวณเพื่อให้ได้ปริมาตรที่แท้จริงของแต่ละแบบห้ามใช้ปริมาตรที่แสดงไว้โดยประมาณในรูป

г. 2-05

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่	G-4	โครงการฯ	สาย พระประโทน - บรรจบทางหลวงหมายเลข 35 ตอน 2		
วันที่รับตัวอย่าง			วันที่ทดลอง	2/8/54	ผู้ทดลอง
					สมาน, อิทธิพล
เจ้าของตัวอย่าง	บ.สระหลวงก่อสร้าง จำกัด			หนังสือที่	วันที่รับหนังสือ

COMPACTION TEST

Sample : Soil Aggregate

Source : โรงไม้หินศิลาмирजरณ (อู่ทอง) จำกัด อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี กม.6+300 RT. 1,000 ม. ทล.3472

Type test : Mod. Comp. Mold Mass 3.460 kg. Volume 907 ml.

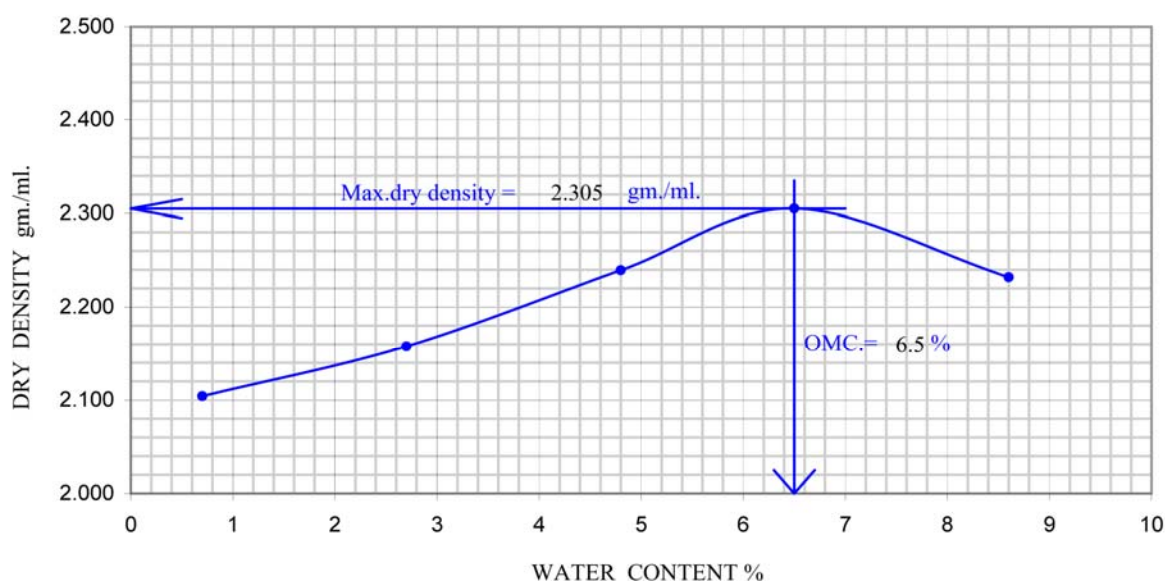
DENSITY

Tial (Water added)	(%)	0	2	4	6	8
Mass Mold + Soil	(kg.)	5.382	5.470	5.589	5.687	5.659
Mass Mold	(kg.)	3.460	3.460	3.460	3.460	3.460
Mass Soil	(kg.)	1.922	2.010	2.129	2.227	2.199
Wet density	(gm./ml.)	2.119	2.216	2.347	2.455	2.424
Dry density	(gm./ml.)	2.104	2.158	2.240	2.305	2.232

WATER CONTENT

Original Moisture Content = 0.8 %

Can No.	48	33	18	42	37
Mass Can + Wet Soil (gm.)	363.9	377.0	354.1	364.6	366.0
Mass Can + Dry Soil (gm.)	361.6	367.9	339.6	344.5	339.8
Mass water (gm.)	2.3	9.1	14.5	20.1	26.2
Mass Can (gm.)	35.7	35.7	35.4	35.7	35.4
Mas Dry Soil (gm.)	325.9	332.2	304.2	308.8	304.4
Water Content (%)	0.7	2.7	4.8	6.5	8.6



การทดลองที่ ทล. - ท. 109/2517

วิธีการทดลองเพื่อหาค่า CBR



ทล. – ท. 109/2517

วิธีการทดลองเพื่อหาค่า CBR

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลอง CBR วิธีนี้ เป็นการทดลองที่กำหนดขึ้น เพื่อหาค่าเปรียบเทียบกับ Bearing Value ของวัสดุตัวอย่างกับวัสดุหินมาตรฐาน เมื่อทำการบดทับตัวอย่างนั้น โดยใช้ค้อนบดทับในแบบ (Mold) ที่ Optimum Moisture Content หรือปริมาณน้ำในดินใดๆ เพื่อนำมาใช้ออกแบบโครงสร้างของถนน และใช้ควบคุมงานในการบดทับให้ได้ความแน่นและความชื้นตามต้องการ การทดลองนี้เทียบเท่า AASHTO T 193

การทดลอง CBR อาจทำได้ 2 วิธี คือ

- วิธี ก. การทดลองแบบแช่น้ำ (Soaked)
- วิธี ข. การทดลองแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked)

หมายเหตุ ถ้าไม่ระบุวิธีใดให้ใช้วิธี “ ก ”

2. เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 เครื่องกด (Loading Machine) เป็นเครื่องมือทดลองเพื่อหาค่า CBR ต้องมีขีดความสามารถรับแรงกดไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลกรัม (10,000 ปอนด์, 50 กิโลนิวตัน) เครื่องกดนี้อาจจะเป็นเครื่องแบบใช้มือหมุน ใช้ปั๊ม หรือแบบฉีดด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าก็ได้ เครื่องกดนี้ประกอบด้วย Jack ซึ่งดันหรือหมุนให้ฐานเลื่อนขึ้นหรือลง โดยมีเครื่องวัดการเลื่อนขึ้นหรือลงด้วย Dial Gauge เพื่อใช้ดันให้ท่อนกดจมลงในตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วในแบบ เครื่องกดนี้จะต้องมี Proving Ring อ่านแรงกด (กรณีใช้เครื่องแบบใช้มือหมุน) หรือหน้าปัดอ่านแรงกด (กรณีใช้ เครื่องแบบใช้ปั๊ม) อ่านได้ละเอียดถึง 2 กิโลกรัม (20 นิวตัน) หรือน้อยกว่านั้น



2.2 แบบ (Mold) เป็นโลหะรูปทรงกระบอกกลวง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 152.4 มม. (6 นิ้ว) สูง 177.8 มม. (7 นิ้ว) และจะต้องมีปลอก (Collar) ขนาดเดียวกันสูงประมาณ 50.8 มม. (2 นิ้ว) มีฐานที่เจาะรูพรุน ในการทดลองต้องใช้แท่งโลหะรอง (Spacer Disc) รองด้านล่างเพื่อให้ตัวอย่างสูง 116.4 มม. (4.584 นิ้ว)



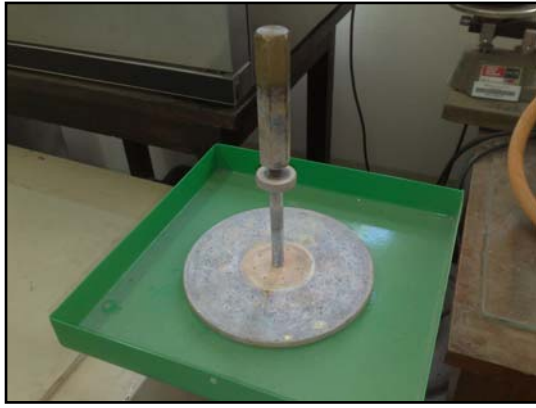
2.3 แท่งโลหะรอง (Spacer Disc) เป็นโลหะรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150.8 มม. (5 15/16 นิ้ว) และมีความสูงขนาดต่างๆ ซึ่งเมื่อใช้รองด้านล่างแล้วได้ตัวอย่างสูงเท่ากับ 116.4 มม. (4.584 นิ้ว)



2.4 ค้อน (Hammer) ทำด้วยโลหะเป็นรูปทรงกระบอกมี 2 ขนาด ดังนี้

2.4.1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8 มม. (2 นิ้ว) มีมวลรวมทั้งด้ามถือ 4,537 กิโลกรัม (10 ปอนด์) ต้องมีปลอกที่ทำไว้อย่างเหมาะสมเป็นตัวบังคับระยะตกเท่ากับ 457.2 มม. (18 นิ้ว) เหนือระดับดินที่ต้องการบดทับ ใช้สำหรับการหาค่า CBR ที่ความแน่น “สูงกว่ามาตรฐาน” ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 108/2517 (ตามรูปที่ 1)

2.4.2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8 มม. (2 นิ้ว) มีมวลรวมทั้งด้ามถือ 2,495 กิโลกรัม (5.5 ปอนด์) ต้องมีปลอกที่ทำไว้อย่างเหมาะสมเป็นตัวบังคับระยะตกเท่ากับ 304.8 มม. (12 นิ้ว) เหนือระดับดินที่ต้องการบดทับ ใช้สำหรับการหาค่า CBR ที่ความแน่น “มาตรฐาน” ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 107/2517 (ตามรูปที่ 2)



2.5 เครื่องวัดขยายตัว (Expansion Measuring Apparatus) ประกอบด้วย

2.5.1 แผ่นวัดการขยายตัว (Swell Plate) ทำด้วยโลหะมีก้านที่สามารถจัดให้สูงหรือต่ำได้ และมีรูพรุน



2.5.2 สามขา (Tripod) สำหรับวัดการขยายตัว มีลักษณะเป็นรูปสามขาติดด้วย Dial Gauge วัดได้ละเอียด 0.01 มม. (0.001 นิ้ว) วัดได้ 25 มม. (1 นิ้ว) เพื่อวัดการขยายตัว



2.6 แผ่นถ่วงน้ำหนัก (Surcharge Weight) เป็นเหล็กทรงกระบอกแบน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 149.2 มม. (5 7/8 นิ้ว) มีรูกลวงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 54.0 มม. (2 1/8 นิ้ว) เพื่อให้ท่อนกดสอดผ่านไปได้ โดยมีมวล 2,268 กรัม (5 ปอนด์)



2.7 ท่อนกด (Penetration Piston) ทำด้วยโลหะทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 49.5 มม. (1.95 นิ้ว) พื้นที่หน้าตัด 1,935.5 ตารางมม. (3 ตารางนิ้ว) ยาวไม่น้อยกว่า 101.6 มม. (4 นิ้ว)



2.8 เครื่องดันตัวอย่าง(Sample Extruder) ใช้ดันดินออกจากแบบภายหลังเมื่อทดลองเสร็จแล้ว ประกอบด้วย Jack ทำหน้าที่เป็นตัวดันและโครงเหล็กทำหน้าที่เป็นตัวจับแบบ ในกรณีที่ไม่มีเครื่องดันดินให้ใช้สิ่ว หรือเครื่องมืออย่างอื่นแคะตัวอย่างออกจากแบบ



2.9 ตาชั่งแบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 16 กิโลกรัม และชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม สำหรับชั่งตัวอย่างทดลอง



2.10 ตาชั่งแบบ Scale หรือ แบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ 1,000 กรัม และชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำในดิน



2.11 เตาอบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ สำหรับอบดินตัวอย่าง



2.12 เหล็กปาด (Straight Edge) เป็นเหล็กคัลลายไม้บรรทัด หนาและแข็งเพียงพอในการตัดแต่งตัวอย่างที่ส่วนบนของแบบ มีความยาวไม่น้อยกว่า 300 มม. แต่ไม่ยาวเกินไป และหนาประมาณ 3.0 มม.



2.13 เครื่องแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter)



2.14 ตะแกรงร่อนดิน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 203 มม. (8 นิ้ว) และสูงประมาณ 51 มม. (2 นิ้ว) มีขนาดดังนี้

2.14.1 ตะแกรงขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว)

2.14.2 ตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4)



2.15 เครื่องผสม เป็นเครื่องมือจำเป็นอย่างอื่น ๆ ที่ใช้ผสมตัวอย่างกับน้ำ ได้แก่ ถาด, ช้อน, พลั่ว, เกรียง, ค้อนยาง, ถ้วยตวงวัดปริมาตรน้ำ หรือจะใช้เครื่องผสมแบบ Mechanical Mixer ก็ได้



2.16 กระป๋องอบดิน สำหรับใส่ตัวอย่างดินเพื่ออบหาปริมาณน้ำในดิน



2.17 นาฬิกาจับเวลา

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

- กระดาษกรองอย่างหยาบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 152.4 มม. (6 นิ้ว)
- น้ำสะอาด



4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์ม ที่ ว. 2-11 สำหรับการหาค่า C.B.R.

ที่ ว. 2-15 สำหรับ Plot Curve C.B.R.

ที่ ว. 2-15 ก สำหรับการ Plot Curve หาค่า C.B.R.

ที่ ว. 2-12 สำหรับสรุปคุณภาพวัสดุ



ว. 2-11

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ _____
 วันที่รับตัวอย่าง _____ วันที่ทดลอง _____ เจ้าหน้าที่ทดลอง _____
 เจ้าของตัวอย่าง _____ หนังสือที่ _____ วันที่รับหนังสือ _____

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST

Sample : _____
 Source : _____
 Mass hammer _____ Kg Drop _____ cm.

DENSITY		12 BLOW/LAYER		25 BLOW/LAYER		56 BLOW/LAYER	
		Before soak	After soak	Before soak	After soak	Before soak	After soak
Mold No.							
Volume Mold	mL						
Mass Mold + soil	gm.						
Mass Mold	gm.						
Mass wet soil	gm.						
Wet Density	gm./mL						
Dry Density	gm./mL						

WATER CONTENT

Can No.													
Mass can + Wet soil	gm.												
Mass can + Dry soil	gm.												
Mass Water	gm.												
Mass can	gm.												
Mass Dry soil	gm.												
Water content	%												
Avr. Water content	%												

Surcharge _____ pcs = _____ Kg Proving Ring No. _____ Factor _____
 Piston = 19.355 cm.2 (3 in.2) at 1.37 mm./min. (0.05 in./min.)

Swell						Penetration	Dial reading		
Date						mm. (inch)	12Blows	25Blows	56Blows
Time						0.63 (.025)			
12	Reading					1.27 (.050)			
Blows	Swell					1.90 (.075)			
	% Swell					2.54 (.100)			
25	Reading					3.17 (.125)			
Blows	Swell					3.81 (.150)			
	% Swell					4.44 (.175)			
56	Reading					5.08 (.200)			
Blows	Swell					6.35 (.250)			
	% Swell					7.62 (.300)			
Optimum Moist.	%					8.89 (.350)			
Original Moist.	2.0 %					10.16 (.400)			
Total dry soil	5,882 gm.					11.43 (.450)			
Total water to be added	-118 ml.					12.70 (.500)			

หมายเหตุ dial gauge ที่อ่านค่า Penetration ติดกับ Piston



ว. 2-15

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

Test No. _____

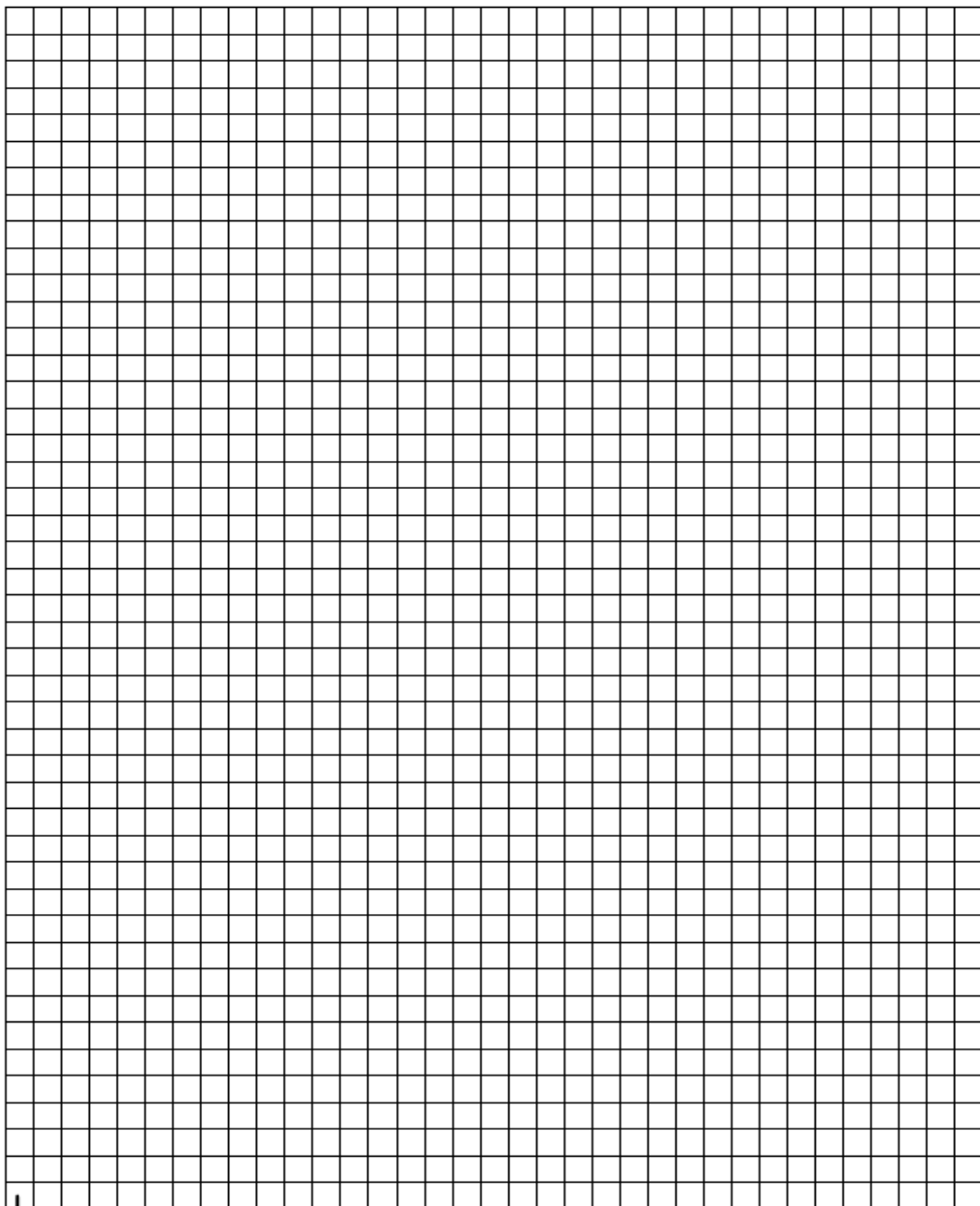
Type of test _____

Date _____

Source _____

Plotted by _____

Dial Reading $\times 10^{-4}$



Penetration in (inch)



จ. 2-15ก

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

SUMMARY OF RESULTS

Type and No.of test _____

Type and material _____ To be used for _____

Source _____ Stock pile No. _____

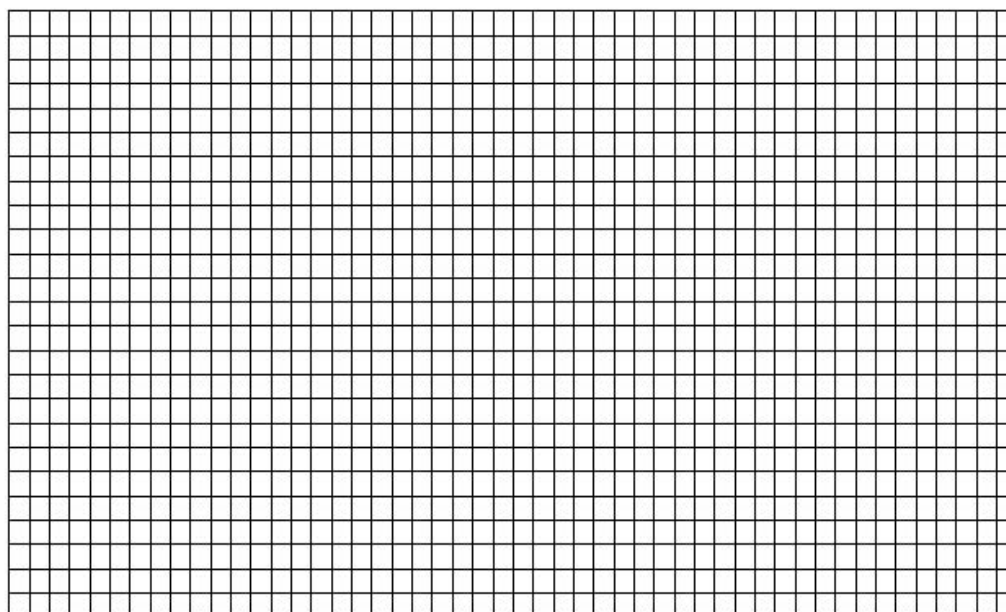
Location of sampling _____

Tested by _____ Dated _____

Material	HRB. Classification	Passing								LL.	PI.
		50.0	25.0	19.0	9.5	#4	#10	#40	#200		
A											
B											
MIX A : B											

Blows	Dry Density (gm./ml.)	CBR (%)	Swell (%)	100% _____ Comp. Dry Density _____ = _____ gm./ml.
				95% _____ Comp. Dry Density _____ = _____ gm./ml.
				O.M.C.= _____ Water content of (molding) CBR. = _____ %
				Required CBR _____ ≥ _____ %
12				at _____ 0 Comp.CBR _____ = _____ %
25				Raise percent Compaction _____ - _____ %
56				

Dry Density gm./ml.



CBR %



สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

สรุปคุณภาพวัสดุ

[illegible]

.....
Material Engineer



5. การเตรียมตัวอย่าง



5.1 ทำตัวอย่างให้แห้งโดยวิธีการตากแห้ง โดยให้ตัวอย่างมีความแห้งพอเหมาะ(มีน้ำประมาณ 2 – 3%)



วิธี Quartering

5.2 ทำการแบ่งตัวอย่างด้วยวิธี Quartering หรือแบ่งตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) ซึ่งตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่นำไปทดลอง และส่วนที่คงเหลือ



วิธีแบ่งโดยใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง



5.3 นำตัวอย่างส่วนที่นำไปทดลอง มาร่อนด้วยตะแกรงขนาด $\frac{3}{4}$ " จะได้ตัวอย่างส่วนที่ค้ำตะแกรงขนาด $\frac{3}{4}$ " และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด $\frac{3}{4}$ "



5.4 นำตัวอย่างส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด $\frac{3}{4}$ " ไปชั่งหามวล(A) พร้อมทั้งจดบันทึกค่า และทิ้งไป



5.5 จากนั้นนำตัวอย่างส่วนที่คงเหลือ มาร่อนด้วยตะแกรงขนาด $\frac{3}{4}$ " และตะแกรงขนาดเบอร์ 4 ซึ่งตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ (1) ส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด $\frac{3}{4}$ " (2) ส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด $\frac{3}{4}$ "และค้างตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (3) ส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4



5.6 ให้ใช้เฉพาะส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด $\frac{3}{4}$ "และค้างตะแกรงขนาดเบอร์ 4 โดยนำไปชั่งให้มีมวลเท่ากับมวล (A) ของส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด $\frac{3}{4}$ " ตามที่ได้จดบันทึกค่าไว้



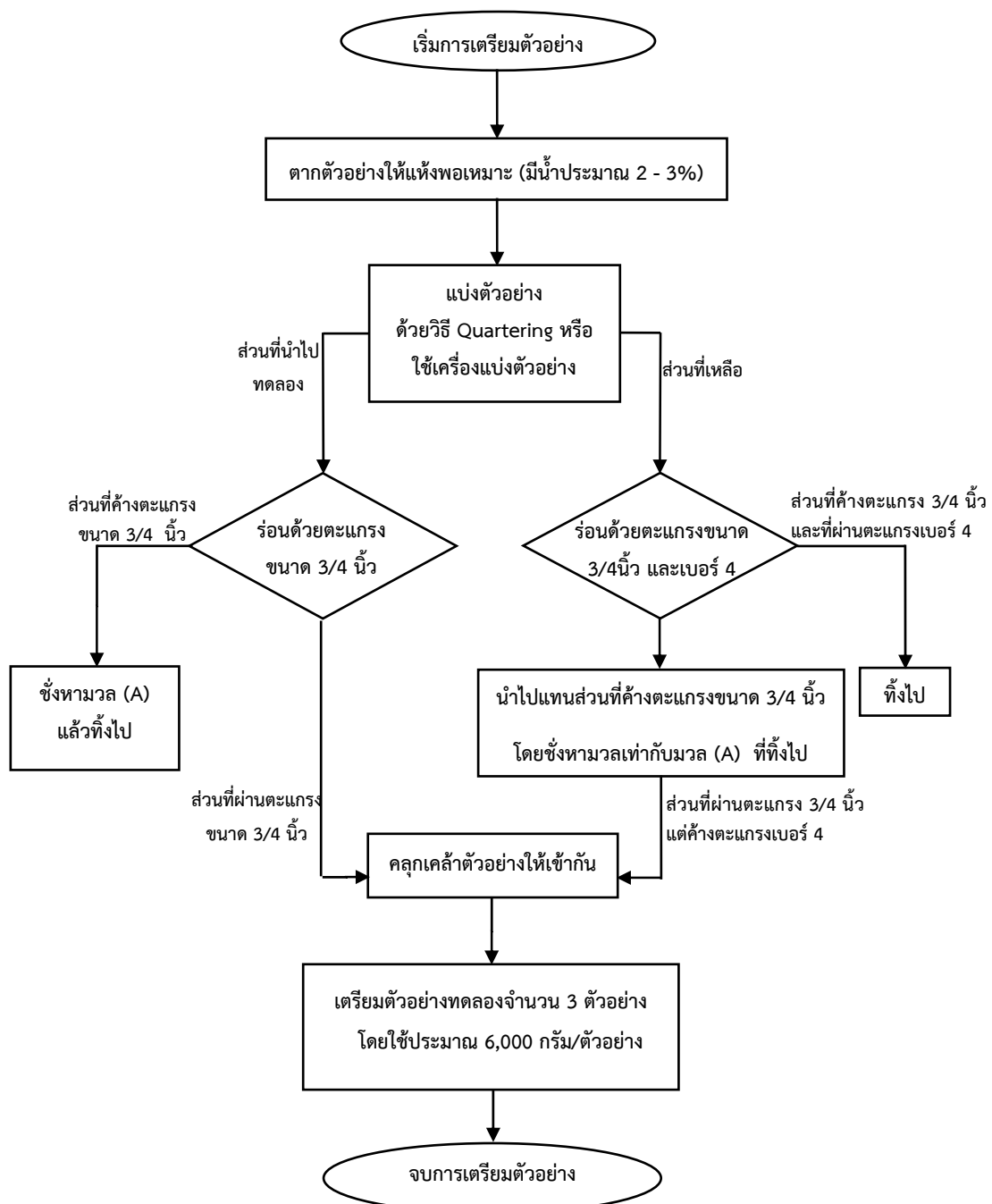
5.7 จากนั้นนำไปแทนที่ในส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด $\frac{3}{4}$ "ของตัวอย่างส่วนที่นำไปทดลอง และทำการคลุกเคล้ากับตัวอย่างส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด $\frac{3}{4}$ " ของตัวอย่างส่วนที่นำไปทดลองให้เข้ากัน



5.8 ชั่งตัวอย่างที่เตรียมได้ จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยใช้มวลประมาณ 6,000 กรัม ต่อ 1 ตัวอย่าง

หมายเหตุ : กรณีที่ตัวอย่างทดลองไม่มีส่วนค้ำตะแกรงขนาด $\frac{3}{4}$ " ไม่ต้องดำเนินงานในข้อที่ 5.4 – 5.7

ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง





6. การทดลอง

6.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดลอง

6.1.1 นำตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วจากข้อ 5. มาคลุกเคล้าจนเข้ากันดี

6.1.2 โดยวิธีการทดลอง Compaction Test ตามการทดลองที่ ทล.-ท. 107/2517 หรือ ทล.-ท. 108/2517 จะทราบปริมาณน้ำในดินที่มีความแน่นสูงสุด (Optimum Moisture Content) ให้ใช้ปริมาณน้ำในดินดังนี้

(1) ให้ดูแบบฟอร์มที่ ว.2-05 ในการทดลองที่ ทล.-ท. 107/2517 หรือ ทล.-ท. 108/2517 เปรียบเทียบปริมาณน้ำในดินของตัวอย่าง กับปริมาณน้ำในดินที่คำนวณได้จากการอบตัวอย่าง จะทราบปริมาณน้ำในดินที่มีอยู่ในตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้ จนได้ปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นสูงสุด

(2) กรณีที่คาดว่าปริมาณน้ำในดินของตัวอย่างที่เตรียมไว้เพื่อการทดลอง CBR อาจจะไม่เท่ากับที่ทำ Compaction Test ให้หาปริมาณน้ำที่มีอยู่จริง โดยการอบหรือคั่วให้แห้งก็จะทราบปริมาณน้ำในดินที่มีอยู่ในตัวอย่าง ให้เพิ่มน้ำจนได้ปริมาณน้ำดินที่ความแน่นสูงสุด



6.1.3 เติมน้ำตามที่คำนวณได้จากข้อ 6.1.2 คลุกเคล้าตัวอย่างที่เติมน้ำแล้วจนเข้ากันดี และนำแท่งโลหะรองใส่ลงในแบบซึ่งสวมปลอกเรียบร้อยแล้วและใส่กระดาษกรอง ลงบนแท่งโลหะรอง



6.1.4 แบ่งตัวอย่างใส่ลงในแบบ โดยประมาณให้ตัวอย่างแต่ละชั้นเมื่อบดทับแล้ว มีความสูงประมาณ 1 ใน 5 ของ 127.0 มม. (5 นิ้ว)



6.1.5 ทำการบดทับโดยใช้ค้อน ตามข้อ 2.4.1 หรือ 2.4.2 แล้วแต่กรณี จำนวน 12 ครั้ง โดยเฉลี่ยการบดทับให้สม่ำเสมอเต็มหน้าที่ยัดทับ ดำเนินการบดทับจนได้ตัวอย่างที่ทำกาบดทับแล้วเป็นชั้นๆจำนวน 5 ชั้น มีความสูงประมาณ 127.0 มม. (5 นิ้ว) หรือสูงกว่าแบบประมาณ 10.0 มม.



