

มาตรฐานการทดสอบวัสดุงานทาง

กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

หนังสือ : มาตรฐานการทดสอบวัสดุงานทาง
พิมพ์ครั้งที่ 1 : ธันวาคม 2550
จำนวน : 10,000 เล่ม
ISBN : 978-974-9848-52-4
จัดทำโดย : กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

คำนำ

“การควบคุมคุณภาพและมาตรฐานงานทาง” เป็นกุญแจสำคัญที่จะทำให้การดำเนินงานด้านกิจการสาธารณะโครงสร้างพื้นฐานด้านงานทางและสะพาน ที่อยู่ในความรับผิดชอบขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น บรรลุผลสัมฤทธิ์ ตามพระราชบัญญัติ กำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2542 และแผนปฏิบัติการกำหนดขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2545 ในการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานและทำให้ประชาชนได้รับบริการสาธารณะที่ดีขึ้น หรือไม่ต่ำกว่าเดิม

กรมทางหลวงชนบท ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะส่งเสริมและสนับสนุนด้านวิชาการงานทางให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญต่อการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การพัฒนาของรัฐบาลให้มีศักยภาพและเพิ่มขีดความสามารถในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานงานทางและสะพานแก่ประชาชน ซึ่งเป็นบทบาทและภารกิจตามมาตรา 26 แห่งพระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ. 2535 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติทางหลวง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2549 ที่ได้ให้อธิบดีกรมทางหลวงชนบท มีอำนาจในการกำหนดมาตรฐานและลักษณะของทางหลวงและงานทาง รวมทั้งกำหนดเขตทางหลวง ที่จอดรถ ระยะแนวต้นไม้ และเสาพาดสาย ตลอดจนควบคุมในทางวิชาการ และอบรมเจ้าหน้าที่ฝ่ายช่างเกี่ยวกับทางหลวง และงานทาง จึงได้จัดทำหนังสือ “มาตรฐานการทดสอบวัสดุงานทาง” ขึ้น โดยเนื้อหาจะรวบรวมมาตรฐาน วิธีการทดสอบวัสดุวิศวกรรมงานทาง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในด้านการควบคุมคุณภาพวัสดุและงานก่อสร้างทาง และจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปฏิบัติงานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในการที่จะพัฒนาโครงข่ายทางหลวงท้องถิ่นอย่างเป็นเอกภาพและยั่งยืนต่อไป

กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือมาตรฐานการทดสอบวัสดุงานทางเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหาร บุคลากรขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและผู้ที่สนใจ รวมถึงใช้ประกอบในการศึกษาและค้นคว้าด้านวิศวกรรมงานทางได้เป็นอย่างดี

(นายระพินทร์ จารุดุล)
อธิบดีกรมทางหลวงชนบท



สารบัญ

หน้า

หมวดงานทดสอบโครงสร้างและปฐพีวิศวกรรม (1)

มถ. (ท) 101-2550 : มาตรฐานการทดสอบวัสดุมวลผสมคอนกรีต

1. มถ. (ท) 101.1-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาส่วนคละของวัสดุมวลรวม 1-1
2. มถ. (ท) 101.2-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความสึกหรอของวัสดุมวลรวมหยาบ ด้วยเครื่อง Los Angeles Abrasion 1-8
3. มถ. (ท) 101.3-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าสารอินทรีย์เจือปน 1-15
4. มถ. (ท) 101.4-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมหยาบ 1-19
5. มถ. (ท) 101.5-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมละเอียด 1-23
6. มถ. (ท) 101.6-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของวัสดุมวลรวม 1-27
7. มถ. (ท) 101.7-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าก้อนดินเหนียว 1-30
8. มถ. (ท) 102-2550 : มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตในหน้างาน และการนำไปบำรุงรักษา 1-34
9. มถ. (ท) 103.1-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต 1-39
10. มถ. (ท) 103.2-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตโดยใช้โต๊ะการไหล 1-43
11. มถ. (ท) 104-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต 1-47
12. มถ. (ท) 105.1-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต 1-51
13. มถ. (ท) 105.2-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าการรับแรงดัดของคอนกรีต 1-57
14. มถ. (ท) 201-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้ 1-62
15. มถ. (ท) 202-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้ 1-68
16. มถ. (ท) 203-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของไม้ 1-74
17. มถ. (ท) 204-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงดัดของไม้ 1-77
18. มถ. (ท) 205-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่ากำลังดึงและแรงต้านทานการแตกของไม้ 1-85
19. มถ. (ท) 206-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงเฉือนขนานเสี้ยนของไม้ 1-89
20. มถ. (ท) 207-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ 1-93
21. มถ. (ท) 301-2550 : มาตรฐานการทดสอบและเจาะสำรวจดิน 1-97
22. มถ. (ท) 302-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงเฉือนตรง 1-102
23. มถ. (ท) 303-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงอัดแกนเดียว 1-109
24. มถ. (ท) 304-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงอัดสามแกน 1-117
25. มถ. (ท) 305-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าการอัดตัวคายน้ำ 1-133



สารบัญ

หน้า

หมวดงานทดสอบงานทาง (2)

1. มถ. (ท) 501 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความแน่นแบบมาตรฐาน 2-1
2. มถ. (ท) 502 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน 2-10
3. มถ. (ท) 503 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่า ซี บี อาร์ 2-18
4. มถ. (ท) 504 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความแน่นของวัสดุงานทางในสนาม 2-27
5. มถ. (ท) 505 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าขีดเหลว 2-37
6. มถ. (ท) 506 - 2550 : วิธีการทดสอบหาค่าขีดพลาสติก 2-44
7. มถ. (ท) 507 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การหดตัว 2-49
8. มถ. (ท) 508 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ 2-55
9. มถ. (ท) 509 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความสึกหรอของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ ด้วยเครื่อง Los Angeles Abrasion 2-61
10. มถ. (ท) 510 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปน (Organic Impurities) 2-66
11. มถ. (ท) 511 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาก้อนดินเหนียว (Clay Lump) 2-70
12. มถ. (ท) 512 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความสมมูลย์ของทราย (Sand Equivalent) 2-74
13. มถ. (ท) 513 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าดรรชนีความแบน (Flakiness Index) 2-79
14. มถ. (ท) 514 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าดัชนีความยาว (Elongation Index) 2-83
15. มถ. (ท) 515 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม 2-87
16. มถ. (ท) 516 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาการหลุดลอก โดยวิธี Plate Test 2-97
17. มถ. (ท) 601 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบการกลั่นวัสดุยางคัตแบกแอสฟัลต์ 2-101
18. มถ. (ท) 602 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟโดยถ้วยเปิดคลีฟแลนด์ 2-109
19. มถ. (ท) 603 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมโดยวิธีเซย์โบลต์ 2-115
20. มถ. (ท) 604 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบค่าความหนืดของวัสดุยางแอสฟัลต์อิมัลชันโดยวิธีเซย์โบลต์ 2-124
21. มถ. (ท) 605 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบประจุไฟฟ้าของวัสดุยางแอสฟัลต์ 2-128
22. มถ. (ท) 606 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบปริมาณน้ำในวัสดุยางแอสฟัลต์ อิมัลชัน 2-132
23. มถ. (ท) 607 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ 2-137
24. มถ. (ท) 608 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบค่าสูญเสียของวัสดุยางแอสฟัลต์เมื่อให้ความร้อน 2-148
25. มถ. (ท) 609 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบค่าเพนิเทรชั่นของวัสดุยางแอสฟัลต์ 2-154
26. มถ. (ท) 610 - 2550 : มาตรฐานการทดสอบค่าการยืดตัว ของวัสดุยางแอสฟัลต์ 2-162



หมวดงานทดสอบโครงสร้าง และปฐพีวิศวกรรม (1)



มถ.(ท) 101.1-2550
มาตรฐานการทดสอบหาส่วนคละของวัสดุมวลรวม

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาการกระจายของขนาด (Particle Size Distribution) ของวัสดุมวลรวม ทั้งมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ โดยให้ผ่านตะแกรงมาตรฐานจากขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็ก แล้วเปรียบเทียบน้ำหนักที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่าง ๆ กับน้ำหนักทั้งหมดของตัวอย่าง

2. นิยาม

การกระจายของขนาดวัสดุมวลรวม หมายถึง การที่วัสดุมวลรวมประกอบด้วยเม็ดวัสดุหลายขนาดต่าง ๆ กัน เช่น ตั้งแต่ 100 มิลลิเมตร ลงมาจนถึง 0.0002 มิลลิเมตร ซึ่งสมบัติทางกายภาพของวัสดุมวลรวมจะขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดวัสดุ

การกระจายของขนาดเม็ดวัสดุมวลรวมแสดงด้วยกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างขนาดเม็ดวัสดุในสเกลลอการิทึม (Logarithm Scale) อยู่บนแกนนอน และร้อยละโดยน้ำหนักของเม็ดที่มีขนาดเล็กกว่าที่ระบุ (Percent Finer) อยู่บนแกนตั้ง ซึ่งเรียกว่ากราฟการกระจายของขนาดเม็ดวัสดุ (Grain Size Distribution Curve)

3. วิธีทำ

3.1 เครื่องมือ เครื่องที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย

3.1.1 ตะแกรงช่องผ่านเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาดช่องผ่านต่าง ๆ ตามต้องการพร้อมเครื่องมือเขย่าตะแกรง และตะแกรงต้องสามารถป้องกันไม่ให้วัสดุสูญหายจากตะแกรงได้

3.1.2 เครื่องชั่งสามารถชั่งได้ละเอียดถึงร้อยละ 0.2 ของตัวอย่างทั้งหมด

3.1.3 เตาอบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ 110 $\pm$ 5 องศาเซลเซียส

3.1.4 เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) ขนาดต่าง ๆ

3.1.5 แปรงทำความสะอาดตะแกรงชนิดลวดทองเหลือง และแปรงขนหรือแปรงพลาสติก

3.1.6 ภาชนะสำหรับใช้แช่และล้างตัวอย่างวัสดุ ชนิดล้างตัวอย่างวัสดุ ชนิดล้างด้วยมือหรือชนิดใช้เครื่องเขย่า

3.2 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ.มถ.(ท) 101.1.1-2550 และ บฟ.มถ.(ท) 101.1.2-2550 : การทดสอบหาส่วนคละของวัสดุมวลรวม

3.3 **การเตรียมตัวอย่าง**

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง นำตัวอย่างมาคลุกให้เข้ากัน และแยกตัวอย่างโดยใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างในขณะที่ตัวอย่างมีความชื้น เพื่อลดการแยกตัว ถ้าตัวอย่างไม่มีส่วนละเอียดอาจจะแบ่งขณะที่ตัวอย่างแห้งอยู่ก็ได้ ถ้ามีส่วนละเอียดจับเป็นก้อนใหญ่หรือมีส่วนละเอียดจับกันเองเป็นก้อน ต้องทำให้ส่วนละเอียดหลุดออกจากก้อนใหญ่ โดยให้ทุบแยกเม็ดวัสดุออก เป็นเม็ดอิสระด้วยค้อนยาง แต่ต้องระวังอย่าให้แรงมากจนเม็ดวัสดุแตก

3.3.2 การเตรียมตัวอย่างโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง นำตัวอย่างที่มีส่วนละเอียดจับกันเป็นก้อนไม่แยกออกจากกัน โดยใช้ค้อนยางทุบแล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 $\pm$ 5 องศาเซลเซียส เพื่อหาน้ำหนักตัวอย่างแห้ง นำตัวอย่างใส่ภาชนะสำหรับใช้ล้างตัวอย่างโดยใช้น้ำยาล้างส่วนละเอียด ซึ่งเตรียมได้จากการละลายผลึกโซเดียมเฮคซะเมตตาฟอสเฟต (Sodium Hexametaphoshate) ซึ่งทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate) จำนวน 45.7 กรัม ละลายในน้ำ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนผสมกันให้ทั่วตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 4 ชั่วโมง แล้วนำไปเขย่าประมาณ 20 นาที ขณะเขย่าระวังอย่าให้น้ำกระฉอกออกจากภาชนะ เทตัวอย่างในภาชนะลงบนตะแกรง เบอร์ 200 ถ้าหากมีตัวอย่าง ขนาดใหญ่ปนอยู่มาก ควรใช้ตะแกรงที่มีขนาดใหญ่กว่า เบอร์ 200 ซ้อนไว้ ใช้น้ำล้างจนกว่าไม่มีวัสดุผ่านตะแกรง เบอร์ 200 อีก เทตัวอย่างลงในภาชนะแล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 $\pm$ 5 องศาเซลเซียส

3.4 **การทดสอบ**

3.4.1 นำตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมตัวอย่าง 3.3.1 หรือ 3.3.2 แล้วแต่ว่าจะต้องการทดสอบแบบใดมา โดยประมาณให้ได้ตัวอย่างเมื่อแห้งแล้ว ตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ขนาดตะแกรง	น้ำหนักตัวอย่างไม่น้อยกว่า (กิโลกรัม)
4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4)	0.5
9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)	1.0
12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)	2.0
19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว)	5.0
25.0 มิลลิเมตร (1 นิ้ว)	10.0
37.5 มิลลิเมตร (1 1/2 นิ้ว)	15.0
50.0 มิลลิเมตร (2 นิ้ว)	20.0
63.0 มิลลิเมตร (2 1/2 นิ้ว)	35.0
75.0 มิลลิเมตร (3 นิ้ว)	60.0
90.0 มิลลิเมตร (3 1/2 นิ้ว)	100.0

3.4.2 นำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามต้องการ การเขย่านี้ต้องให้ตะแกรงเคลื่อนที่ทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง รวมทั้งมีแรงกระแทกขณะเขย่าด้วย เขย่านานจนกระทั่งตัวอย่างผ่านตะแกรงแต่ละขนาดใน 1 นาที ไม่เกินร้อยละ 1 ของตัวอย่างในตะแกรงนั้น หรือใช้เวลาเขย่านานทั้งหมดประมาณ 15 นาที เมื่อเขย่าเสร็จแล้วถ้ามีตัวอย่างก้อนใหญ่กว่าตะแกรงขนาด (เบอร์ 4) ต้องมีตัวอย่างค้างตะแกรงแต่ละขนาดไม่เกิน 6 กรัม ต่อ 1,000 ตารางมิลลิเมตร หรือไม่เกิน 200 กรัม สำหรับตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร (8 นิ้ว) นำตัวอย่างที่ค้างแต่ละขนาดของตะแกรงไปชั่ง

4. การคำนวณ

4.1 หาน้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง (Weight Retained) แต่ละขนาดโดยชั่งน้ำหนักของตัวอย่างวัสดุมวลรวม ที่ค้างบนตะแกรง และที่ค้างบนถาดรอง (Pan) ส่วนน้ำหนักที่หายไป หาได้โดยเอาน้ำหนักของตัวอย่างที่ค้างบนทุกตะแกรงและบนถาดรอง รวมกันแล้วหักออกด้วยน้ำหนักตัวอย่างอบแห้งทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ

4.2 หาน้ำหนักที่ผ่านตะแกรง (Weight Passing) แต่ละขนาด โดยการนำเอาผลรวมของน้ำหนักตัวอย่างที่ค้างบนทุกตะแกรง และบนถาดรองมาหักออกด้วยน้ำหนักที่ค้างตะแกรงชั้นบนสุดก็จะเป็นน้ำหนักของวัสดุที่ผ่านตะแกรงชั้นบนสุดมาลบออกจาก น้ำหนักของวัสดุที่ค้างตะแกรงชั้นล่างลงมาดำเนินการแบบที่กล่าวมาแล้วนั้นไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งครบทุกตะแกรง

4.3 คำนวณหาค่าร้อยละของวัสดุที่ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก (Percent Passing) ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละของวัสดุที่ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงแต่ละขนาด}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างแห้งทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ}} \times 100$$

5. การรายงาน

ให้รายงานค่าร้อยละของวัสดุขนาดต่าง ๆ โดยน้ำหนักด้วยทศนิยม 1 ตำแหน่ง ตามแบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 101.1.1-2550 : วิธีการทดสอบหาส่วนคละ (Sieve Analysis) ของวัสดุมวลรวม

5.1 ค่าร้อยละของวัสดุที่ผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ

5.2 ค่าร้อยละของวัสดุที่ค้างตะแกรงขนาดต่าง ๆ

6. เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

6.1 สำหรับวัสดุมวลรวมละเอียด จะต้องมีการกระจายของขนาดเม็ดวัสดุเป็นตาม ตารางที่ 2

6.2 ขนาดตะแกรง

6.2.1 ต้องมีค่าร้อยละที่ค้างโดยน้ำหนักบนตะแกรงระหว่างตะแกรงเบอร์ใด ๆ ที่ติดกันได้ไม่เกินร้อยละ 45 และต้องมีค่าพิกัดความละเอียด (Fineness Modulus) ตั้งแต่ 2.3 ถึง 3.1

ตารางที่ 2

ขนาดตะแกรง (ตามมาตรฐาน ASTM E-11)	ร้อยละของวัสดุมวลรวมที่ผ่านตะแกรง
9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)	100
4.75 มิลลิเมตร (No. 4)	95-100
2.36 มิลลิเมตร (No. 8)	80-100
1.18 มิลลิเมตร (No. 16)	50-85
600 ไมโครเมตร (No. 30)	25-60
300 ไมโครเมตร (No. 50)	10-30
150 ไมโครเมตร (No. 100)	2-10

6.3 สำหรับวัสดุมวลรวมหยาบ จะต้องมีการกระจายของขนาดเม็ดวัสดุตามที่แสดงไว้ใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 3

ขนาดตะแกรงร่อน	ส่วนที่ผ่านตะแกรง ร้อยละโดยน้ำหนัก									
	เขตการแบ่งขนาด									
	1	2	357	467	57	67	7	8	3	4
100 มิลลิเมตร	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90 มิลลิเมตร	90-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75 มิลลิเมตร	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-
63 มิลลิเมตร	25-60	90-100	100	-	-	-	-	-	100	-
50 มิลลิเมตร	-	35-70	95-100	100	-	-	-	-	90-100	100
37.5 มิลลิเมตร	0-15	0-15	-	95-100	100	-	-	-	35-70	99-100
25 มิลลิเมตร	-	-	35-70	-	95-100	100	-	-	0-15	20-55
18 มิลลิเมตร	0-5	0-5	-	37-70	-	90-100	100	-	-	0-15
12.5 มิลลิเมตร	-	-	10-30	-	25-60	-	90-100	100	0-5	-
9.5 มิลลิเมตร	-	-	-	10-30	-	20-55	40-70	85-100	-	0-5
4.75 มิลลิเมตร	-	-	0-5	0-5	0-10	0-10	0-15	10-30	-	-
2.36 มิลลิเมตร	-	-	-	-	0-5	0-5	0-5	0-10	-	-
1.38 มิลลิเมตร	-	-	-	-	-	-	-	0-5	-	-

7. ข้อควรระวัง

7.1 การแบ่งตัวอย่างด้วยเครื่องแบ่งตัวอย่าง ต้องใช้เครื่องมือขนาดช่องกว้างประมาณ $1\ ^{1}/_{2}$ เท่าของก้อนโตที่สุด

7.2 ตรวจดูตะแกรงบ่อย ๆ ถ้าชำรุดต้องซ่อมก่อนใช้ โดยเฉพาะเบอร์ 200

7.3 ห้ามใส่ตัวอย่างลงในตะแกรงขณะที่ยังร้อนอยู่

7.4 การทุบตัวอย่างดินต้องไม่แรงมากจนทำให้เม็ดวัสดุมวลรวมแตก

7.5 การเขย่าอย่าเขย่านานจนตัวอย่างกระแทกแตกเป็นผง

8. หนังสืออ้างอิง

8.1 THE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM. DESIGNATION : C 136 - 84

8.2 THE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM. DESIGNATION : C 33 - 86

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.... ทดสอบวันที่..... แผ่นที่.....	บฟ. มถ.(ท) 101.1.1-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) การทดสอบหาส่วนคละวัสดุมวลรวม หลุมเจาะหมายเลข..... ความลึก.....เมตร ปริมาตรแบบ.....ลบ.ซม.	ทะเบียนทดสอบ..... ผู้ทดสอบ ผู้ตรวจสอบ อนุมัติ

ตะแกรง หมายเลข	น้ำหนัก ตะแกรง (กรัม)	น้ำหนัก ตะแกรง + ดิน (กรัม)	น้ำหนักดิน ที่ค้างบน ตะแกรง (กรัม)	นน.ร้อยละของ ดินที่ค้างบน ตะแกรง (กรัม)	นน.ร้อยละของ ดินที่ค้าง สะสม	นน.ร้อยละของ ดินที่มีขนาด เล็กกว่า

โครงการ.....

.....

สถานที่ก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง.....

ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....

ทดสอบวันที่.....แห่งที่.....

บฟ. มถ.(ท) 101.1.2-2550

(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)

การทดสอบหาส่วนคละของวัสดุมวลรวม

แหล่งวัสดุ.....

ชั้นคุณภาพ.....

ทะเบียนทดสอบ.....	
ผู้ทดสอบ	
ผู้ตรวจสอบ	
อนุมัติ	

การทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปน

สีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบ

( ) สีอ่อนกว่าสีมาตรฐาน

( ) สีใกล้เคียงสีมาตรฐาน

( ) สีแก่กว่าสีมาตรฐาน

สรุปผลการทดสอบ

( ) เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานได้

( ) ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน

มถ.(ท) 101.2-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความสึกหรอของวัสดุมวลรวมหยาบ ด้วยเครื่องทดสอบ ลอสแองเจลิส (Los Angeles Abrasion)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาค่าความสึกหรอของวัสดุมวลรวมหยาบ ด้วยเครื่องทดสอบหาความสึกหรอ ลอสแองเจลิส

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ ประกอบด้วย

2.1.1 เครื่องทดสอบหาความสึกหรอ ลอสแองเจลิส มีลักษณะขนาดตามรูปที่ 1 ประกอบด้วยทรงกระบอกปิดหัวและท้าย มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 711±5 มิลลิเมตร (28±0.2 นิ้ว) ความยาวภายใน 508±5 มิลลิเมตร (20±0.2 นิ้ว) ทรงกระบอกเหล็กนี้ติดอยู่กับเพลาและหมุนรอบแกนได้ในแนวราบมีช่องสำหรับใส่วัสดุพร้อมฝาเหล็ก ฝาเหล็กเมื่อปิดแล้วต้องมีลักษณะผิวเหมือนกับผิวด้านในของทรงกระบอกเหล็กและเสมอกัน ซึ่งไม่ทำให้แอบบราซิบ ชาร์จ(Abrasive Charge) สะดุดเวลากลิ้งผ่านรอยต่อมีเหล็กขวางสูง 89±2 มิลลิเมตร (3.5±0.1 นิ้ว) ยาว 508±5 มิลลิเมตร (20±0.2 นิ้ว) ติดแน่นตามยาวด้านในทรงกระบอกเหล็ก ระยะจากเหล็กขวางถึงช่องสำหรับใส่วัสดุไม่น้อยกว่า 1,270 มิลลิเมตร (50 นิ้ว) วัดตามความยาวเส้นรอบวงภายนอกทรงกระบอกเหล็ก

หมายเหตุ เหล็กขวางควรมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ติดอยู่กับผนังขอบทรงกระบอกเหล็กหรืออาจจะใช้เหล็กฉากแทน โดยติดที่ริมฝาเหล็กช่องใส่วัสดุ ให้ด้านนอกของเหล็กฉากหันไปตามทิศทางที่หมุน

2.1.2 ตะแกรงสำหรับหาขนาดของวัสดุมวลรวมหยาบ ใช้ตะแกรงมีช่องแผ่นเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาด 75.0 มิลลิเมตร (3 นิ้ว), 63.0 มิลลิเมตร (2 1/2 นิ้ว), 50.0 มิลลิเมตร (2 นิ้ว), 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว), 12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว), 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4), 2.36 มิลลิเมตร (เบอร์ 8), 1.70 มิลลิเมตร (เบอร์ 12)

2.1.3 เครื่องชั่งซึ่งสามารถชั่งได้ 15 กิโลกรัม ความละเอียดอ่านได้ถึง 1 กรัม

2.1.4 แอบบราซิพ ชาร์จ (Abrasive Charge) เป็นลูกเหล็กทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 46.8 มิลลิเมตร (1 27/32 นิ้ว) แต่ละลูกหนักระหว่าง 390-445 กรัม จำนวนแอบบราซิพ ชาร์จ ขึ้นอยู่กับชั้น (Grading) ของตัวอย่างและชั้นของตัวอย่างได้กำหนดไว้ใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนแอบบราซิพ ชาร์จ ที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชั้น

ชั้น	แอบบราซิพ ชาร์จ (ลูก)	น้ำหนักรวม (กรัม)	หมายเหตุ
A	12	5,000±25	สำหรับมวลรวมหยาบที่มีขนาด
B	11	4,584±25	ใหญ่สุดไม่เกิน 19 มิลลิเมตร
C	8	3,330±25	
D	6	2,500±25	
E	12	5,000±25	สำหรับมวลรวมหยาบที่มีขนาด
F	12	5,000±25	ใหญ่สุดเกินกว่า 19 มิลลิเมตร
G	12	5,000±25	

2.2 แบบฟอร์ม

ให้ใช้แบบฟอร์มเลขที่ บฟ.มถ.(ท) 101.2-2550 : การทดสอบหาค่าความสึกหรอของวัสดุมวลรวมหยาบด้วยเครื่องทดสอบลอสแองเจลิส

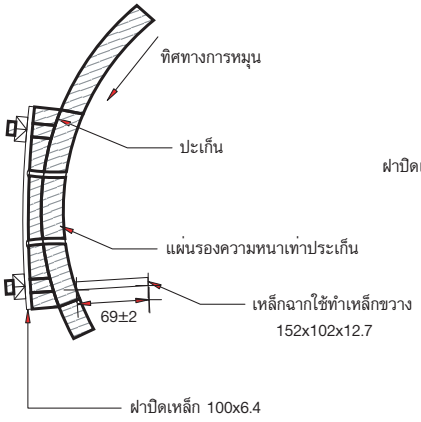
2.3 การเตรียมตัวอย่าง

2.3.1 ถ้าตัวอย่างมีดินเหนียวปน หรือมีส่วนละเอียดติดก้อนใหญ่แน่นให้นำตัวอย่างไปล้างน้ำ เอาส่วนที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 8 ออกทิ้ง แล้วนำส่วนที่ค้างตะแกรง เบอร์ 8 มาอบจนแห้งที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส

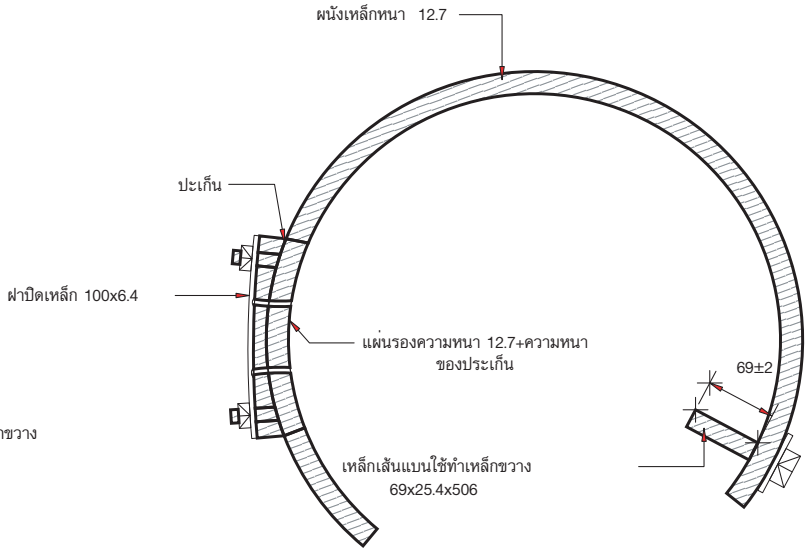
2.3.2 นำตัวอย่างไปแยกขนาดตามขนาด ในตารางที่ 2 ถ้าเข้าได้หลายขนาด ให้เลือกใช้ตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการใช้งานมากที่สุด

2.4 การทดสอบ

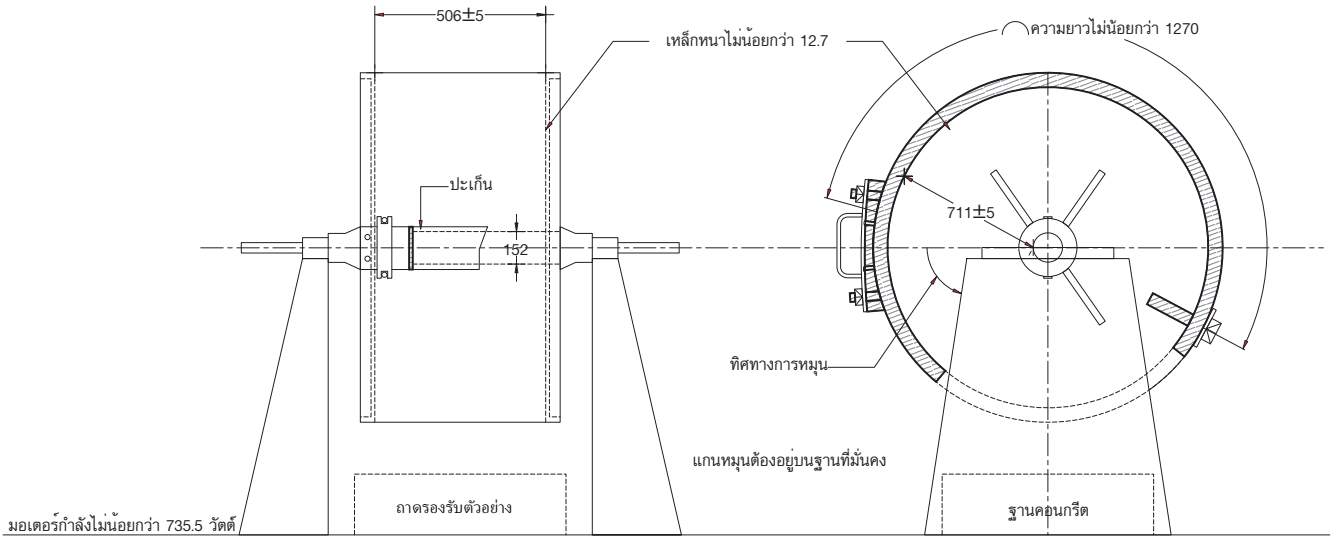
นำตัวอย่างที่เตรียมไว้จาก ข้อ 2.3 และแอบบราซิพ ชาร์จ (Abrasive Charge) ตามจำนวนลูกในตารางที่1 ใส่เข้าไปในเครื่องลอสแองเจลิส หมุนเครื่องด้วยความเร็วที่ 30-33 รอบต่อนาที ให้ได้จำนวนรอบตามตารางที่ 2 เมื่อหมุนได้ครบตามกำหนดแล้วให้เอาตัวอย่างออกจากเครื่องและล้างส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 12 ทิ้งไป นำส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 12 มาอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ จึงชั่งหาน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือ



แบบขยายที่ใช้เหล็กฉากเป็นเหล็กขวาง



แบบขยายที่ใช้เหล็กเส้นแบนเป็นเหล็กขวาง



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 1 : เครื่องมือทดสอบความสึกหรอ (แบบลอสแองเจลีส)

ตารางที่ 2

ขนาดตะแกรง (มม.)		น้ำหนัก (กรัม) และ ชั้นของตัวอย่าง						
ผ่าน	ค้าง	A	B	C	D	E	F	G
75.0	63.0					2500±50		
63.0	50.8					2500±50		
50.8	37.5					2500±50	5000±50	
37.5	25.0	1250±25					5000±25	5000±25
25.0	19.0	1250±25						5000±25
19.0	12.5	1250±10	2500±10					
12.5	9.5	1250±10	2500±10					
9.5	6.3			2500±10				
6.3	4.75			2500±10				
4.75	2.36							
น้ำหนักตัวอย่างรวม		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±100	10000±75	10000±50
จำนวนรอบ		500				1000		

3. **การคำนวณ**

$$\text{ความสึกหรอโดยใช้เครื่องลอสแองเจลิส} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100$$

W1 น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ เป็นกรัม

W2 น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง 1.70 มิลลิเมตร (เบอร์ 12) เป็นกรัม

4. **การรายงาน**

ให้รายงานค่าความสึกหรอโดยใช้เครื่องลอสแองเจลิส เป็นร้อยละโดยมีความละเอียดเป็นทศนิยม 1 ตำแหน่ง ลงในแบบฟอร์ม

5. **เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้**

ค่าความสึกหรอโดยใช้เครื่องลอสแองเจลิส (คิดเป็นร้อยละ) ของวัสดุมวลหยาบที่ใช้ในงานคอนกรีต ต้องมีค่าไม่มากกว่าร้อยละ 50 วัสดุรองพื้นทาง และ วัสดุพื้นทาง ให้เป็นไปตามมาตรฐานงานทางหลวงท้องถิ่น

6. **ข้อควรระวัง**

6.1 ให้ทำการชั่ง แอบราซิบ ชาร์จ แต่ละลูกอย่างน้อย 1 ครั้ง ทุก ๆ 6 เดือน เพื่อตรวจสอบให้เป็นไปตาม ข้อ 2.1.4

6.2 ในกรณีที่เหล็กขวาง เป็นเหล็กฉากให้ติดที่ริมฝาเหล็กปิดช่องใส่วัสดุ การติดต้องให้ด้านนอกของเหล็กฉากหันไปในทิศทางที่เครื่องหมุน

7. **หนังสืออ้างอิง**

7.1 THE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM. STANDARD C 131

7.2 THE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM. STANDARD C 535

โครงการ.....	บฟ. มถ.(ท) 101.2-2550	ทะเบียนทดสอบ.....	
.....			
สถานที่ก่อสร้าง.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)	ผู้ทดสอบ	
.....	การทดสอบหาค่าสึกหรอ		
ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง.....	ของวัสดุมวลรวมหยาบ	ผู้ตรวจสอบ	
ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....	ด้วยเครื่องทดสอบลอสแองเจลิส		
ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	(Los Angeles Abrasion)	อนุมัติ	

จำนวนของลูกเหล็กทรงกลม..... แหล่งวัสดุ.....

น้ำหนักของลูกเหล็กทรงกลม.....กรัม ชั้นคุณภาพ.....

ความเร็วของการหมุนเครื่อง.....รอบ/นาที

ขนาดตะแกรง (ม.ม.)		น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)			หมายเหตุ
ผ่าน	ค้าง	1	2	3	

มถ.(ท) 101.3-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าสารอินทรีย์เจือปน (Organic Impurities)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ ครอบคลุมถึงการหาค่าวัสดุอินทรีย์ซึ่งเป็นสารผุพังที่ปะปนอยู่ในวัสดุโดย ประมาณ

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยขวดแก้วใสขนาดประมาณ 360 ลูกบาศก์เซนติเมตร (12 ออนซ์) มีขีดแสดงความจุเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร หรือจะใช้ขีดเครื่องหมายที่ขวดแก้วแทนก็ได้

2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดสอบ

2.2.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide) เข้มข้นร้อยละ 3 เตรียมได้โดยชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide) 30 กรัม ผสมกับน้ำสะอาดจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

2.2.2 แถบสีมาตรฐาน โดยกำหนดมาตรฐาน ดังนี้

สีมาตรฐานของการ์ดเนอร์ (Gardner) หมายเลข	สีของสารอินทรีย์ หมายเลข
5	1
8	2
11	3 (มาตรฐาน)
14	4
16	5

2.2.3 ถ้าไม่มีแถบสีมาตรฐานจะเตรียมผสมสารละลายเพื่อทำเป็นสีมาตรฐานแทนได้ ดังนี้

ให้เตรียมสารละลายชนิดแรกคือ นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide) ที่เข้มข้นร้อย ละ 3 แล้วนำมาผสมกับสารละลายชนิดหลัง คือ กรดเทนนิค (Tannic Acid) ที่เข้มข้นผสมในสารละลายของแอลกอฮอล์กับน้ำ (มีแอลกอฮอล์ ร้อยละ 10) โดยเอากรดเทนนิค 2 ส่วน ผสมกับสารละลายแอลกอฮอล์กับน้ำดังกล่าว 98 ส่วน โดยปริมาตร ซึ่งมีอัตราส่วนดังนี้ สารละลายชนิดแรกปริมาตร 97.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับสารละลายชนิดหลังปริมาตร 2.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ได้ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าให้เข้ากันแล้วใส่ไว้ในขวดขนาด 360 ลูกบาศก์เซนติเมตร (12 ออนซ์) ให้เตรียมสารละลายมาตรฐาน เมื่อมีอายุ 24±1/2 ชั่วโมง นับจากเริ่มผสม ถ้าต่ำกว่ากำหนดนี้ห้ามใช้

2.3 การเตรียมตัวอย่าง

นำวัสดุที่แห้งมาแบ่งสี่ หรือแบ่งตัวอย่างด้วยเครื่องแบ่งตัวอย่าง ให้ได้น้ำหนักประมาณ 250 กรัม

2.4 แบบฟอร์ม

ทำการบันทึกผลการทดสอบ โดยใช้แบบฟอร์มเดียวกันกับแบบฟอร์มเลขที่ บฟ. มถ.(ท) 101.1.2-2550 : วิธีทดสอบหาส่วนคละของวัสดุมวลรวม

2.5 การทดสอบ

2.5.1 เทวัสดุที่เตรียมไว้ลงในขวดแก้วทดสอบจนได้ปริมาตร 133 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ประมาณ 4 1/2 ออนซ์)

2.5.2 เติมสารละลายที่เตรียมไว้ตาม ข้อ 2.2.1 ลงในขวดแก้วทดลองจนได้ปริมาตรเป็น 207 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ประมาณ 7 ออนซ์)

2.5.3 เอาจุกอุดปากขวดแล้วเขย่าแรง ๆ จนเห็นว่าไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่ ตรวจดูอีกครั้ง ถ้าระดับสารละลายมีปริมาตรไม่ถึง 207 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้เติมสารละลายเพิ่มอีกจนได้ปริมาตร 207 ลูกบาศก์เซนติเมตร บันทึกวันและเวลา

2.5.4 ตั้งขวดทดสอบทิ้งไว้นิ่ง ๆ ห้ามจับหรือเคลื่อนย้ายจนครบ 24 ชั่วโมง

2.5.5 เมื่อครบ 24 ชั่วโมง แล้วให้เปรียบเทียบกับแถบสีมาตรฐาน ตามข้อ 2.2.2 หรือ กับสารละลายมาตรฐานตาม ข้อ 2.2.3

3. **การรายงาน**

ให้รายงานในหัวข้อหมายเหตุ ของแบบฟอร์มที่กล่าวแล้วในข้อ 2.4 ดังนี้

3.1 ถ้าสีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบอ่อนกว่าสีของแถบสีมาตรฐานหมายเลข 3 หรืออ่อนกว่าสีของสารละลายมาตรฐานให้รายงาน “สีอ่อนกว่าสีมาตรฐาน”