6.1.6 ถอดปลอก (Collar) ออก ใช้เหล็กปาดแต่งหน้าให้เรียบเท่าระดับตอนบนของแบบ กรณีมีหลุมบนหน้าให้เติมตัวอย่างใช้เหล็กปาดวางทับแล้วใช้ค้อนยางทุบจนกระทั่งเหล็กปาดยุบลงถึงขอบแบบ



6.1.7 คลายสกรูที่ยึดระหว่างแผ่นฐาน (Base Plate) และแบบ ยกแบบพร้อมตัวอย่างที่ยัดบดออก นำแท่งโลหะรองออกจากแผ่นฐาน วางกระดาษกรองแผ่นใหม่ลงบนแผ่นฐาน พลิกแบบโดยให้ด้านล่างของแบบอยู่ด้านบน นำเข้าประกอบกับแผ่นฐานชั้นสกรู ก็จะได้ตัวอย่างที่เตรียมไว้สำหรับการทดลองเพื่อหาค่า CBR ต่อไป (กรณีทดลอง “วิธี ข” ในข้อบ่งชี้ไม่ต้องใส่กระดาษกรอง)

6.1.8 ทำการเตรียมตัวอย่างอีก 2 ตัวอย่าง โดยทำการบดทับแต่ละชั้นด้วยค้อนจำนวน 25 ครั้งและ 56 ครั้ง ตามวิธีการข้างต้น ก็จะได้ตัวอย่างทั้งสิ้น 3 ตัวอย่าง โดยมีค่าการบดทับเท่ากับ 12 ครั้ง , 25 ครั้ง และ 56 ครั้ง ต่อชั้น

6.1.9 ถ้าต้องการทดลองโดย “ วิธี ข. ” วิธีไม่แช่น้ำ (Unsoaked) ไม่ต้องดำเนินการหาค่าขยายตัว (Swell) ให้ นำตัวอย่างหลังจากการชั่งหามวลตามข้อ 6.1.8 ไปทดลอง Penetration Test ได้ทันที



6.2 การหาความแน่นในการบดทับและปริมาณน้ำ



6.2.1 นำตัวอย่างพร้อมแบบที่เตรียมไว้จากข้อ 6.1.8 ไปซึ่งจะได้มวลของตัวอย่างและมวลของแบบ หักมวลของแบบออกก็จะได้มวลของตัวอย่างเปียก (A)



6.2.2 ในขณะเดียวกันกับที่ทำการบดทับตัวอย่างในแบบให้นำดินใส่กระป๋องอบดินเพื่อนำไปทดลองหาปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ มวลของดินที่นำไปหาปริมาณน้ำในดินให้ใช้ดังนี้

- ขนาดก้อนใหญ่สุด 19.0 มม. ใช้ประมาณ 300 กรัม
- ขนาดก้อนใหญ่สุด 4.75 มม. ใช้ประมาณ 100 กรัม



6.2.3 นำกระป๋องอบดินซึ่งภายในบรรจุตัวอย่างไว้ ไปซึ่งหามวล ก็จะได้มวลของตัวอย่างดินเปียกกับกระป๋องอบทำการจดบันทึก แล้วนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °c



6.2.4 หลังจากนำไปอบจนแห้ง นำมาซึ่งหามวลหลังการอบ ก็จะได้มวลของตัวอย่างดินแห้งกับกระป๋องอบ แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณน้ำในดิน w (Water Content) , ค่าความแน่นเปียก (Wet Density) และค่าความแน่นแห้ง (Dry Density) ต่อไป



6.3 การหาค่าการขยายตัว (Swell)



6.3.1 นำแผ่นวัดการขยายตัว (Swell Plate) พร้อมวางแผ่นถ่วงน้ำหนักจำนวน 2 อัน สำหรับวัสดุพื้นทาง (Base) วัสดุรองพื้นทาง (Subbase) และวัสดุคัดเลือก (Selected Materials) และจำนวน 3 อัน สำหรับวัสดุ Subgrade วางลงบนตัวอย่างที่เตรียมไว้ ให้แนบสนิทกับตัวอย่างโดยการขยับไปมา แล้วนำลงแช่ในน้ำให้ท่วมตัวอย่างให้หมด วางก้านสามขา (Tripod) ลงบนปลอกของแบบจัดให้ก้านของ Dial Gauge อยู่กึ่งกลางบนก้านของแผ่นวัดการขยายตัว จด Initial Reading ที่อ่านได้จาก Dial Gauge แช่น้ำทิ้งไว้ 1 ชั่วโมงและเวลาอ่าน ให้ทำการอ่านค่า Reading บน Dial Gauge ทุกๆวันของการบวมวัสดุ เพื่อนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การขยายตัว (Swell)



6.3.2 เมื่อครบกำหนด 4 วัน ให้นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ต้มน้ำให้เดือดและเปลี่ยนน้ำใหม่ประมาณ 15 นาที ระมัดระวังอย่าให้ผิวหน้าของตัวอย่างเสียหาย โดยเฉพาะวัสดุจำพวก Granular จากนั้นยกแผ่นวัดการขยายตัวพร้อมแผ่นถ่วงน้ำหนักออก



6.3.3 เสร็จแล้วทำการชั่งหามวล เมื่อหักมวลของแบบออก ก็จะทราบมวลของตัวอย่างภายหลังการแช่น้ำแล้ว นำตัวอย่างที่เตรียมไว้เพื่อทดลอง Penetration Test ต่อไปโดยทันที

6.4 การทดลอง Penetration Test เพื่อหาค่า CBR



6.4.1 นำตัวอย่างตามข้อ 6.3.3 หรือ 6.1.8 แล้วแต่กรณีมาใส่แผ่นถ่วงน้ำหนักจำนวน 2 อัน สำหรับวัสดุพื้นทาง (Base) วัสดุรองพื้นทาง (Subbase) และวัสดุคัดเลือก (Selected Materials) และจำนวน 3 อัน สำหรับวัสดุ Subgrade วางลงบนตัวอย่างที่เตรียมไว้



6.4.2 นำตัวอย่างขึ้นตั้งบนที่ตั้งของเครื่องกด ตั้งให้ท่อนกดอยู่ตรงพอดีกับกึ่งกลางรูของแผ่นถ่วงน้ำหนัก



6.4.3 หมุนเครื่องหรือเดินเครื่องแล้วแต่ลักษณะของเครื่องกดให้แผ่นฐานเคลื่อนขึ้นหรือท่อนกดเคลื่อนลง จนท่อนกดสัมผัสผิวหน้าของตัวอย่าง มีแรงกดประมาณ 4 กิโลกรัม (40 นิวตัน) ตั้งหน้าปัดของ Proving Ring หรือหน้าปัดของเครื่องวัดแรง ให้เป็นศูนย์ พร้อมทั้งตั้งหน้าปัดของ Dial Gauge ที่วัด Penetration ให้เป็นศูนย์ด้วย

6.4.4 เพิ่มแรงลงบนท่อนกด ด้วยอัตราเร็วที่สม่ำเสมอเท่ากับ 1.27 มม. (0.05 นิ้ว) ต่อนาที โดยการอ่าน Penetration Dial Gauge เทียบกับนาฬิกาจับเวลา



6.4.5 ทำการบันทึกแรงกด เมื่อ Penetration อ่านได้ที่

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| (1) 0.63 มม. (0.025 นิ้ว) | (8) 5.08 มม. (0.200 นิ้ว) |
| (2) 1.27 มม. (0.050 นิ้ว) | (9) 6.35 มม. (0.250 นิ้ว) |
| (3) 1.90 มม. (0.075 นิ้ว) | (10) 7.62 มม. (0.300 นิ้ว) |
| (4) 2.54 มม. (0.100 นิ้ว) | (11) 8.89 มม. (0.350 นิ้ว) |
| (5) 3.17 มม. (0.125 นิ้ว) | (12) 10.16 มม. (0.400 นิ้ว) |
| (6) 3.81 มม. (0.150 นิ้ว) | (13) 11.43 มม. (0.450 นิ้ว) |
| (7) 4.44 มม. (0.175 นิ้ว) | (14) 12.70 มม. (0.500 นิ้ว) |

เสร็จแล้วคลายแรงที่กดออก นำตัวอย่างพร้อมแบบออกจากแท่นของเครื่องกด ยกแผ่นถ่วงน้ำหนักออก

6.4.6 จากนั้นนำตัวอย่างบริเวณที่ถูกท่อนกดลงไปเป็นรูปไปหาปริมาณน้ำในดิน ใช้ปริมาณตามข้อ

6.2.2

6.4.7 ดำเนินการทดลอง Penetration Test ของตัวอย่างที่เตรียมไว้อีก 2 ตัวอย่างโดยวิธีเดียวกัน

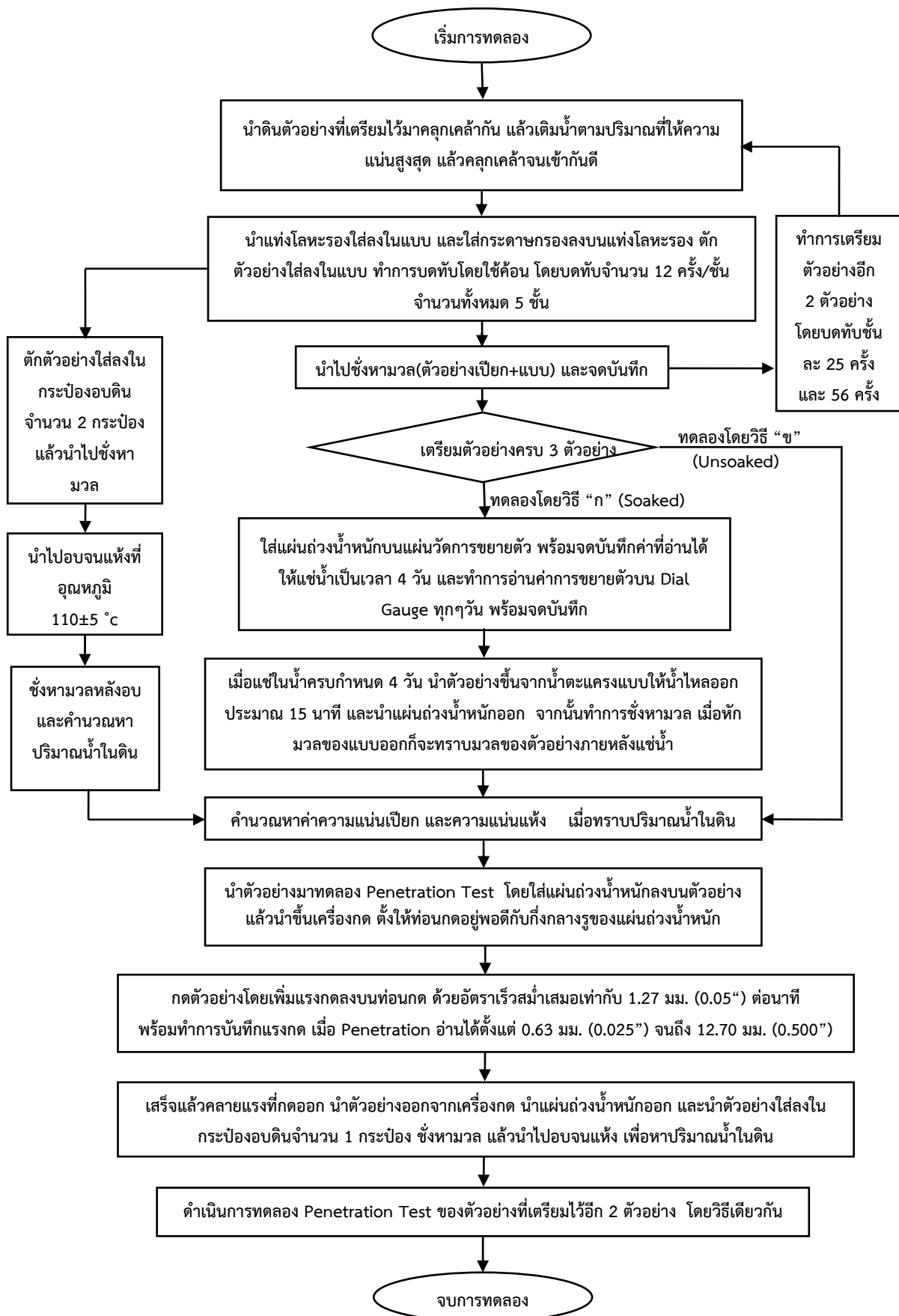
6.4.8 เขียน Curve ระหว่างแรงกดและระยะที่ท่อนกดจมลงในตัวอย่าง (Stress vs. Penetration)
เพื่อหาค่า CBR ต่อไป (แบบฟอร์มที่ ว. 2-15)

6.4.9 เมื่อได้ค่า CBR ของแต่ละตัวอย่างแล้ว เขียน Curve ระหว่างค่า CBR กับความแน่นแห้ง (Dry density) เพื่อหาค่า CBR ที่เปอร์เซ็นต์ของการบดทับที่ต้องการต่อไป

หมายเหตุ : ในการเขียน Curve ของ Stress vs. Penetration เพื่อหาค่า CBR จำเป็นจะต้องทำการ
แก้ Curve โดยเลื่อนจุดศูนย์ของ Penetration ในกรณีที่ Curve หายเพื่อให้ได้ค่า CBR ที่แท้จริง



ผังขั้นตอนการทดลอง CBR





7. การคำนวณ

7.1 สูตรการคำนวณ

7.1.1 คำนวณหาปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ (Water Content)

$$w = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} \times 100$$

เมื่อ w = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละคิดเทียบกับมวลของดินอบแห้ง

M_1 = มวลของดินเปียก มีหน่วยเป็นกรัม

M_2 = มวลของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

7.1.2 คำนวณหาค่าความแน่นเปียก (Wet Density)

$$\rho_t = \frac{A}{V}$$

เมื่อ ρ_t = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

A = มวลของดินเปียกที่บดทับในแบบ มีหน่วยเป็นกรัม

V = ปริมาตรของแบบ หรือปริมาตรของดินเปียกที่บดทับในแบบ มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

7.1.3 คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\rho_d = \frac{\rho_t}{1 + (w/100)}$$

เมื่อ ρ_d = ความแน่นแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

ρ_t = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

w = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

7.1.4 คำนวณหาการขยายตัว (Swell)

$$\text{Swell} = \frac{S \times 100}{H}$$

เมื่อ S = ผลต่างระหว่างการอ่าน Reading ครั้งแรก และครั้งสุดท้ายของ Dial Gauge ที่วัด Swell มีหน่วยเป็น มม.

H = ความสูงเริ่มต้น (Initial Height) ของตัวอย่างก่อนแช่น้ำ มีหน่วยเป็น มม.



7.1.5 คำนวณหาค่า CBR

ในการคำนวณหาค่า CBR ให้ถือแรงมาตรฐาน (Standard Load) ดังนี้

Penetration (mm.)	Standard Load (Kg.)	Standard Unit Load (Y) (Kg./cm ²)
2.54 (0.1 ”)	1,360.8 (3,000 lb)	70.3 (1,000 lb/in ²)
5.08 (0.2 ”)	2,041.2 (4,500 lb)	105.46 (1,500 lb/in ²)
7.62 (0.3 ”)	2,585.5 (5,700 lb)	133.59 (1,900 lb/in ²)
10.16 (0.4 ”)	3,129.8 (6,900 lb)	161.71 (2,300 lb/in ²)
12.70 (0.5 ”)	3,538.0 (7,800 lb)	182.81 (2,600 lb/in ²)

- หมายเหตุ: 1 ถ้าต้องการแปลงหน่วยเป็นระบบ SI ให้ดูภาคผนวก
2 พื้นที่หน้าตัดของท่อนกด = 1,935.5 ตารางมม. (3 ตารางนิ้ว) คำนวณค่า CBR เป็นร้อยละจากสูตร

$$\text{CBR} = \frac{X}{Y} \times 100$$

เมื่อ X = ค่าแรงกดที่อ่านได้ต่อหน่วยพื้นที่ของท่อนกด
(สำหรับ Penetration ที่ 2.54 มม. หรือ 0.1 นิ้ว)
Y = ค่าหน่วยแรงมาตรฐาน (Standard Unit Load)
กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (จากตารางข้างบนนี้)

7.2 ตัวอย่างการคำนวณ (จากแบบฟอร์มที่ ว. 2-11 ตามเอกสารแนบ แบบฟอร์ม Sample)

7.2.1 การคำนวณหาความแน่นเปียก (Wet Density)

มวลของแบบ + ดิน (Mass Mold + Soil) = 15.317 กิโลกรัม
มวลของแบบ (Mass Mold) = 10.900 กิโลกรัม
มวลของดิน (Mass Soil) = 15.317 – 10.900 = 4.417 กิโลกรัม
ปริมาตรของแบบ (Volume Mold) = 2123 มิลลิลิตร
ความแน่นเปียก (Wet Density) = (4.417 / 2123) X 1,000 = 2.081 กรัม/มิลลิลิตร



7.2.2 การคำนวณหาปริมาณน้ำในดิน (Water Content) โดยคิดหาค่าเฉลี่ย

มวลของกระป๋อง + ดินเปียก(Mass Can + Wet Soil) =	356.1 , 357.4	กรัม
มวลของกระป๋อง + ดินแห้ง(Mass Can + Dry Soil)=	338.2 , 343.2	กรัม
มวลของน้ำ (Mass Water) 1	= 356.1 – 338.2 = 17.9	กรัม
มวลของน้ำ (Mass Water) 2	= 357.4 – 343.2 = 14.2	กรัม
มวลของกระป๋องอบดิน (Mass Can) 1, 2	= 35.5 , 35.4	กรัม
มวลของดินแห้ง (Mass Dry Soil) 1	= 338.2 – 35.5 = 302.7	กรัม
มวลของดินแห้ง (Mass Dry Soil) 2	= 343.2 – 35.4 = 307.8	กรัม
ปริมาณน้ำในดิน (Water Content) 1	= (35.5 / 302.7) X 100 = 5.9	%
ปริมาณน้ำในดิน (Water Content) 2	= (35.4 / 307.8) X 100 = 4.6	%
นำค่าปริมาณน้ำในดินที่ได้ทั้ง 2 มาหาค่าเฉลี่ย	= (5.9 + 4.6) / 2 = 5.3	%

7.2.3 การคำนวณหาความแน่นแห้ง (Dry Density)

ความแน่นเปียก (Wet Density)	= 2.081	กรัม/มิลลิลิตร
ปริมาณน้ำในดิน (Water Content) Avr.	= 5.3	%
ความแน่นแห้ง (Dry Density)	= 2.081 / [(1+(5.3 / 100))] = 1.97	กรัม/มิลลิลิตร

8. การรายงาน

ในการทำการทดลอง CBR ให้รายงานดังนี้

- 8.1 ค่า CBR ที่ความแน่น X % ของความแน่นแห้งสูงสุด (แบบสูงกว่ามาตรฐานหรือแบบมาตรฐาน) ใช้
ทศนิยม 1 ตำแหน่ง
- 8.2 ค่าความแน่นแห้งที่ให้ค่า CBR ตามข้อ 8.1 ใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- 8.3 ค่าการขยายตัว (Swell) ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง
- 8.4 และค่าอื่นๆ ตามแบบฟอร์ม ที่ ว.2-15 ก



๑.2-11

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ C - 3 / G - 5

วันที่รับตัวอย่าง..... วันที่ทดลอง..... 8 มี.ค. 49 เจ้าน้ำที่ทดลอง..... วัฒนชัย

เจ้าของตัวอย่าง หจก. กิจรุ่งเรือง ก่อสร้าง หนังสือที่..... วันที่รับหนังสือ.....

CALIFORNIA BEARING RATIO TEST

Sample..... ลูกรังสีน้ำตาล For..... Subbase กม. 13 + 625 - 14 + 410 LT.

Source..... ปอ จันทราเงิน กม. 2 + 850 RT. 5.0 กม. ในสาย 313:.....

Mass hammer..... 4.537 Kg. Drop..... 45.75 cm.

DENSITY		12 BLOW/LAYER		25 BLOW/LAYER		56 BLOW/LAYER	
		Before soak	After soak	Before soak	After soak	Before soak	After soak
Mold No.		1					
Volume Mold	ml.	2123	2123				
Mass Mold+soil	gm.	15.317	15.703				
Mass Mold	gm.	10.900	10.900				
Mass wet soil	gm.	4.417	4.803				
Wet density	gm./ml.	2.081	2.262				
Dry density	gm./ml.	1.976	2.029				

WATER CONTENT

Can No.		44	48	20						
Mass can+Wet soil	gm.	356.1	357.4	413.4						
Mass can+Dry soil	gm.	338.2	343.2	374.4						
Mass Water	gm.	17.9	14.2	39.0						
Mass can	gm.	35.5	35.4	35.5						
Mass Dry soil	gm.	302.7	307.8	338.9						
Water content	%	5.9	4.6	11.5						
Avr. Water content	%	5.3	-							

Surcharge..... 2 pcs. = 4.536 Kg. Proving Ring No.. 005.2 Factor = 10.402) + (-7.000) lb/10⁻⁴ inch.....Piston = 19.355 cm² (3 in²) at 1.37mm./min. (0.05in./min.)

Swell							Penetration		Dial reading		
Date		8/3/49	9/3/49	10/3/49	11/3/49	12/3/49	inch	(mm.)	12 Blows	25 Blows	56 Blows
Time		9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.000	0.00	0	0	0
12 Blows	Reading	0.100	0.109	0.115	0.119	0.126	0.025	0.63	9		
	Swell	-	0.009	0.015	0.019	0.026	0.050	1.27	28		
	% Swell	-	0.20	0.33	0.42	0.58	0.075	1.90	46		
25 Blows	Reading	0.100	0.110	0.114	0.116	0.120	0.100	2.54	65		
	Swell	-	0.010	0.014	0.016	0.020	0.125	3.17	81		
	% Swell	-	0.22	0.31	0.36	0.44	0.150	3.81	104		
56 Blows	Reading	0.100	0.107	0.110	0.115	0.118	0.175	4.44	115		
	Swell	-	0.007	0.010	0.015	0.018	0.200	5.08	129		
	% Swell	-	0.16	0.22	0.33	0.40	0.250	6.35	153		
Optimum Moist.		5.5 %					0.300	7.62	173		
Original Moist.		1.7 %					0.350	8.89			
Total Dry soil		5901 gm.					0.400	10.16			
Total Water to be added		225.7 ml.					0.450	11.43			

หมายเหตุ Dial gage ที่อ่านค่า Penetration ติดกับ Piston



จ.2-15

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

Test No..... C - 3 / G - 5

Type of test C.B.R.. For..... Subbase กม. 13 + 625 - 14 + 410 LT.