3.2 ถ้าสีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบแก่กว่าสีของแถบสีมาตรฐานหมายเลข 3 หรือแก่กว่าสีของสารละลายมาตรฐานให้รายงานว่า “สีแก่กว่าสีมาตรฐาน”

3.3 ถ้าสีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบใกล้เคียงกับสีของแถบสีมาตรฐานหมายเลข 3 หรือใกล้เคียงสีของสารละลายมาตรฐานให้รายงานว่า “สีใกล้เคียงสีมาตรฐาน”

4. **เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้**

ถ้าสีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบมีสีอ่อนกว่าสีของแถบสีมาตรฐาน หมายเลข 3 หรือมีสีเหมือนกับแถบสีมาตรฐาน หมายเลข 3 ถือว่าเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานได้ ถ้าสีแก่กว่าสีของแถบสีมาตรฐาน หมายเลข 3 ถือว่าไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน

5. **ข้อควรระวัง**

5.1 เมื่อตั้งขวดทิ้งไว้แล้ว ห้ามกระทบกระเทือน และเมื่อเวลาอ่านเปรียบเทียบสี ห้ามกระทบกระเทือนเช่นเดียวกัน เพราะจะทำให้ผงละเอียดลอยตัวขึ้นมา ซึ่งจะทำให้ได้สีไม่ถูกต้อง บางครั้งสีที่ได้จะใกล้เคียงมาตรฐานมาก พยายามเทียบให้ได้ว่าแก่กว่าหรืออ่อนกว่า

5.2 สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นสารที่มีพิษทำให้เกิดการไหม้ที่ผิวหนังและเยื่ออ่อนต่าง ๆ เช่น ตา ปาก จมูก ถ้าสัมผัสถูกต้องรีบล้างบริเวณนั้นด้วยน้ำสะอาดและทาด้วยน้ำส้มสายชู (Vineger)

6. **หนังสืออ้างอิง**

6.1 วิธีทดลองหา ORGANIC IMPURITIES กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

6.2 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAYOFFICIALS. “STANDARD SPECIFICATION FOR HIGHWAY MATERIALS AND METHOD OF SAMPLING AND METHOD OF SAMPLING AND TESTING” AASHO T 21

6.3 THE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM STANDARD : C 40-84

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ผู้รับจ้าง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แห่งที่.....	บท. มถ.(ท) 101.1.2-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาส่วนคละของวัสดุมวลรวม** แหล่งวัสดุ..... ชั้นคุณภาพ.....	**ทะเบียนทดสอบ.....** **ผู้ทดสอบ** **ผู้ตรวจสอบ** **อนุมัติ**

การทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปน

สีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบ

( ) สีอ่อนกว่าสีมาตรฐาน
( ) สีใกล้เคียงสีมาตรฐาน
( ) สีแก่กว่าสีมาตรฐาน

สรุปผลการทดสอบ

( ) เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานได้
( ) ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน

มถ.(ท) 101.4-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าความดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุขนาดเม็ดโตกว่า 4.75 มม. แบบบัลค์ (Bulk Specific Gravity) และแบบแอพแพเรนท์ (Apparent Specific Gravity) และการหาค่าความดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย

2.1.1 เครื่องชั่ง เป็นเครื่องชั่งแบบสมดุล (Balance) ที่สามารถชั่งวัสดุได้ไม่น้อยกว่า 5 กิโลกรัม และสามารถอ่านได้ละเอียดถึง 0.5 กรัม

2.1.2 ตะกร้าลวดตาข่าย (Wire Basket) เป็นตะกร้าลวดตาข่ายที่มีช่องขนาด 2.00-3.00 มิลลิเมตร เป็นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 200 มิลลิเมตร และสูงประมาณ 200 มิลลิเมตร หรือมีขนาดบรรจุประมาณ 4,000 ถึง 7,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.1.3 ถังบรรจุน้ำ เป็นถังที่มีขนาดใหญ่พอที่จะนำเอาตะกร้าลวดตาข่ายใส่ลงไปได้ เพื่อทำการชั่งน้ำหนักวัสดุในน้ำได้ และจะต้องมีรูระบายน้ำตอนบน เพื่อรักษาระดับน้ำให้คงที่

2.1.4 ภาชนะขนาดใหญ่ พอที่จะแช่วัสดุประมาณ 5 กิโลกรัมไว้ในน้ำได้ โดยวัสดุทุกก้อนจะต้องจมอยู่ใต้ระดับน้ำทั้งหมด

2.1.5 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110$\pm$5 องศาเซลเซียส

2.2 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 101.4-2550 : วิธีการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าความดูดซึมน้ำ ของวัสดุมวลรวมหยาบ

2.3 การเตรียมตัวอย่าง

นำวัสดุมาทำการเลือกตัวอย่างวัสดุ โดยวิธีแบ่งสี่ (Quartering) หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) แล้วจึงนำตัวอย่างที่เลือกได้มาทำการร่อนผ่านตะแกรง เบอร์ 4 (4.75 ม.ม.) นำเฉพาะวัสดุตัวอย่างที่ค้างบนตะแกรง เบอร์ 4 หนักประมาณ 5 กิโลกรัม มาทดสอบต่อไป

2.4 **การทดสอบ**

2.4.1 นำวัสดุที่เตรียมได้จาก ข้อ 2.3 มาทำการล้างให้ฝุ่นหรือสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามผิวของวัสดุออกให้หมด แล้วจึงนำมาอบให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิปกติ แล้วจึงนำไปแช่น้ำในภาชนะที่เตรียมไว้เป็นเวลา 24±4 ชั่วโมง

2.4.2 นำวัสดุขึ้นจากน้ำ วางบนผ้าซับน้ำ แล้วคลึงเช็ดวัสดุด้วยผ้าซับน้ำจนกระทั่งน้ำที่เคลือบอยู่บนผิววัสดุ (Visible Film) ออกจนหมด ทำการชั่งหาน้ำหนักวัสดุทันที จะเป็นน้ำหนักในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) ในอากาศ การชั่งให้ชั่งละเอียดถึง 0.5 กรัม และระวังอย่าให้เกิดการระเหยในระหว่างการเช็ดผิววัสดุให้แห้งและการชั่งน้ำหนัก

2.4.3 นำวัสดุที่ได้จากข้อ 2.4.2 ไปชั่งในถังใส่น้ำ โดยใส่วัสดุไว้ในตะกร้าลวดตาข่าย น้ำหนักที่อ่านได้ คือน้ำหนักของวัสดุในน้ำ

2.4.4 นำวัสดุไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักวัสดุอบแห้ง

3. **การคำนวณ**

3.1 ความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ (สภาพอบแห้ง) $= \dfrac{W1}{W2 - W3}$

3.2 ความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ (สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง) $= \dfrac{W2}{W2 - W3}$

3.3 ความถ่วงจำเพาะแบบแอพแพเรนท์ $= \dfrac{W1}{W1 - W3}$

3.4 ความดูดซึมน้ำ $= \dfrac{(W2 - W1)}{W1} \times 100\%$

W1 = น้ำหนักวัสดุอบแห้งในอากาศ, เป็นกรัม
W2 = น้ำหนักวัสดุในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) เป็นกรัม
W3 = น้ำหนักวัสดุเพื่อทำการชั่งในน้ำ, เป็นกรัม

อนึ่งการคำนวณค่าของความถ่วงจำเพาะให้ใช้ถึงทศนิยม 3 ตำแหน่ง สำหรับการคำนวณค่าความดูดซึมน้ำให้ใช้ถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง

4. การรายงานผล

ให้รายงานผลตามแบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 101.4-2550 : วิธีการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมหยาบ

5. เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

ค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวมหยาบที่ใช้ในงานคอนกรีต ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 2.40

6. ข้อควรระวัง

6.1 การเช็ดน้ำที่เคลือบอยู่บนผิววัสดุ และการชั่งน้ำหนักวัสดุในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) ให้กระทำอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการระเหยของน้ำ

6.2 การชั่งวัสดุในน้ำ ถ้าเกิดมีฟองอากาศเกาะอยู่ตามผิววัสดุ ให้ทำการเขย่าตะกร้าลวดตาข่ายขณะที่ทำการจุ่มตะกร้าลงในน้ำให้ฟองอากาศลอยขึ้นจนหมดเสียก่อน

6.3 ในการนำวัสดุมาทำการอบแห้ง เพื่อหาน้ำหนักวัสดุอบแห้งในอากาศ ต้องคอยระวังเอาวัสดุออกจากตะกร้าลวดตาข่าย

7. เอกสารอ้างอิง

7.1 THE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM DESIGNATION : C 127-84

7.2 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS, AASHO T 85-70

7.3 STATE OF CALIFORNAI, DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS, DIVISION OF HIGHWAYS “MATERIAL MANUAL OF TESTING AND CONTROL PROCEDURES” VOL. I TEST METHOD NO. CALIF. 206-C

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	บฟ. มถ.(ท) 101.4-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าความดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมหยาบ	ทะเบียนทดสอบ..... ผู้ทดสอบ / ผู้ตรวจสอบ / อนุมัติ

วัสดุ.....

แหล่งวัสดุ.....

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง 1	2	3	4
น้ำหนักของวัสดุอบแห้ง (W1) gm				
น้ำหนักของวัสดุอิ่มตัวผิวแห้ง (W2) gm				
น้ำหนักของวัสดุในน้ำ (W3) gm				
ความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ (สภาพอบแห้ง) $= \frac{W1}{W2-W3}$				
ความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ (สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง) $= \frac{W2}{W2-W3}$				
ความถ่วงจำเพาะแบบแอพแพเรนท์ $= \frac{W1}{W1-W3}$				
ความดูดซึมน้ำ $= \frac{(W2-W1)}{W1} \times 100\%$				

หมายเหตุ :

มถ.(ท) 101.5-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมละเอียด (Fine Aggregate)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาค่าความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ (Bulk Specific Gravity) และแบบแอพแพเรนท์ (Apparent Specific Gravity) และเป็นการหาค่าความดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ของวัสดุมวลรวมละเอียดในงานผสมคอนกรีต

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย

2.1.1 เครื่องชั่ง เป็นเครื่องชั่งที่สามารถชั่งวัสดุได้ไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม และสามารถอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

2.1.2 ขวดทดสอบ (Flask) ขนาดความจุประมาณ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ได้ทำการสอบเทียบ (Calibration) แล้วที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

2.1.3 แบบรูปกรวย (Conical Mold) ทำด้วยโลหะมีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านบนเท่ากับ 1.5 นิ้ว และมีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านล่างเท่ากับ 3.5 นิ้ว และมีความสูงเท่ากับ 2 7/8 นิ้ว

2.1.4 เหล็กกระทุ้ง (Tamping Rod) ทำด้วยโลหะมีน้ำหนัก 0.34 กิโลกรัม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) และปลายที่ใช้กระทุ้งมีลักษณะมน

2.2 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 101.5-2550 : วิธีการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความดูดซึมน้ำ ของวัสดุมวลรวมละเอียด

2.3 การเตรียมตัวอย่าง

นำวัสดุมวลรวมละเอียดที่จะนำมาทดสอบ มาทำการเลือกตัวอย่างวัสดุโดยวิธีแบ่งสี่ (Quartering) ให้ได้น้ำหนักวัสดุตัวอย่างประมาณ 1 กิโลกรัม แล้วนำมาอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 110$\pm$5 องศาเซลเซียส ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องปกติ จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาทำการแช่น้ำในภาชนะที่เตรียมไว้เป็นเวลา 24$\pm$4 ชั่วโมง

2.4 การทดสอบ

2.4.1 วิธีการทดสอบหาสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) ของวัสดุมวลรวมละเอียด นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ในข้อ 2.3 ขึ้นจากน้ำ เพื่อผึ่งลมหรือเป่าด้วยลมร้อน

2.4.2 นำตัวอย่างที่เริ่มผิวแห้ง ใส่ในแบบรูปกรวยพอหลวม ๆ และใช้เหล็กกระทุ้ง กระทุ้ง

25 ครั้ง ตรง ๆ แล้วจึงค่อย ๆ ดึงกรวยขึ้น ถ้าวัสดุมวลรวมละเอียดยังคงรูปอยู่ก็ให้ทำการทดสอบซ้ำใหม่ โดยผึ่งตัวอย่างหรือเป่าลมร้อนให้น้ำระเหยออกอีก จนกระทั่งเมื่อดึงกรวยออกตรง ๆ ถ้าวัสดุมวลรวมละเอียดเริ่มทะลาย ให้ถือเป็นสภาวะอิ่มตัวผิวแห้งของวัสดุมวลรวมละเอียด

2.4.3 วิธีทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวมละเอียด ซึ่งน้ำหนักของขวดทดสอบและนำตัวอย่างวัสดุมวลรวมละเอียดในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง ที่ได้จากข้อ 2.4.2 มา 500 กรัม

2.4.4 ใส่วัสดุมวลรวมละเอียดลงในขวดทดสอบแล้วเติมน้ำถึงขีดที่ กำหนดปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร กลิ้งขวดทดสอบไปมาบนพื้นราบให้ฟองอากาศลอยขึ้นให้หมด แล้วนำมาแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิคงที่ 20 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง

2.4.5 เติมน้ำในขวดทดสอบ จนถึงขีดบอกปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร อีกครั้ง แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนัก นำวัสดุมวลรวมละเอียดออกจากขวด แล้วนำไปอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก

3. การคำนวณ

3.1 ความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ (สภาพอบแห้ง) $= \dfrac{W4}{500-(W3-W2-W1)}$

3.2 ความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ (สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง) $= \dfrac{W2}{500-(W3-W2-W1)}$

3.3 ความถ่วงจำเพาะแบบแอพแพเรนท์ $= \dfrac{W4}{500-(W3-W2-W1)-(W2-W4)}$

3.4 ความดูดซึมน้ำ $= \dfrac{W2-W4}{W4} \times 100\%$

เมื่อ W1 = น้ำหนักของขวดทดสอบ, เป็นกรัม
W2 = น้ำหนักวัสดุมวลรวมละเอียดในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (500 กรัม)
W3 = น้ำหนักขวดทดสอบ + น้ำ + วัสดุมวลรวมละเอียด, เป็นกรัม
W4 = น้ำหนักของวัสดุมวลรวมละเอียดอบแห้ง, เป็นกรัม

อนึ่ง การคำนวณค่าของความถ่วงจำเพาะให้ใช้ถึงทศนิยม 3 ตำแหน่ง และสำหรับการคำนวณค่าความดูดซึมน้ำให้ใช้ถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง การชั่งน้ำหนักทุกครั้งให้ละเอียด ถึง 0.1 กรัม

4. การรายงานผล

ให้รายงานผลตามแบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 101.5-2550 : วิธีการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความดูดซึมน้ำ ของวัสดุมวลรวมละเอียด

5. เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

ค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวมละเอียด ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 2.40

6. ข้อควรระวัง

6.1 เมื่อทำการชั่งน้ำหนักต้องกระทำในขณะที่มีอุณหภูมิสม่ำเสมอ

6.2 ต้องระมัดระวังมิให้วัสดุมวลรวมละเอียดสูญหายไปในระหว่างเทลงในภาชนะเพื่ออบให้แห้ง

6.3 การชั่งขวดทดสอบต้องคอยระวังให้ระดับน้ำในขวดอยู่ที่ขีดบอกปริมาตรเสมอ และต้องเช็ดน้ำจากภายนอกขวดให้หมดทุกครั้งก่อนการชั่ง

7. เอกสารอ้างอิง

7.1 THE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM DESIGNATION : C 128-84

7.2 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS, AASHO T -100

7.3 LAMBE T.W., 1957 “SOIL TESTING FOR ENGINEERS” JOHN WILEY AND SONS, NEW YORK.

โครงการ.....	บฟ. มถ.(ท) 101.5-2550	ทะเบียนทดสอบ.....	
..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าความดูดซึมน้ำ ของวัสดุมวลรวมละเอียด**	ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		อนุมัติ	

วัสดุ……

แหล่งวัสดุ……..

คุณลักษณะ			ตัวอย่าง 1	2	3	4
น้ำหนักของขวดทดสอบ	(W1)	gm.				
น้ำหนักของวัสดุอิ่มตัวผิวแห้ง	(W2)	gm.				
น้ำหนักของขวดทดสอบ + น้ำ + วัสดุ	(W3)	gm.				
น้ำหนักของวัสดุอบแห้ง	(W4)	gm.				
ความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ (สภาพอบแห้ง)	$= \frac{W4}{500-(W3-W2-W1)}$					
ความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ (สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง)	$= \frac{W2}{500-(W3-W2-W1)}$					
ความถ่วงจำเพาะแบบแอพแพเรนท์	$= \frac{W4}{500-(W3-W2-W1)-(W2-W4)}$					
ความดูดซึมน้ำ	$= \frac{W2-W4 \times 100\%}{W4}$					

หมายเหตุ :

มถ.(ท) 101.6-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของวัสดุมวลรวม(Aggregate)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาค่าความชื้น (Total Moisture Content) ของวัสดุมวลรวมทั้งชนิดมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด โดยการอบให้แห้ง

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ ที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย

2.1.1 เครื่องชั่ง เป็นเครื่องชั่งที่สามารถชั่งวัสดุให้มีความละเอียดถึงร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

2.1.2 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110±5 องศาเซลเซียส

2.1.3 กระป๋องใส่ตัวอย่าง (Sample Container) เป็นกระป๋องโลหะที่ไม่ทำปฏิกริยาใด ๆ เมื่อถูกความร้อน และมีขนาดพอเหมาะที่จะใส่ตัวอย่างนั้น ๆ

2.2 แบบฟอร์ม ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ.มถ.(ท)101.6-2550 : วิธีการทดสอบหาค่าความชื้นของวัสดุมวลรวม

2.3 การเตรียมตัวอย่าง นำตัวอย่างที่ต้องการทำการทดสอบ (ระวังอย่าให้ความชื้นระเหยไปก่อนทำการทดสอบ) มาทำการเลือกตัวอย่างด้วยวิธีแบ่งสี่ (Quartering) ประมาณให้ได้ตัวอย่างเมื่อแห้งแล้วไม่น้อยกว่าที่กำหนดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ขนาดของตัวอย่าง (ผ่านตะแกรง)		น้ำหนักตัวอย่างกิโลกรัม (kg)
นิ้ว (in)	มิลลิเมตร (mm.)	
เบอร์ 4	4.75	0.5
3/8	9.50	1.5
1/2	12.5	2
3/4	19.0	3
1	25.0	4
1 1/2	37.5	6
2	50.0	8
2 1/2	63.0	10
3	75.0	13
3 1/2	90.0	16
4	100.0	25
6	150.0	50

2.4 **การทดสอบ**

2.4.1 ทำการชั่ง กระป๋องใส่ตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วนำตัวอย่าง ที่เตรียมได้จากข้อ 2.3 นำมาใส่ในกระป๋องใส่ตัวอย่าง เพื่อนำขึ้นชั่งหาน้ำหนัก โดยชั่งให้มีความละเอียดถึงร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักที่ทำการชั่ง

2.4.2 นำกระป๋องใส่ตัวอย่างที่บรรจุวัสดุมวลรวมที่ต้องการหาค่าปริมาณความชื้นเข้าเตาอบ เพื่ออบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 15±4 ชั่วโมง

2.4.3 นำกระป๋องใส่ตัวอย่างที่อบแห้งแล้วนำมาชั่งหาน้ำหนัก โดยชั่งให้มีความละเอียดถึงร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักตัวอย่าง

3. **การคำนวณ**

ค่าความชื้นของวัสดุมวลรวม สามารถหาได้ ดังนี้

ร้อยละความชื้น (Total Moisture Content)

$$\text{ของวัสดุมวลรวม} = \frac{W2-W3}{W3-W1} \times 100\%$$

เมื่อ W1 = น้ำหนักของกระป๋องในตัวอย่าง (Sample Container), เป็นกรัม

W2 = น้ำหนักของกระป๋อง + วัสดุมวลรวมเปียก, เป็นกรัม

W3 = น้ำหนักของกระป๋อง + วัสดุมวลรวมอบแห้ง, เป็นกรัม

การคำนวณร้อยละความชื้นของวัสดุมวลรวม ให้มีความละเอียดถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง

4. **การรายงานผล**

ให้รายงานผลตามแบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 101.6-2550 : วิธีการทดสอบหาค่าความชื้นของวัสดุมวลรวม

5. **ข้อควรระวัง**

5.1 ในระหว่างการชั่งน้ำหนักต้องรีบกระทำ เพื่อมิให้น้ำระเหยไปในระหว่างการทดสอบ

5.2 ทำความสะอาดกระป๋องใส่ตัวอย่างให้สะอาดและแห้งสนิทก่อนการทดสอบทุกครั้ง

6. เอกสารอ้างอิง

THE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM DESIGNATION : C 566-84

โครงการ.....	**บฟ. มถ.(ท) 101.6-2550**	**ทะเบียนทดสอบ**.....	
.....			
สถานที่ก่อสร้าง.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)	ผู้ทดสอบ	
.....	**การทดสอบหาค่าความชื้น**		
ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง.....	**ของวัสดุมวลรวม**	ผู้ตรวจสอบ	
ชนิดตัวอย่าง.....**ทดสอบครั้งที่**.....			
ทดสอบวันที่.....**แผ่นที่**.....		อนุมัติ	

วัสดุ.....

แหล่งวัสดุ.....

คุณลักษณะ			ตัวอย่าง 1	2	3	4
น้ำหนักของกระป๋องใส่ตัวอย่าง	W1	gm.				
น้ำหนักของกระป๋อง + วัสดุมวลรวมเปียก	W2	gm.				
น้ำหนักของกระป๋อง + วัสดุมวลรวมอบแห้ง	W3	gm.				
ร้อยละความชื้นของมวลรวม	$= \frac{(W2-W3)}{W3-W1} \times 100\%$					

หมายเหตุ :

มถ.(ท) 101.7-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าก้อนดินเหนียว (Clay Lump)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ ครอบคลุมถึงการหาค่าของก้อนดินเหนียว และวัสดุร่วน (Friable) ที่ปะปนในวัสดุมวลรวม (Aggregate)

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

2.1.1 เครื่องชั่ง ชั่งได้ละเอียดถึงร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักของตัวอย่าง

2.1.2 ภาชนะบรรจุ เป็นภาชนะที่ไม่เป็นสนิม และมีขนาดกว้าง

2.1.3 ตะแกรงมาตรฐาน ขนาด 37.5 มิลลิเมตร ($1\ ^1/_2$ นิ้ว), 19 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว), 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว), เบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร), เบอร์ 16 (1.18 มิลลิเมตร)

2.1.4 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 110 $\pm$ 5 องศาเซลเซียส

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

2.2.1 ตัวอย่างจะต้องอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 $\pm$ 5 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

2.2.2 ตัวอย่างของวัสดุมวลรวมละเอียดที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรง เบอร์ 16 (1.18 มิลลิเมตร) ควรหนักไม่น้อยกว่า 25 กรัม

2.2.3 ตัวอย่างของวัสดุมวลรวมหยาบ ควรมีขนาดกระจาย และมีน้ำหนักของวัสดุมวล ไม่น้อยกว่าที่กำหนดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ขนาดของเม็ดตัวอย่างที่นำมาทดสอบ	น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)
4.75 – 9.5 มม. (เบอร์ 4 – 3/8 นิ้ว)	1000
9.5 – 19.0 มม. (3/8 – $^3/_4$ นิ้ว)	2000
19.0 – 37.5 มม. (3/4 – $1\ ^1/_2$ นิ้ว)	3000
มากกว่า 37.5 มม. ($1\ ^1/_2$ นิ้ว)	5000

2.2.4 ในกรณีที่ตัวอย่างมีทั้งวัสดุมวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) และมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) ให้ร่อนผ่านตะแกรง เบอร์ 4 (4.75 มม.) ถ้าค้างตะแกรง เบอร์ 4 เป็นวัสดุมวลรวมหยาบที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 4 เป็นวัสดุมวลรวมละเอียด จากนั้นนำตัวอย่างไปทำตามข้อ 2.4.1 และ 2.4.2 ต่อไป

2.3 แบบฟอร์ม ให้บันทึกผลการทดสอบในแบบฟอร์มเลขที่ บฟ. มถ.(ท) 101.7-2550 : วิธีการทดสอบหาค่าก้อนดินเหนียว

2.4 การทดสอบ

2.4.1 นำตัวอย่างมาแผ่กระจายในภาชนะให้บาง เทน้ำท่วมตัวอย่างแช่ไว้เป็นเวลา 24±4 ชั่วโมง จากนั้นใช้นิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ค่อย ๆ บีบหรือกลิ้งบนนิ้วมือ เพื่อทำให้เม็ดของตัวอย่างหลุดออกจากกัน อย่าใช้เล็บหรือวัสดุแข็งอื่น ๆ จากนั้นนำไปร่อนผ่านตะแกรงดังตารางที่ 2 โดยวิธีล้าง

ตารางที่ 2

ขนาดของเม็ดตัวอย่างที่นำมาทดสอบ	ขนาดของตะแกรง สำหรับแยกส่วนเป็นเม็ดดินเหนียวและเม็ดวัสดุร่วน
1.18 มม. (เบอร์ 16)	850 ไมโครเมตร (เบอร์ 20)
4.75 – 9.5 มม. (เบอร์ 4 – 3/8 นิ้ว)	2.36 มม. (เบอร์ 8)
9.5 – 19.0 มม. (3/8 – $^{3}/_{4}$ นิ้ว)	4.75 มม. (เบอร์ 4)
19.0 – 37.5 มม. (3/4 – 1 $^{1}/_{2}$ นิ้ว)	4.75 มม. (เบอร์ 4)
มากกว่า 37.5 มม. (1 $^{1}/_{2}$ นิ้ว)	4.75 มม. (เบอร์ 4)

2.4.2 นำตัวอย่างที่ค้างบนตะแกรงแต่ละตะแกรงไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส แล้วนำไปชั่งน้ำหนักให้ละเอียดร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักตัวอย่าง (ก่อนนำไปอบควรนำวัสดุมวลรวมออกจากตะแกรงให้หมดเสียก่อน โดยการล้างแล้วจึงไปอบให้แห้ง)

3. **การคำนวณ**

3.1 ในการหาค่าร้อยละของก้อนดินเหนียว และวัสดุร่วนนั้น จะหาค่าร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุดินร่วนแต่ละตะแกรงเท่านั้น

$$P = [(W - R) / W] \times 100$$

P = ค่าร้อยละก้อนดินเหนียวและวัสดุร่วนของวัสดุมวลรวม

R = น้ำหนักของวัสดุมวลรวมค้างตะแกรง เบอร์ N จากข้อ 2.4.2 (น้ำหนักหลังการทดลองในข้อ 2)

W = น้ำหนักของวัสดุมวลรวมที่ค้างตะแกรง เบอร์ N จากข้อ 2.2.2 และ 2.2.3 (น้ำหนักก่อนการทดสอบในข้อ 2)

N = ตะแกรงเบอร์ที่กำลังพิจารณา

3.2 ในกรณีของวัสดุมวลรวมหยาบ หลังจากทำการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุแล้วถ้าตัวอย่างในตะแกรง มีน้ำหนักน้อยกว่าร้อยละ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักในข้อ 2.4.1 ไม่จำเป็นต้องนำมาทดสอบให้เอาค่าร้อยละของส่วนที่เป็นเม็ดดินเหนียวและวัสดุร่วนของ ตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่ามาใช้แทนได้

4. การรายงานผล

ให้รายงานผลในแบบฟอร์ม โดยให้มีความละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 2 ลงใน บฟ. มถ.(ท) 101.7-2550 : วิธีการทดสอบหาค่าก้อนดินเหนียว

5. เกณฑ์ตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

ค่าร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุร่วน ของวัสดุมวลรวมที่ใช้ในงานคอนกรีตต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 3

6. หนังสืออ้างอิง

6.1 THE AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS, ASTM STANDARD : C 142-78

โครงการ..... **.....** **สถานที่ก่อสร้าง.....** **ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง.....** **ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....** **ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....**	**บฟ. มถ.(ท) 101.7-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าก้อนดินเหนียว (Clay Lump)**	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		อนุมัติ	

ชนิดตัวอย่าง……..

ขนาดของตัวอย่าง…… มม. ถึง …… มม.

น้ำหนักแห้ง (W) = …….. กรัม

ขนาดของตะแกรง สำหรับร่อนดินเหนียวและวัสดุร่วน…….. มม.

น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง(R)……กรัม

ร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุร่วน **(P) = [(W – R) / W] x 100**

P (ร้อยละ) = ...

มถ.(ท) 102-2550
มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตในหน้างาน และการนำไปบำรุงรักษา

1. ขอบข่าย

มาตรฐานนี้ครอบคลุมถึงการจัดเก็บตัวอย่างคอนกรีตในหน้างาน และการนำไปบำรุงรักษาเพื่อใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต(Compressive Strength of Concrete) และการรับแรงดัดของคอนกรีต (Flexural Strength of concrete)

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบด้วย

2.1.1 แบบหล่อมาตรฐาน เป็นแบบโลหะแข็งแรง คงรูป เมื่อประกอบยึดเป็นรูปแบบแล้ว ต้องสนิทน้ำปูนรั่วไหลไม่ได้และไม่เสียรูปทรงขณะทำการหล่อก้อนตัวอย่าง หรือเคลื่อนย้าย หรือเป็นวัสดุอื่นที่ไม่ดูดซึมน้ำและไม่ทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ มีขนาดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(ก) สำหรับการทดสอบความต้านแรงอัด

(1) ลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 เซนติเมตร ใช้สำหรับคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) ขนาดโตกว่า 1.9 เซนติเมตร(3/4 นิ้ว) แต่ไม่เกิน 5 เซนติเมตร (2 นิ้ว)

(2) ลูกบาศก์ ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ใช้สำหรับคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบขนาดเล็กกว่า 1.9 เซนติเมตร (3/4 นิ้ว)

(3) ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร (6 นิ้ว) สูง 30 เซนติเมตร (12 นิ้ว) ใช้สำหรับคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลหยาบขนาดโต ไม่เกิน 5 เซนติเมตร (2 นิ้ว)

(4) ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร (8 นิ้ว) สูง 40 เซนติเมตร (16 นิ้ว) แต่ไม่เกิน 6.25 เซนติเมตร ($2\ ^{1}/_{2}$ นิ้ว) แต่สำหรับมวลรวมหยาบที่ใหญ่กว่านี้เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกระบอกไม่ควรจะน้อยกว่า 3 หรือ 4 เท่าของขนาดใหญ่ที่สุดของมวลหยาบ

(ข) สำหรับการทดสอบการรับแรงดัด

(1) ชิ้นตัวอย่างคอนกรีตสำหรับการทดสอบแรงดัด ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปคาน ควรจะมีขนาดลึกอย่างน้อย 15 เซนติเมตร และกว้าง 15 เซนติเมตร สำหรับมวลรวมหยาบที่มีขนาดใหญ่ที่สุด 5 เซนติเมตร (2 นิ้ว) หรือน้อยกว่านั้น สำหรับมวล

รวมหยาบขนาดใหญ่กว่านี้ ขนาดภาคตัดที่น้อยที่สุดไม่ควรจะน้อยกว่า 3 เท่าของขนาดใหญ่ที่สุดของมวลรวมหยาบ สำหรับการทดสอบแบบคานจะใช้น้ำหนักกดลงตรงจุดแบ่งสาม ตามการทดสอบการรับแรงดัด มถ.(ท) 105.2 : มาตรฐานการรับแรงดัดของคอนกรีตคานนั้นต้องมีช่วงคาน (Span Length) ประมาณ 3 เท่า ของด้านลึกที่ใช้ทดสอบ (ด้านข้าง) และความยาวของคานต้องยาวกว่าช่วงคานอย่างน้อย 5 เซนติเมตร (2 นิ้ว)

ความเบี่ยงเบนจากขนาดที่กำหนดจะต้องไม่เกิน 3.2 มิลลิเมตร สำหรับขนาดกว้างหรือลึกเกิน 15 เซนติเมตร (6 นิ้ว) ขึ้นไป และไม่เกิน 1.6 มิลลิเมตร สำหรับขนาดเล็กกว่านั้น

2.1.2 เหล็กกระทุ้ง (Tamping Rod)

(ก) แท่งเหล็กหนัก 1.8 กก. (4 ปอนด์) ยาว 375 มิลลิเมตร (15 นิ้ว) ปลายที่ใช้กระทุ้งคอนกรีตมีลักษณะมน ขนาด 625 ตารางมิลลิเมตร (1 ตารางนิ้ว) สำหรับการหล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีตรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

(ข) แท่งเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร (5/8 นิ้ว) ยาวประมาณ 610 มิลลิเมตร (24 นิ้ว) ปลายที่ใช้กระทุ้งคอนกรีตมีลักษณะมนสำหรับการหล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก และตัวอย่างคอนกรีตรูปคาน

2.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

2.2.1 เกณฑ์ในการเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อการทดสอบ ให้เก็บทุกวันเมื่อมีการทดสอบคอนกรีตและอย่างน้อยต้องเก็บ 3 ก้อน เพื่อทดสอบกำลังคอนกรีตเมื่ออายุ 28 วัน โดยใช้วิธีการเก็บดังนี้

(ก) ให้เก็บเมื่อหล่อคอนกรีตแต่ละส่วนของโครงสร้าง เช่น ฐานราก เสา คาน และพื้น

(ข) เก็บทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีตทุก ๆ 50 ลูกบาศก์เมตร และเศษของ 50 ลูกบาศก์เมตร

(ค) เก็บทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแหล่งทราย หรือหิน-กรวด

2.2.2 การเก็บตัวอย่างจากลักษณะการผสม กระทำ ดังนี้

(ก) จากเครื่องผสม (โม่) ที่ประจำอยู่ในที่ก่อสร้างให้เก็บตัวอย่างจากประมาณตอนกลาง ๆ ของปริมาณคอนกรีตที่เทลงในภาชนะรองรับ (กระบะหรือรถเข็นปูน)

(ข) จากเครื่องผสมสำหรับทำพื้นถนน ให้เก็บหลังจากที่เครื่องผสมได้เทคอนกรีตลงบนพื้นที่เตรียมไว้ โดยเก็บตัวอย่างคอนกรีตจากหลาย ๆ แห่งพอที่จะใช้เป็นตัวแทนได้

(ค) จากเครื่องผสมแบบถังหมุนตั้งบนรถบรรทุก (Ready Mixed Concrete) เก็บตัวอย่างคอนกรีต อย่างน้อย 3 ส่วน เป็นระยะ ๆ อย่างสม่ำเสมอตลอดเวลาที่ปล่อยคอนกรีตในรถผสมลงสู่ภาชนะที่รองรับ

2.3 การทดสอบ

2.3.1 การหล่อชิ้นตัวอย่างคอนกรีต

2.3.1.1 ก่อนหล่อแท่งคอนกรีตจะต้องทำความสะอาดแบบหล่อให้เรียบร้อย ทาน้ำมันให้ทั่วบริเวณที่จะสัมผัสกับคอนกรีต

2.3.1.2 ต้องทำการทดสอบค่าความยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) ทุกครั้งตาม มถ.(ท) 103.1 : มาตรการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต ก่อนเริ่มการหล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีตมาตรฐาน

2.3.1.3 การหล่อคอนกรีตต้องกระทำโดยเร็ว ให้แล้วเสร็จภายใน 15 นาที นับตั้งแต่เริ่มเก็บตัวอย่าง

2.3.1.4 ทำการเทคอนกรีตลงในแบบหล่อและทำการกระทุ้ง ดังรายละเอียด ดังนี้

(ก) สำหรับตัวอย่างคอนกรีตสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 เซนติเมตร ให้ใช้เหล็กกระทุ้งตามข้อ 2.1.2 (ก) โดยบรรจุคอนกรีต 3 ชั้น ชั้นละประมาณ 5 เซนติเมตร แต่ละชั้นกระทุ้ง 35 ครั้ง เมื่อค่าความยุบตัวน้อยกว่า 3.75 เซนติเมตร ($1\ ^{1}/_{2}$ นิ้ว) และ 25 ครั้ง เมื่อมีค่าการยุบตัวตั้งแต่ 3.75 เซนติเมตร ขึ้นไป

(ข) สำหรับตัวอย่างคอนกรีตสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ให้ใช้เหล็กกระทุ้งตามข้อ 2.1.2 (ก) โดยบรรจุคอนกรีต 3 ชั้น ชั้นละเท่า ๆ กัน แต่ละชั้นกระทุ้ง 25 ครั้ง

(ค) สำหรับตัวอย่างคอนกรีต รูปทรงกระบอก ขนาด 15x30 เซนติเมตร ให้ใช้เหล็กกระทุ้งตามข้อ 2.1.2 (ข) โดยบรรจุคอนกรีต 3 ชั้น ชั้นละประมาณ 10 เซนติเมตร แต่ละชั้นกระทุ้ง 25 ครั้ง

สำหรับตัวอย่างคอนกรีต รูปทรงกระบอก ขนาด 20x40 เซนติเมตร ให้ใช้เหล็กกระทุ้งตามข้อ 2.1.2 (ข) โดยบรรจุคอนกรีต 3 ชั้น ชั้นละเท่า ๆ กัน แต่ละชั้นกระทุ้ง 50 ครั้ง

(ง) สำหรับตัวอย่างคอนกรีตรูปคานขนาดความลึกตั้งแต่ 15 เซนติเมตร ถึง 20 เซนติเมตร ให้ใช้เหล็กกระทุ้งตามข้อ 2.1.2 (ข) โดยบรรจุคอนกรีต 2 ชั้น ชั้นละเท่า ๆ กัน แต่ละชั้นกระทุ้ง 50 ครั้งทุก ๆ พื้นที่ตามแนวราบ 930 ตารางเซนติเมตร

(จ) สำหรับตัวอย่างคอนกรีตรูปคาน ขนาดความลึก 20 เซนติเมตร ขึ้นไป ให้ใช้เหล็กกระทุ้งตามข้อ 2.1.2 (ข) โดยบรรจุคอนกรีต 3 ชั้น ชั้นละเท่า ๆ กัน แต่ละชั้นกระทุ้ง 50 ครั้ง ทุก ๆ พื้นที่ ตามแนวราบ 930 ตารางเซนติเมตร

2.3.1.5 ในขณะที่กำลังบรรจุคอนกรีตลงแบบนั้น ต้องเทคอนกรีตจากทิศทางต่าง ๆ กัน เพื่อมิให้มวลรวมหยาบรวมตัวอยู่ด้านเดียว ผู้ปฏิบัติการต้องแก้การแยกแยะของมวลรวมหยาบที่ปรากฏชัดเจน ถ้าจำเป็นอาจจะใช้มือก็ได้

2.3.1.6 ต้องปาดคอนกรีตที่ล้นปากแบบหล่อออกให้เสมอปากแบบหล่อด้วยเครื่องมือขอบตรง และแต่งผิวหน้าด้วยเกรียงให้เรียบ แล้วปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง ให้ผิวหน้าคอนกรีตตัวอย่างแข็งตัวพอหมาด ๆ จึงเขียนเครื่องหมายหรือวันเดือนปี ที่ทำการหล่อบนหน้าคอนกรีตไว้เป็นหลักฐาน