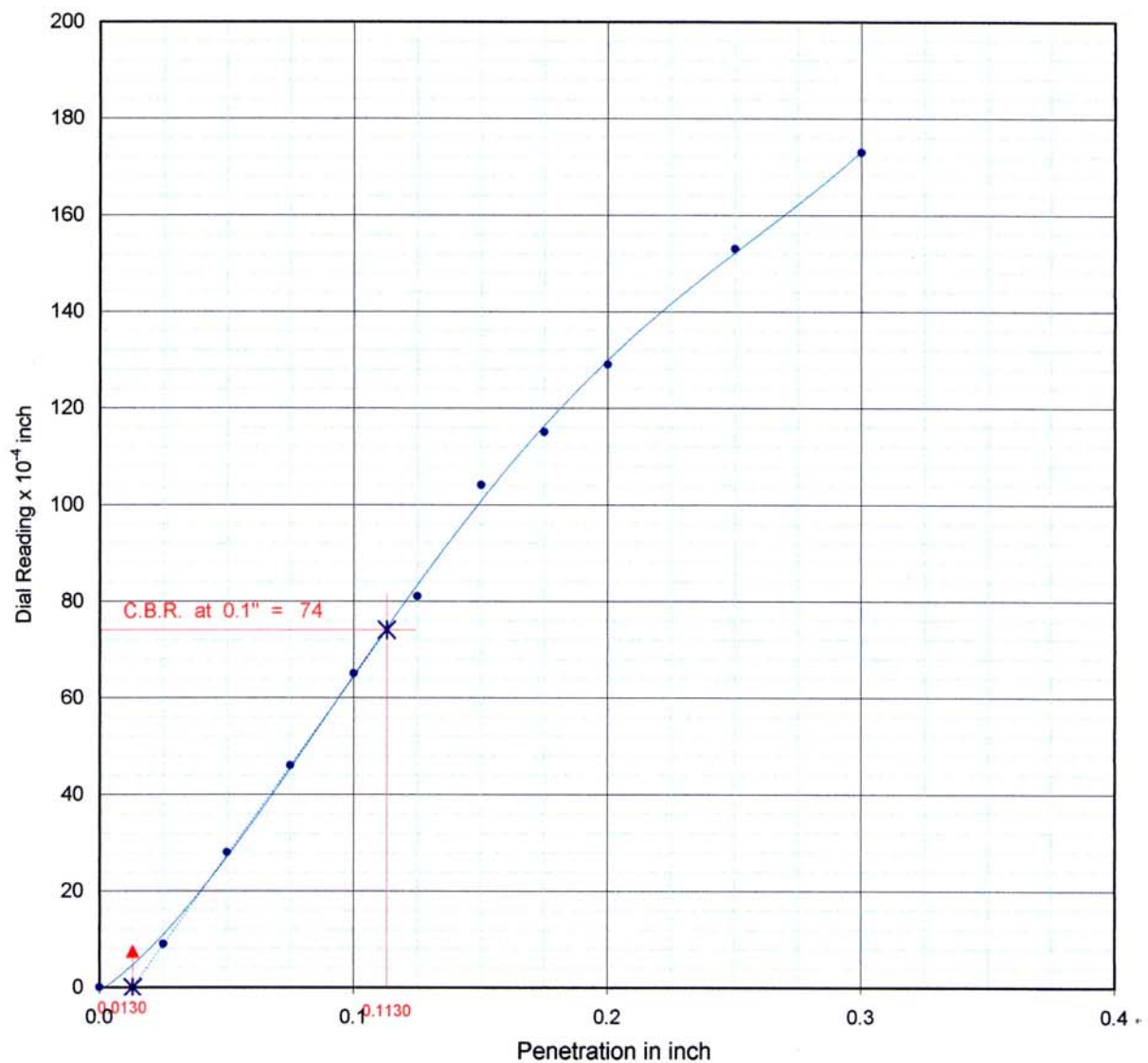
Date..... 12 มี.ค. 49

Source บ่อ จุ่มทรายเงิน กม. 2 + 850 RT. 5.0 กม. ในสาย 313:

Plotted by วัฒนชัย

12 blows

$$\text{C.B.R.} = \frac{(74 \times 10.402) + (-7.000) \times 100}{3 \times 1000} = 25.4 \%$$





ว.2-15 ก.

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

SUMMARY OF RESULTS

Type and No. Of test C - 3 / G - 5

Type Of Material..... ลูกรังสีน้ำตาล

To be used for..... Subbase

Source..... กม. 13 + 625 - 14 + 410 LT.

Stock pile No.....

Location of sampling บ่อ จุ่มทรายเงิน กม. 2 + 850 RT. 5.0 กม. ในสาย 3138

Test by..... วัฒนชัย..... Dated..... 12 มี.ค. 49

Materials	HRB. classification	Passing								L.L.	P.I.
		50.0	25.0	19.0	9.5	#4	#10	#40	#200		
A	A-1-a	100.0	90.9	85.8	74.7	57.2	40.8	27.3	12.7	23.0	5.3
B		Stone Fragment, Gravel, Sand					LL. And PI.		OK		
Mixed A:B=		EXCELLENT TO GOOD					Grade	" B "			

Blow	Dry Density (gm./ml.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.976	25.4	0.58
25	2.092	48.3	0.44
56	2.217	64.3	0.40

100 % Mod.Comp. Dry Density..... = 2.217 gm./ml.

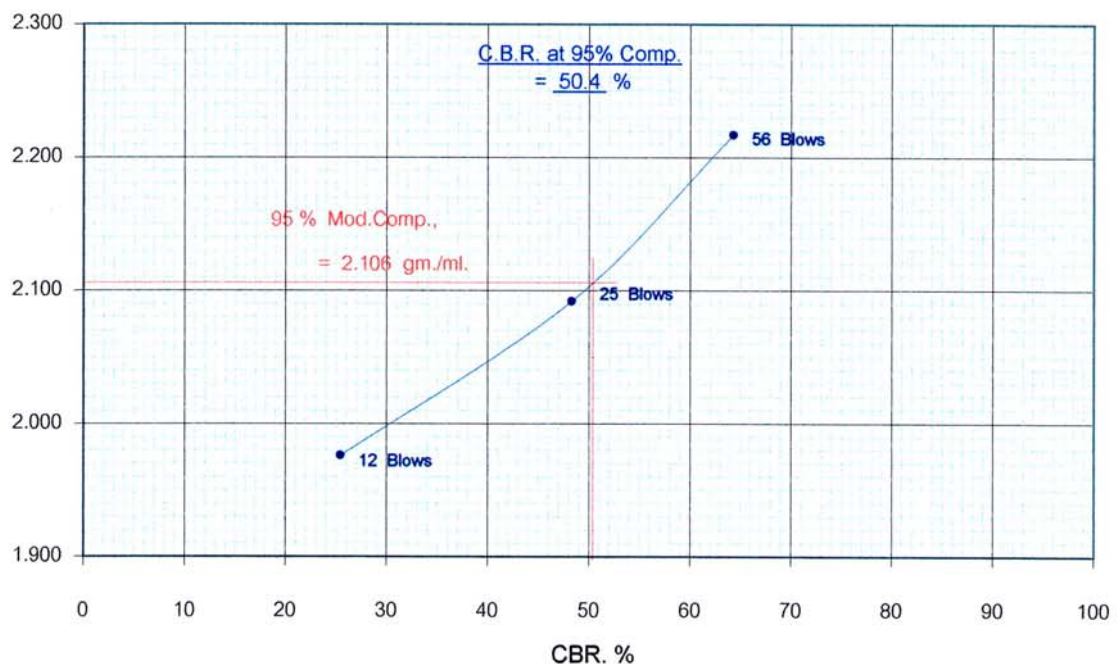
95 % Mod.Comp. Dry Density..... = 2.106 gm./ml.

O.M.C.: 5.5 % water content of (Molding) C.B.F..... = 5.3 %.....

Required C.B.R..... > 25.0 %.....

at..... 95%... Comp. C.B.R. = 50.4 %.....

Raise percent Compaction..... = - %.....





9. ข้อควรระวัง

9.1 สำหรับดินจำพวกเหนียวมาก (Heavy Clay) หลังจากตากแห้งแล้ว ให้ทุบด้วยค้อนยางหรือนำเข้าเครื่องบด จนได้ตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

9.2 ในการใช้ค้อนทำการบดทับ ให้วางแบบบนพื้นที่มีมั่นคง แข็งแรง ราบเรียบ เช่น พื้นคอนกรีต เพื่อไม่ให้แบบกระดกหรือกระดอนขึ้น ขณะทำการบดทับ

9.3 ปริมาตรของแบบ (V) หลังจากหักปริมาตรของโลหะรองออกแล้ว ให้ทำการวัดและคำนวณ เพื่อให้ได้ปริมาตรที่แท้จริงของแต่ละแบบ ห้ามใช้ปริมาตรโดยประมาณ

9.4 ปริมาณของน้ำที่ใช้ผสม เพื่อเตรียมตัวอย่างทำ CBR ถ้าต้องการใช้ค่าต่างๆนอกเหนือจากที่ระบุไว้ในวิธีการทดลอง วิธีนี้ยอมทำได้สำหรับงานวิจัยหรืองานอื่นใด แต่ถ้าไม่แสดงไว้ว่าต้องการใช้ปริมาณน้ำเท่าใดแล้ว ให้ใช้ปริมาณน้ำตามข้อ 6.1.2

9.5 ในการทดลอง Penetration Test โดยใช้ Proving Ring เป็นตัวอ่านแรง และใช้ Penetration Dial Gauge ติดที่ Frame ของเครื่องกดต้องทำการแก้ค่า Penetration เนื่องจากการหดตัวของ Proving Ring โดยหักค่าการหดตัวของ Proving Ring ออกจากค่า Penetration ตามตัวอย่างที่แสดงไว้ในแบบฟอร์มที่ ว.2-11 กรณีที่ติด Penetration Dial Gauge ที่ท่อนกด ไม่ต้องปฏิบัติตามความในข้อนี้

9.6 เมื่อทำการทดลอง Penetration Test เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในการ Plot Curve ระหว่าง Unit Load และค่า Penetration จำเป็นต้องแก้จุดศูนย์สำหรับ Curve ที่หงายขึ้น เนื่องจากความไม่ราบเรียบ หรือเกิดจากการอ่อนยุบที่ผิวหน้าของตัวอย่าง เนื่องจากการแช่น้ำ ให้ทำการแก้โดยลากเส้นตรงให้สัมผัสกับเส้นที่ชันที่สุดของ Curve ไปตัดกับแกนแนวราบ คือ เส้นที่ลากผ่าน Unit Load เท่ากับศูนย์ ต่อจากนั้นให้เลื่อนค่าศูนย์ของ Penetration ไปที่จุดตัด แล้วจึงดำเนินการหาค่า CBR ต่อไปเรียกว่า Corrected Load Value

9.7 ค่า CBR ที่ได้จาก Corrected Load Value หรือจาก True Load Value (Curve ถูกต้องไม่ต้องแก้ Curve) คำนวณจาก Penetration 2.54 มม. (0.1 นิ้ว) และที่ Penetration 5.08 มม. (0.2 นิ้ว) เป็นค่า CBR ที่ใช้รายงาน (โดยปกติค่า CBR ที่ Penetration 2.54 มม. จะต้องมีความสูงกว่าค่า CBR ที่ Penetration 5.08 มม. ถ้าหากไม่เป็นดังนั้นคือ ค่า CBR ที่ 5.08 มม. สูงกว่าที่ 2.54 มม. ให้ทำการเตรียมตัวอย่างทดลองใหม่ทั้งหมด แต่ถ้ายังสูงกว่าอยู่ก็ให้ใช้ค่า CBR ที่ 5.08 มม.

9.8 ในการทำตัวอย่างเพื่อทดลอง ในกรณีที่ต้องการบดทับมากกว่าหรือน้อยกว่า ที่ต้องการตามวิธีทดลองนี้ อาจจะเพิ่มการบดทับเป็นชั้นละ 75 ครั้ง หรือลดการบดทับเป็นชั้นละ 8 ครั้ง เพื่อให้ได้ตัวอย่างมากขึ้น ในการนำมาเขียน Curve ตามข้อ 6.4.10 ก็ได้ (ในแบบฟอร์มที่ ว.2-15 ก. ก็ได้ เตรียมช่องเพื่อลงรายการไว้ด้วยแล้ว)

การทดลองที่ ทล. - ท. 202/2515

วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coarse Aggregate
โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion



ทล. – ท. 202/2515

วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion

1. ขอบข่าย

การทดลองนี้เพื่อหาค่าความสึกหรอของหินย่อย กรวดย่อย กรวดและ Coarse Aggregates อื่นๆ
การทดลองนี้ดัดแปลงมาจาก ASTM. Designation : C131 - 69 และ CS 35 - 69

2. เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 เครื่อง Los Angeles Abrasion ประกอบด้วย

เหล็กทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 711 ± 5 มม.
(28 ± 0.2 นิ้ว) ความยาวภายใน 508 ± 5 มม. (20 ± 0.2 นิ้ว)
มีช่องสำหรับใส่วัสดุ ภายในมีเหล็กขวางสูง 89 ± 2 มม. (3.5 ± 0.1 นิ้ว) ยาว 508 ± 2 มม. (20 ± 0.2 นิ้ว) ติดแน่นด้านใน
เหล็กทรงกระบอก ความสูงของเหล็กทรงกระบอกหมุนจาก
เหล็กขวางถึงช่องสำหรับใส่วัสดุไม่น้อยกว่า 1,270 มม. (50 นิ้ว)

หมายเหตุ เหล็กขวางควรมีรูปตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าติดอยู่กับผนังของเหล็กทรงกระบอก หรืออาจใช้
เหล็กฉากแทน โดยติดที่ริมฝาเหล็กปิดช่องใส่วัสดุ ให้ด้านนอกของเหล็กฉากหันไปตามทิศทางที่หมุน



2.2 ตะแกรงมาตรฐาน สำหรับหาขนาดของ Coarse Aggregate



2.3 Abrasive Charge เป็นลูกเหล็กทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 46.8 มม. (1 27/32 นิ้ว) แต่ละลูกมีมวลระหว่าง 390-445 กรัม จำนวน Abrasive Charge ขึ้นอยู่กับ Grading ของตัวอย่าง ดังกำหนดไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวน Abrasive Charge ที่ใช้ในการทดลองแต่ละ Grading		
Grading	จำนวน Abrasive Charge (ลูก)	มวลรวม (กรัม)
A	12	5,000 ± 25
B	11	4,584 ± 25
C	8	3,300 ± 20
D	6	2,500 ± 15
E	12	5,000 ± 25
F	12	5,000 ± 25
G	12	5,000 ± 25



2.4 เครื่องชั่ง สามารถชั่งได้ 15 กิโลกรัม ความละเอียดอ่านได้ถึง 1 กรัม



2.5 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ 110 ± 5 °c สำหรับอบดินตัวอย่าง

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

- ไม่มี



4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว.3-11

ว. 3-11

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

อันดับการทดลองที่.....
 เจ้าของตัวอย่าง.....
 หนังสือที่.....วันรับหนังสือ.....
 ทางสาย.....
 เจ้าหน้าที่ทดลอง.....วันรับตัวอย่าง.....วันที่ทดลอง.....

ABRASION TEST OF COARSE AGGREGATE
BY LOS ANGELES MACHINE

Material Nominal Size.....
 Source..... Sample No..... of.....
 Grading..... Number of revolutions.....
 Number of abrasive..... Weight of charges gm.

Sieve size		Accumulative
Passing	Retained on	Weight of Sample
.....		 gm.
.....		 gm.
.....		 gm.
.....		 gm.
Original Mass of sample (W_1)		 gm.
Final Mass of sample (W_2)		 gm.
Loss ($W_1 - W_2$)		 gm.
Percentage of wear $\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$		=====

Remark : ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน..... บาท

ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบได้รับเท่านั้น



5. การเตรียมตัวอย่าง



5.1 ถ้าตัวอย่างไม่มีดินเหนียวปน เช่น กรวดทราย หินโม ให้ตากตัวอย่างจนแห้งหรืออบจนแห้งที่อุณหภูมิ $105-110^{\circ}\text{C}$ แล้วทำตามข้อ 5.3



5.2 ถ้าตัวอย่างมีดินเหนียวปน หรือมีส่วนละเอียดเป็นก้อนใหญ่แน่น ให้นำตัวอย่างไปล้างน้ำเอาส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 8 ออกทิ้ง แล้วนำส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 8 มาอบจนแห้งที่อุณหภูมิ $105 - 110^{\circ}\text{C}$ แล้วทำตามข้อ 5.3



5.3 นำตัวอย่างไปแยกตามขนาดตาม Grading ในตารางที่ 2 ถ้าเข้าได้หลาย Grading ให้เลือก ใช้ตัวที่ใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการใช้งานมากที่สุด

6. การทดลอง



6.1 นำตัวอย่างที่เตรียมไว้จากข้อ 5.3 และ Abrasive Charge ตามจำนวนลูกในตารางที่ 1 ใส่เข้าไปในเครื่อง Los Angeles



6.2 หมุนเครื่องด้วยความเร็วที่ 30-33 รอบต่อนาที ให้ได้จำนวนรอบตามตารางที่ 1



6.3 เมื่อหมุนได้ครบตามกำหนดแล้ว ให้เอาตัวอย่างออกจากเครื่อง



6.4 ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 12 นำส่วนที่ค้างตะแกรงไปล้างให้สะอาด

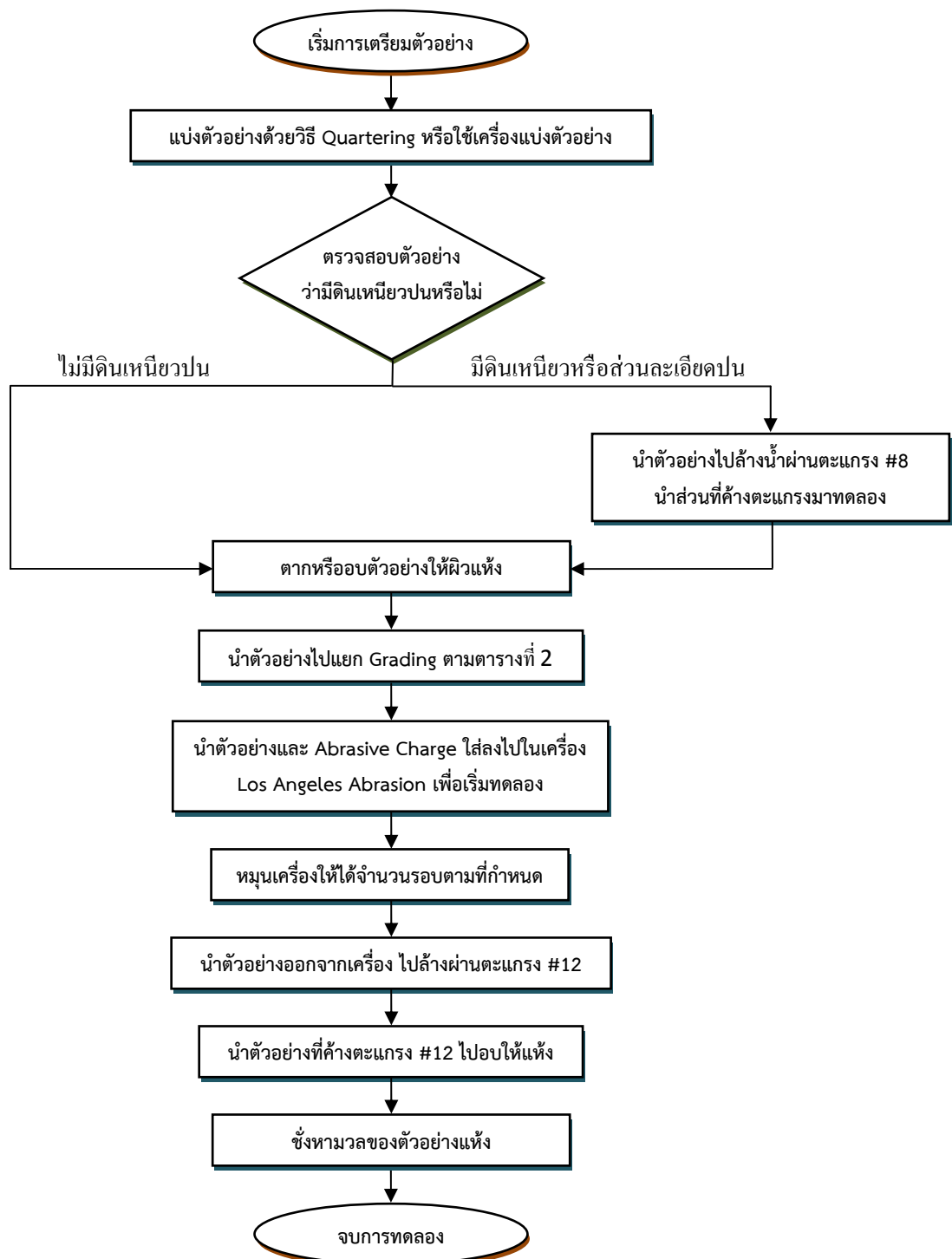


6.5 นำส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 12 ที่ล้างเรียบร้อยแล้ว มาอบที่อุณหภูมิ 105-110 °c ให้แห้ง



6.6 ชั่งหามวลของตัวอย่างที่เหลือ

ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและการทดลอง





ตารางที่ 2 Gradation และปริมาณตัวอย่าง (กรัม)								
ขนาดตะแกรง (มม.)		A	B	C	D	E	F	G
ผ่าน	ค้ำ	-	-	-	-	2500±50	-	-
75.0	63.0	-	-	-	-	2500±50	-	-
63.0	50.0	-	-	-	-	5000±50	5000±50	-
50.0	37.5	-	-	-	-	-	5000±25	5000±25
37.5	25.0	1250±25	-	-	-	-	-	-
25.0	19.0	1250±25	-	-	-	-	-	-
19.0	12.5	1250±10	2500±50	-	-	-	-	-
12.5	9.5	1250±10	2500±50	-	-	-	-	-
9.5	6.3	-	-	2500±50	-	-	-	-
6.3	#4(4.75 มม.)	-	-	2500±50	-	-	-	-
#4(4.75 มม.)	#8(2.36 มม.)	-	-	-	5000±10	-	-	-
มวลตัวอย่างรวม (กรัม)		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±100	-	-
จำนวนรอบ		500				1000		

7. การคำนวณ

$$\text{ความสึกหรอโดยใช้เครื่อง Los Angeles} = \frac{M_1 - M_2 \times 100}{M_1}$$

เมื่อ M_1 = มวลตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ทดลอง
 M_2 = มวลที่ค้ำบนตะแกรง # 12



8. การรายงาน

ให้รายงานค่าความสึกหรอโดยใช้เครื่อง Los Angeles เป็นร้อยละ โดยใช้หินนิม 1 ตำแหน่ง

ว. 3-11

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

อันดับการทดลองที่ A - 130/14
 เจ้าของตัวอย่าง บริษัท ก.ก่อสร้าง
 หนังสือที่ 32/14 ลว.16 มี.ค. 14 วันรับหนังสือ 16 มี.ค. 14
 ทางสาย กรุงเทพฯ - สระบุรี
 เจ้าหน้าที่ทดลอง สมเดช วันรับตัวอย่าง 17 มี.ค. 14 วันที่ทดลอง 18 มี.ค. 14

ABRASION TEST OF COARSE AGGREGATE

BY LOS ANGELES MACHINE

Material หินคลุก Nominal Size 0
 Source เขาเอื้อง Sample No. 1 of 2
 Grading A Number of revolutions 500
 Number of abrasive 12 Weight of charges 5011 gm.

Sieve size		Accumulative
Passing	Retained on	Weight of Sample
1 1/2"	1"	1253 gm.
1"	3/4"	1251 gm.
3/4"	1/2"	1250 gm.
1/2"	3/8"	1252 gm.
Original Mass of sample (W ₁)		5006 gm.
Final Mass of sample (W ₂)		3595 gm.
Loss (W ₁ - W ₂)		1411 gm.
Percentage of wear $\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$		28.2

Remark : ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน บาท

ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบได้รับเท่านั้น



9. ข้อควรระวัง

9.1 ให้ทำการขัด Abrasive Charge แต่ละลูกอย่างน้อย 1 ครั้ง ทุกๆ 6 เดือน เพื่อตรวจสอบให้มวลรวมเป็นไปตามข้อ 2.3

9.2 ในกรณีที่เหล็กขวานใช้เหล็กฉากติตรึมแผ่นเหล็กปิดช่องใส่วัสดุ การปิดต้องให้ด้านนอกของเหล็กฉากหันไปในทิศทางที่เครื่องหมุน

การทดลองที่ ทล. - ท. 204/2516

วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง



ทล. – ท. 204/2516

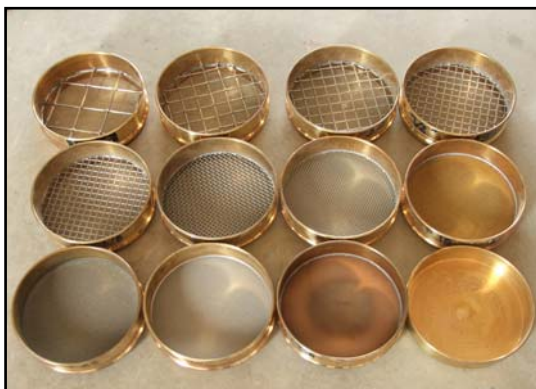
วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้ได้ปรับปรุงจาก AASHTO T 27 – 70 และ T 37 – 70 เพื่อหาขนาดเม็ด (Particle Size Distribution) ของ Aggregate ทั้งชนิดเม็ดละเอียดและหยาบ โดยให้ผ่านตะแกรงจากขนาดใหญ่ถึงขนาดเล็ก มีขนาดช่องผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) แล้วเปรียบเทียบมวลของตัวอย่างที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่างๆ กับมวลทั้งหมดของตัวอย่าง

2. เครื่องมือ

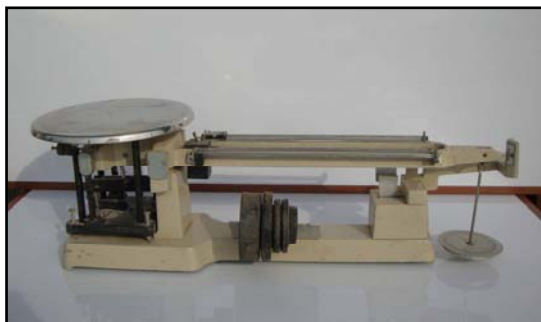
เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 ตะแกรงช่องผ่านเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดช่องผ่านต่างๆ ตามต้องการ



2.2 เครื่องเขย่าตะแกรง



2.3 ตาชั่งแบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 16 กิโลกรัม ชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม สำหรับชั่งตัวอย่างทดลอง



2.4 ตาชั่งแบบ Scale หรือแบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 1,000 กรัม ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำในดิน



2.5 เครื่องแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) ขนาดต่างๆ



2.6 แปรงลวดทองเหลือง และแปรงขน สำหรับทำความสะอาด



2.7 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110 ± 5 °C

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

- ไม่มี



4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว.3 - 10 และที่ ว.2 - 12

ว. 3-10

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

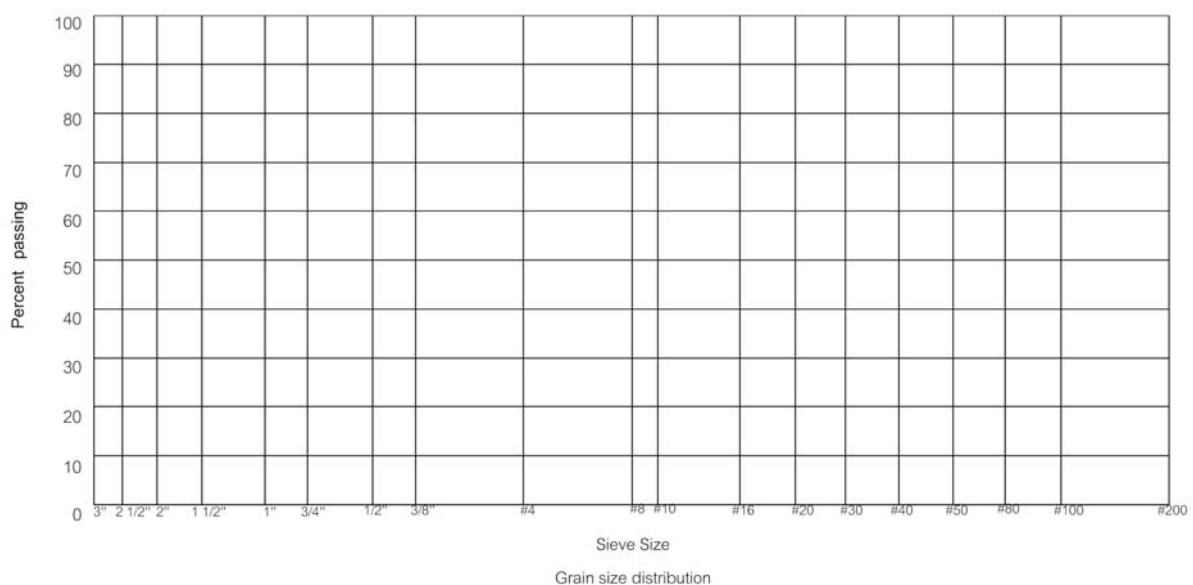
อันดับการทดลองที่ _____
 วันที่รับตัวอย่าง _____ วันที่ทดลอง _____ เจ้าหน้าที่ทดลอง _____
 เจ้าของตัวอย่าง _____ หนังสือที่ _____ วันที่รับหนังสือ _____

SIEVE ANALYSIS OF AGGREGATE

Sample & source : _____

Nominal size : _____

Sieve Sizes	First trial			Second trial			Average % Passing
	Retained (mm.)	Passing (gm.)	passing (%)	Retained (mm.)	Passing (gm.)	passing (%)	



Remark

ค่าธรรมเนียมทดลองเป็นเงิน.....บาท
 ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบได้รับเท่านั้น



สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

สรุปคุณภาพวัสดุ

[illegible]

.....Material Engineer



5. การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างมาคลุกให้เข้ากันและแยกด้วยวิธีแบ่งสี่ หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง ในขณะที่ตัวอย่าง มีความชื้นเพื่อลดการแยกตัว ถ้าตัวอย่างไม่มีส่วนละเอียดอาจจะแบ่งขณะที่ตัวอย่างแห้งอยู่ก็ได้ประมาณให้ได้ ตัวอย่างเมื่อแห้งแล้วตามตารางที่ 1



ตารางที่ 1		
ขนาดตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม	ปริมาณตัวอย่างไม่น้อยกว่า (กิโลกรัม)
4.75 มม. (เบอร์ 4)	90 – 100	0.5
9.5 มม. (3/8")	90 – 100	1.0
12.5 มม. (1/2")	90 – 100	2.0
19.0 มม. (3/4")	90 – 100	5.0
25.0 มม. (1")	90 – 100	10.0
37.5 มม. (1½")	90 – 100	15.0
50.0 มม. (2")	90 – 100	20.0
63.0 มม. (2½")	90 – 100	25.0
75.0 มม. (3")	90 – 100	35.0
90.0 มม. (3½")	90 – 100	35.0



6. การทดลอง



6.1 ถ้ามีส่วนละเอียดจับก้อนใหญ่หรือมีส่วนละเอียดจับกันเองเป็นก้อน ต้องทำให้ส่วนละเอียดหลุดออกจากก้อนใหญ่หรือส่วนละเอียดที่จับกันเป็นก้อนแตกให้หมด ตามหรืออบตัวอย่างให้ผิวแห้ง (Surface Dry) ที่อุณหภูมิ $110 \pm 5^\circ \text{C}$



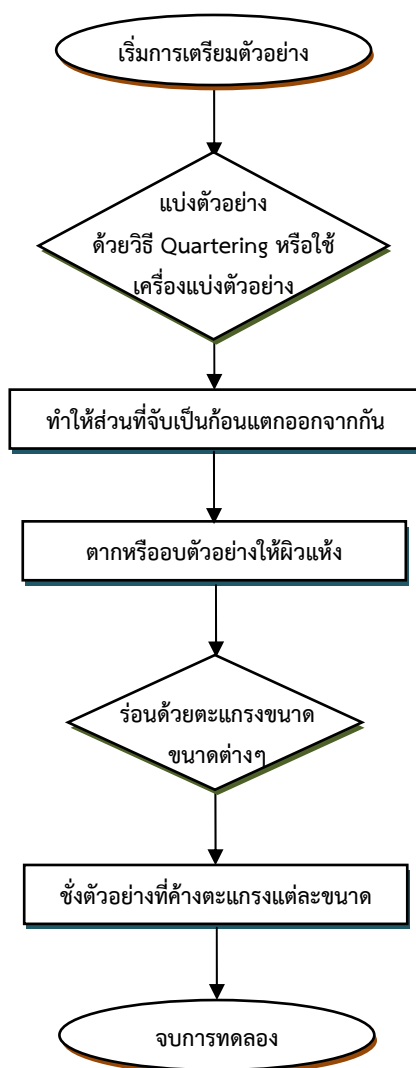
6.2 นำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่างๆ ตามต้องการ การเขย่านี้ต้องให้ตะแกรงเคลื่อนที่ทั้งแนวราบและแนวตั้งรวมทั้งมีแรงกระแทกขณะเขย่าด้วย เขย่านานจนกระทั่งตัวอย่างผ่านตะแกรงแต่ละขนาด ใน 1 นาทีไม่เกิน 1% ของตัวอย่างในตะแกรงนั้น หรือใช้เวลาเขย่านานทั้งหมดประมาณ 15 นาที เมื่อเขย่าเสร็จแล้วตัวอย่างต้องไม่ซ้อนกันในตะแกรง ถ้าตัวอย่างซ้อนกันมากเกินไปกำหนดให้แบ่งตัวอย่างทดลองสองครั้ง หรือเพิ่มตะแกรงขนาดใหญ่กว่าตะแกรงที่ค้างเกินเข้าไปอีกขนาดหนึ่ง



6.3 นำตัวอย่างที่ค้างตะแกรงแต่ละขนาดไปชั่ง



ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและการทดลอง



7. การคำนวณ

7.1 คำนวณหาขนาดเม็ดของวัสดุได้จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม} = \frac{R}{T} \times 100$$

เมื่อ R = มวลของตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาดนั้น
 T = มวลรวมตัวอย่างทั้งหมด



8. การรายงาน

จ. 3-10

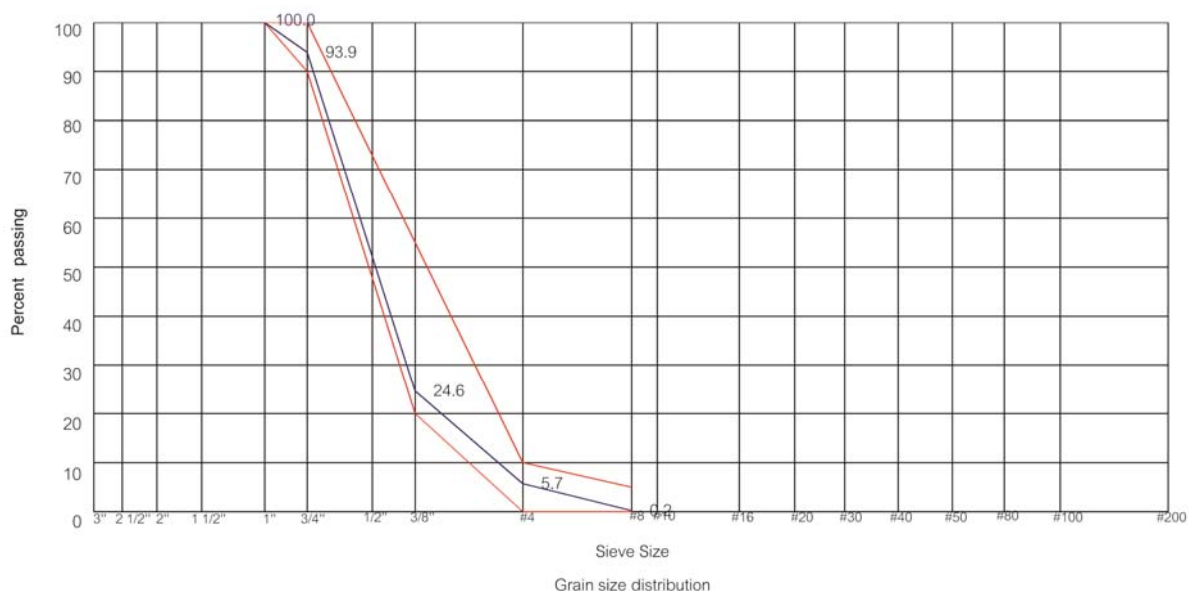
สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ GC_R - 1
 วันที่รับตัวอย่าง - วันที่ทดลอง 17/1/53 เจ้าหน้าที่ทดลอง
 เจ้าของตัวอย่าง บจก.วิจิตรภัณฑ์ก่อสร้าง หนังสือที่ - วันที่รับหนังสือ -

SIEVE ANALYSIS OF AGGREGATE

Sample & source : หินผสมคอนกรีต โรงโมหินศิลาพัฒนา ม. 3 ต.จระเข้สามพัน อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี
 Nominal size : 3/4" - #4

Sieve Sizes	First trial			Second trial			Average % Passing
	Retained (mm.)	Passing (gm.)	passing (%)	Retained (mm.)	Passing (gm.)	passing (%)	
1"	-	9625	100.0	-	9860	100.0	100.0
3/4"	788	8837	91.8	616	9244	96.0	93.9
1/2"	3936	4901	50.9	3944	5300	55.1	53.0
3/8"	2650	2251	23.4	2812	2488	25.8	24.6
#4	1713	538	5.6	1929	559	5.8	5.7
#8	524	14	0.1	541	18	0.2	0.2
Pan	14	-	-	18	-	-	-



Remark

ค่าธรรมเนียมทดลองเป็นเงิน.....บาท
 ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบได้รับเท่านั้น



สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

สรุปคุณภาพวัสดุ

Project สายพระประทีป - บรรจบทางหลวงหมายเลข 35 ตอน 1

Pavement layer หินผสมคอนกรีต

☐ General Test[illegible]

.....Material Engineer



9. ข้อควรระวัง

9.1 การแบ่งตัวอย่างด้วยเครื่องแบ่งตัวอย่างควรใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างที่มีขนาดช่องกว้างประมาณ $1\frac{1}{2}$ เท่าของก้อนโตที่สุด

9.2 ตรวจสอบตุ้มน้ำหนักบ่อยๆ ถ้าชำรุดต้องซ่อมก่อนใช้

การทดลองที่ ทล. - ท. 205/2517

วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบล่าง



ทล. – ท. 205/2517

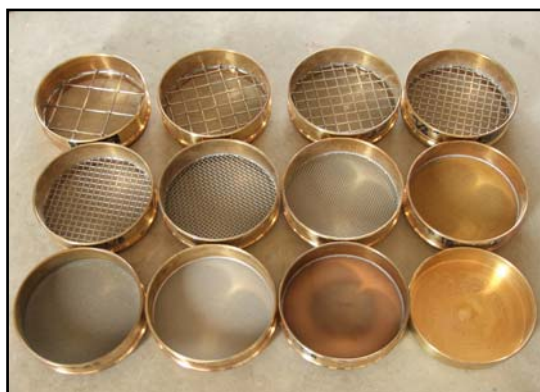
วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบล่าง

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้ สำหรับหาขนาดเม็ด (Particle Size Distribution) ของ Aggregate ทั้งชนิดเม็ดละเอียดและหยาบ โดยให้ผ่านตะแกรงจากขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็กมีขนาดช่องผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) แล้วเปรียบเทียบมวลของตัวอย่างที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่างๆ กับมวลทั้งหมดของตัวอย่าง วิธีการทดลองนี้ได้ปรับปรุงจาก AASHTO T 27-70

2. เครื่องมือ

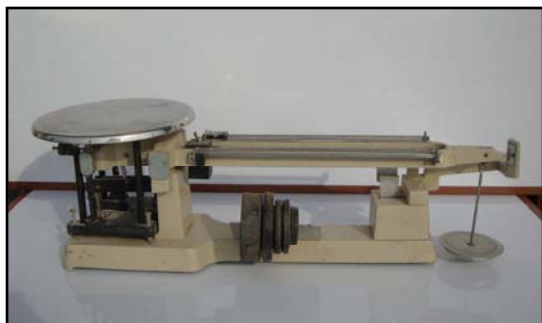
เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 ตะแกรงช่องผ่านเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดช่องผ่านต่างๆ ตามต้องการ



2.2 เครื่องเขย่าตะแกรง



2.3 ตาชั่งแบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 16 กิโลกรัม ชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม สำหรับชั่งตัวอย่างทดลอง



2.4 ตาชั่งแบบ Scale หรือแบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 1,000 กรัม ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำในดิน



2.5 เครื่องแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) ขนาดต่างๆ



2.6 แปรงลวดทองเหลือง แปรงพลาสติก และแปรงขน สำหรับทำความสะอาดตะแกรง



2.7 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ $110 \pm 5^\circ\text{C}$



2.8 ภาชนะ สำหรับใช้แช่และล้างตัวอย่างด้วยมือ หรือ ชนิดใช้เครื่องเขย่า (ความจุประมาณ 8,000 มิลลิลิตร)

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

น้ำยาสำหรับใช้ล้างส่วนละเอียดเตรียมได้จาก



3.1 เตรียมได้จากการละลายผลึก Sodium Hexametaphosphate Buffered With Sodium Carbonate (NaPO_3)₆ 45.7 กรัม ในน้ำ 1,000 มิลลิลิตร



3.2 คนผสมกันให้ทั่วจนไม่มีเม็ดผลึกเหลืออยู่ ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 4 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้



3.3 ใช้น้ำยา 125 มิลลิลิตรผสมกับน้ำ 875 มิลลิลิตร เป็นน้ำยาสำหรับล้างส่วนละเอียดประมาณ 1,000 มิลลิลิตร อาจผสมไว้ทีละหลายๆ หรือทดลองครั้งหนึ่งก็ผสมครั้งหนึ่ง ครั้งละ 1,000 มิลลิลิตร ต่อวัสดุทดลองหนึ่งตัวอย่าง



4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว.2 - 01 สำหรับวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.)

ว. 2-01

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่.....

วันที่รับตัวอย่าง..... วันที่ทดลอง..... เจ้าหน้าที่ทดลอง.....

เจ้าของตัวอย่าง..... หนังสือที่..... วันที่รับหนังสือ.....

SIEVE ANALYSIS

Sample & source :

Mass of sample :

Sieve No.	Sieve Opening (mm.)	Mass of Sieve (gm.)	Sieve + Soil (gm.)	Soil retained (gm.)	% Soil retained	Cumulative	% Finer

Diameter in mm

Grain size Distribution Curve



ว.2 - 01 ก. สำหรับวัสดุที่มีขนาดใหญ่และเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.)

จ. 2-01n

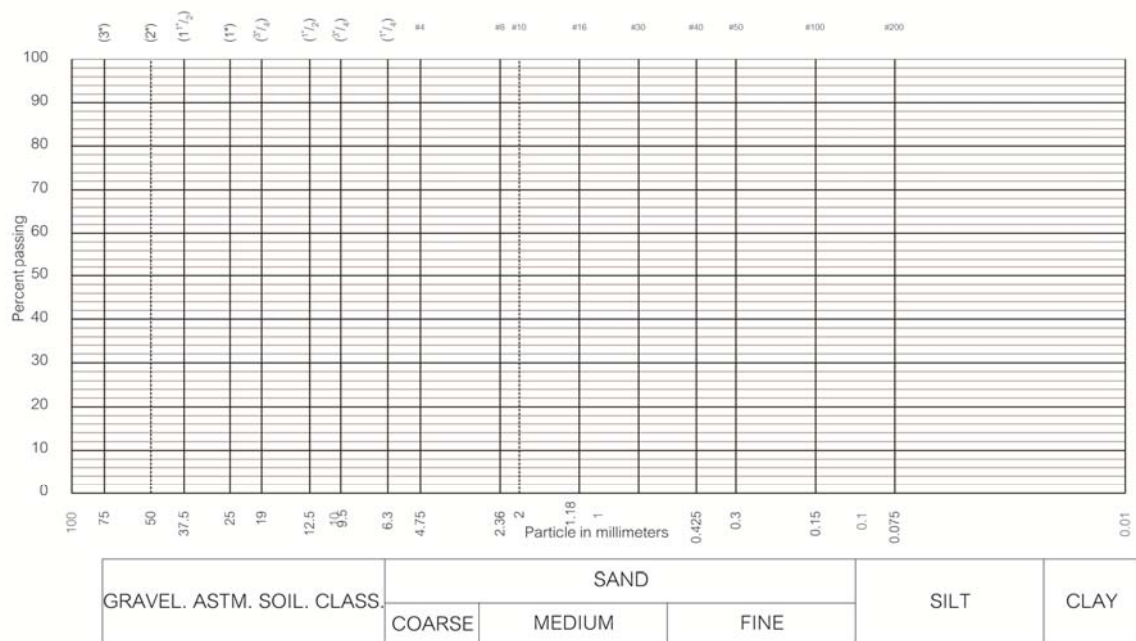
สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ _____
 วันที่รับตัวอย่าง _____ วันที่ทดลอง _____ เจ้าหน้าที่ทดลอง _____
 เจ้าของตัวอย่าง _____ หนังสือที่ _____ วันที่รับหนังสือ _____

SIEVE ANALYSIS OF FINE AND COARSE AGGREGATES

Sample & source : _____

Sieve No.	Mass retained	Mass passing	% passing	Total % passing			
			X		<u>COARSE AGGREGATE (Retained No. 4)</u>		
					1. Total Mass of Wet sample	=	gm.
					2. Total coarse aggregate	=	gm.
					3. Total fine aggregate	=	gm.
					4. Water content of fine (w)	=	%
					5. Dry Mass of fine aggregate	=	gm.
					6. Total Mass of aggregate	=	gm.
Sieve No.	Mass retained	Mass passing	% passing	Total % passing			
					<u>FINE AGGREGATES (Passing No. 4)</u>		
					1. Wet Mass of fine aggregate	=	gm.
					2. Water content of fine aggregate	=	%
					3. Dry Mass of fine aggregate	=	gm.
					<u>Remarks</u>		





สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

สรุปคุณภาพวัสดุ

[illegible]

..... Material Engineer



5. การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างอาจจะเป็นดิน หินคลุก หรือ Soil Aggregate หรือวัสดุอื่นใดที่ต้องการทดลองมาคลุกให้เข้ากัน และแยกด้วยวิธี Quartering หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างในขณะที่ตัวอย่างมีความชื้นเพื่อลดการแยกตัว ปริมาณตัวอย่างให้ใช้ตามตารางที่ 1 หรือตารางที่ 2



วิธี Quartering



ใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง

ตารางที่ 1 สำหรับหินย่อย		
ขนาดตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม	ปริมาณตัวอย่างไม่น้อยกว่า (กิโลกรัม)
4.75 มม. (เบอร์ 4)	90 – 100	0.5
9.5 มม. (3/8")	90 – 100	1.0
12.5 มม. (1/2")	90 – 100	2.0
19.0 มม. (3/4")	90 – 100	5.0
25.0 มม. (1")	90 – 100	10.0
37.5 มม. (1½")	90 – 100	15.0
50.0 มม. (2")	90 – 100	20.0
63.0 มม. (2½")	90 – 100	25.0
75.0 มม. (3")	90 – 100	35.0
90.0 มม. (3½")	90 – 100	35.0



ตารางที่ 2 สำหรับ Soil Aggregate		
ขนาดตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม	ปริมาณตัวอย่างไม่น้อยกว่า (กิโลกรัม)
4.75 มม. (เบอร์ 4)	90 – 100	0.5
9.5 มม. (3/8")	90 – 100	1.0
12.5 มม. (1/2")	90 – 100	2.0
19.0 มม. (3/4")	90 – 100	5.0
ใหญ่กว่า 25.0 มม. (1")	90 – 100	10.0

6. การทดลอง

6.1 ทดลองหาเม็ดวัสดุสำหรับวัสดุเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)



6.1.1 ถ้าตัวอย่างมีส่วนละเอียดจับกันเป็นก้อนต้องทำให้ส่วนละเอียดที่จับกันเป็นก้อนแยกจากกันให้หมด แล้วนำตัวอย่างไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °C มวลตัวอย่างแห้ง หรือจะหาความชื้นของตัวอย่างเพื่อคำนวณหาตัวอย่างแห้ง



6.1.2 นำตัวอย่างใส่ภาชนะสำหรับใช้ล้างตัวอย่างเทน้ำหรือน้ำยาลงไปในภาชนะจนท่วมดินตัวอย่าง แช่ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำไปเขย่าประมาณ 10 นาที ขณะเขย่าระวังอย่าให้น้ำกระดกออกจากภาชนะ ถ้าไม่ใช่เครื่องเขย่าควรแช่น้ำไว้ในภาชนะสำหรับล้างตัวอย่างด้วยมือนานประมาณ 3 - 4 ชั่วโมง



6.1.3 เทตัวอย่างลงบนตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) ถ้าหากมีตัวอย่างขนาดใหญ่ปนอยู่มาก ควรใช้ตะแกรงเบอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่า 200 (0.075 มม.) ซ้อนไว้ข้างบน เพื่อลดปริมาณตัวอย่างบนตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) ใช้น้ำล้างจนกว่าไม่มีวัสดุผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) อีกต่อไป



6.1.4 เทตัวอย่างลงในภาชนะ แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$



6.1.5 นำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่างๆ ตามต้องการ การเขย่านี้ต้องให้ตะแกรงเคลื่อนที่ทั้งใน แนวราบ และแนวตั้งรวมทั้งมีแรงกระแทกขณะเขย่าด้วย เขย่านานจนกระทั่งตัวอย่างผ่านตะแกรงแต่ละชนิด ใน 1 นาที ไม่เกิน 1% ของตัวอย่างในตะแกรงนั้น หรือใช้เวลาเขย่านานทั้งหมดประมาณ 15 นาที เมื่อเขย่าเสร็จแล้ว ต้องไม่มีก้อนตัวอย่างซ้อนกันในตะแกรง



6.1.6 นำตัวอย่างที่ค้ำแต่ละขนาดไปชั่ง



6.2 การทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุสำหรับวัสดุที่มีขนาดใหญ่ และเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.) อาจทำได้ 2 วิธี

วิธีที่ 1



(1) ถ้าตัวอย่างมีส่วนละเอียดจับก้อนใหญ่ หรือมีส่วนละเอียดจับกันเป็นก้อนต้องทำให้ส่วนละเอียดหลุดออกจากก้อนใหญ่ และส่วนละเอียดที่จับกันเป็นก้อนหลุดออกจากกันให้หมด โดยใช้ค้อนยางทุบ แล้วนำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มม.) เพื่อแยกส่วนที่ค้างและผ่านตะแกรง ถ้าตัวอย่างมีมากให้แบ่งทำหลายๆ ครั้ง



(2) นำส่วนที่ค้างตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มม.) ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °C ซึ่งหามวลของตัวอย่างแห้ง หรือจะหาความชื้นของตัวอย่างเพื่อคำนวณหามวลของตัวอย่างแห้งก็ได้ แล้วนำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่างๆ ตามต้องการ

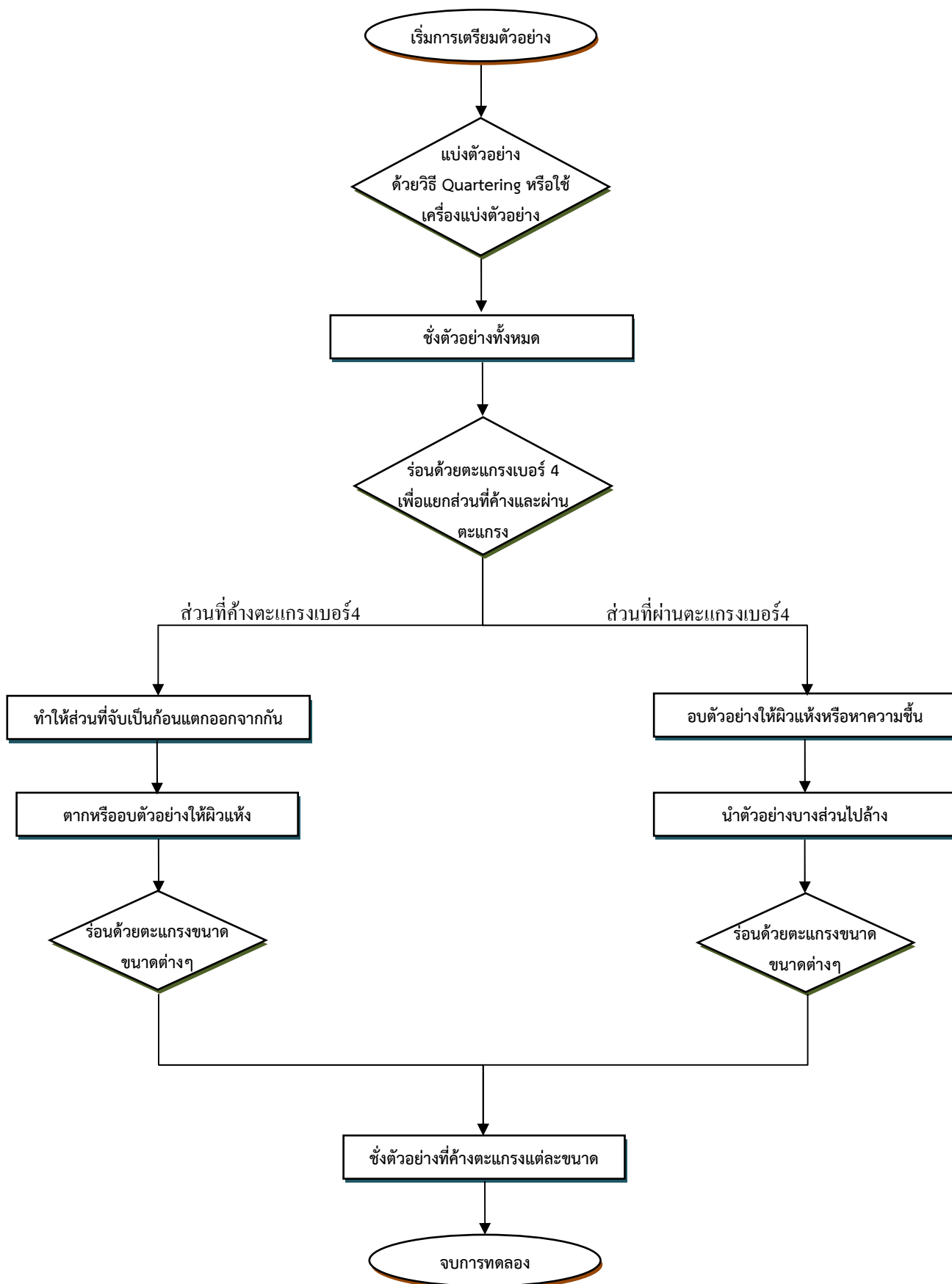
(3) นำส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มม.) ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °C ซึ่งหามวลตัวอย่างแห้ง หรือจะหาความชื้นของตัวอย่างเพื่อคำนวณหามวลของตัวอย่างแห้งก็ได้ แล้วนำตัวอย่างทั้งหมดหรือแยกตัวอย่างเพียงบางส่วนดำเนินการทดลองตามข้อ 6.1