2.3.2 การบ่มและการบำรุงรักษาก้อนตัวอย่างคอนกรีต

2.3.2.1 การบ่มระยะแรก เมื่อทำการหล่อก้อนคอนกรีตตัวอย่างตามข้อ 2.3.2 แล้ว ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมงแรก ตัวอย่างที่ทำในสนามที่จะบ่มตามแบบมาตรฐานนั้น ให้เก็บรักษาคอนกรีตตัวอย่างไว้ในหีบที่สร้าง และติดตั้งไว้ที่หน้างาน อุณหภูมิของอากาศ เมื่อบรรจุชิ้นตัวอย่างคอนกรีตไว้จะอยู่ระหว่าง 16-27 องศาเซลเซียส (60-80 องศาฟาเรนไฮซ์) หรือจะใช้วิธีอื่นที่จะให้มีสภาพอุณหภูมิเช่นเดียวกันก็ได้ ในการทำการบ่มควรระมัดระวังห้ามกระทบกระแทกหรือสั่นสะเทือนแบบหล่อ

2.3.2.2 การบ่มในระยะต่อไป เมื่อก้อนคอนกรีตตัวอย่างมีอายุครบ 24 ชั่วโมง แล้วให้นำชิ้นตัวอย่างออกจากแบบด้วยความระมัดระวังอย่าให้ก้อนคอนกรีตตัวอย่างถูกกระทบกระแทกหรือชำรุดเสียหายแล้วทำการบ่ม โดยการนำไปแช่ในน้ำปูนขาวอิ่มตัว โดยให้น้ำปูนขาวอิ่มตัวหล่ออยู่ทุก ๆ ด้านของก้อนตัวอย่างคอนกรีตตลอดเวลาหรือจะบ่มโดยคลุมปิดในทรายชื้น หรือกรรมวิธีอื่นที่เหมาะสมเพื่อรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 23$\pm$1.7 องศาเซลเซียส (73.4$\pm$3 องศาฟาเรนไฮซ์) จนกว่าจะถึงอายุที่จะทำการทดสอบ

2.3.2.3 สำหรับคานทดสอบที่บ่มในสนามภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมงแรก ให้เก็บและบ่มตัวอย่างคอนกรีตระยะแรกเช่นเดียวกับการบ่มตามข้อ 2.3.2.1 แล้วจึงนำไปทั้งแบบยังสถานที่ใกล้ ๆ กับห้องทดลองสนาม ถอดออกจากแบบและเก็บรักษาโดยวางคาน นั้นไว้บนพื้นให้อยู่ในลักษณะเดียวกับขณะหล่อ โดยให้ผิวด้านหงายพื้นให้อยู่ในลักษณะเดียวกับขณะหล่อ โดยให้ผิวด้านบน หงายขึ้นข้างบน แล้วจึงปิดด้านข้างและปลายสองข้างของคานด้วยดินชื้น ๆ หรือทรายชื้น ในการบ่มปล่อยให้ผิวบนเปิดตามที่กำหนดไว้ สำหรับโครงสร้างเมื่อสิ้นสุดระยะการบ่มควรจะทิ้งคาน ไว้กับที่โดยให้ผิวบนเปิดอยู่ในลักษณะเดียวกับโครงสร้างก่อนถึงเวลาทดสอบ 24 ชั่วโมง ให้นำคานตัวอย่างไปแช่ในน้ำปูนขาวอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 23$\pm$2.8 องศาเซลเซียส (73.4$\pm$5 องศาฟาเรนไฮซ์) เพื่อให้อยู่ในสภาพชื้นก่อนการทดสอบ

2.3.3 การขนส่งตัวอย่างไปห้องทดลอง

ชิ้นตัวอย่างที่จะส่งไปห้องทดลอง ในขณะนำส่งไปยังห้องทดลองต้องห่อชิ้นตัวอย่างไว้ด้วยวัสดุนุ่ม ๆ และชื้น เช่น ขี้เลื่อย หรือกระสอบ เป็นต้น

การขนส่งชิ้นตัวอย่างแต่ละครั้งต้องมีป้ายแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับชิ้นตัวอย่างตามรายการต่าง ๆ ดังนี้ คือ วันที่ ตำแหน่งของโครงสร้างที่เก็บตัวอย่างมา ส่วนผสมความข้นเหลว อุณหภูมิของคอนกรีตและอากาศ วิธีการบ่มชนิดของการทดสอบและอายุของชิ้นตัวอย่างที่จะทดสอบ

3. ข้อควรระวัง

3.1 เก็บตัวอย่างคอนกรีตต้องไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง ต่อ 1 ชุด

3.2 ประกอบแบบหล่อให้แข็งแรงได้ฉาก ได้ระดับก่อนทำการหล่อตัวอย่างคอนกรีต

3.3 การกระทุ้งแต่ละชั้นยอมให้เลยมาถึงชั้นล่าง ได้ไม่เกิน 2.5 เซนติเมตร

3.4 ใน 24 ชั่วโมงแรก ต้องมีการบ่มคอนกรีตในระยะแรก ห้ามกระแทกหรือสั่นสะเทือน

3.5 หลังจาก 24 ชั่วโมง ไปแล้ว จึงแกะแบบหล่อแล้วทำการบ่มต่อ

3.6 ผลการทดสอบกำลังของคอนกรีต จะถูกต้องเมื่อหล่อตัวอย่างถูกต้องตามมาตรฐาน

4. หนังสืออ้างอิง

4.1 STANDARD METHOD OF MAKING AND CURING CONCRETE TEST SPECIMENS IN THE FIELD ; ASTM DESIGNATION : C 31-90

4.2 STANDARD METHOD OF SAMPLING FRESHLY MIXED CONCRETE ; ASTM DESIGNATION : C 172-82

4.3 มาตรฐาน สำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 2533

มถ.(ท) 103.1-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต (SLUMP TEST)

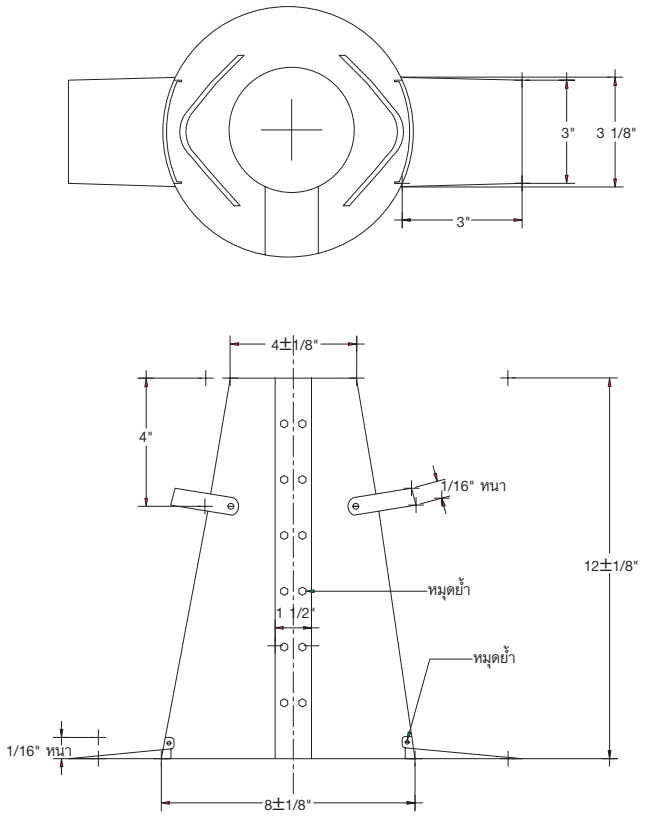
1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ ครอบคลุมถึงการหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสนาม โดยเทียบค่าความสูงของคอนกรีตที่ยุบตัวลงหลังจากนำแบบออก กับความสูงของแบบ

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ ประกอบด้วย

2.1.1 แบบ (Mold) ทำด้วยโลหะที่ไม่ทำปฏิกริยากับปูนซีเมนต์ มีลักษณะเป็นรูปกรวยตัดมีความหนาไม่น้อยกว่า 1.14 มิลลิเมตร (0.045 นิ้ว) ความสูง 305±3 มิลลิเมตร (12±1/8 นิ้ว) ฐานแบบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 203±3 มิลลิเมตร (8±1/8 นิ้ว) และส่วนตัดตอนบนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 103±3 มิลลิเมตร (4±1/8 นิ้ว) สำหรับที่ฐาน ต้องมีแผ่นเหล็กสำหรับเหยียบทั้งสองข้าง และแบบที่ใช้ทำการทดสอบจะต้องไม่บิดเบี้ยวหรือเสียรูป



แบบ (Mold) การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนรีต (Slump Test)

2.1.2 เหล็กกระทุ้ง (Tamping Rod) เป็นแท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร (5/8 นิ้ว) ยาว 610 มิลลิเมตร (24 นิ้ว) ปลายด้านที่ใช้กระทุ้งมีลักษณะมน

2.2 แบบฟอร์ม

ให้บันทึกผลการทดสอบ ในแบบฟอร์มเลขที่ บฟ. มถ.(ท) 103.1-2550 : วิธีการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต

2.3 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างได้แก่คอนกรีต ซึ่งแบ่งมาจากคอนกรีตผสมเสร็จ หรือคอนกรีตที่โม่ในหน้างาน การทดสอบแต่ละครั้งจะกระทำเมื่อผสมคอนกรีตจำนวนใหม่การเก็บคอนกรีตควรเก็บภายในระยะเวลาประมาณ 5 นาที หลังจากผสมเสร็จ

2.4 การทดสอบ

2.4.1 วางแบบ (Mold) ลงบนพื้นราบโดยให้ด้านที่มีปลายตัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มิลลิเมตร อยู่ด้านบน ด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง 203 มิลลิเมตร อยู่ด้านล่าง ใช้เท้าเหยียบแผ่นเหล็กที่ฐานทั้งสองข้างไว้ให้แน่น

2.4.2 ใส่คอนกรีตที่จะทดสอบลงในแบบประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาตรของแบบ แล้วใช้เหล็กกระทุ้ง กระทุ้งให้ทั่วผิวของคอนกรีตในแบบ จำนวน 25 ครั้ง

2.4.3 ทำตามวิธีในข้อ 2.4.2 ซ้ำอีก 2 ครั้ง ในการทำครั้งที่ 3 ให้เผื่อคอนกรีตไว้ให้เกินขอบแบบข้างในกรณีที่กระทุ้งแล้วคอนกรีตพร่องลง ต้องเติมให้เต็มแบบเสมอ

2.4.4 ใช้แท่งเหล็กปาดขอบผิวบนของแบบจนคอนกรีตเรียบ จับที่หูยกแล้วยกแบบขึ้นตามแนวดิ่ง ระวังอย่าให้กระทบเนื้อคอนกรีตภายใน วัดระยะที่ยุบตัวของ คอนกรีต เทียบกับระยะความสูงของแบบ

2.4.5 กรณีที่คอนกรีตทดสอบเกิดล้มหรือทลายลงทันทีที่ยกแบบขึ้นหรือเกิดไหลออกทางข้างใดข้างหนึ่งเนื่องจากแรงเฉือน ให้ถือว่าการทดสอบยังไม่ได้มาตรฐานต้องยกเลิกและทำการทดสอบใหม่จากข้อ 2.4.1 ถึง 2.4.4

3. การคำนวณ

ค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Slump) = 30 - H

เมื่อ H = ระยะความสูงของคอนกรีตที่ทดสอบหลังจากยกแบบออกเป็นเซนติเมตร

4. การรายงาน

ค่าการยุบตัวของคอนกรีต ที่ได้ให้จดเป็นรายงานและสรุปผลเป็นเซนติเมตร ทศนิยม 1 ตำแหน่ง ลงในแบบฟอร์มเลขที่ บฟ. มถ.(ท) 103.1-2550 : วิธีการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต

5. เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

5.1 ค่าการยุบตัวของคอนกรีตให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในตาราง ดังนี้

ชนิดของงานก่อสร้าง	ค่าการยุบตัว (ซม.)	
	สูงสุด	ต่ำสุด
ฐานราก	7.5	5
แผ่นพื้น, คาน, ผนัง ค.ส.ล.	10	5
เสา	12.5	5
ครีบ ค.ส.ล. และผนังบางๆ	15	5

6. ข้อควรระวัง

6.1 การทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตจะไม่เหมาะกับการวัดผลค่ายุบตัวของคอนกรีต ในกรณีที่วัสดุผสมมวลหยาบที่ใช้มีขนาดเกิน 2 นิ้วขึ้นไป หรือกรณีที่คอนกรีตแห้งเกินไป

6.2 ในการกระทุ้งคอนกรีตทดสอบในแบบนั้น ควรกระทุ้งให้ทั่วบริเวณที่หน้าตัด และควรกระทุ้งบริเวณขอบของแบบให้เบากว่าภายใน เพื่อป้องกันมิให้แบบเสียหายเนื่องจากกระแทกกับเหล็กกระทุ้ง

7. หนังสืออ้างอิง

7.1 AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS ; ASTM STANDARD : C 143-78

7.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 213-2520 : คอนกรีตผสมเสร็จ

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 103.1-2550**	ทะเบียนทดสอบ.....	
	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test)	ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		อนุมัติ	

ระยะความสูงของคอนกรีตที่ทดสอบหลังยกแบบออก(H) ..... เซนติเมตร

ค่าการยุบตัวของคอนกรีต (SLUMP) = 30-H เซนติเมตร

= ..... เซนติเมตร

หมายเหตุ :

มถ.(ท) 103.2-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตโดยใช้โต๊ะการไหล (Flow Table)

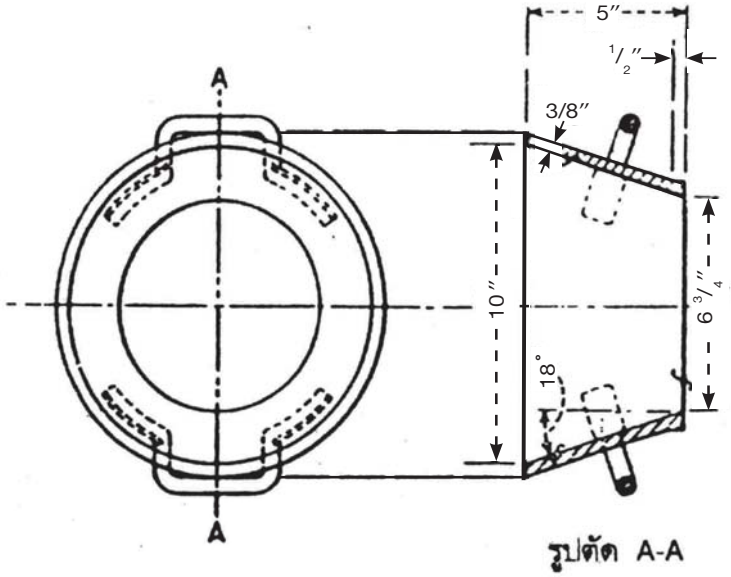
1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ ครอบคลุมถึงการทดสอบหาค่าการไหลของคอนกรีต

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ ประกอบด้วย

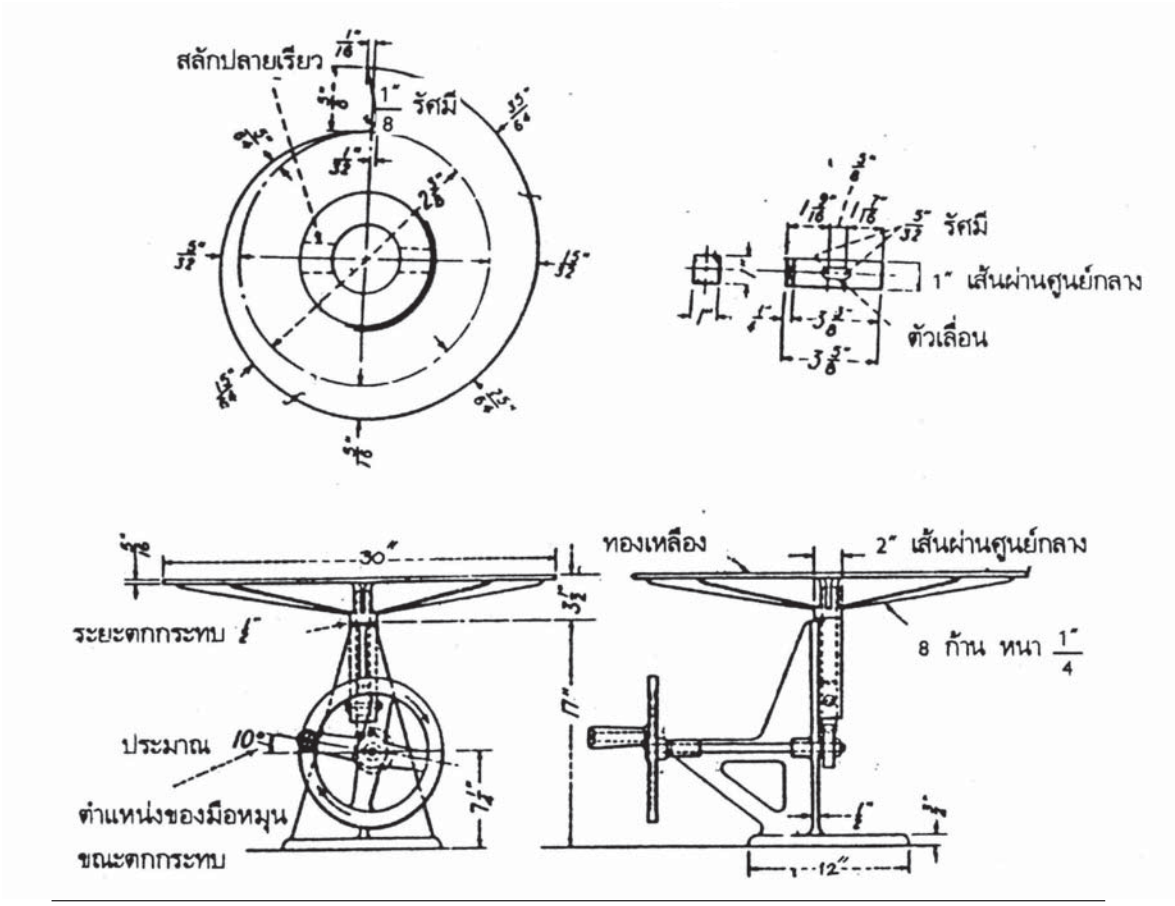
2.1.1 แบบ (Mold) ทำด้วยโลหะมีลักษณะเป็นรูปกรวยตัด ฐานของแบบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 254 มิลลิเมตร (10 นิ้ว) ส่วนตัดตอนบนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 171 มิลลิเมตร (6 $^{3}/_{4}$ นิ้ว) มีความสูง 127 มิลลิเมตร (5 นิ้ว) ปลายทั้งสองข้างต้องเปิดออกเป็นระยะตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางของรูปกรวย ตัวแบบจะต้องมีมือจับสองข้างอยู่ที่ส่วนบน



นิ้ว	3/8	$^{1}/_{2}$	5	6 $^{3}/_{4}$
มม.	9.5	12.7	127	171.5

แบบ (Mold) การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตโดยใช้โต๊ะการไหล

2.1.2 โต๊ะการไหล มีลักษณะดังรูปตัวโต๊ะจะต้องยึดติดกับฐานคอนกรีตที่มั่นคงแข็งแรง คือ สูงประมาณ 381-508 มิลลิเมตร (15-20 นิ้ว) และมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 135 กิโลกรัม (300 ปอนด์)



นิ้ว	1/32	1/16	1/14	1/8	1/6	1/4.4	1/4	1/3.2	1/2.56	1/2.1	1/2	1.8	1.6
มม.	0.8	1.6	1.9	3.2	3.9	5.9	6.4	7.9	9.9	11.9	12.7	13.9	15.9

นิ้ว	1/14	1	1 1/2.3	1 1/8	2	2 1/2.7	3 1/2.5	3 1/2	3 1/1.6	7 1/4	12	17	30
มม.	19.1	25.4	36.5	39.7	50.8	60.3	85.7	88.9	92.1	184.2	305	432	76.4

2.1.3 เหล็กกระทุ้ง (Tamping Rod) เป็นแท่งเหล็กกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร (5/8 นิ้ว) ยาว 610 มิลลิเมตร (24 นิ้ว) ปลายด้านที่ใช้กระทุ้งมีลักษณะมน

2.2 แบบฟอร์ม

ในการบันทึกผลการทดสอบ ใช้แบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 103.2-2550 : วิธีการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต โดยใช้โต๊ะการไหล

2.3 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างได้แก่คอนกรีตซึ่งแบ่งมาจากคอนกรีตผสมเสร็จ โดยผสมมาจากโรงงานหรือรถผสมคอนกรีต หรือคอนกรีตจากโม่ในหน้างาน ต้องพยายามเก็บจากหลายส่วนของโม่แล้ว จึงนำมาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อทำการทดสอบ

2.4 การทดสอบ

2.4.1 วางแบบลงกลางโต๊ะการไหล โดยใช้ฐานด้านกว้างอยู่ด้านล่าง (เส้นผ่านศูนย์กลาง 254 มิลลิเมตร)

2.4.2 ใส่คอนกรีตที่จะทำการทดสอบลงในแบบประมาณ 1 ใน 2 ของปริมาตรของแบบ ใช้เหล็กกระทุ้ง กระทุ้งให้ทั่วผิวของคอนกรีตในแบบ จำนวน 25 ครั้ง

2.4.3 ทำตามวิธี ข้อ 2.4.2 อีกครั้ง ในลักษณะเดียวกัน ให้คอนกรีตเต็มแบบปาดผิวบนให้เรียบ แล้วยกแบบขึ้นในแนวดิ่ง

2.4.4 ปรับโต๊ะการไหล (Flow Table) ด้วยมือหมุน ให้ยกขึ้นลงสลับกันไปในแนวดิ่ง โดยมีระยะต่างของความสูงประมาณ 12.7 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) พยายามหมุนมือหมุน ที่ยกโต๊ะทดสอบด้วยความเร็วสม่ำเสมอ จำนวน 15 ครั้ง ภายในระยะเวลาประมาณ 15 วินาที วัดระยะที่คอนกรีตทดสอบแผ่กระจายออก โดยคิดค่าเฉลี่ยจากระยะเส้นผ่านศูนย์กลางที่วัดได้ 6 ทิศทาง

3. การคำนวณ

ค่าการไหลของคอนกรีตที่ทดสอบ จะกำหนดเป็นร้อยละ ที่เพิ่มขึ้นของระยะเส้นผ่านศูนย์กลางที่แผ่ออกจากฐาน

$$\text{ค่าร้อยละของการไหล} = \frac{(D - 25.4)}{25.4} \times 100\%$$

D = ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางที่แผ่ออก (ค่าเฉลี่ย) เป็น**มิลลิเมตร**

4. การรายงาน

ค่าร้อยละของการไหลให้ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง บันทึกในแบบฟอร์ม เลขที่ บฟ. มถ.(ท) 103.2-2550 : วิธีการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต โดยใช้โต๊ะการไหล

5. เกณฑ์การตัดสิน และความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

5.1 ค่าร้อยละของการไหล ต้องมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 100

6. ข้อควรระวัง

6.1 ก่อนการทดสอบต้องเช็ดโต๊ะทดสอบให้สะอาด ปราศจากคอนกรีตที่ตกอยู่นอกแบบหล่อ

6.2 ทำการหมุนมือหมุนเพื่อยกโต๊ะการไหล ให้กระทบด้วยอัตราความเร็วสม่ำเสมอ

6.3 ในขณะทำการทดสอบมวลรวมจะต้องไม่เกิดการแยกตัว

7. หนังสืออ้างอิง

7.1 AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS ; ASTM STANDARD : C 124-71

7.2 คอนกรีตเทคโนโลยี ของ การุณา ใจปัญญา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 103.2-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต โดยใช้โต๊ะการไหล (Flow Table)	ทะเบียนทดสอบ.....	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		อนุมัติ	

ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางที่แผ่ออก (D) ..... เซนติเมตร

ร้อยละของการไหล = $\frac{(D - 25.4)}{25.4} \times 100\%$

ร้อยละของการไหล = ...

หมายเหตุ :

มถ.(ท) 104-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ ครอบคลุมถึงการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำที่ใช้ในการผสมทำคอนกรีตและใช้ในการบ่มคอนกรีต โดยกำหนดคุณลักษณะที่ต้องการ วิธีการวิเคราะห์และการเก็บตัวอย่าง

2. นิยาม

2.1 น้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต หมายถึง น้ำที่นำมาใช้ในการผสมเพื่อทำคอนกรีตและ/หรือนำมาใช้ในการบ่มคอนกรีต

2.2 หน่วย เอ็นทียู (NTU, Nephelometric Turbidity Unit) หมายถึง หน่วยวัดค่าความขุ่นในน้ำ

2.3 ค่า pH หมายถึง ค่าที่แสดงถึงความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

2.4 หน่วย ppm หมายถึง หนึ่งส่วนในล้านส่วน (Parts-Per-Million)

3. วิธีทำ

3.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์

3.2 การเก็บตัวอย่าง เพื่อให้ได้ตัวแทนของน้ำที่ต้องการทราบคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมี การเก็บตัวอย่างน้ำให้ทำการเก็บด้วยภาชนะบรรจุ โดยใช้ขวดแก้วหรือขวดพลาสติก มีความจุไม่น้อยกว่า 2,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่สะอาดและแห้ง ก่อนทำการเก็บตัวอย่างน้ำให้ใช้น้ำที่จะเก็บล้างขวดอีกครั้งหนึ่ง ห้ามนำภาชนะที่เคยบรรจุยาสารเคมี น้ำมัน หรือสิ่งอื่นที่ไม่สามารถล้างออกได้หมดมาใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำ วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่าง ๆ สามารถกระทำได้ ดังนี้ คือ

3.2.1 น้ำบาดาล ก่อนทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อบาดาล ควรสูบน้ำทิ้งประมาณ 5 นาที แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ถ้าเก็บจากก๊อกน้ำของบ่อบาดาลต้องล้างก๊อกให้สะอาดเสียก่อน แล้วจึงเปิดน้ำทิ้งไว้สัก 2-3 นาที เพื่อให้น้ำที่ค้างอยู่ในท่อไหลออกให้หมดก่อนการเก็บตัวอย่างน้ำ บรรจุลงในขวดควรเป็นเวลาที่น้ำไหลอย่างสม่ำเสมอ ระวังอย่าให้สิ่งเจือปนอื่นตกลงไปในขวด แล้วปิดฝาจุกให้แน่น ปิดฉลากแจ้งรายละเอียดในการเก็บ คือ สถานที่เก็บเวลาและชื่อผู้เก็บตัวอย่างน้ำ ให้ทำการเก็บตัวอย่าง อย่างน้อย 2,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อเป็นตัวแทนของแหล่งน้ำนั้น ๆ

3.2.2 น้ำผิวดิน การเก็บน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำ ลำคลอง แม่น้ำ หรือแหล่งน้ำธรรมชาติอื่น ๆ ให้ทำการเก็บโดยหย่อนขวดเก็บน้ำตัวอย่าง ที่ทำความสะอาดแล้วลงไปในแหล่งน้ำ แล้วรอสักครู่ เพื่อให้สภาพน้ำที่เกิดการเปลี่ยนแปลง จากการหย่อนขวดเก็บน้ำกลับสู่สภาพเดิมก่อน แล้วจึงเปิดจุกขวดให้น้ำไหลเข้าขวด ปิดจุกให้แน่น ปิดฉลากแจ้งรายละเอียดในการเก็บ หากเป็นแหล่งน้ำใหญ่ ให้ทำการเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวแทน ของแหล่งน้ำนั้น ๆ แต่ละจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างให้มีปริมาณไม่ต่ำกว่า 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อที่จะได้มีปริมาณเพียงพอที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ผลเหมือนในสนามจริง

3.2.3 น้ำประปา ให้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำประปาจากก๊อก โดยใช้วิธีเดียวกันกับการเก็บน้ำบาดาลจากก๊อก

3.3 แบบฟอร์ม ใช้แบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 104-2550 : การทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต

3.4 การทดสอบ

3.4.1 การทดสอบคุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ โดยทำการทดสอบในเรื่องความขุ่น และความเป็นกรด-ด่าง วิธีการทดสอบทำตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 257 : น้ำบริโภค

3.4.2 การทดสอบคุณสมบัติของน้ำทางเคมี ทำการวิเคราะห์หาปริมาณของซัลเฟต (SO_4) และคลอไรด์ (CI) ของน้ำที่จะนำมาใช้ในงานคอนกรีต โดยให้ทำตามวิธีการทดสอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 257 : น้ำบริโภค

3.4.3 ทำการทดสอบเปรียบเทียบ (Comparative Test) ในเรื่องการทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัวของปูนซีเมนต์ (Setting Time) และการทดสอบหาความต้านแรงอัด (Compressive Strength) ของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้าตามวิธีมาตรฐาน มถ.(ท) 105.1 : มาตรฐานการทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างน้ำตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในงานคอนกรีตกับน้ำกลั่น ที่จะใช้ปูนซีเมนต์ในการทดสอบชนิดเดียวกัน

4. การรายงานผล

ให้รายงานผลการทดสอบใน บฟ. มถ.(ท) 104-2550 : การทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต โดยใช้รายงานผลการทดสอบเรื่องความขุ่น ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของซัลเฟต และคลอ-ไรด์สำหรับระยะเวลาการก่อตัวของปูนซีเมนต์ และความต้านแรงอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้า ให้มีรายละเอียดถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง

5. เกณฑ์ตัดสิน และความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

5.1 น้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต จะต้องมีเกณฑ์กำหนดคุณสมบัติที่ต้องการทางกายภาพ ดังนี้ คือ มีความขุ่น (Turbidity) ไม่เกิน 2,000 หน่วยเอ็นทียู (NTU) และจะต้องมีความเป็นกรด-ด่าง อยู่ได้ช่วงระหว่าง pH 6.5-8.5

5.2 น้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต จะต้องมีเกณฑ์กำหนดคุณสมบัติทางเคมี ที่ต้องการ ดังนี้ คือ

ต้องมีปริมาณซัลเฟตในน้ำไม่เกิน	10,000 ppm.
และจะต้องมีปริมาณของคลอไรด์ในน้ำไม่เกิน	20,000 ppm.

5.3 การทำการทดสอบเปรียบเทียบ ระหว่างน้ำตัวอย่างและน้ำกลั่น จะต้องให้ผลการทดสอบหาระยะการก่อตัวระยะต้นของปูนซีเมนต์ แตกต่างกันไม่เกิน 10 นาที และผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้า จะต้องให้ค่ากำลังรับแรงอัดต่ำลงได้ไม่เกินร้อยละ 10

6. ข้อควรระวัง

6.1 หากทำความสะอาดขวดด้วยผงซักฟอก จะต้องล้างจนแน่ใจเสียก่อนว่าล้างออกจนหมดจริง ๆ

6.2 เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำเรียบร้อยแล้ว ให้รีบนำส่งห้องปฏิบัติการ เพื่อทำการวิเคราะห์เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ และไม่ควรให้ขวดน้ำตัวอย่างถูกแสงแดด

7. หนังสืออ้างอิง

7.1 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS ; AASHTO : T 26-72

7.2 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS ; ASTM DESIGNATION : D 1252-60, D 516-63T

7.3 PORTLAND CEMENT ASSOC. (1968) “DESIGN. AND CONTROL OF CONCRETE MIXTURE” PCA, SKOKI, 1968

7.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 257-2529 : น้ำบริโภค

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	บฟ. มถ.(ท) 104-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) การทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต	ทะเบียนทดสอบ..... ผู้ทดสอบ / ผู้ตรวจสอบ / อนุมัติ

น้ำ.....

ปริมาณน้ำ..... cm^3

แหล่งน้ำ.....

คุณลักษณะ		ตัวอย่าง 1	2	3	4	5
ความขุ่น	NTU					
ความเป็นกรด - ด่าง	pH					
ปริมาณซัลเฟต	ppm					
ปริมาณคลอไรด์	ppm					
ระยะเวลาการก่อตัวของปูนซีเมนต์	min					
ความต้านทานแรงอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้า	kg/cm^2					

หมายเหตุ :

มถ.(ท) 105.1-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต
(Compressive Strength of Concrete)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ ครอบคลุมถึงการหาค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก และรูปลูกบาศก์ ซึ่งจะได้จากการหล่อในแบบหล่อ หรือจากการเจาะมาทดสอบก็ได้

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

2.1.1 เครื่องกดทดสอบ เครื่องกดเป็นแบบใดก็ได้ ที่ทำให้น้ำหนักกดได้สูงเพียงพออยู่ในช่วงใช้งานได้ และยอมให้ผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 1 เครื่องกดจะต้องสามารถเพิ่มแรงกดได้อย่างสม่ำเสมอและไม่กระตุก เครื่องทดสอบแบบหมุนเกลียว (Screw-Type) จะต้องเป็นเครื่องที่หัวกดสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 1.3 มิลลิเมตรต่อนาที สำหรับเครื่องทดสอบแบบไฮดรอลิก ต้องเป็นเครื่องที่สามารถให้น้ำหนักด้วยอัตราคงที่ อยู่ในช่วง 1.43 ถึง 3.47 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที

ส่วนที่ใช้กดของเครื่องทดสอบ จะต้องประกอบด้วยแผ่นเหล็กทดสอบ (Steel Bearing Plate) 2 แผ่น ขนาดใหญ่กว่าขนาดของแท่นทดสอบไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร แผ่นเหล็กตัวบนมีลักษณะเป็นแป้นกดฐานครึ่งทรงกลม (Spherically Seated Block) แขวนยึดไว้กับเครื่องเพื่อให้ขยับตัวได้ ส่วนแผ่นเหล็กตัวล่าง จะต้องยึดติดกับส่วนล่างของเครื่อง และต้องมีความหนาอย่างน้อย 50 มิลลิเมตร ผิวสัมผัสของแผ่นเหล็กทั้งสอง จะต้องเรียบมีความเรียบคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 0.025 มิลลิเมตร ในระยะทาง 150 มิลลิเมตร การเพิ่มแรงกดต้องทำได้อย่างต่อเนื่อง ไม่มีจังหวะหยุดหรือกระตุกในระหว่างการเพิ่มแรงกด

2.1.2 เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ มีความละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร

2.1.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก ซึ่งมีความละเอียดถึง 1 กรัม

2.1.4 เครื่องมือเคลือบผิวหน้าของแท่งคอนกรีต รูปทรงกระบอก

2.2 แบบฟอร์ม ให้บันทึกในแบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 105.1-2550 : การทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต

2.3 การเตรียมตัวอย่าง

2.3.1 แท่งทดสอบซึ่งได้จากการหล่อจะต้องเป็นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150±0.75 มิลลิเมตร และสูง 300±3 มิลลิเมตร หรือเป็นรูปลูกบาศก์ ขนาด 150±0.75 มิลลิเมตร โดยทำการเก็บตัวอย่างตาม มถ.(ท) 102 : มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตในหน้างานและการนำไปบำรุงรักษา

2.3.2 การเคลือบผิวหน้า (Capping) แท่งทดสอบรูปทรงกระบอก วัสดุที่ใช้ในการเคลือบผิวหน้ารับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง (Capping Compound) ต้องสามารถรับแรงอัดได้สูงกว่าแรงอัดของแท่งคอนกรีตทดสอบ การเคลือบปลายทั้งสองของแท่งทดสอบ ต้องเคลือบให้ตั้งฉากกับแกนของแท่งทดสอบ ความเรียบของผิวหน้าทดสอบที่ได้รับการเคลือบแล้ว ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 0.1 มิลลิเมตร

2.3.3 แท่งทดสอบที่ได้จากการเจาะ จะต้องเป็นรูปกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 2 เท่า ของขนาดใหญ่ที่สุดของมวลหยาบ และต้องไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร ความยาวเมื่อยังไม่เคลือบปลายต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของเส้นผ่านศูนย์กลาง

ก่อนการเคลือบผิวแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ จะต้องมีความคลาดเคลื่อนของความเรียบที่ผิวหน้าตัดไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ของมุมที่หน้าตัดทำกับแกนตามยาวจากมุมฉากไม่เกิน 5 องศา และเส้นผ่านศูนย์กลาง ที่หน้าตัดทั้งสองจากเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยไม่เกิน 2.5 มิลลิเมตร

ความเรียบของผิวหน้า แท่งทดสอบที่ได้จากการเจาะ เมื่อได้รับการเคลือบแล้วยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 0.1 มิลลิเมตร แท่งทดสอบ ซึ่งได้จากการเจาะให้เจาะเมื่อคอนกรีตมีอายุไม่ต่ำกว่า 14 วัน และต้องอยู่ในสภาพที่ดีไม่มีรอยร้าว รอยบิ่นหรือเป็นโพรง

2.3.4 ทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักแท่งทดสอบ โดยให้วัดหาเส้นผ่านศูนย์กลาง หรือขนาดหน้าตัดแท่งสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นเซนติเมตร ทศนิยม 2 ตำแหน่ง โดยเฉลี่ยค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ค่า ที่วัดได้หรือวัดขนาดสี่เหลี่ยมหน้าตัดที่ผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย หรือขนาดที่วัดได้นี้จะใช้เป็นค่าสำหรับคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของแท่งทดสอบ ในการวัดความสูงให้วัดความสูงของแท่งทดสอบ รวมทั้งความหนาของวัสดุเคลือบผิวหน้าหน่วยเป็นเซนติเมตร ทศนิยม 2 ตำแหน่ง การชั่งน้ำหนักแท่งทดสอบ เพื่อหาความหนาแน่นของแท่งคอนกรีต ให้ชั่งน้ำหนักแท่งทดสอบเป็นกิโลกรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

2.3.5 การวัดขนาดของแท่งทดสอบ ซึ่งได้จากการเจาะ ต้องวัดให้ได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร ภายหลังการเคลือบผิวหน้าของแท่งทดสอบให้เรียบการวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ให้วัด 3 ตำแหน่ง คือ ปลายทั้งสองข้าง และที่กึ่งกลางแท่งทดสอบ โดยวัดตำแหน่งละ 2 แนว ของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ตั้งฉากกับค่าที่วัดได้ทั้ง 6 ค่า นำมาเฉลี่ยเป็นค่าที่ใช้ในการ

คำนวณ การวัดความยาว ให้วัด 4 ตำแหน่ง คือ ที่ผิวตามยาวของแท่งทดสอบ โดยมีระยะห่างตามเส้นรอบรูปของภาคตัดขวางที่ปลายเท่ากัน แล้วหาค่าเฉลี่ยสำหรับนำไปใช้ในการคำนวณ