วิธีที่ 2

นำตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากข้อ 5 ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °C ซึ่งหามวลตัวอย่างแห้งหรือจะหาความชื้นของตัวอย่าง เพื่อคำนวณหามวลของตัวอย่างแห้งก็ได้ แล้วนำตัวอย่างไปดำเนินการตามข้อ 6.1 ถ้ามีขนาดก้อนใหญ่มากควรจัดตะแกรงที่จะล้างให้มีขนาดต่างๆ ลดหลั่นกัน



ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและการทดลอง





7. การคำนวณ

7.1 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

7.1.1 หามวลที่ค้าง (Mass Retained) บนตะแกรงแต่ละขนาด โดยชั่งหามวลของตัวอย่างที่ค้างบนแต่ละตะแกรงมวลที่หายไป (เมื่อเอามวลของตัวอย่างที่ค้างในทุกตะแกรงรวมกันแล้วหักออกจากมวลของตัวอย่างอบแห้งทั้งหมดซึ่งใช้ทดลอง) คือ มวลของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) รวมกับน้ำหนักที่ค้างบน Pan

7.1.2 หามวลที่ผ่าน (Mass Passing) ตะแกรงแต่ละขนาด โดยคิดจากบรรทัดล่างของช่องมวลที่ค้าง (Mass Passing) ขึ้นไป เอามวลของช่อง Mass Retained บน Pan เป็นช่อง Mass Passing ของตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) รวมมวลของ Mass Retained กับมวลช่อง Mass Passing ของตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) เป็นมวลของช่อง Mass Passing ของตะแกรงถัดขึ้นไป ดำเนินการแบบที่กล่าวมาแล้วนั้น ไปเรื่อยๆ จนถึงมวล Mass Passing ในบรรทัดบนสุดจะเท่ากับมวลของตัวอย่างอบแห้งทั้งหมดซึ่งใช้ทดลอง

7.1.3 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม (Percent Passing) ได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม} = \frac{\text{มวลของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ (กรัม)}}{\text{มวลของตัวอย่างแห้งทั้งหมดที่ใช้ทดลอง (กรัม)}} \times 100$$

7.2 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลของวัสดุซึ่งมีขนาดทั้งใหญ่และเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

7.2.1 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุมีขนาดใหญ่กว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

(1) หามวลที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาด โดยชั่งหามวลของตัวอย่างที่ค้างบนแต่ละตะแกรง มวลที่หายไป (เมื่อเอามวลของตัวอย่างที่ค้างในทุกตะแกรงรวมกัน แล้วหักออกจากมวลของตัวอย่างอบแห้งทั้งหมดซึ่งใช้ทดลอง) คือ มวลของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.) ที่ค้างบน Pan

(2) หามวลที่ผ่านตะแกรงแต่ละขนาด เช่นเดียวกับข้อ 3.1.2

(3) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม โดยใช้สูตรเช่นเดียวกับข้อ 3.1.3

7.2.2 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรง ต่อมวลรวมของวัสดุ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.) เช่นเดียวกับข้อ 3.1



7.2.3 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์รวมผ่านตะแกรงต่อมวลรวม (Total Percent Passing) ของวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.) ได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์รวมผ่านตะแกรงต่อมวลรวม} = \frac{X \times Y}{100}$$

เมื่อ X = เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของตัวอย่างที่มีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)
Y = เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.)
ในการทดลองพวงวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)



8. การรายงาน

จ. 2-01

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ G - 1

วันที่รับตัวอย่าง - วันที่ทดลอง 6/12/52 เจ้าหน้าที่ทดลอง

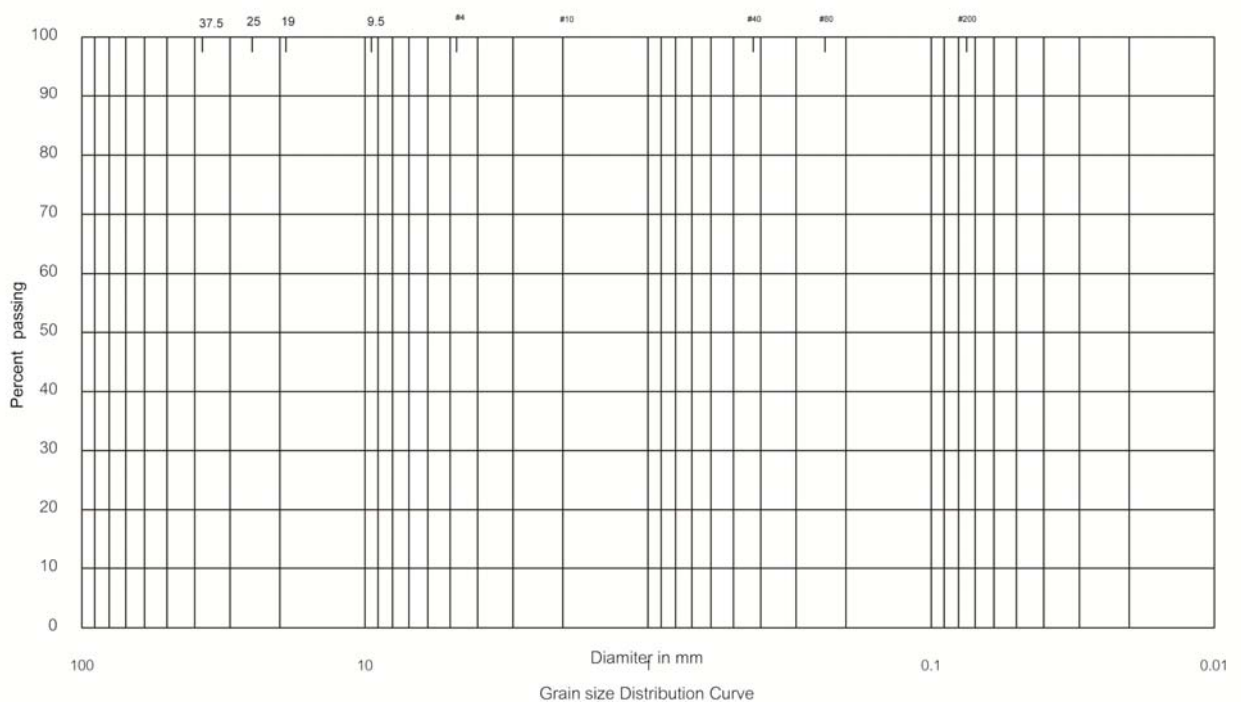
เจ้าของตัวอย่าง บจก.วิจิตรภัณฑ์ก่อสร้าง หนังสือที่ - วันที่รับหนังสือ

SIEVE ANALYSIS

Sample & source : ทراساتน้ำตาล บ่อทรายรวมโชค 160/1 ต.บ้านยาง อ.เมือง จ.นครปฐม

Mass of sample : 1323.5 gms.....

Sieve No.	Sieve Opening (mm.)	Mass of Sieve (gm.)	Sieve + Soil (gm.)	Soil retained (gm.)	% Soil retained	Cumulative	% Finer
3/8"	9.500			-	-	-	100
#4	4.750			10.2	0.8	0.8	99.2
#10	2.000			26.2	2.0	2.8	97.2
#40	0.425			567.3	42.9	45.6	54.4
#200	0.075			611.0	46.2	91.8	8.2
Pan				108.8	8.2	100.0	-





อันดับการทดลองที่ G - 56

วันที่รับตัวอย่าง วันที่ทดลอง 10/6/53 เจ้าหน้าที่ทดลอง

เจ้าของตัวอย่าง บริษัท วิจิตรภัณฑ์ก่อสร้าง จำกัด หนังสือที่ วันที่รับหนังสือ

Sample & source : Crushed Rock Lime Stones โรงโม่หินกาญจนาศิลาภัณฑ์ 565 ม.6 ต.จรเข้มสามพัน อ.อุ้มทอง จ.สุพรรณบุรี

The graph displays the gradation of two aggregate samples. The red curve represents a finer aggregate, while the blue curve represents a coarser aggregate. The data points for the red curve are as follows:

Particle Size (mm)	Percent Passing (%)
100	100.0
25	94.3
12.5	71.2
6.3	43.5
3.15	27.8
1.5	21.1
0.75	6.7

The data points for the blue curve are as follows:

Particle Size (mm)	Percent Passing (%)
100	100.0
25	94.3
12.5	71.2
6.3	43.5
3.15	27.8
1.5	21.1
0.75	6.7

GRAVEL. ASTM. SOIL. CLASS.	SAND			SILT	CLAY
	COARSE	MEDIUM	FINE		

ให้รายงานค่าเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ ต่อมวลรวมด้วยเทคนิค 1 ตำแหน่งในแบบฟอร์มที่ ว.2 - 12

2.2-12.

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

สรุปคุณภาพวัสดุ

Project สายพระประทีป - บรรจบทางหลวงหมายเลข 35 ตอน 1

☐ General Test☐ Control

Pavement layer	Base Course
----------------	-------------

[illegible]

.....Material Engineer



9. ข้อควรระวัง

- 9.1 การแบ่งตัวอย่างด้วยเครื่องแบ่งตัวอย่าง ต้องให้เครื่องที่มีขนาดช่องกว้างประมาณ $1\frac{1}{2}$ เท่า ของก้นโตที่สุด
- 9.2 ห้ามใส่ตัวอย่างลงในตะแกรงขณะที่ยังร้อนอยู่
- 9.3 ควรตรวจสอบตะแกรงอยู่เสมอ โดยเฉพาะเบอร์ 200 (0.075 มม.)

การทดลองที่ ทล. - ท. 207/2517

วิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ



ทล. – ท. 207/2517

วิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้ได้ปรับปรุงมาจาก AASHTO 85-70 และ Calif.206-C เป็นการหาความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ของวัสดุขนาดโตกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.) แบบ Bulk (Bulk Specific Gravity) แบบ Apparent (Apparent Specific Gravity) และการหาปริมาณของน้ำที่ซึมเข้าไปในเนื้อวัสดุ (Water Absorption)

2. เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 เครื่องชั่ง เป็นเครื่องชั่งแบบ Balance สามารถชั่งได้อย่างน้อย 5,000 กรัม และ ต้องอ่านได้ละเอียดถึง 0.5 กรัม



2.2 ตะกร้าลวดตาข่าย (Wire Mesh Basket) เป็นตะแกรงมีช่องขนาด 2.00-3.00 มม. ตะกร้าต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะบรรจุวัสดุ 5,000 กรัม ได้ หรืออาจจะใช้แบบที่เป็นสาแหรกแทนก็ได้



2.3 ถัง (Container) เป็นถังใส่น้ำสีเหลี่ยมลูกบาศก์ หรือทรงกระบอกก็ได้ แต่ต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะเอาตะกร้าลวดตาข่าย หรือสาแหรกใส่เพื่อทำการชั่งในน้ำได้ และต้องมีรูอยู่ตอนบนเพื่อรักษาระดับน้ำให้คงที่อยู่ตลอดเวลา



2.4 ชามอ่าง เป็นภาชนะใหญ่พอที่จะแช่วัสดุประมาณ 5,000 กรัม โดยให้วัสดุจมในน้ำหมดทุกก้อน

2.5 ผ้าซับน้ำ มีขนาดใหญ่พอกับปริมาณของตัวอย่างที่ใช้



2.6 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิได้คงที่ได้ที่ 110 ± 5 °C

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

- ไม่มี



4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 8-07

ว. 8-07

สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง

ขั้นตอนการทดลองที่
 เจ้าของตัวอย่าง
 หนังสือที่ วันที่รับหนังสือ
 ทางสาย
 เจ้าหน้าที่ทดลอง วันที่รับตัวอย่าง วันที่ทดลอง

SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF COARSE AGGREGATE

MATERIAL
 SOURCE SAMPLE NO. of

Weight of sample in oven - dry condition (A) = ...gms.
 Weight of sample in saturated surface - condition (B) = ...gms.
 Weight of saturated sample immersed in water (C) = ...gms.

Bulk Specific Gravity (OVD.) = $\frac{A}{(B - C)}$ = ...
 Bulk Specific Gravity (SSD.) = $\frac{B}{(B - C)}$ = ...
 Apparent Specific Gravity = $\frac{A}{(A - C)}$ = ...
 Water Absorption (%) = $\frac{(B - A) \times 100}{A}$ = ...

NO	A	B	C	CB.(OVD)	CB.(SSD)	GA	Abs%
1							
2							
3							
4							
TOTAL							

ผลการทดลองนี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทางได้รับเท่านั้น
 ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน บาท



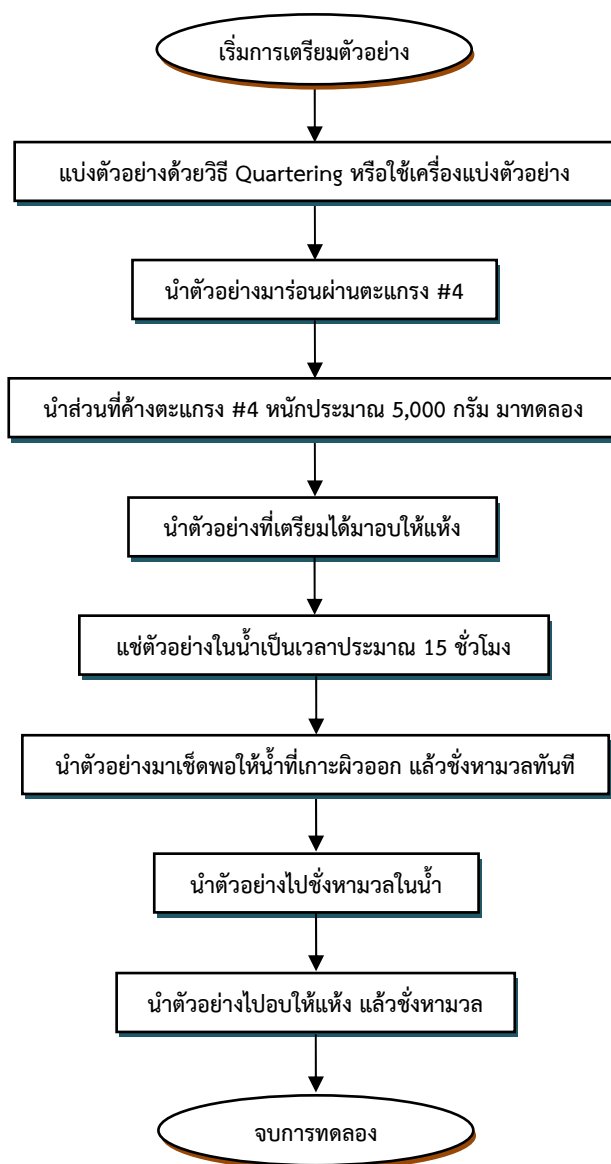
5. การเตรียมตัวอย่าง



นำตัวอย่างวัสดุทั้งหมดมาทำการแบ่งโดยวิธี Quartering หรือ เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) นำตัวอย่างที่แบ่งแล้วมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.) แล้วนำส่วนที่ค้างตะแกรงหนักประมาณ 5,000 กรัม มาทดลอง

6. การทดลอง

ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและการทดลอง





6.1 นำวัสดุที่เตรียมได้จากข้อ 5 มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °c ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำไปแช่ลงในน้ำเป็นเวลาประมาณ 15 ± 4 ชั่วโมง



6.2 เอาวัสดุขึ้นจากน้ำ วางบนผ้าซับน้ำแล้วคลึง เช็ดวัสดุด้วยผ้าซับน้ำ สำหรับวัสดุที่มีขนาดใหญ่ จะใช้ผ้าเช็ดที่ละก้อนก็ได้ จนกระทั่งชั้นบางๆของน้ำ (Visible Film) ที่เคลือบผิววัสดุออกหมด แล้วรีบทำการชั่งวัสดุทันที ถึงแม้จะเห็นว่าผิววัสดุยังชื้น (Damp) อยู่ก็ตาม การชั่งให้ชั่งละเอียดถึง 0.5 กรัม มวลที่ได้เป็นมวลของวัสดุ Saturated Surface Dry ในอากาศ (B)



6.3 นำวัสดุจากข้อ 6.2 ไปชั่งในน้ำโดยใช้ตะกร้าลวดตาข่ายหรือสาแหรง มวลที่ได้เป็นมวลวัสดุในน้ำ (C)



6.4 นำวัสดุไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °c แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 1-3 ชั่วโมง แล้วชั่งหามวลมวลที่ได้เป็นมวลวัสดุอบแห้งในอากาศ (A)



7. การคำนวณ

ค่า ถ.พ. ต่างๆหาได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$7.1 \quad \text{Bulk Specific Gravity (Oven-Dry Basis)} = \frac{A}{B-C}$$

$$7.2 \quad \text{Bulk Specific Gravity (Saturated Surface - Dry Basis)} = \frac{B}{B-C}$$

$$7.3 \quad \text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{A-C}$$

$$7.4 \quad \text{Water Absorption} = \frac{B-A \times 100}{A}$$

เมื่อ A = มวลของวัสดุอบแห้งในอากาศ มีหน่วยเป็นกรัม

B = มวลของวัสดุ Saturated Surface Dry มีหน่วยเป็นกรัม

C = มวลของวัสดุในน้ำ มีหน่วยเป็นกรัม

การคำนวณค่าของ ถ.พ. ให้ใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่ง และค่า Absorption ให้ใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

8. การรายงาน

ให้รายงานผลตามแบบฟอร์มในข้อ 4

2.8-07

สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง
กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ G - 1

เจ้าของตัวอย่าง หจก. ศิริไพบุลย์พัฒนาการ

หนังสือ วันที่รับหนังสือ

ทางสาย แยกทางหลวงหมายเลข 35 - สมุทรสาคร (เอกชัย) ตอน 1

เจ้าหน้าที่ทดลอง มานะ , เอกสิทธิ์ วันที่รับตัวอย่าง วันที่ทดลอง 4 ธันวาคม 2553

SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF COARSE AGGREGATE

MATERIAL.. Soil Aggregate

SOURCE	โรงโม่หินอนันตศิลา กม.8+800 RT. 5.5 กม. ทล.3208 อ.เมือง จ.ราชบุรี	SAMPLE NO	of
--------	---	-----------	----

Weigh of sample in oven - dry condition (A) = 5222.0 gms.

Weigh of sample in saturated surface - condition (B) = 5257.0 gms.

Weigh of saturated sample immersed in water (C) = 3308.0 gms.

$$\text{Bulk Specific Gravity (O.V.D.)} = \frac{A}{(B - C)} = \underline{2.679}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity (SSD.)} = \frac{B}{(B - C)} = 2.697$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{(A - C)} = 2.747$$

$$\text{Water Absorption (\%)} = \frac{(B - A) \times 100}{A} = 0.670$$

NO	A	B	C	GB.(OVD)	GB.(SSD)	GA	Abs%
1	5222.0	5257.0	3308.0	2.679	2.697	2.747	0.670
2							
3							
4							
TOTAL							

ผลการทดลองนี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำนักวิเคราะห์หิวงัยและพัฒนางานทางได้รับเท่านั้น

ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน บาท



9. ข้อควรระวัง

- 9.1 การทำการทดลองต้องทำให้รวดเร็ว เพื่อป้องกันเรื่องการระเหยของน้ำในการหามวลของวัสดุ Saturated Surface-Dry
- 9.2 การชั่งในน้ำ ถ้ามีฟองอากาศเกาะอยู่ตามผิววัสดุ ให้เขย่าตะกร้าลวดตาข่าย ขณะที่ทำการจุ่มตะกร้าลงในน้ำ
- 9.3 ระวังวัสดุเม็ดเล็กๆ ซึ่งอาจจะติดอยู่กับช่องของตะกร้าลวดตาข่าย ระหว่างการชั่งหามวลของวัสดุในน้ำ

การทดลองที่ ทล. - ท. 213/2531

วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม
โดยใช้โซเดียมซัลเฟต หรือ แมกนีเซียมซัลเฟต



ทล. – ท. 213/2531

วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม

โดยใช้โซเดียมซัลเฟต หรือ แมกนีเซียมซัลเฟต

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้ครอบคลุมถึงวิธีการทดลองเพื่อหาความต้านทานต่อการแตกแยกของมวลรวมในสารละลายอิ่มตัว โซเดียมซัลเฟต หรือ แมกนีเซียมซัลเฟต เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการช่วยพิจารณาค่าความคงทนของมวลรวมที่ถูกกำหนดโดยสภาพดินฟ้าอากาศ โดยเฉพาะมวลรวมที่ได้จากแหล่งที่มีข้อมูลในการทนต่อกระบวนการถูกทำลายทางธรรมชาติมีไม่เพียงพอ วิธีการทดลองโดยใช้สารละลายอิ่มตัวแต่ละชนิดดังกล่าว จะให้ผลทดลองมีค่าแตกต่างกัน ดังนั้น ในการกำหนดค่าความคงทนจะต้องระบุชนิดของสารละลายและจำนวนรอบของการทดลองอย่างชัดเจน วิธีการทดลองนี้เทียบเท่า AASHTO 104 หรือ ASTM C 88

2. เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 ตะแกรง ช่องผ่านเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดช่องผ่านของตะแกรงจะต้องสอดคล้องกับ ASTM E 11 หรือเทียบเท่า โดยมีขนาดต่างๆ ตามตารางที่ 1



2.2 ภาชนะบรรจุ สำหรับใส่ตัวอย่างมวลรวมแช่ลงในสารละลาย จะต้องมียุพรุนเพียงพอที่จะให้สารละลายไหลเข้าได้สะดวก และสามารถระบายออกได้โดยที่ไม่ทำให้มวลรวมสูญหาย ภาชนะบรรจุตัวอย่างอาจใช้ตะกร้าที่ทำจากลวดตาข่ายหรือตะแกรงที่มีซี่เปิดที่เหมาะสมได้



ตารางที่ 1 ขนาดตะแกรงที่ใช้

ขนาดตะแกรงที่ใช้ (มม.)	
มวลรวมเม็ดละเอียด	มวลรวมเม็ดหยาบ
0.150 (เบอร์ 100)	0.8 (5/16")
	9.5 (3/8")
0.30 (เบอร์ 50)	12.5 (1/2")
	16.0 (5/8")
0.60 (เบอร์ 30)	19.0 (3/4")
	25.0 (1")
1.18 (เบอร์ 16)	31.5 (1¼")
	37.5 (1½")
2.36 (เบอร์ 8)	50.0 (2")
	62.5 (2½")
4.00 (เบอร์ 5)	ขนาดโตกว่านี้ให้ใช้ตะแกรงที่มีขนาดใหญ่ขึ้นที่ละ ½ นิ้ว
4.75 (เบอร์ 4)	



2.3 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ใช้ควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างให้อยู่ในช่วงที่กำหนดตลอดเวลาที่แช่อยู่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟต



2.4 ตาชั่ง

2.4.1 สำหรับมวลรวมเม็ดละเอียด ตาชั่งต้องชั่งได้ไม่น้อยกว่า 500 กรัม และชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม



2.4.2 สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบ ตาชั่งต้องชั่งได้ไม่น้อยกว่า 5,000 กรัม และชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม



2.5 เตาอบ ต้องสามารถให้ความร้อนได้อย่างเต็มที่อุณหภูมิ $110 \pm 5^\circ\text{C}$



2.6 เครื่องมือวัดความถ่วงจำเพาะ ต้องเป็นเครื่องมือที่เหมาะสม ทำจากแก้วอย่างดี เช่น ไฮโดรมิเตอร์ มีความเที่ยงตรงแม่นยำ สามารถอ่านค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายได้อย่างละเอียดถึง 0.001



3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

3.1 สารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟต อย่างใดอย่างหนึ่ง ให้มีปริมาตรอย่างน้อย 5 เท่าของปริมาตรของตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง เตรียมได้จาก



3.1.1 สารละลายอิ่มตัวโซเดียมซัลเฟต เตรียมได้จากการละลายเกลือโซเดียมซัลเฟต เกรด USP หรือเทียบเท่า ในน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 25-30 °C ขณะใช้งานสารละลายจะต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.151 – 1.174 (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมที่ข้อ 9.1)



3.1.2 สารละลายอิ่มตัวแมกนีเซียมซัลเฟต เตรียมได้จากการละลายเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต เกรด USP หรือเทียบเท่าในน้ำที่อุณหภูมิ 25-30 °C ขณะใช้งานสารละลายจะต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.295 - 1.308 (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมที่ข้อ 9.2)



4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว.2-01 สำหรับหา % Retained ของตัวอย่าง และแบบฟอร์มที่ ว.3-20 สำหรับหา ส่วนที่ไม่คงทนของมวลรวม

ว. 2-01

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ _____

วันที่รับตัวอย่าง _____ วันที่ทดลอง _____ เจ้าหน้าที่ทดลอง _____

เจ้าของตัวอย่าง _____ หนังสือที่ _____ วันที่รับหนังสือ _____

SIEVE ANALYSIS

Sample & source : _____

Mass of sample : _____

Sieve No.	Sieve Opening (mm.)	Mass of Sieve (gm.)	Sieve + Soil (gm.)	Soil retained (gm.)	% Soil retained	Cumulative	% Finer

Diameter in mm
Grain size Distribution Curve



ว. 3-20

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

อันดับทดลองที่..... วันที่รับตัวอย่าง..... วันที่ทดลอง.....
 เจ้าของตัวอย่าง..... หนังสือที่.....
 ทางสาย..... เจ้าหน้าที่ทดลอง.....

SOUNDNESS TEST OF AGGRAGATE

Sample.....

Source.....

1. Quantitative Examination ☐ Coarse Aggregate ☐ Fine Aggregate
 Plus 4.75 mm.% . Minus 4.75 mm.%

Sieve Size mm.	%Retained Of Original Sample (1)	Mass of Test Fraction Before Test Gm. (2)	Mass of Test Fraction After Test Gm. (3)	Actual Loss, gm. (4)= (2) - (3)	Actual % Loss (5)= $\frac{(4) \times 100}{(2)}$	Weighted % Loss (6)= $\frac{(1) \times (5)}{100}$
Total % Loss						

2. Quantitative Examination of Aggregate Larger than 19.0 mm.

Sieve Size, mm.	Particles Exhibiting of Distress								Total No. of Particles Before Test
	Splitting		Crumbling		Cracking		Flaking		
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	

3. Solution ☐ Sodium Sulfate ☐ Magnesium Sulfate
☐ Freshly Prepared ☐ Previously Used

4. Number of Cycles Cycles.

Remark :

ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน บาท

ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบได้รับเท่านั้น



5. การเตรียมตัวอย่าง



5.1 มวลรวมเม็ดละเอียด สำหรับมวลรวมเม็ดละเอียดที่จะนำมาใช้ในการทดลองจะต้องผ่านตะแกรงขนาด 9.5 มม. (3/8") ทั้งหมด ให้ล้างตัวอย่างบนตะแกรงขนาด 0.30 มม. (เบอร์ 50) แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °C นำมวลรวมเม็ดละเอียดดังกล่าวมาร้อนผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ ตามตารางที่ 2



5.2 จากผลการทดลอง การแบ่งขนาดส่วนของมวลรวมเม็ดละเอียดที่จะนำมาใช้ในการทดลองหาค่าความคงทน จะต้องมีความตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป



5.3 มวลที่ใช้ในการทดลอง แต่ละช่วงขนาดตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 จะต้องไม่น้อยกว่า 100 กรัม

ตารางที่ 2 ขนาดตะแกรงและมวลของมวลรวมเม็ดละเอียดที่ใช้ในการทดลอง

ขนาดตะแกรง (มม.)		มวลเป็นกรัม
ผ่าน	ค้าง	
0.60 (เบอร์ 30)	0.30 (เบอร์ 50)	100
1.18 (เบอร์ 16)	0.60 (เบอร์ 30)	100
2.36 (เบอร์ 8)	1.18 (เบอร์ 16)	100
4.75 (เบอร์ 4)	2.36 (เบอร์ 8)	100
9.5 (3/8")	4.75 (เบอร์ 4)	100



5.4 มวลรวมเม็ดหยาบ สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบที่จะนำมาใช้ทดลองจะต้องร่อนเอาส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ออกให้หมด ให้ล้างตัวอย่าง แล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °C นำมวลรวมเม็ดหยาบดังกล่าวมาร่อนผ่านตะแกรงต่างๆ ตามตารางที่ 3



5.5 จากผลการทดลองการแบ่งขนาดส่วนของมวลรวมเม็ดหยาบที่จะนำมาใช้ในการทดลองหาค่าความคงทน จะต้องมีความใน แต่ละช่วงขนาดที่ใช้ทดลองตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป และมวลที่ใช้ในการทดลองแต่ละช่วงขนาดตามตารางที่ 3

5.6 เมื่อมวลรวมที่จะใช้ทดลองประกอบด้วยมวลรวมเม็ดละเอียด และมวลรวมเม็ดหยาบโดยที่มีส่วน ค้างตะแกรงขนาด 9.5 มม. (3/8") มากกว่าร้อยละ 10 โดยมวล และมีส่วนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) มากกว่าร้อยละ 10 โดยมวลแล้ว ให้แบ่งตัวอย่างออกเป็น ส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) และทดลองตามวิธีการทดลองของมวลรวมเม็ดหยาบกับส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ตามลำดับ การ รายงานผลให้แยกรายงานค่าส่วนที่ไม่คงทนของส่วนละเอียดและส่วนหยาบ และรายงานร้อยละของส่วนละเอียด และส่วนหยาบที่มีอยู่ในมวลรวมทั้งหมดด้วย



ตารางที่ 3 มวลของมวลรวมเม็ดหยาบที่ใช้ในการทดลอง

ขนาดที่ใช้ทดลอง (มม.)	ขนาดตะแกรง (มม.)		มวลเป็นกรัม
	ผ่าน	ค้าง	
9.5 (3/8") - 4.75 (เบอร์ 4)	9.5 (3/8")	4.75 (เบอร์ 4)	300 ±5
19.0 (3/4") - 9.5 (3/8") ประกอบด้วย	12.5 (1/2")	9.5 (3/8")	1000 ±10
	19.0 (3/4")	12.5 (1/2")	330 ±5
37.5 (1½") - 19.0 (3/4") ประกอบด้วย	25.0 (1")	19.0 (3/4")	670 ±10
	37.5 (1½")	25.0 (1")	1500 ±50
63.0 (2½") - 37.5 (1½") ประกอบด้วย	50.0 (2")	37.5 (1½")	500 ±30
	63.0 (2½")	50.0 (2")	2000 ±200
ขนาดที่โตกว่านี้ให้แบ่งเป็นช่วง ช่วงละ 25 มม. (1") และใช้มวลในแต่ละช่วง			3000 ±300
ขนาดที่โตกว่านี้ให้แบ่งเป็นช่วง ช่วงละ 25 มม. (1") และใช้มวลในแต่ละช่วง			7000 ±1000

หมายเหตุ

(1) ในกรณีของขนาดที่ใช้ทดลอง ประกอบด้วยมวลรวมเม็ดหยาบ 2 ช่วง แต่ละมวลของช่วงหนึ่งช่วงใดขาดหายไปบ้าง โดยมวลไม่เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 3 ไม่ควรเอามวลของอีกขนาดหนึ่งมาทดแทนกัน ให้ดำเนินการขอตัวอย่างเพิ่มจนได้มวลตามที่กำหนด

(2) ในกรณีของขนาดที่ใช้ทดลองอยู่ในช่วงที่ตารางที่ 3 กำหนดว่า ประกอบด้วยมวลรวมเม็ดหยาบ 2 ช่วงแล้ว แต่ขนาดของช่วงหนึ่งช่วงใดขาดหายไปหมด เช่น ในกรณีของวัสดุ Single Size อาจใช้มวลของขนาดที่มีอยู่มาทำการทดลองแทนโดยอนุโลม

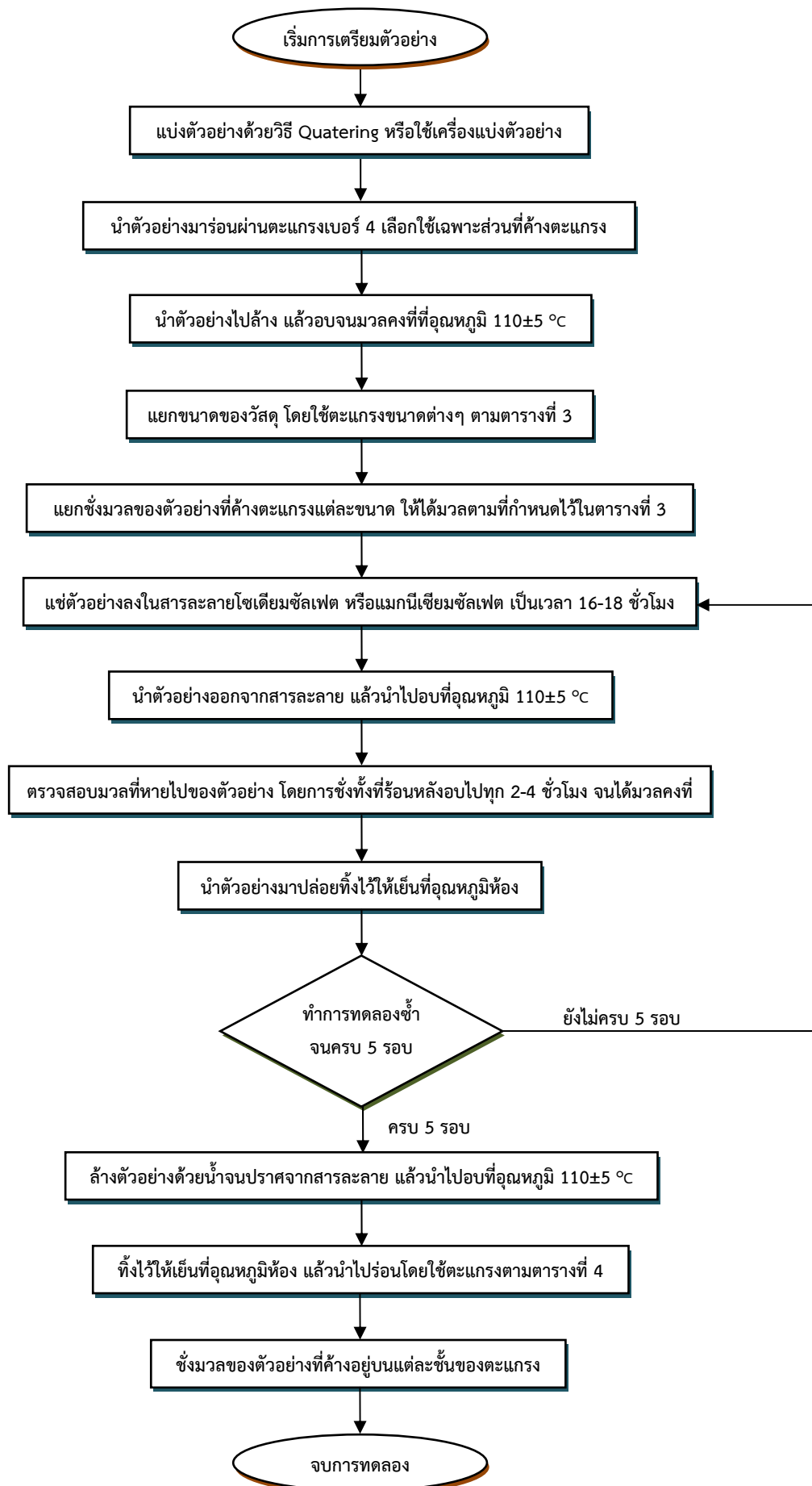


ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและการทดลอง กรณีมวลรวมเม็ดละเอียด





ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและการทดลอง กรณีมวลรวมเม็ดหยาบ





6. การทดลอง



6.1 แฉ่ตัวอย่างลงในสารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือ แมกนีเซียมซัลเฟตเป็นเวลา 16 - 18 ชั่วโมง สารละลายจะต้องท่วมตัวอย่างอย่างน้อย 12.5 มม. (1/2") ปิดฝาภาชนะบรรจุ ตัวอย่างที่กำลังทดลอง เพื่อลดการระเหยของสารละลายและ ป้องกันสิ่งแปลกปลอมอื่นตกลงไปในสารละลาย



6.2 นำตัวอย่างเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 21 ± 1 °C สำหรับมวลรวมที่มีมวลเบามากเมื่อแฉ่ตัวอย่างลงในสารละลาย ขณะทำการทดลอง อาจใช้ตะแกรงที่มีน้ำหนักเหมาะสมปิดทับ เพื่อให้ตัวอย่างจมในสารละลาย



6.3 หลังจากแช่จนได้กำหนดเวลาแล้วให้นำตัวอย่างมวลรวมออกจากสารละลายปล่อยให้แห้งไว้อีก 15 ± 5 นาที เพื่อให้ สารละลายไหลออกให้หมด แล้วนำไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิคงที่ 110 ± 5 °C แล้วทำการตรวจสอบมวลที่หายไปของตัวอย่างโดย นำออกมาชั่งทิ้งที่ยังร้อนอยู่ หลังจากอบไปแล้วทุกช่วง 2-4 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบหลายๆครั้ง จนแน่ใจว่าได้มวลที่คงที่ แล้ว จากนั้นให้ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง



6.4 ให้ทำการทดลองซ้ำๆโดยการแช่แล้วนำไปอบให้แห้งตาม ข้อ 6.1 - 6.3 จนกระทั่งครบ 5 รอบ หรือตามรอบที่ระบุไว้ใน ข้อกำหนดของการใช้งานของวัสดุนั้นๆ



6.5 หลังจากการทดลองรอบสุดท้ายเสร็จสิ้นและทิ้งตัวอย่างจนเย็นลงที่อุณหภูมิห้องแล้ว ให้ล้างตัวอย่างด้วยน้ำจนปราศจากสารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟต ในระหว่างการล้างตัวอย่างจะต้องไม่ถูกระแทก หรือเสียดสีกันจนเกิดการแตกขึ้น



6.6 หลังจากล้างตัวอย่างจนสะอาดแล้ว ให้นำตัวอย่างไปอบจนมีมวลคงที่ที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °C ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง



6.7 ชั่งมวลของตัวอย่างที่ค้างอยู่บนแต่ละชั้นของตะแกรงบันทึกเปรียบเทียบกับมวลที่ชั่งไว้ก่อน แขนในสารละลาย ค่าที่แตกต่างกัน คือ ค่าของส่วนที่ไม่คงทนที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ให้รายงานเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับมวลก่อนการทดลอง

ตารางที่ 4 ขนาดของตะแกรงที่ใช้ร่อนหาส่วนที่ไม่คงทนของมวลรวมเม็ดหยาบ

ขนาดที่ใช้ทดลอง (มม.)	ขนาดตะแกรงที่ใช้ร่อน (มม.)
62.5 (2½") – 37.5 (1½")	31.5 (1¼")
37.5 (1½") – 19.0 (¾")	16.0 (5/8")
19.0 (¾") – 9.5 (3/8")	8.0 (5/16")
9.5 (3/8") – 4.75 (#4)	4.0 (#5)



7. การคำนวณ

7.1 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Examination)

7.1.1 คำนวณหามวลที่หายไปหลังจากการทดลอง คือ การหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Actual Loss) จากแบบฟอร์มที่ ว.3-20 ได้ดังนี้

$$\text{Actual Loss (4)} = \text{Mass of Test Fraction Before Test (2)} - \text{Mass of Test Fraction After Test (3)}$$

7.1.2 คำนวณหา Actual Percentage Loss

$$\text{Actual \% Loss (5)} = \frac{\text{Actual Loss (4)}}{\text{Mass of Fraction Before Test (2)}} \times 100$$

7.1.3 คำนวณหา Weighted Percentage Loss

$$\text{Weighted \% Loss (6)} = \frac{\text{Actual \% Loss (5)} \times \% \text{ Retained of Original Sample (1)}}{100}$$

7.1.4 คำนวณหา Total Percentage Loss

$$\text{Total \% Loss} = \text{ผลบวกของ Weighted \% Loss (6)}$$

7.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative Examination)

7.2.1 ให้นำตัวอย่างก้อนที่โตกว่า 19.0 มม. (3/4") ตามวิธีต่อไปนี้

(1) ให้แยกชิ้นส่วนของตัวอย่างเป็นกลุ่มตามสภาพการแตกที่เกิดขึ้น สภาพการแตกของตัวอย่างจากการทดสอบตามวิธีนี้ โดยทั่วไปพอจะแยกได้เป็น แตกแยก (Disintegration) หรือแยกออกจากกัน (Splitting) ยุ่ยสลายเป็นชิ้นเล็กๆ (Crumbling) เกิดรอยร้าว (Cracking) หลุดเป็นแผ่นๆ (Flaking)

ขณะที่มีการตรวจสอบตัวอย่างก้อนที่โตกว่า 19.0 มม. (3/4") อยู่ นั่น อาจจะต้องมีการตรวจสอบก้อนที่มีขนาดเล็กกว่า 19.0 มม. (3/4") ลงมาบ้าง ทั้งนี้เพื่อให้รู้ถึงสภาพการแตกแยกที่อาจจะมีเพิ่มขึ้น

(2) นับชิ้นส่วนที่ถูกแยกออกในแต่ละกลุ่มที่มีการแตกเกิดขึ้น

(3) เปรียบเทียบความไม่คงทนของแต่ละกลุ่มหาได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความไม่คงทนของแต่ละกลุ่ม} = \frac{\text{จำนวนก้อนที่เปลี่ยนสภาพในแต่ละกลุ่ม} \times 100}{\text{จำนวนก้อนทั้งหมดก่อนการทดลอง}}$$



8. การรายงาน

8.1 รายงานผลการทดลองหาขนาดของเม็ดวัสดุลงในแบบฟอร์มที่ ว.2-01

ว. 2-01

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ CC S-28/GC-10

วันที่รับตัวอย่าง - วันที่ทดลอง 16/10/52 เจ้าหน้าที่ทดลอง -

เจ้าของตัวอย่าง บ.ไทยวัฒนาวิศวกรรมทาง จำกัด หนังสือที่ - วันที่รับหนังสือ -

SIEVE ANALYSIS

Sample & source : บ่อทรายน้ำแองคอนกรีต ต.ปลายนา อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี

Mass of sample : 1150.3 gms.

Sieve No.	Sieve Opening (mm.)	Mass of Sieve (gm.)	Sieve + Soil (gm.)	Soil retained (gm.)	% Soil retained	Cumulative	% Finer
3/8"				-	-	-	100
#4				42.6	3.7	3.7	96.3
#8				167.6	14.6	18.3	81.7
#16				215.6	18.7	37.0	63.0
#30				264.6	23.0	60.0	40.0
#50				205.6	17.9	77.9	22.1
#100				185.3	16.1	94.0	6.0
Pan				69.0	6.0	100.0	-
					FM. =	2.909	

Diameter in mm
Grain size Distribution Curve



8.2 รายงานค่าส่วนที่ไม่คงทน (Total Percentage Loss) เป็นร้อยละ โดยใช้ศนิยม 1 ตำแหน่ง
ในแบบฟอร์มที่ ว.3-20

ว.3-20

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

อันดับทดลองที่..... A-18/31 วันที่รับตัวอย่าง..... 30 มิ.ย. 2531 วันที่ทดลอง..... 1 ก.ค. 2531
เจ้าของตัวอย่าง..... บริษัทวิศวกรรมก่อสร้าง..... หนังสือที่..... 015/2531 ลว./ มิ.ย. 2531
ทางสาย..... กรุงเทพฯ - สระบุรี..... เจ้าหน้าที่ทดลอง..... วิชา.....

SOUNDNESS TRST OF AGGRAGATE

Sample..... หิน Lime Stone สีเทาอ่อน (ใช้ผสมคอนกรีต).....

Source..... โรงโม่หินหน้าพระลาน กม.135 + 000 ข้างทางสายสระบุรี - ลพบุรี.....

1. Quantitative Examination



Coarse Aggregate



Fine Aggregate

Plus 4.75 mm.% . Minus 4.75 mm.%

Sieve Size mm.	%Retained Of Original Sample (1)	Mass of Test Fraction Before Test Gm. (2)	Mass of Test Fraction After Test Gm. (3)	Actual Loss, gm. (4)= (2) - (3)	Actual % Loss (5)=(4) ×100 (2)	Weighted % Loss (6)= (1) × (5) 100
62.5 - 37.5	4.8	-	-	-	1.59	0.08
37.5 - 19.0	43.7	1,510	1,486	24	1.59	0.69
19.0 - 9.5	37.5	1,005	987	18	1.79	0.67
9.5 - 4.75	11.0	300	289	11	3.67	0.40
Minus 4.75	3.0	-	-	-	3.67	0.11
Total % Loss						2.0

2. Quantitative Examination of Aggregate Larger than 19.0 mm.

Sieve Size, mm.	Particles Exhibiting of Distress								Total No. of Particles Before Test
	Splitting		Crumbling		Cracking		Flaking		
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
37.5 – 19.0	2	3.9	1	2.0	3	5.9	-		51

3. Solution



Sodium Sulfate



Magnesium Sulfate



Freshly Prepared



Previously Used

4. Number of Cycles 5..... Cycles.

Remark :

ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน บาท

ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบได้รับเท่านั้น



8.3 ค่าถ่วงเฉลี่ย (Weighted Average) ซึ่งหาได้จากเปอร์เซ็นต์ของส่วนที่ไม่คงทน (Loss) ของแต่ละขนาด ขึ้นอยู่กับขนาดคละ (Grading) ของตัวอย่างที่นำมาทดลอง หรืออาจกล่าวได้ว่าขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของขนาดคละของ วัสดุจากแต่ละขนาดของตัวอย่างที่ได้รับยกเว้นกรณีต่อไปนี้

8.3.1 สำหรับมวลรวมเม็ดละเอียด (ซึ่งมีขนาดโตกว่าตะแกรงขนาด 9.5 มม. (3/8") น้อยกว่าร้อยละ 10) ให้ตั้งสมมุติฐานไว้ว่า ขนาดที่เล็กกว่าตะแกรงขนาด 0.30 มม. (เบอร์ 50) มีส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เท่ากับร้อยละ ศูนย์ (0 %) และขนาดที่โตกว่าตะแกรงขนาด 9.5 มม. (3/8") มีส่วนที่ไม่คงทนเท่ากับขนาดที่ค้ำตะแกรงขนาดเล็ก กว่าขนาดถัดไปในรายงานผลการทดลองและต้องมีค่าผลการทดลองด้วย

8.3.2 สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบ (ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) น้อยกว่าร้อยละ 10) ให้ตั้งสมมุติฐานไว้ว่า ขนาดที่เล็กกว่าตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) มีส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เท่ากับขนาดที่ ค้ำตะแกรงขนาดโตกว่าขนาดถัดไปในรายงานผลการทดลอง และต้องมีค่าผลการทดลองด้วย

8.3.3 สำหรับมวลรวมที่ประกอบด้วย มวลรวมเม็ดหยาบและเม็ดละเอียดให้แยกทดลองเป็น 2 ชนิด ตามข้อ 5.6 ให้แยกคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยของส่วนที่ไม่คงทน (Weighted Percentage Loss) สำหรับส่วนที่ผ่านตะแกรง ขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) โดยให้ทำขนาดคละ (Grading) ของส่วนละเอียดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ก่อน การรายงาน ผลการทดลองให้รายงานแยกจากกัน โดยรายงานเปอร์เซ็นต์ของวัสดุส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) และส่วนที่ค้ำตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) จริงๆมาด้วย

8.3.4 สำหรับการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยของตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้ตามข้อ 5.1 และ 5.4 ถ้ามีขนาดที่น้อย กว่าร้อยละ 5 ของตัวอย่าง ซึ่งไม่ได้นำไปทดลอง ให้ถือว่ามีส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เท่ากับค่าเฉลี่ยของส่วนที่ไม่คงทน ของขนาดที่โตกว่าขนาดถัดไป และขนาดที่เล็กกว่าขนาดถัดไป แต่ถ้าหากมีขนาดหนึ่งขนาดใดขาดหายไป ก็ให้ ถือเอาค่าของขนาดถัดไปอันหนึ่งอันใด ไม่ว่าโตกว่าหรือเล็กกว่าที่มีค่าผลการทดลองมาใช้เป็นค่าส่วนที่ไม่คงทน

8.4 ในกรณีของก้อนที่มีขนาดโตกว่า 19.0 มม. (3/4") ก่อนการทดลองให้รายงานจำนวนก้อนก่อนการ ทดลอง และจำนวนก้อนที่แตกตามสภาพต่างๆ หลังการทดลองด้วย

9. ข้อมูลเพิ่มเติม

9.1 สารละลายอิมัลชันโซเดียมซัลเฟต เตรียมได้จากการละลายเกลือโซเดียมซัลเฟต เกรด USP หรือ เทียบเท่า ในน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 25-30 °C เพิ่มจำนวนของเกลือผง (Na_2SO_4) หรือ เกลือผลึก ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ให้พอเพียงจนแน่ใจว่าสารละลายไม่เพียงแต่จะอิมัลชันเท่านั้นแต่จะต้องตกผลึกส่วนเกินให้เห็นด้วย เมื่อพร้อมที่ใช้ใน การทดลองคนให้เข้ากันขณะผสมเกลือลงไป และจะต้องหมั่นคนอยู่เสมอจนกว่าจะใช้งาน เพื่อป้องกันการระเหยและ สิ่งสกปรกตกลงไปให้ปิดภาชนะบรรจุไว้ ทำสารละลายให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 21 ± 1 °C คนอีกครั้งหนึ่ง แล้วทิ้งไว้ที่ อุณหภูมินี้เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง ก่อนจะนำไปใช้ทดลอง หากมีผลึกเกลือปรากฏให้เห็นก่อนการใช้ในแต่ละ ครั้งต้องทำผลึกเกลือให้แตกคนให้ทั่ว แล้วจึงตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลาย ขณะใช้งานสารละลาย



จะต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.151 – 1.174 สารละลายที่มีสีผิดไปจากเดิมให้นำทิ้งไป หรืออาจกรองแล้วตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะใหม่ก่อนนำมาใช้

สำหรับสารละลายโซเดียมซัลเฟต ถ้าใช้ผงเกลือ (Na_2SO_4) 215 กรัม หรือเกลือผลึก ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 700 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร แล้วจะอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 22 °C อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าสารละลายนี้จะอิ่มตัว แต่ก็อาจจะยังไม่คงตัวเต็มที่ดังกล่าว คือ ยังถ้าต้องการให้มีการตกผลึกส่วนเกินให้เห็นด้วยแล้ว ก็ควรเพิ่มการใช้เกลือผงเป็นไม่น้อยกว่า 350 กรัม หรือเพิ่มเกลือผลึกเป็นไม่น้อยกว่า 750 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร

โดยทั่วไปเกลือโซเดียมซัลเฟตชนิดผงที่มีอยู่ในท้องตลาด ซึ่งพอจะอนุโลมเรียกเป็นเกลือผง (Na_2SO_4) ได้นั้น สามารถใช้ทำสารละลายได้ดีที่สุด ทั้งยังประหยัดกว่าเกลือผงที่แท้จริงอีกด้วย ส่วนเกลือผลึก ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) นั้น เมื่อผสมกับน้ำจะทำให้สารละลายที่ได้เย็นตัวลงเร็วกว่าปกติ ทำให้การผสมให้เข้ากันเป็นไปได้ค่อนข้างยาก

9.2 สารละลายอิ่มตัวแมกนีเซียมซัลเฟต เตรียมได้จากการละลายเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต เกรด USP หรือ เทียบเท่าในน้ำที่อุณหภูมิ 25-30 °C เพิ่มจำนวนของเกลือผง (MgSO_4) หรือเกลือผลึก ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ให้เพียงพอจนแน่ใจว่าสารละลายไม่เพียงแต่จะอิ่มตัวเท่านั้น แต่จะต้องตกผลึกส่วนเกินให้เห็นด้วยเมื่อพร้อมที่จะใช้ในการทดลอง คนให้เข้ากันขณะผสมเกลือลงไป และจะต้องหมั่นคนอยู่เสมอจนกว่าจะใช้งานเพื่อป้องกันการระเหยและสิ่งสกปรกตกลงไปให้ปิดฝาภาชนะไว้ ทำสารละลายให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 21 ± 1 °C คนอีกครั้งหนึ่งแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง ก่อนจะนำไปใช้ทดลอง หากมีผลึกเกลือปรากฏให้เห็นก่อนการใช้ในแต่ละครั้งต้องทำผลึกเกลือให้ตกคนให้ทั่ว แล้วจึงตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลาย ขณะใช้งานสารละลายจะต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.295-1.308 สารละลายที่มีสีผิดไปจากเดิมให้นำทิ้งไป หรืออาจกรองแล้วตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะใหม่ก่อนนำมาใช้

สำหรับสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ถ้าใช้เกลือผง (MgSO_4) 350 กรัม หรือเกลือผลึก ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 1,230 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตรแล้ว จะอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 23 °C อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าสารละลายนี้จะอิ่มตัว แต่ก็อาจจะยังไม่คงตัวเต็มที่นัก ซึ่งเกลือผงจะให้สารละลายที่คงตัวเต็มที่ดีกว่าเกลือผลึก กล่าวคือ ยังถ้าต้องให้มีการตกผลึกส่วนเกินให้เห็นด้วยแล้ว ก็ควรเพิ่มเกลือผลึกเป็นไม่น้อยกว่า 1,400 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร

การทดลองที่ ทล. - ท. 603/2517

วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย



ทล. – ท. 603/2517

วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นการใช้ทรายแทนที่ (Sand Replacement หรือ Sand Cone Method) เพื่อหาความแน่นในสนาม (In-Place Density) ของวัสดุที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 50.8 มม. (2 นิ้ว) วิธีการทดลองนี้เทียบเท่า AASHTO T191

2. เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 ขวด (Jar) ลักษณะทรงกระบอกทำจากโลหะสำหรับใส่ทรายทดลอง มีเกลียวต่อกับกรวยโลหะ (Metal Funnel) ซึ่งมีลิ้นอยู่ภายใน สำหรับปิดหรือเปิดรูทรงกระบอก



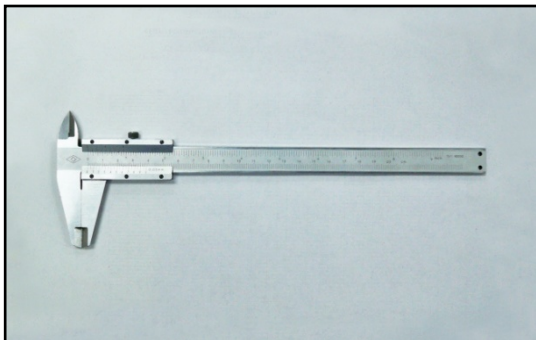
2.2 แผ่นฐาน (Base Plate) เป็นแผ่นโลหะขนาด 304.8 มม. x 304.8 มม. (12 นิ้ว x 12 นิ้ว) ตรงกลางมีรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของปากกรวย มีร่องสำหรับวางปากกรวย มีรูสำหรับตอกตะปูยึดแผ่นฐานไว้ทั้ง 4 มุม



2.3 ทราย เป็นทรายออตตาวา (Ottawa Sand) หรือทรายธรรมดาที่มีในธรรมชาติหรือที่ทำขึ้น หรือวัสดุอื่นใดที่มีความสะอาด แห้ง และไหลได้โดยอิสระ (Free Flowing) ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 20 (0.85 มม.) ค้างตะแกรงเบอร์ 40 (0.425 มม.) และมีความแน่น (Bulk Density) ที่เปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์



2.4 แบบ (Proctor Mold) เป็นแบบหลักใช้สำหรับหาความแน่นของทรายที่ใช้ทดลอง



2.5 Vernier Caliper ใช้สำหรับวัดขนาดของแบบ เพื่อหาปริมาตรในการทดลองหาความแน่นของทราย



2.6 เครื่องชั่งสนาม สามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 16 กิโลกรัม อ่านได้ละเอียด 1.0 กรัม สำหรับชั่งเครื่องมือทดลองและวัสดุทดลองในสนาม



2.7 เครื่องชั่ง ขนาด 1,000 กรัม อ่านได้ละเอียด 0.1 กรัม สำหรับหาปริมาณน้ำในดิน



2.8 เครื่องอบ (Drying Equipment) เป็นเตาอบไฟฟ้า หรือ เตาเผา ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ประมาณ $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ หรือเครื่องมืออื่นใดที่สามารถทำให้ตัวอย่างแห้งเพื่อหาปริมาณน้ำในดิน



2.9 เครื่องมือประกอบอื่นๆ มีช้อนตักดิน กระป๋องเก็บตัวอย่าง ภาชนะใส่ดิน เกรียง ส้อม ค้อน แปรงชน แปรง ลวด เหล็กปาด ตะแกรงขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ตะแกรงเบอร์ 20 (0.85 มม.) ตะแกรงเบอร์ 40 (0.425 มม.)