2.4 การทดสอบ

2.4.1 การวางแท่งทดสอบบนเครื่องกดต้องเป็นไปตามนี้

- ผิวแผ่นเหล็กด้านสัมผัสกับแท่งทดสอบต้องสะอาดปราศจากน้ำมัน
- จัดแนวศูนย์กลางของแผ่นเหล็กตั้งตัวบนและตัวล่างให้อยู่ในแนวเดียวกัน
- การวางแท่งทดสอบต้องให้แนวแกนของแท่งทดสอบทับกับแนวศูนย์กลางของเครื่องกดทดสอบ
- ผิวแผ่นเหล็กต้องสัมผัสกับแท่งทดสอบแนบสนิท

2.4.2 เมื่อวางแท่งทดสอบบนเครื่องกดทดสอบ และจัดให้แผ่นเหล็กสัมผัสกับแท่งทดสอบแนบสนิทดีแล้ว จึงเริ่มให้น้ำหนักกดอย่างสม่ำเสมอ โดยมีอัตราคงที่อยู่ในช่วง 1.43 ถึง 3.47 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที ในช่วงครึ่งแรกของน้ำหนักกดสูงสุดที่แท่งทดสอบจะรับได้นั้น ยอมให้ใช้อัตราการกดสูงกว่ากำหนดได้ และห้ามปรับอัตราการกดหรือส่วนใด ๆ ของเครื่องทดสอบในขณะที่แท่งทดสอบอยู่ในช่วงจุดคลาก (Yield Point) และจุดวิบัติ (Failure)

2.4.3 ให้ทำการกดจนกระทั่ง แท่งทดสอบถึงจุดวิบัติ บันทึกค่าน้ำหนักกดสูงสุดที่แท่งทดสอบสามารถรับได้ และให้บันทึกรูปลักษณะการแตกของแท่งทดสอบนั้นในแบบฟอร์ม ที่ บฟ. มถ.(ท) 105.1-2550 : การทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต

3. การคำนวณ

3.1 การคำนวณ ค่าความต้านแรงอัด ของแท่งทดสอบให้ละเอียด ถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง ได้จากสูตร

$$\text{ความต้านแรงอัดของแท่งทดสอบ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)} = \frac{\text{น้ำหนักกดสูงสุดที่แท่งทดสอบรับได้ (กิโลกรัม)}}{\text{พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของแท่งทดสอบ(ตารางเซนติเมตร)}}$$

3.2 การคำนวณหาค่าความหนาแน่นของแท่งทดสอบ ให้มีความละเอียดถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง ได้จากสูตร

$$\text{ความหนาแน่นของแท่งทดสอบ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)} = \frac{\text{น้ำหนักของแท่งทดสอบ (กิโลกรัม)}}{\text{ปริมาตรของแท่งทดสอบ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)}}$$

3.3 ถ้าแท่งทดสอบที่ได้จากการเจาะมีส่วนสูงน้อยกว่า 2 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางให้แก้ไขค่าความต้านแรงอัดตาม ตารางที่ 1

ตารางที่ 1

อัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางกับตัวคูณที่ใช้แก้ไขค่าความต้านแรงอัด

อัตราส่วนความสูง ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบ	**ตัวคูณสำหรับแก้ไขค่าความต้านแรงอัด**
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

4. **การรายงานผล**

ให้รายงานผลการทดสอบ โดยมีรายละเอียดตามรายการดังต่อไปนี้

- หมายเลขประจำแท่งทดสอบ
- ขนาดของแท่งทดสอบ
- แรงอัดสูงสุด
- ความต้านแรงอัด
- ลักษณะการแตก
- ข้อบกพร่อง ของแท่งทดสอบ หรือการเคลือบ
- ประวัติการบ่ม
- วัน เดือน ปี ที่ทดสอบ และอายุของแท่งทดสอบ เมื่อทดสอบ
- ความหนาแน่น

บันทึกผลต่าง ๆ เหล่านี้ ในแบบฟอร์มในหัวข้อที่ 2.2

5. **เกณฑ์การตัดสิน และความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้**

5.1 เกณฑ์ในการพิจารณาค่าความต้านแรงอัดของแท่งทดสอบให้เป็นไปตาม มถ. 101 : มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

5.2 การคำนวณ ค่าความต้านแรงอัดของแท่งทดสอบ ให้แสดงในหน่วยกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีความละเอียดถึง ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

5.3 การคำนวณ ค่าความหนาแน่นของแท่งทดสอบ ให้แสดงในหน่วยกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีความละเอียดถึง ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

5.4 การวัดขนาดของแท่งทดสอบให้วัดในหน่วยเซนติเมตร และละเอียดถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง

5.5 สำหรับแท่งทดสอบรูปทรงกระบอก ที่ได้จากการหล่อหรือการเจาะ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ร้อยละ $\pm$ 0.5 และความสูงยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ร้อยละ $\pm$ 1.0

5.6 สำหรับแท่งทดสอบรูปลูกบาศก์ มิติทุกด้านยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ร้อยละ $\pm$ 0.5

6. **ข้อควรระวัง**

6.1 ในกรณีที่ทดสอบแท่งทดสอบที่บ่มชื้น หากเป็นแท่งทดสอบรูปลูกบาศก์ต้องเช็ดผิวให้แห้งและทดสอบภายใน 1 ชั่วโมง และหากเป็นแท่งทดสอบรูปทรงกระบอกต้องเช็ดผิวให้แห้งและเคลือบผิวหน้าแท่งทดสอบทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงแล้วทดสอบภายใน 1 ชั่วโมง

6.2 สำหรับแท่งทดสอบที่ได้จากการเจาะ นำมาแช่ในน้ำปูนขาวอิ่มตัวที่อุณหภูมิห้อง ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง แล้วจึงเช็ดผิวให้แห้งเคลือบผิวหน้าแท่งทดสอบทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง แล้วทดสอบภายใน 1 ชั่วโมง

6.3 การชั่งน้ำหนักเพื่อหาความหนาแน่นของแท่งทดสอบ ให้ชั่งน้ำหนักเฉพาะแท่งทดสอบไม่รวมน้ำหนักของวัสดุที่เคลือบผิวหน้า

6.4 ควรมีการตรวจสอบเครื่องกดที่ใช้งานประจำสม่ำเสมอ ปีละครั้ง และเมื่อสงสัยว่าเครื่องทดสอบอาจให้ผลทดสอบไม่ถูกต้อง หรือหลังจากการซ่อม หรือประกอบใหม่ให้ทำการตรวจสอบทุกครั้ง

7. **เอกสารอ้างอิง**

7.1 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS “STANDARD SPECIFICATION FOR HIGHWAY MATERIALS AND METHOD OF SAMPLING AND TESTING” AASHO T 22-66

7.2 BRITISH STANDARD 1881 : PART 4 : 1974

7.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 409-2525 : วิธีทดสอบความต้านทานแรงอัดของแท่งคอนกรีต

.

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	บฟ. มถ.(ท) 105.1-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) การทดสอบความต้านแรงอัด ของแท่งคอนกรีต (Compressive Strength of Concrete)	ทะเบียนทดสอบ ..... ผู้ทดสอบ ผู้ตรวจสอบ อนุมัติ

คุณลักษณะ	**แท่งทดสอบ**			
	1	2	3	4
พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของแท่งทดสอบ (1) $cm.^2$				
น้ำหนักของแท่งทดสอบ (2) kg.				
ปริมาตรของแท่งทดสอบ (3) $cm.^3$				
น้ำหนักกดสูงสุดที่แท่งทดสอบรับได้ (4) kg.				
ความต้านแรงอัดของแท่งทดสอบ = (4)/(1), $kg./cm.^2$				
ความหนาแน่นของแท่งทดสอบ = (2)/(3), kg/cm^3				
หมายเหตุ :	ลักษณะการแตกของแท่งทดสอบ			

มถ.(ท) 105.2-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าการรับแรงดัดของคอนกรีต
(Flexural Strength of Concrete)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ ครอบคลุมถึงการทดสอบหาค่าการรับแรงดัดของคอนกรีต โดยสามารถทำได้ 2 วิธี คือ วิธีใช้แรงกดหนึ่งจุดที่จุดกึ่งกลางคาน (Center-Point Loading) และวิธีใช้แรงกดคาน 2 จุด โดยให้ตำแหน่งของจุดทั้งสองเป็นตำแหน่งที่แบ่งคานออกเป็น 3 ส่วนเท่า ๆ กัน (Third-Point Loading)

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

2.1.1 เครื่องกดทดสอบ ใช้เครื่องกดที่สามารถเพิ่มแรงกดได้อย่างต่อเนื่อง ไม่มีจังหวะหยุดหรือกระตุกในระหว่างการเพิ่มแรงสำหรับการทดสอบการรับแรงดัดของคอนกรีต วิธีให้แรงกดหนึ่งจุดที่จุดกึ่งกลางคานได้แสดงการติดตั้งเครื่องมือไว้ในรูปที่ 1 ส่วน วิธีให้แรงกดคานสองจุด โดยให้ตำแหน่งของจุดทั้งสอง เป็นตำแหน่งที่แบ่งคานออกเป็น 3 ส่วนเท่า ๆ กัน ได้แสดงการติดตั้งเครื่องมือไว้ในรูปที่ 2

2.1.2 เครื่องวัดขนาดของคานตัวอย่าง ซึ่งสามารถวัดได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร

2.2 แบบฟอร์ม ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 105.2-2550 : การทดสอบการรับแรงดัดของคอนกรีต

2.3 การเตรียมตัวอย่าง

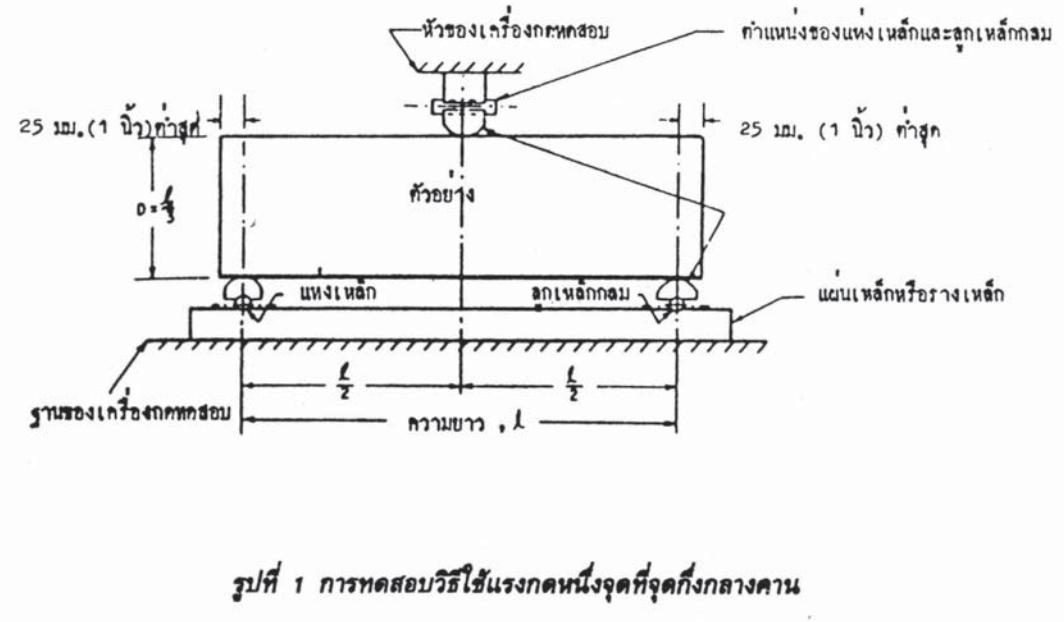
การทดสอบการรับแรงดัดของคอนกรีต ทำได้โดยการทดสอบคานตัวอย่างมาตรฐานที่มีความยาวประมาณ 3 เท่าของส่วนสูง โดยทั่วไปชิ้นตัวอย่างจะต้องมีขนาดที่กำหนดให้ในแต่ละงาน ความเบี่ยงเบนจากขนาดที่กำหนดจะต้องไม่เกิน 3.2 มิลลิเมตร สำหรับขนาดกว้างหรือลึกเกิน 152 มิลลิเมตร ขึ้นไป และไม่เกิน 1.6 มิลลิเมตร สำหรับขนาดเล็กกว่านั้น

2.4 การทดสอบ

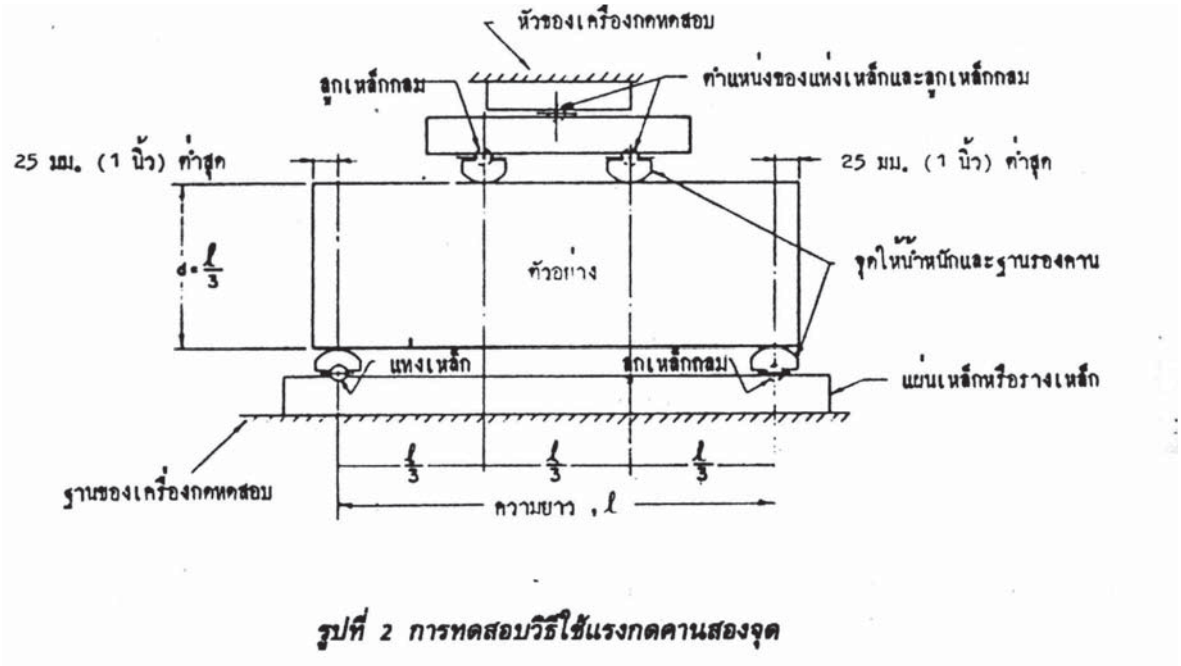
2.4.1 วางชิ้นทดสอบลงบนฐานรองรับคาน วางหัวกดให้ตำแหน่งของหัวกด คานและฐานรองคานอยู่ตามกำหนด โดยวิธีใช้แรงกดหนึ่งจุดที่จุดกึ่งกลางคาน ให้จัดตำแหน่งเครื่องมือตามกำหนดในรูปที่ 1 ส่วนการทดสอบวิธีใช้แรงกดคานสองจุดให้จัดตำแหน่งเครื่องมือตามกำหนดใน รูปที่ 2

2.4.2 ปรับอัตราการกดเครื่องทดสอบด้วยแรงประมาณร้อยละ 3 ถึงร้อยละ 6 ของแรงประลัย (Ultimate Load) แล้วค่อยตรวจสอบผิวสัมผัสของตัวกดกับคาน และฐานรองคานกับ

คานดูว่ามีช่องขนาดกว้างกว่า 0.15 มิลลิเมตร ในช่วง 25 มิลลิเมตร หรือไม่ ถ้ามีให้แต่งคอนกรีตที่บริเวณช่วงนั้น ๆ ด้วยการฝนให้เรียบ ช่องที่ขนาดกว้างน้อยกว่า 0.15 มิลลิเมตร ในช่วง 25 มิลลิเมตร อาจอุดได้โดยการวางแผ่นหนัง (Leather Shim) ไว้ระหว่างผิวสัมผัส แผ่นหนังที่ใช้จะต้องมีขนาดเท่ากับ 6.4 มิลลิเมตร กว้าง 25 มิลลิเมตร ถึง 50 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 การทดสอบวิธีใช้แรงกดหนึ่งจุดที่จุดกึ่งกลางคาน



รูปที่ 2 การทดสอบวิธีใช้แรงกดคานสองจุด

2.4.3 เพิ่มแรงกดอย่างต่อเนื่อง และไม่มีการกระตุกในช่วงครึ่งแรกของแรงประลัย อาจเพิ่มแรงได้อย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นให้เพิ่มแรงด้วยอัตราที่อยู่ในช่วง 9 กิโลกรัมต่อตาราง

เซนติเมตรต่อนาที ถึง 12 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที (125 ปอนด์ต่อตารางนิ้วต่อนาที ถึง 175 ปอนด์ต่อตารางนิ้วต่อนาที)

2.4.4 วัดด้านกว้างและลึกของคานที่บริเวณที่มีรอยแตกด้านละ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยของหน้าตัดที่รอยแตก พร้อมทั้งสังเกตลักษณะการแตกร้าวของคานตัวอย่าง

3. การคำนวณ

การคำนวณค่าการรับแรงดัดจะกำหนดให้อยู่ในรูปของ โมดูลัสของการแตกหัก (Modulus of Rupture) ดังต่อไปนี้

3.1 สำหรับการกดหนึ่งจุดที่จุดกึ่งกลางคาน (Center-Point Loading) สามารถหาค่าการรับแรงดัดได้จากสูตร

$$R = 3\,PI/2bd^2$$

3.2 สำหรับการกดสองจุด โดยตำแหน่งที่จุดทั้งสองแบ่งคานออกเป็นสามส่วน (Third-Point Loading) สามารถหาค่าการรับแรงดัดได้ จากสูตร

3.2.1 เมื่อรอยแตกอยู่ในช่วงกลางคาน

$$R = PI/2bd^2$$

3.2.2 เมื่อรอยแตกอยู่นอกช่วงกลางคาน และห่างจากช่วงกลาง ไม่เกินร้อยละ 5 ของช่วงคาน ให้ใช้

$$R = 3\,PI/2bd^2$$

เมื่อ R = ค่าการรับแรงดัด เป็น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

P = แรงที่จุดวิบัติของคาน เป็น กิโลกรัม

l = ช่วงคาน เป็น เซนติเมตร

b = ความกว้างเฉลี่ยที่หน้าตัดบริเวณรอยแตก เป็น เซนติเมตร

d = ความลึกเฉลี่ยที่หน้าตัดบริเวณรอยแตก เป็น เซนติเมตร

a = ระยะเฉลี่ยของรอยแตกจากฐานรองคานด้านใกล้ที่สุด เป็น เซนติเมตร

4. การรายงานผล

ให้รายงานผลตามรายละเอียดในแบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 105.2-2550 : การทดสอบการรับแรงดัดของคอนกรีต

5. **เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้**

5.1 การพิจารณาค่าการรับแรงดัดของคอนกรีตต้องอยู่ในช่วง ร้อยละ 11 ถึงร้อยละ 23 ของความต้านแรงอัดของแท่งทดสอบซึ่งเป็นคอนกรีตที่ผสมในครั้งเดียวกัน

5.2 ในกรณีของการทดสอบวิธีใช้แรงกดคานสองจุด ถ้ารอยแตกอยู่นอกช่วงกลางคานและห่างจากช่วงกลางคานเกินร้อยละ 5 ของช่วงคาน ให้ทำการทดสอบใหม่

5.3 ค่าการรับแรงดัด ต้องคำนวณให้ละเอียด ถึง 0.35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

6. **ข้อควรระวัง**

6.1 การเพิ่มแรงกดจะต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง และไม่มีการกระตุก