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

- ไม่มี



4. แบบฟอร์ม

4.1 ใช้แบบฟอร์มที่ ว.6-03

ว. 6-03

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง
FIELD DENSITY TEST
SAND REPLACEMENT METHOD

โครงการฯ _____
วัสดุชั้น _____ ชนิดของวัสดุ _____
เจ้าหน้าที่ทดลอง _____ วันที่ทดลอง _____

Density of sand (γ_s) gm/ml.

Station	K.M.								
	off set								
VOLUME DETERMINATION									
Mass of sand in funnel									
	Initial Mass (gm.)								
	Final Mass (gm.)								
	Mass of sand used (gm.)								
Mass of sand in hole and funnel									
	Initial Mass (gm.)								
	Final Mass (gm.)								
	Mass of sand used (gm.)								
	Mass of sand in hole (gm.)								
	Volume of hole (ml.)								
(ในกรณีที่วัสดุข้างตะแกรงขนาด 19.0 มม. มากกว่า 10 %) Bulk specific gravity =									
Mass of 19.00 mm. Aggregate (gm.)									
Volume of 19.00 mm. Retained (ml.)									
Total Volume of hole (ml.)									
WATER CONTENT DETERMINATION									
	Can No.								
	Mass can + Wet soil (gm.)								
	Mass can + Dry soil (gm.)								
	Mass Water (gm.)								
	Mass can (gm.)								
	Mass Dry soil (gm.)								
	Water Content (gm.)								
MASS OF DENSITY SAMPLE									
	Wet soil + container (gm.)								
	Mass of container (gm.)								
	Mass of Wet soil (gm.)								
	Wet density (gm./ml.)								
	Dry density (gm./ml.)								
PERCENT COMPACTION DETERMINATION									
	Max. dry density								
	% Compaction								
Designed depth..... cm. Actual Depth									



4.2 ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 6-07 สำหรับรายงานผล

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

สรุปผลการทดสอบในสนาม

Tested by อนุมัติ/รับ
 Date

Project :

Section :

No.	Station	Depth (cm.)	Material to be used as	Laboratory Test		In-Place Test		Percent Compaction	Minimum Compaction Required	Acceptance	Remarks
				O.M.C. (%)	Density (gm./mL)	Moist. (%)	Density (gm./mL)				

Material Engineer:



5. การเตรียมตัวอย่าง

- ไม่มี

6. การทดลอง

6.1 การตรวจสอบความแน่นของทราย (Bulk Density of Sand) ให้ดำเนินการดังนี้



6.1.1 ชั่งน้ำหนักของแบบ และวัดขนาดภายในเพื่อหาปริมาตรของแบบ



6.1.2 ปิดลิ้นขวดกรวย เททรายลงในขวดให้มีปริมาณเพียงพอและเหมาะสมกับปริมาตรแบบ วางขวดกรวยเหนือแบบ โดยให้ด้านล่างของกรวยอยู่เหนือและตรงกับด้านบนของแบบ



6.1.3 เปิดลิ้น ปล่อยทรายไหลลงแบบอย่างอิสระ จนทรายไหลเต็มแบบจึงปิดลิ้น



6.1.4 ปาดทรายด้านบนแบบให้เรียบและใช้แปรงขนปัดทรายที่ติดอยู่ที่ด้านนอกแบบออกให้หมด



6.1.5 ชั่งน้ำหนักของแบบ และทราย เมื่อหักน้ำหนักแบบออก ได้น้ำหนักทรายเป็น M คำนวณหาความแน่นทราย โดยนำปริมาตรของแบบหารน้ำหนักของทรายในแบบ

6.1.6 ให้ทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยความแน่นของทรายทดลองเป็น ρ_s

6.2 การทดลองหาค่าความแน่นของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มม.



6.2.1 เติมทรายลงในขวดซึ่งประกอบเข้ากับกรวยเรียวร้อยแล้วให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับการใช้งาน จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก เป็น M_1



6.2.2 ปรับพื้นผิวทดลองให้เรียบและได้ระดับ วางแผ่นฐานให้สนิทกับพื้นแล้วตอกตะปูยึดให้แน่น ใช้แปรงขนปัดฝุ่นผิวหน้าดินและบนแผ่นฐานออกให้หมด



6.2.3 คว่ำขวดทรายให้ปากกรวยตรงกับร่องของแผ่นฐาน เปิดลิ้นให้ทรายไหลลงจนล้นขึ้นมาเต็มกรวย เมื่อทรายหยุดไหลแล้วจึงปิดลิ้นนำขวดทรายที่เหลือไปชั่งน้ำหนัก เป็น M_2 น้ำหนักที่หายไป $M_1 - M_2$ เท่ากับน้ำหนักทรายในกรวย M_5 เก็บทรายบนแผ่นฐานและพื้นทดลองออก เติมทรายที่สะอาดลงในขวดให้มีปริมาณเพียงพอกับการใช้งาน ปิดลิ้นไว้ แล้วนำขวดทรายไปชั่งน้ำหนัก เป็น M_3



6.2.4 เจาะดินตรงกลางแผ่นฐานเป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ารูตรงกลางของแผ่นฐาน โดยชุดเป็นแนวตั้งฉากตลอดชั้นวัสดุที่ทดลอง หรือลึกประมาณ 100-150 มม. แต่งหลุมให้เรียบเพื่อให้ทรายแทนที่ได้สะดวก



6.2.5 นำตัวอย่างที่ชุดทั้งหมดใส่ภาชนะแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก เป็น P_1 จากนั้นหักน้ำหนักของภาชนะ P_2 ออกได้น้ำหนักของมวลดินชั้นในหลุม เป็น P_3



6.2.6 เก็บตัวอย่างดินใส่กระป๋องเก็บตัวอย่าง เพื่อนำไปหาปริมาณความชื้นของดินในหลุมทดลอง



6.2.7 คว่ำขุดทรายให้ปากกรวยตรงกับร่องของแผ่นฐาน เปิดลิ้นให้ทรายไหลลงจนเต็มหลุม แล้วจึงปิดลิ้น นำขุดทรายที่เหลือไปชั่งหาน้ำหนัก เป็น M_4 น้ำหนักที่หายไป $M_3 - M_4$ เท่ากับน้ำหนักของทรายที่แทนที่ในหลุมทดลองและในกรวย M_6 เมื่อนำมวลของทรายในกรวยไปหักออก $M_6 - M_5$ จะได้มวลของทรายในหลุม M_7

6.2.8 หาปริมาตรของหลุม เป็น V_1 โดยเอาความแน่นของทราย ρ_s ไปหารมวลของทรายในหลุม

6.3 การทดลองหาค่าความแน่นของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 50.8 มม.และมีส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มม. น้อยกว่า 10% ของมวลรวม

6.3.1 ปฏิบัติการทดลองตามข้อ 6.2 (6.2.1 ถึง 6.2.5)



6.3.2 ใช้ตะแกรงขนาด 19.0 มม. แบ่งแยกดินที่เก็บจากหลุม ซึ่งหามวลของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรง เป็น P_4 ส่วนของมวลดินที่มีเม็ดค้างตะแกรงให้ ใส่กลับคืนลงในหลุมทดลอง

6.3.3 ปฏิบัติการทดลองตามข้อ 6.2 (6.2.6 ถึง 6.2.8)



6.3.4 หาปริมาตรของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มม. เป็น V_2 โดยเอาความแน่นของทรายไปหารมวลของทรายในหลุม

6.4 การทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 50.8 มม.และมีส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มม. มากกว่าหรือเท่ากับ 10% ของมวลรวม หรือวัสดุพวก Grade A หรือ Grade B (มาตรฐานกรมทางหลวง)

6.4.1 ปฏิบัติการทดลองตามข้อ 6.2 (6.2.1 ถึง 6.2.5)



6.4.2 ใช้ตะแกรงขนาด 19.0 มม. แบ่งแยกดินที่เก็บจากหลุม ซึ่งหามวลของดินส่วนที่มีเม็ดผ่านตะแกรง เป็น P_5 และส่วนที่เม็ดค้างตะแกรง เป็น P_6



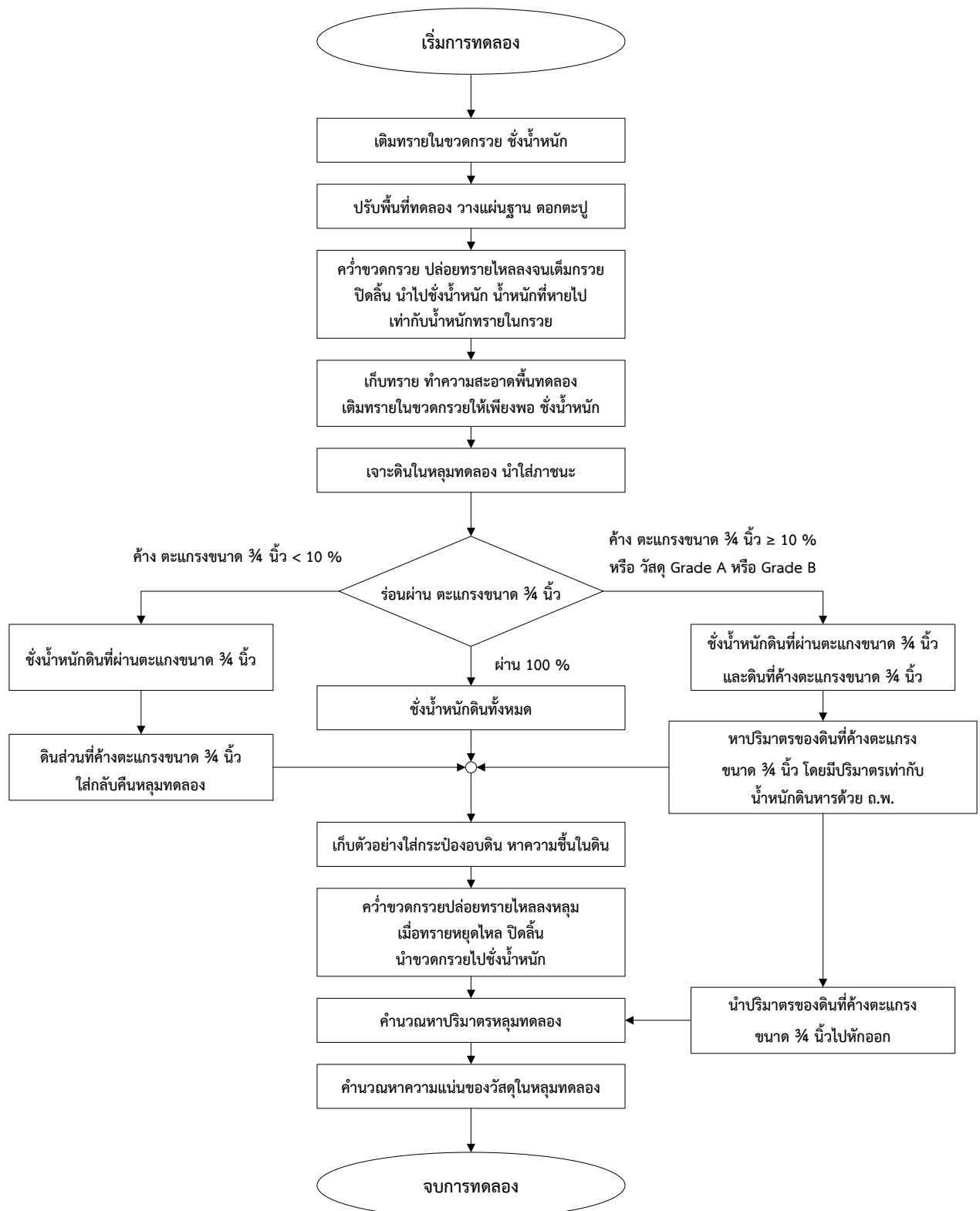
6.4.3 ส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มม. หรือวัสดุพวก Grade A หรือ Grade B ไม่ต้องใส่ลงในหลุมทดลอง ให้คำนวณหาปริมาตรของดินส่วนที่เม็ดค้างตะแกรง เป็น V_3 โดยหารด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ ที่ได้หาไว้แล้ว ตามการทดลองที่ ทล. - ท. 207/2517

6.4.4 ปฏิบัติการทดลองตามข้อ 6.2 (6.2.6 ถึง 6.2.8)

6.4.5 หาปริมาตรของหลุม เป็น V_4 โดยเอาความแน่นของทรายไปหารมวลของทรายในหลุม และหักปริมาตรของส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงออก คือ ปริมาตรของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มม. เป็น V_5



ผังขั้นตอนการทดลอง





7. การคำนวณ

7.1 ความแน่นของทราย

$$\rho_s = \frac{M}{L}$$

ρ_s = ความแน่นของทราย มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

M = มวลของทรายเต็มแบบ มีหน่วยเป็นกรัม

L = ปริมาตรของแบบ มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

7.2 ปริมาณน้ำในดิน

7.2.1 มวลของน้ำที่มีอยู่ในดิน

$$X_3 = X_1 - X_2$$

เมื่อ X_3 = มวลของน้ำที่มีอยู่ในดิน มีหน่วยเป็นกรัม

X_1 = มวลของดินขึ้นและกระป๋องเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม

X_2 = มวลของดินแห้งและกระป๋องเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม

7.2.2 มวลของดินแห้ง

$$X_5 = X_2 - X_4$$

เมื่อ X_5 = มวลของดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

X_2 = มวลของดินแห้งและกระป๋องเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม

X_4 = มวลกระป๋องเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม

7.2.3 ปริมาณน้ำในดิน

$$w = \frac{X_3}{X_5} \times 100$$

เมื่อ w = ปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็นร้อยละ

X_3 = มวลของน้ำที่มีอยู่ในดิน มีหน่วยเป็นกรัม

X_5 = มวลของดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม



7.3 มวลของทรายในหลุม

7.3.1 มวลของทรายในกรวย

$$M_5 = M_1 - M_2$$

M_5 = มวลของทรายในกรวย มีหน่วยเป็นกรัม

M_1 = มวลครั้งที่หนึ่งของขวด กรวย และทราย มีหน่วยเป็นกรัม

M_2 = มวลครั้งที่สองของขวด กรวย และทราย มีหน่วยเป็นกรัม

7.3.2 มวลของทรายในหลุมและกรวย

$$M_6 = M_3 - M_4$$

M_6 = มวลของทรายในหลุมและกรวย มีหน่วยเป็นกรัม

M_3 = มวลครั้งที่สามของขวด กรวย และทราย มีหน่วยเป็นกรัม

M_4 = มวลครั้งที่สี่ของขวด กรวย และทราย มีหน่วยเป็นกรัม

7.3.3 มวลของทรายในหลุม

$$M_7 = M_6 - M_5$$

M_7 = มวลของทรายในหลุม มีหน่วยเป็นกรัม

M_6 = มวลของทรายในหลุมและกรวย มีหน่วยเป็นกรัม

M_5 = มวลของทรายในกรวย มีหน่วยเป็นกรัม

7.4 ความแน่นของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มม.

7.4.1 ปริมาตรของหลุม

$$V_1 = \frac{M_7}{\rho_s}$$

เมื่อ V_1 = ปริมาตรของหลุม มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

M_7 = มวลของทรายในหลุม มีหน่วยเป็นกรัม

ρ_s = ความแน่นของทราย มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร



7.4.2 มวลของดินขึ้นจากหลุม

$$P_3 = P_1 - P_2$$

P_3 = มวลของดินขึ้นจากหลุม มีหน่วยเป็นกรัม

P_1 = มวลของดินขึ้นและภาชนะใส่ดิน มีหน่วยเป็นกรัม

P_2 = มวลของภาชนะใส่ดิน มีหน่วยเป็นกรัม

7.4.3 ความแน่นของดินขึ้น

$$\rho_w = \frac{P_3}{V_1}$$

เมื่อ ρ_w = ความแน่นของดินขึ้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

P_3 = มวลของดินขึ้นจากหลุม มีหน่วยเป็นกรัม

V_1 = ปริมาตรของหลุม มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

7.4.4 ความแน่นของดินแห้ง

$$\rho_d = \frac{\rho_w}{1 + w/100}$$

เมื่อ ρ_d = ความแน่นของดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

ρ_w = ความแน่นของดินขึ้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

w = ปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็นร้อยละ

7.5 ความแน่นของดินที่มีส่วนที่เม็ดค้ำตะแกรงขนาด 19.0 มม. น้อยกว่า 10% ของมวลรวม

7.5.1 ปริมาตรที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิลิตร

$$V_2 = \frac{M_7}{\rho_s}$$

เมื่อ V_2 = ปริมาตรของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิลิตร มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

M_7 = มวลของทรายในหลุม มีหน่วยเป็นกรัม

ρ_s = ความแน่นของทราย มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร



7.5.2 ความแน่นของดินขึ้น

$$\rho_2 = \frac{P_4}{V_2}$$

เมื่อ ρ_2 = ความแน่นของดินขึ้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

P_4 = มวลของดินขึ้นที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิลิตร มีหน่วยเป็นกรัม

V_2 = ปริมาตรของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มม. มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

7.5.3 ความแน่นของดินแห้ง

$$\rho_d = \frac{\rho_2}{1 + w/100}$$

เมื่อ ρ_d = ความแน่นของดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

ρ_2 = ความแน่นของดินขึ้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

w = ปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็นร้อยละ

7.6 ความแน่นของดินที่มีส่วนที่เม็ดค้ำตะแกรงขนาด 19.0 มม. มากกว่า 10% ของมวลรวม หรือวัสดุ Grade A หรือ Grade B

7.6.1 ปริมาตรของดินที่เม็ดค้ำตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิลิตร

$$V_3 = \frac{P_6}{G \cdot \rho_w}$$

เมื่อ V_3 = ปริมาตรของส่วนที่เม็ดค้ำตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิลิตร มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

P_6 = มวลของส่วนที่เม็ดค้ำตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิลิตร มีหน่วยเป็นกรัม

G = ความถ่วงจำเพาะของส่วนที่เม็ดค้ำตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิลิตร

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ ใช้ 1 กรัมต่อมิลลิลิตร

7.6.2 ปริมาตรของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มม.

$$V_5 = V_4 - V_3$$



- เมื่อ V_5 = ปริมาตรของดินที่เม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร
- V_4 = ปริมาตรของหลุม มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
- V_3 = ปริมาตรของดินที่มีเม็ดค้ำตะแกรงขนาด 19.0 มม. มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

7.6.3 ความแน่นของดินขึ้น

$$\rho_3 = \frac{P_5}{V_5}$$

- เมื่อ ρ_3 = ความแน่นของดินขึ้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิเมตร
- P_5 = มวลของดินขึ้นที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มีหน่วยเป็นกรัม
- V_5 = ปริมาตรของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มม. มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

7.6.4 ความแน่นของดินแห้ง

$$\rho_d = \frac{\rho_3}{1 + w/100}$$

- เมื่อ ρ_d = ความแน่นของดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิเมตร
- ρ_3 = ความแน่นของดินขึ้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิเมตร
- w = ปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็นร้อยละ

7.7 เปอร์เซ็นต์การบดทับ

$$P_c = \frac{\rho_d}{\rho_m} \times 100$$

- เมื่อ P_c = เปอร์เซ็นต์การบดทับ
- ρ_d = ความแน่นของดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิเมตร
- ρ_m = ความแน่นสูงสุดของดินแห้ง ตามวิธีการทดลองที่ ทล. - ท. 107/2517 หรือ 108/2517 มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิเมตร



7.8 ตัวอย่างการคำนวณ (จากแบบฟอร์มที่ ว. 6-03)

7.8.1 ความแน่นทราย

มวลของทราย + มวลของแบบ (Mass Mold + Sand)	=	4,862	กรัม
มวลของแบบ (Mass Mold)	=	3,594	กรัม
มวลของทราย (Sand Mass)	=	1,268	กรัม
ปริมาตรของแบบ (Volume Mold)	=	953	มิลลิลิตร
ความแน่นของทราย (Sand Density)	=	1.331	กรัมต่อมิลลิลิตร

7.8.2 ปริมาณน้ำในดิน

มวลของกระป๋อง + ดินเปียก (Mass Can + Wet Soil)	=	338.8	กรัม
มวลของกระป๋อง + ดินแห้ง (Mass Can + Dry Soil)	=	325.0	กรัม
มวลของน้ำ (Mass Water)	=	13.8	กรัม
มวลของกระป๋อง (Mass Can)	=	42.5	กรัม
มวลของดินแห้ง (Mass Dry Soil)	=	282.5	กรัม
ปริมาณน้ำในดิน (Water Content)	=	$\frac{13.8}{282.5} \times 100$	
	=	4.9	%

7.8.3 มวลของทรายในหลุม

มวลของ ขวด กรวย + ทราย ครั้งที่ 1, M_1			
(1 st Mass of Jar + Funnel + Sand)	=	9,000	กรัม
มวลของ ขวด กรวย + ทราย ครั้งที่ 2, M_2			
(2 nd Mass of Jar + Funnel + Sand)	=	7,245	กรัม
มวลของทรายในกรวย, M_5			
(Mass of Sand in Funnel)	=	1,755	กรัม
มวลของ ขวด กรวย + ทราย ครั้งที่ 3, M_3			
(3 rd Mass of Jar + Funnel + Sand)	=	9,000	กรัม
มวลของ ขวด กรวย + ทราย ครั้งที่ 4, M_4			
(4 th Mass of Jar + Funnel + Sand)	=	4,860	กรัม
มวลของทรายในหลุมและกรวย, M_6			
(Mass of Sand in Hole and Funnel)	=	4,140	กรัม
มวลของทรายในหลุม (Mass of Sand in Hole)	=	2,385	กรัม



ปริมาตรของหลุม (Volume of Hole)	=	1,792	มิลลิลิตร
มวลของดินที่ค้ำตะแกรงขนาด 19 มม.	=	345	กรัม
ปริมาตรของดินที่ค้ำตะแกรงขนาด 19 มม.	=	$\frac{345}{2.669 \times 1}$	
	=	129	มิลลิลิตร
ปริมาตรของหลุมสุทธิ (Total Volume of Hole)	=	1,792 - 129	
	=	1,663	มิลลิลิตร

7.8.4 ความแน่นของดิน

มวลของดินขึ้น + ภาชนะ			
(Mass of Wet Soil + Container)	=	4,960	กรัม
มวลของภาชนะ (Mass of Container)	=	1,100	กรัม
มวลของดินขึ้น (Mass of Wet Soil)	=	3,860	กรัม
ความแน่นของดินขึ้น (Wet Density)	=	2.321	กรัมต่อมิลลิลิตร
ความแน่นของดินแห้ง (Dry Density)	=	$\frac{2.321}{1 + \frac{4.9}{100}}$	
	=	2.213	กรัมต่อมิลลิลิตร

7.8.5 เปอร์เซ็นต์การบดทับ

ความแน่นแห้งสูงสุด (Max. Dry Density)	=	2.297	กรัมต่อมิลลิลิตร
เปอร์เซ็นต์การบดทับ (% Compaction)	=	$\frac{2.213}{2.297} \times 100$	
	=	96.3	%

8. การรายงาน

ให้รายงานรายละเอียดต่างๆ ดังแบบฟอร์ม ว. 6-03 และ ว. 6-07 ตามเอกสารแนบท้าย โดยค่าความแน่นของดิน ให้ใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่ง และเปอร์เซ็นต์การบดทับให้ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง



ว. 6-03

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

FIELD DENSITY TEST

SAND REPLACEMENT METHOD

โครงการฯ ตลาดหนองมน - อ.บางละมุง ตอน 2

วัสดุชั้น Cement Modified Crushed Rock Base Layer 1st ชนิดของวัสดุ หินคลุก + ปูนซีเมนต์

เจ้าหน้าที่ทดลอง วัฒนชัย, กิจจา วันที่ทดลอง 18 มกราคม 2554

Density of sand (:) 1.331 gm/ml. Sta.123+700 - Sta.124+025 LT-RT (คันทางซ้ายขวา)

Station	K.M.	123 +	725	750	800	850	900	950	124+000	
	off set	PG	5.0 RT	4.5 RT	6.0 RT	6.0 RT	5.0 RT	5.5 RT	5.0 RT	
VOLUME DETER MINATION										
Mass of sand in funnel			1	2	1	2	1	2	1	
Initial Mass (gm.)			9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	
Final Mass (gm.)			7245	7225	7245	7225	7245	7225	7245	
Mass of sand used (gm.)			1755	1775	1755	1775	1755	1775	1755	
Mass of sand in hole and funnel										
Initial Mass (gm.)			9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	
Final Mass (gm.)			4860	4900	4835	4750	4795	4845	4830	
Mass of sand used (gm.)			4140	4100	4165	4250	4205	4155	4170	
Mass of sand in hole (gm.)			2385	2325	2410	2475	2450	2380	2415	
Volume of hole (ml.)			1792	1747	1811	1860	1841	1788	1814	
(ในกรณีวัสดุค้างตะแกรงขนาด 19.0 มม. มากกว่า 10 %)			Bulk specific gravity =							2.669
Mass of 19.00 mm. Aggregate (gm.)			345	380	415	305	450	365	320	
Volume of 19.00 mm. Retained (ml.)			129	142	155	114	169	137	120	
Total Volume of hole (ml.)			1663	1605	1656	1746	1672	1651	1694	
WATER CONTENT DETERMINATION										
Can No.			65	1	21	18	43	29	37	
Mass can + Wet soil (gm.)			338.8	332.3	355.7	369.0	322.1	324.1	351.4	
Mass can + Dry soil (gm.)			325.0	318.7	341.2	353.4	308.9	311.4	336.6	
Mass Water (gm.)			13.8	13.6	14.5	15.6	13.2	12.7	14.8	
Mass can (gm.)			42.5	40.7	39.9	41.0	40.3	40.0	40.1	
Mass Dry soil (gm.)			282.5	278.0	301.3	312.4	268.6	271.4	296.5	
Water Content (gm.)			4.9	4.9	4.8	5.0	4.9	4.7	5.0	
MASS OF DENSITY SAMPLE										
Wet soil + container (gm.)			4960	4825	4925	5165	4965	4985	5025	
Mass of container (gm.)			1100	1115	1070	1115	1100	1135	1070	
Mass of Wet soil (gm.)			3860	3710	3855	4050	3865	3850	3955	
Wet density (gm./ml.)			2.321	2.312	2.328	2.320	2.312	2.332	2.334	
Dry density (gm./ml.)			2.213	2.204	2.221	2.209	2.204	2.227	2.223	
PERCENT COMPACTION DETERMINATION			CM - 49 OMC =							4.8
Max. dry density			2.297	2.297	2.297	2.297	2.297	2.297	2.297	
% Compaction			96.3	96.0	96.7	96.2	96.0	97.0	96.8	
Designed depth..... cm. Actual Depth			10.5	10.0	10.5	11.0	11.0	10.5	10.5	



\\G-#

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

สรุปผลความแน่นในสนาม

Project : โครงการฯ สาย ดาตนาบอน - อ.บางละมุง ตอน 2 Section : Km.123+700 - Km.124+025 Date 1 - 31 ม.ค. 2554 Tested by วัฒนรัช กิจจา ชนิศ/ชั้น Cement Mod. C.R. Base

No.	Station	Depth (cm.)	Material to be used as	Laboratory Test		In-Place Test		Percent Compaction	Minimum Compaction Required	Acceptance	Remarks
				O.M.C. (%)	Density (gm./ml.)	Moist. (%)	Density (gm./ml.)				
Cement Modified Crushed Rock Base 1st Layer Km.123+700 - Km.124+025 LT - RT (ชั้นทาง LT ขยายให้ทางชั้น RT)											
1	Km. 123 + 725 Rt.-	5.0 m.	Base Course	4.8	2.297	4.9	2.213	96.3	95.0	ใช้ได้	CM - 49 18/10/54
2	Km. 123 + 750 Rt.-	4.5 m.	Base Course	4.8	2.297	4.9	2.204	96.0	95.0	ใช้ได้	CM - 49 18/10/54
3	Km. 123 + 800 Rt.-	6.0 m.	Base Course	4.8	2.297	4.8	2.221	96.7	95.0	ใช้ได้	CM - 49 18/10/54
4	Km. 123 + 850 Rt.-	6.0 m.	Base Course	4.8	2.297	5.0	2.209	96.2	95.0	ใช้ได้	CM - 49 18/10/54
5	Km. 123 + 900 Rt.-	5.0 m.	Base Course	4.8	2.297	4.9	2.204	96.0	95.0	ใช้ได้	CM - 49 18/10/54
6	Km. 123 + 950 Rt.-	5.5 m.	Base Course	4.8	2.297	4.7	2.227	97.0	95.0	ใช้ได้	CM - 49 18/10/54
7	Km. 124 + 000 Rt.-	5.0 m.	Base Course	4.8	2.297	5.0	2.224	96.8	95.0	ใช้ได้	CM - 49 18/10/54

Material Engineer:



9. ข้อควรระวัง

- 9.1 ยึดแผ่นฐานบนพื้นทดลองให้แน่น ไม่มีการเคลื่อนไหว
- 9.2 หลังการคว่ำทรายเพื่อหามวลทรายในกรวย ให้เก็บทรายบนพื้นผิวทดลองให้หมด
- 9.3 ขณะทำการทดลอง ขวดทรายต้องไม่ถูกระทบกระเทือน
- 9.4 ควรหาความแน่นของทรายอย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง
- 9.5 ทรายที่ใช้ทดลอง ต้องสะอาดและแห้ง
- 9.6 ขนย้ายขวดกรวยด้วยความระมัดระวัง ให้ใช้ที่หิ้วขวดหรืออุ้มที่ตัวขวด ป้องกันการแตกหักของกรวย โดยเฉพาะบริเวณลิ้นกรวย
- 9.7 หาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุที่ค้ำตะแกรงขนาด 19.0 มม. ทุกครั้งที่ชนิดของวัสดุเปลี่ยนแปลง

การทดลองที่ ทล. - ท. 607/2555

วิธีการทดลองหาค่าความแน่นและค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวม
ในสนามระดับต้นโดยใช้วิธีนิวเคลียร์



ทล. – ท. 607/2555

วิธีการทดลองหาค่าความแน่นและค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวม ในสนามระดับต้นโดยใช้วิธีนิวเคลียร์

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองหาค่าความแน่น (in-place density) และค่าความชื้น (moisture content) ของดินและวัสดุมวลรวมในสนาม โดยใช้เครื่องมือนิวเคลียร์ (nuclear gauge)

1.1 การทดลองหาค่าความแน่นทำได้ 2 วิธี

วิธี ก. การทดลองแบบส่งผ่านโดยตรง (direct transmission method) เป็นการวัดโดยแหล่งกำเนิดรังสี (source) อยู่ที่ระดับความลึกที่กำหนด ส่วนอุปกรณ์ตรวจจับรังสี (detector) อยู่ที่ระดับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง หรือเครื่องกำเนิดรังสีอยู่ที่ระดับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง ส่วนอุปกรณ์ตรวจจับรังสีอยู่ที่ระดับความลึกที่กำหนด โดยความลึกที่กำหนดสูงสุดไม่เกิน 300 มม.

วิธี ข. การทดลองแบบกระเจิงกลับ (backscatter method) เป็นการวัดการกระเจิงกลับของรังสีแกมมา โดยแหล่งกำเนิดรังสีและอุปกรณ์ตรวจจับรังสีอยู่ที่ระดับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง

หมายเหตุ ถ้าไม่ระบุวิธีใดให้ใช้วิธี ก.

1.2 การทดลองหาค่าความชื้น เป็นการวัดโดยแหล่งกำเนิดนิวตรอน (neutron sources) และอุปกรณ์ตรวจจับนิวตรอน (thermal neutron detector) อยู่ที่ระดับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง

2. เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 เครื่องมือนิวเคลียร์ (nuclear gauge) สำหรับหาค่าความแน่นและค่าความชื้น



2.2 อุปกรณ์มาตรฐานอ้างอิง (reference standard)

อุปกรณ์ใช้สำหรับตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือและกำหนดอัตราการตรวจนับอ้างอิง (reference count rate) ในครั้งต่อไป



2.3 อุปกรณ์เตรียมพื้นที่ (site preparation device)

เป็นเครื่องมือที่เหมาะสม สามารถใช้ปรับระดับพื้นที่ทดลองให้ได้ระดับและราบเรียบตามที่ต้องการ เช่น แผ่นโลหะที่มีตัวนำแท่งตอก (drive pin guide) ติดตั้งอยู่ หรือเหล็กปาด (straightedge)



2.4 แท่งตอก (drive pin) เป็นแท่งโลหะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าขนาดแท่งทดลอง (probe) ใช้สำหรับเตรียมหลุมเจาะในวัสดุที่ต้องการทดลองหาค่าความแน่นในการทดลองแบบส่งผ่านโดยตรง



2.5 ตัวนำแท่งตอก (drive pin guide) เป็นตัวนำที่ช่วยให้แท่งตอกอยู่ในแนวตั้งฉากกับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง



2.6 ค้อน (hammer) ต้องหนักและแข็งแรงเพียงพอที่จะตอกแท่งตอกจนถึงระดับความลึกที่ต้องการ โดยไม่ทำให้หลุมเจาะที่ใช้ทดลองเสียหาย



2.7 ตัวถอนแท่งตอก (drive pin extractor) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถถอนแท่งตอกขึ้นมาได้ในขณะที่แท่งตอกยังอยู่ในแนวตั้งฉาก เพื่อป้องกันไม่ให้แท่งตอกกระทบกับผนังของหลุมเจาะจนเกิดความเสียหายในขั้นตอนการถอนออก

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

- ไม่มี

4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 6-07



2.6-07

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

FIELD DENSITY TEST

NUCLEAR METHOD

โครงการฯ _____

วัสดุชั้น _____

ชนิดของวัสดุ _____

เจ้าหน้าที่ทดลอง _____

วันที่ทดลอง _____

ข้อมูลเครื่องมือ _____

ยี่ห้อ : _____

รุ่น : _____

หมายเลขเครื่อง : _____

การตรวจนับมาตรฐาน (STANDARD COUNT)

อ่านครั้งที่ (Read No.)	ครั้งล่าสุด	1	2	3	4	5
Density standard count (DS1)						
Density standard count (DS2)						
Moisture standard count (MS)						
ผ่าน / ไม่ผ่าน (PASS/FAIL)						

Station	Km								
	off set	m							
Mode (BS or DT)									
ความลึกแทงทดลอง (Probe depth)	(cm)								
ค่าความชื้น (Moisture content)	(%)								
ค่าความแน่นเปียก (Wet density)	(g/ml)								
ค่าความแน่นแห้ง (Dry density)	(g/ml)								

การหาค่าร้อยละของการบดทับ (PERCENT COMPACTION DETERMINATION)

ค่าความแน่นแห้งสูงสุด (Max. dry density)	(g/ml)								
ค่าร้อยละของการบดทับ (% Compaction)									
Designed depth cm.	Actual depth (cm)								

หมายเหตุ : BS - Backscatter method

DT - Direct transmission method

ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน.....บาท



5. การเตรียมตัวอย่าง

- ไม่มี

6. การทดลอง

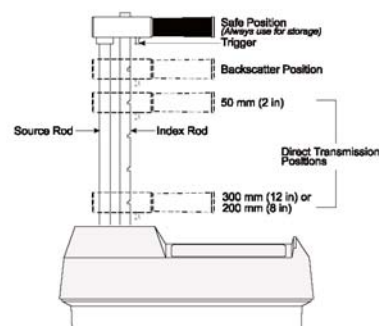
6.1 การเทียบค่ามาตรฐาน (standardization) กับอุปกรณ์มาตรฐานอ้างอิงจะต้องทำก่อนเริ่มการทดลองในแต่ละวัน และจะต้องบันทึกข้อมูลเป็นลายลักษณ์อักษรเก็บไว้ โดยในการเทียบค่ามาตรฐานเครื่องมือนิวเคลียร์จะต้องอยู่ห่างจากเครื่องมือนิวเคลียร์อื่นๆ ไม่น้อยกว่า 10 เมตร ห่างจากแหล่งน้ำที่มีปริมาณมากและวัสดุอื่นใดที่อาจมีผลกระทบต่ออัตราการตรวจนับอ้างอิง นอกจากนี้การวัดอัตราการตรวจนับมาตรฐานจะต้องทำในสภาพแวดล้อมเช่นเดียวกับสภาพแวดล้อมที่ใช้ทดลองจริงในสนาม โดยมีขั้นตอนในการเทียบค่ามาตรฐาน ดังนี้



6.1.1 เปิดสวิตช์เครื่องมือ (ปุ่ม ON) และปล่อยทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้เครื่องมือมีเสถียรภาพ (warm up) ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 10 นาที จนเมื่อหน้าจอแสดงผลอยู่ในเมนู Ready Screen เครื่องมือจึงอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ถ้าต้องการใช้เครื่องมืออย่างต่อเนื่องหรือใช้เป็นช่วงๆ ในแต่ละวัน ควรเปิดสวิตช์เครื่องมือไว้เพื่อให้เครื่องมือมีเสถียรภาพและพร้อมใช้งานตลอดเวลา



6.1.2 วางเครื่องมือนิวเคลียร์ให้ทุกส่วนของฐานเครื่องมืออยู่บนอุปกรณ์มาตรฐานอ้างอิงและให้ปลายด้านหนึ่งชิดกับขอบเหล็ก โดยให้แท่งทดลองอยู่ที่ตำแหน่งมาตรฐาน (standard, STD) ซึ่งเป็นตำแหน่งปลอดภัย (safe position)





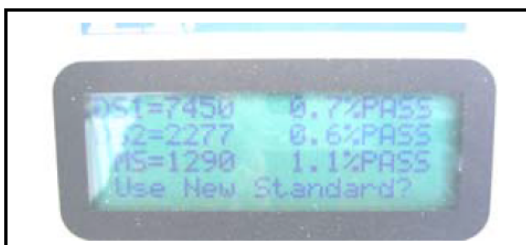
DS = X X X X X X X X
MS = X X X X
1- Take new Count
2- View Counts

DS = 7500 2285
MS = 1295
1- Take new Count
2- View Counts

Put Rod In STD Pos
Place Gauge On
Standard Block
Press Enter



DS1 = x x x x x.x PASS
DS2 = x x x x x.x PASS
MS = x x x x x.x PASS
Use New Standard



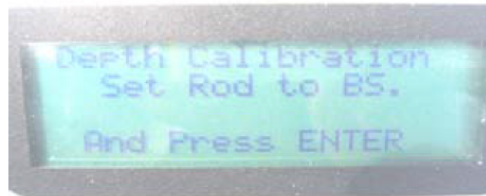
6.1.3 ตรวจสอบ และบันทึกค่าการตรวจนับมาตรฐานของความแน่น (density standard count, DS) และค่าความชื้น (moisture standard count, MS) จากการเทียบค่ามาตรฐานครั้งล่าสุด โดยเมื่อหน้าจอแสดงผลอยู่ในเมนู Ready Screen ให้กดปุ่ม Standard จอแสดงผลจะแสดงค่าของ DS และ MS ที่อยู่ในเครื่องก่อนหน้านี้

6.1.4 เริ่มทำการตรวจนับมาตรฐานจากอุปกรณ์มาตรฐาน อ้างอิงให้กดปุ่มเลข (1) จากนั้นกดปุ่มเลข (2) แล้วกดปุ่ม ENTER เครื่องมือจะยืนยันตำแหน่งของแท่งทดลองว่า อยู่ที่ตำแหน่ง STD และวางเครื่องมือนิวเคลียร์บนอุปกรณ์มาตรฐานอ้างอิง (Standard Block) เรียบร้อยแล้ว จากนั้นให้ทำการยืนยันคำสั่งโดยกดปุ่ม ENTER

6.1.5 การตรวจนับมาตรฐาน (Standard Count) จะใช้เวลาครั้งละ 4 นาที เมื่อเครื่องมือทำการตรวจนับมาตรฐานเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการตรวจสอบและบันทึกค่าการตรวจนับมาตรฐานที่ได้ ค่า DS1 และ DS2 ต้องผิดพลาดไม่เกิน $\pm 1.3\%$ ของค่าเฉลี่ย และค่า MS ต้องผิดพลาดได้ไม่เกิน $\pm 1\%$ ของค่าเฉลี่ย โดยค่าการตรวจนับมาตรฐานทั้ง 3 ค่า ต้องผิดพลาดไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด (PASS) กรณีไม่ได้ใช้เครื่องมือเป็นเวลานาน ผลการตรวจนับมาตรฐานค่าใดค่าหนึ่งอาจจะมีค่าผิดพลาดเกินเกณฑ์ที่กำหนด (FAIL) ได้ ให้ทำการตรวจนับมาตรฐานใหม่อีก 4 ครั้ง ค่าการตรวจนับมาตรฐานที่ทำครั้งหลังสุดควรมีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดทั้ง DS1, DS2 และ MS ถ้ายังไม่ผ่านให้ติดต่อบริษัทผู้ขายทำการซ่อมบำรุงเครื่องมือ



Depth Calibration Set Rod To B.S And Press Enter



6.1.6 หลังการตรวจนับมาตรฐานแล้ว ให้ยืนยันค่าใหม่เข้าไปเก็บแทนค่าเก่าโดยกดปุ่ม YES จากนั้นเครื่องจะทำการสอบเทียบตำแหน่งของแท่งทดลอง ให้ทำการเลื่อนปรับตำแหน่งของแท่งทดลองไปที่ตำแหน่ง BS (Backscatter Position) แล้วกดปุ่ม ENTER หลังจากนั้นจึงเลื่อนตำแหน่งของแท่งทดลองให้กลับมาอยู่ที่ตำแหน่ง STD

6.2 วิธีการทดลอง

6.2.1 การเตรียมพื้นที่ทดลอง ดำเนินการจัดเตรียมผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองให้เหมาะสมทำการขูดปาดให้เรียบและได้ระดับโดยใช้แผ่นโลหะหรือเครื่องมือที่เหมาะสม เพื่อให้ฐานเครื่องมือสนิทกับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองมากที่สุด ช่องว่างระหว่างฐานเครื่องมือกับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองต้องไม่มากกว่า 3 มม. และอาจใช้ส่วนละเอียดของวัสดุทดลอง หรือทรายละเอียด ปรับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองให้เรียบและได้ระดับ ทั้งนี้ความหนาของวัสดุส่วนละเอียดที่ใช้ปรับระดับต้องไม่เกิน 3 มม.

6.2.2 เริ่มทำการทดลอง โดยเปิดสวิตช์เครื่องมือ และปล่อยทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้เครื่องมือมีเสถียรภาพตามวิธีการที่ผู้ผลิตแนะนำ

วิธี ก. การทดลองแบบส่งผ่านโดยตรง



(1) เตรียมหลุมเจาะให้ตั้งฉากกับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง โดยใช้ตัวนำแท่งตอก และแท่งตอก ก่อนใส่แท่งตอกลงในตัวนำแท่งตอกต้องใส่ตัวถอนแท่งตอกลงไปก่อนเพื่อใช้สำหรับถอนแท่งตอกออกจากหลุมเจาะเมื่อเจาะได้ความลึกที่ต้องการการตอกจะตอกลงไปในชั้นวัสดุทดลองให้ได้ความลึกของหลุมเจาะลึกกว่าระดับที่กำหนดอย่างน้อย 50 มม. โดยสามารถวัดระยะความลึกของหลุมเจาะจากขีดที่ระบุไว้ที่แท่งตอก ซึ่งแต่ละขีดมีระยะ 5 ซม.



(2) ใช้วัสดุปลายแหลมขีดทำเครื่องหมายบนผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง เพื่อกำหนดตำแหน่งวางเครื่องมือและแนวที่จะสอดแท่งทดลองลงในหลุมเจาะ ถอนแท่งตอกออกด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันหลุมเจาะเสียหาย



(3) ลักษณะเครื่องหมายที่ทำไว้บนผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง



(4) วางเครื่องมือบนผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองตามตำแหน่งที่ได้ทำเครื่องหมายกำหนดไว้ โดยให้ฐานเครื่องมือสนิทกับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองมากที่สุด กดแท่งทดลองลงไปในหลุมเจาะให้ได้ความลึกตามกำหนด สามารถอ่านค่าความลึกของแท่งทดลองได้จากเครื่องมือ จากนั้นค่อยๆ ขยับเครื่องมือไปทางด้านที่ใกล้กับจุดศูนย์กลางของเครื่องมือ เพื่อให้แท่งทดลองสัมผัสสนิทกับผนังของหลุมเจาะ



(5) กดสวิทช์ทดลอง (start) อ่าน และบันทึกค่าความแน่นและค่าความชื้น โดยใช้ระยะเวลาในการทดลองไม่น้อยกว่า 1 นาที อย่างน้อย 1 ครั้ง

%PR = x x x x x %
DD = x x x x x pcf
WD = x x x x x pcf
M = x x x x x %M = x x x x x



(6) เมื่อการทดลองเสร็จ หน้าจอแสดงผลจะแสดงผลการทดลองออกมาดังนี้

% PR = ค่าร้อยละของการบดทับ
 DD = ค่าความแน่นแห้ง
 WD = ค่าความแน่นเปียก
 M = ปริมาณน้ำในมวลดิน
 % M = ค่าความชื้นเป็นร้อยละ

วิธี ข. การทดลองแบบกระเจิงกลับ



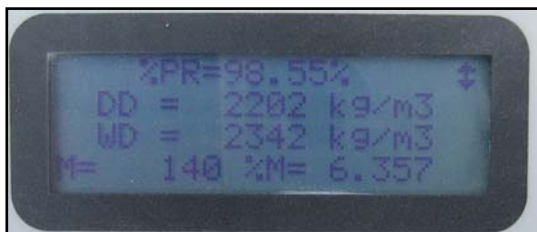
(1) วางเครื่องมือให้มั่นคง กดแท่งทดลองให้อยู่ในตำแหน่งการทดลองแบบกระเจิงกลับ (backscatter, BS)



(2) กดสวิทช์ทดลอง อ่านและบันทึกค่าความแน่น และค่าความชื้น โดยใช้ระยะเวลาในการทดลองไม่น้อยกว่า 1 นาที อย่างน้อย 1 ครั้ง



%PR = x x x x x %
DD = x x x x x pcf
WD = x x x x x pcf
M = x x x x x %M = x x x x x



(3) เมื่อการทดลองเสร็จ หน้าจอแสดงผลจะแสดงผลการทดลองออกมาดังนี้

% PR = ค่าร้อยละของการบดทับ

DD = ค่าความแน่นแห้ง

WD = ค่าความแน่นเปียก

M = ปริมาณน้ำในมวลดิน

% M = ค่าความชื้นเป็นร้อยละ

7. การคำนวณ

7.1 การหาค่าความชื้น (moisture content)

7.1.1 อ่านค่าโดยตรงจากเครื่องมือ หรือจากกราฟสอบเทียบ

7.1.2 เก็บตัวอย่างวัสดุไปทดลองหาค่าความชื้นโดยวิธีอื่น

7.2 การหาค่าความแน่นแห้ง (dry density)

7.2.1 กรณีค่าความชื้นอ่านได้จากเครื่องมือ ค่าความแน่นแห้งสามารถอ่านจากเครื่องมือได้โดยตรง

7.2.2 กรณีค่าความชื้นหาได้จากวิธีการทดลองอื่น ให้คำนวณค่าความแน่นแห้ง ตามสมการที่ (2)

$$\gamma_d = \frac{100}{100 + w} (\gamma_w) \quad (2)$$

เมื่อ γ_d = ค่าความแน่นแห้งของวัสดุ มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

γ_w = ค่าความแน่นเปียกของวัสดุ มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

w = ค่าความชื้นเป็นร้อยละ

7.3 การหาค่าร้อยละของการบดทับ (percent compaction determination)

7.3.1 อ่านค่าร้อยละของการบดทับได้โดยตรงจากเครื่องมือหากเครื่องมือสามารถทำได้ โดยต้องป้อนค่าความแน่นแห้งสูงสุดของวัสดุที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการก่อนเริ่มทำการทดลอง



7.3.2 กรณีเครื่องมือไม่สามารถอ่านค่าได้โดยตรง ให้คำนวณค่าร้อยละของการบดทับตามสมการที่ (3)

$$P_c = \frac{\gamma_d}{\gamma_m} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ P_c = ค่าร้อยละของการบดทับ

γ_d = ค่าความแน่นแห้งของวัสดุจากการทดลองในสนาม มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

γ_m = ค่าความแน่นแห้งสูงสุดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.107/2517 หรือ 108/2517 มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

8. การรายงาน

- รายงานผลการทดลองลงในแบบฟอร์มที่ ว.6-07



๖.6-07

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

FIELD DENSITY TEST

NUCLEAR METHOD

โครงการฯ

วัสดุชั้น

Pavement Recycling

ชนิดของวัสดุ

เจ้าหน้าที่ทดลอง

วันที่ทดลอง

ข้อมูลเครื่องมือ

ยี่ห้อ : Troxler

รุ่น : 3450

หมายเลขเครื่อง :

การตรวจนับมาตรฐาน (STANDARD COUNT)

อ่านครั้งที่ (Read No.)	ครั้งล่าสุด	1	2	3	4	5
Density standard count (DS1)	7500	7450				
Density standard count (DS2)	2285	2277				
Moisture standard count (MS)	1295	1290				
ผ่าน / ไม่ผ่าน (PASS/FAIL)		PASS				

Station	Km	0+200	0+250						
	off set m	2.0 Rt.	2.0 Rt.						
Mode (BS or DT)		DT	DT						
ความลึกแทงทดลอง (Probe depth)	(cm)	20	20						
ค่าความชื้น (Moisture content)	(%)	5.66	6.73						
ค่าความแน่นเปียก (Wet density)	(g/ml)	2.342	2.336						
ค่าความแน่นแห้ง (Dry density)	(g/ml)	2.216	2.189						

การหาค่าร้อยละของการบดทับ (PERCENT COMPACTION DETERMINATION)

ค่าความแน่นแห้งสูงสุด (Max.dry density)	(g/ml)	2.234	2.234						
ค่าร้อยละของการบดทับ (% Compaction)		99.21	97.97						
Designed depth ...20.0... cm.	Actual depth (cm)	20.5	20.5						

หมายเหตุ : BS - Backscatter method

DT - Direct transmission method

ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน.....บาท