6.2 สำหรับตัวอย่างที่บ่มชื้น จะต้องเช็ดผิวคานมาตรฐานที่จะทดสอบให้แห้ง แล้วทดสอบภายใน 1 ชั่วโมง

6.3 ควรมีการตรวจสอบเครื่องกดที่ใช้งานอย่างสม่ำเสมอ หรือเมื่อสงสัยว่าเครื่องทดสอบอาจให้ผลทดสอบไม่ถูกต้องหรือหลังจากการซ่อม หรือประกอบใหม่ให้ทำการตรวจสอบทุกครั้ง

7. **เอกสารอ้างอิง**

7.1 AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS ; ASTM STANDARD : C 78-84, C 293-79

โครงการ..... ..... **สถานที่ก่อสร้าง**..... ..... **ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง**..... **ชนิดตัวอย่าง**.....**ทดสอบครั้งที่**..... **ทดสอบวันที่**.....**แผ่นที่**.....	**บฟ. มถ.(ท) 105.2-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบความต้านแรงดัดของคอนกรีต (Flexural Strength of Concrete)**	ทะเบียนทดสอบ..... ผู้ทดสอบ ผู้ตรวจสอบ อนุมัติ

การกดหนึ่งจุดที่จุดกึ่งกลางคาน (Center-Point Loading)		**คานทดสอบ**			
		1	2	3	4
แรงที่จุดวิบัติของคาน (P)	kg.				
ช่วงคาน (l)	cm.				
ความกว้างเฉลี่ยที่หน้าตัดบริเวณรอยแตก (b)	cm.				
ความลึกเฉลี่ยที่หน้าตัดบริเวณรอยแตก (d)	cm.				
ค่าการรับแรงดัด (R) = 3 Pl/2bd^2 kg./cm.^{2}					

การกดสองจุดโดยตำแหน่งที่จุดทั้งสองแบ่งคานออกเป็นสามส่วน (THIRD-POINT LOADING)		**คานทดสอบ**			
		1	2	3	4
แรงที่จุดวิบัติของคาน (P)	kg.				
ช่วงคาน (l)	cm.				
ความกว้างเฉลี่ยที่หน้าตัดบริเวณรอยแตก (b)	cm.				
ความลึกเฉลี่ยที่หน้าตัดบริเวณรอยแตก (d)	cm.				
ระยะเฉลี่ยของรอยแตกจากฐานรองคานด้านใกล้ที่สุด (a)	cm.				
ค่าการรับแรงดัด (รอยแตกร้าวอยู่นอกช่วงกลางคาน) (R) = 3Pl/2bd^2 kg./cm.^{2}					
ค่าการรับแรงดัด (รอยแตกร้าวอยู่ในช่วงกลางคาน) (R) = Pl/2bd^2 kg./cm.^{2}					

หมายเหตุ :

มถ.(ท) 201-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้
(Compression Test of Wood Perpendicular to Grain)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ ครอบคลุมถึงการหาคุณสมบัติทางกลของไม้ด้วยอัตราแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยน และดูพฤติกรรมของไม้ เมื่อถูกแรงกระทำ และพิจารณาหาค่าที่ต้องการ คือ

1.1 กำลังอัดของไม้ ณ ขีดปฏิภาค (Elastic Strength at Proportional Limit)

1.2 กำลังอัดของไม้ ณ จุดคลาก ที่ 0.05% Offset (Yielding Strength at 0.05% Offset)

1.3 โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

2. นิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานการทดสอบไม้นี้ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 421 ไม้แปรรูป : ข้อกำหนดทั่วไป

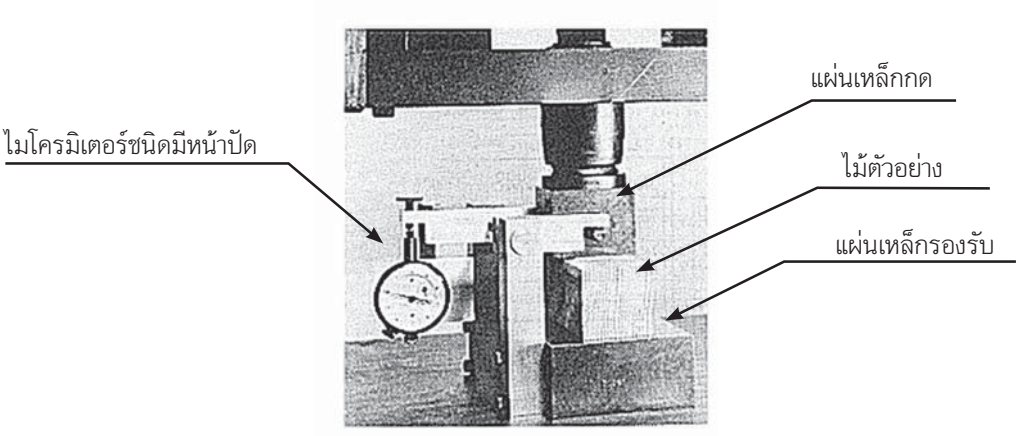
3. ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์

ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

4. วิธีทำ

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

ไมโครมิเตอร์ชนิดมีหน้าปัทม์ (Dial Gauge) ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.001 มม. พร้อมด้วยแผ่นเหล็กรองรับ (Dial Micrometer with Bearing Block) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ การทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้

4.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

เตรียมไม้ตัวอย่างที่ไสเรียบ (Dressed Timber) และเกลี้ยง (Clear Wood) ขนาด 5x5x15 ซม. ชนิดละ 3 ท่อนโดยไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องมีค่าความชื้น (Moisture Content) อยู่ระหว่างร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 14

4.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 201.1-2550 : การทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้ , 201.2-2550 : การทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้

4.4 การทดสอบ

4.4.1 ไม้ตัวอย่างที่ทำการทดสอบ ต้องทำเป็นท่อนสี่เหลี่ยมมีเนื้อที่หน้าตัดเท่ากันตลอดความยาว และแนวเสี้ยนไม้ตั้งฉากกับแกนไม้ โดยมีแผ่นเหล็กรองรับท้ายของไม้ตัวอย่าง

4.4.2 วัดขนาดของไม้ตัวอย่าง โดยยอมให้ผิดพลาดได้ไม่เกิน 0.2 ม.ม. และชั่งน้ำหนักอ่านค่าละเอียดได้เป็นกรัม พร้อมทั้งแสดงรอยตำหนิต่าง ๆ ของไม้ที่ปรากฏให้เห็น

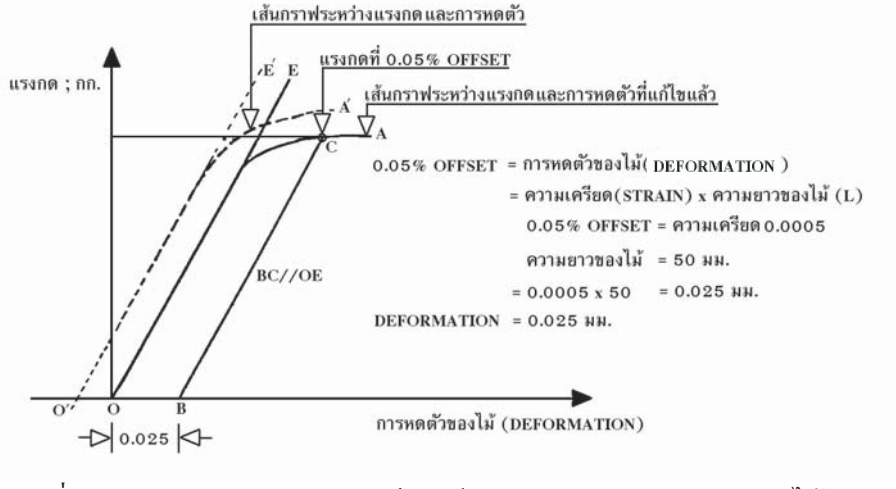
4.4.3 วางไม้ตัวอย่างบนแผ่นเหล็กรองรับ (Bearing Block) โดยให้แนวเสี้ยนอยู่ในแนวระดับ และ ให้ผิวด้านตั้งฉากกับวงปี (Radial) อยู่ตอนบนสุด บันทึกความกว้างของผิวด้านนี้ วางแผ่นเหล็กกด (Loading Plate) ขนาด 2 นิ้ว ซึ่งใช้รองรับน้ำหนักที่กดลงโดยวางตามแนวขวางให้ได้กึ่งกลาง ประมาณ 1/3 ส่วนของความยาวไม้ตัวอย่าง โดยให้แนวยาวของแผ่นเหล็กกด ทำมุมฉากกับแนวยาวของไม้ตัวอย่าง

4.4.4 ปรับระยะความสูงของไมโครมิเตอร์ชนิดมีตัวเลขบนหน้าปัทม์ โดยให้ปลายแกนของไมโครมิเตอร์ สัมผัสกับผิวของไม้ตัวอย่างเล็กน้อย

4.4.5 ให้น้ำหนักกดลงครั้งแรก 100 กิโลกรัม และปรับเข็มที่หน้าปัทม์ของไมโครมิเตอร์ ให้ชี้ที่ขีดศูนย์

4.4.6 เพิ่มแรงกดบนไม้ตัวอย่างอย่างต่อเนื่องด้วยความเร็วประมาณ 0.5 มม.ต่อนาที อ่านค่าการหดตัว (Deformation) ที่หน้าปัทม์ของไมโครมิเตอร์ ทุก ๆ ครั้งที่เพิ่มน้ำหนักกด 100 กิโลกรัม จนกว่าเข็มที่หน้าปัทม์จะหมุนไปครบ 2 รอบ (2 มิลลิเมตร) หรือเข็มที่หน้าปัทม์เริ่มหมุนไปอย่างรวดเร็ว โดยไม่หยุด

4.4.7 เขียนกราฟ โดยกำหนดให้แรงกด อยู่บนแกนตั้งและการหดตัวของไม้ อยู่บนแกนนอน ให้แสดงค่ากำลังอัด ณ ขีดปฏิภาค และกำลัง ณ จุดคลาก (แสดงด้วยเส้นกราฟ O′-A′) บนกราฟด้วย ถ้าเส้นกราฟไม่ผ่านจุดเริ่มต้นให้ปรับแก้ใหม่ โดยให้ผ่านจุดเริ่มต้น (แสดงด้วยเส้นกราฟ O-A) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการหดตัวของไม้

5. **การคำนวณ**

ให้ดำเนินการคำนวณตามวิธีที่กำหนดไว้ในแบบฟอร์ม ตามข้อ 4.3

6. **การรายงาน**

ให้รายงานตามแบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 201.1-2550 : การทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้ , 201.2-2550 : การทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้

7. **เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้**

เกณฑ์การตัดสินใช้ค่าเฉลี่ยการทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้ แต่ละชนิด (ตามข้อ 5, 6 และ 7 ในแบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 201.1-2550 : การทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้)

8. **ข้อควรระวัง**

8.1 ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือทดสอบ ต้องเป็นค่าที่อ่านได้ละเอียด และถูกต้อง

8.2 ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบ ต้องอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์เรียบร้อย มีขนาดตามที่กำหนดเท่ากันตลอดทั้งท่อน และต้องไม่มีตำหนิในเนื้อไม้

8.3 ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องวางในตำแหน่งที่ถูกต้อง และมั่นคงตามแนวที่กำหนด

8.4 แผ่นเหล็กกดและแผ่นเหล็กรองรับไม้ตัวอย่าง ต้องอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ให้เคลื่อนตัวได้

8.5 สถานที่ทดสอบต้องเป็นที่ที่ไม่มีความสั่นสะเทือนมากเพราะจะทำให้ค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบมีความผิดพลาดได้ง่าย

8.6 การเพิ่มแรงกดลงบนไม้ตัวอย่าง ห้ามเพิ่มแรงกดอย่างรวดเร็ว ให้ดำเนินการเพิ่มแรงกดทีละน้อยอย่างช้า ๆ

9. **หนังสืออ้างอิง**

9.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 421-2525 ไม้แปรรูป : ข้อกำหนดทั่วไป

9.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424-2530 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

9.3 FACULTY OF ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY MATERIAL TESTING LABORATORY TEST NO.T 3 (COMPRESSION TEST OF WOOD PERPENDICULAR TO GRAIN)

9.4 ASTM DESIGNATION D 143-83 STANDARD METHODS OF TESTING SMALL CLEAR SPECIMENS OF TIMBER.

9.5 HARMER E. DAVIS, GEORGE EARL TROXELL AND CLEMENT T. WISKOCIL THE TESTING AND INSPECTION OF ENGINEERING MATERIALS (THIRD EDITION)

9.6 FREDERICK F. WANGAARD THE MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD.

โครงการ.....	บฟ.มถ.(ท) 201.1-2550	ทะเบียนทดสอบ.....	
สถานที่ก่อสร้าง.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)	ผู้ทดสอบ	
ผู้รับจ้าง.....			
ผู้นำส่ง.....	การทดสอบหาค่า	ผู้ตรวจสอบ	
ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....	แรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้		
ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....		อนุมัติ	

รายละเอียด		ชนิดไม้ตัวอย่าง								
		ไม้.....			ไม้.....			ไม้.....		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.มิติของไม้ตัวอย่าง	ขนาดของไม้ (ซม.)									
	พื้นที่หน้าตัดตัวอย่าง, A (ซม.^{2})									
	ความยาวของไม้ , L (ซม.)									
2.ความยาวพิกัด (ซม.)										
3.น.น.ของไม้ตัวอย่าง (กก.)										
4.แรงกด ณ จุดคลาก ที่ 0.05% OFFSET, Py(กก.)										
5.ความเค้นของไม้ ที่ P.L. (กก./ซม.^{2}) S = แรงกดที่ P.L. / พื้นที่หน้าตัดของไม้										
6.กำลังอัดของไม้ ณ จุดคลากที่ 0.05 %OFFSET(กก./ซม.^{2}) μy = Py / A										
7.โมดูลัสยืดหยุ่น (กก./ซม.^{2}) E = ความเค้น ที่ P.L. / ความเครียด ที่ P.L.										

หมายเหตุ

1. P.L. หมายถึง PROPORTIONAL LIMIT
2. Py หมายถึง แรงกด ณ จุดคลาก ที่ 0.05%
3. S หมายถึง ความเค้นของไม้ ที่ P.L.
4. μy หมายถึง กำลังอัดของไม้ ณ จุดคลาก ที่ 0.05% OFFSET
5. E หมายถึง โมดูลัสยืดหยุ่น
6. e หมายถึง ความเครียด ที่ P.L.

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้าง..... ผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 201.2-2550**	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่า แรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้**	**ผู้ทดสอบ**	
		ผู้ตรวจสอบ	
		อนุมัติ	

แรงกด P (กก.)	ชนิดไม้ตัวอย่าง								
	ไม้.....			ไม้.....			ไม้.....		
	การหดตัวของไม้ (มม.) 1 ช่อง = ... มม.			ความเค้น (STRESS) กก./ซม.^{2}			ความเครียด (STRAIN)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3

ค่าที่อ่านได้จากกราฟ

1. ความเค้น (ELASTIC STRENGTH, S) ของไม้ที่ P.L. = กก./ซม.^{2}
2. กำลังอัดของไม้ ณ จุดคลาก ที่ 0.05% OFFSET (μy) = กก./ซม.^{2}
3. แรงกด ณ จุดคลาก ที่ 0.05% OFFSET (Py) = กก.
4. แรงกด ที่ P.L. = กก.

มถ.(ท) 202-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้
(Compression Test of Wood Parallel to Grain)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ ครอบคลุมถึงการหาคุณสมบัติทางกลของไม้ด้วยอัตราแรงอัดในแนวขนานเสี้ยน และดูพฤติกรรมของไม้ เมื่อถูกแรงกระทำ ตลอดจนศึกษาลักษณะการแตกของไม้ (Failure) เมื่อถึงจุดวิบัติแล้วและพิจารณาหาค่าที่ต้องการ คือ

1.1 กำลังอัดของไม้ ณ ขีดปฏิภาค (Elastic Strength at Proportional Limit)

1.2 กำลังอัดของไม้ ณ จุดคลากที่ 0.05% Offset (Yielding Strength At 0.05% Offset)

1.3 กำลังอัดประลัยของไม้ (Ultimate Strength)

1.4 โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

2. นิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานการทดสอบไม้นี้ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 421 ไม้แปรรูป : ข้อกำหนดทั่วไป

3. ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์

ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

4. วิธีทำ

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

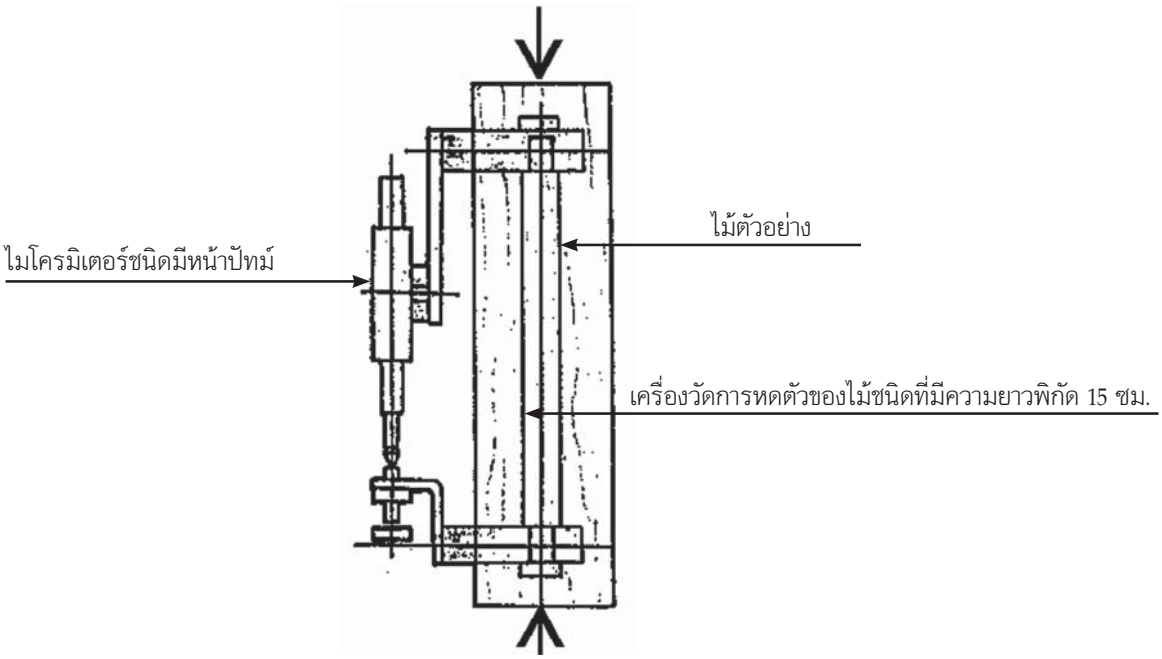
4.1.1 เครื่องมือทดสอบไม้

4.1.2 เครื่องมือวัดการหดตัวของไม้ชนิดที่มีความยาวพิกัด 15 ซม. (Compressometer Having 15 CM. Gauge Length) ดังแสดงในรูปที่ 1

4.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ เตรียมไม้ตัวอย่างที่ไสเรียบ (Dressed Timber) และเกลี้ยง (Clear Wood) ขนาด 5x5x20 ซม. ชนิดละ 3 ท่อน โดยไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องมีค่าความชื้น (Moisture Content) อยู่ระหว่างร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 14

4.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 202.1-2550 : การทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้, 202.2-2550 : การทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้



รูปที่ 1 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์การทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้

4.4 **การทดสอบ**

4.4.1 ไม้ตัวอย่างที่ทำการทดสอบ ต้องทำเป็นท่อนสี่เหลี่ยมมีเนื้อที่หน้าที่ตัดเท่ากันตลอดความยาว และในแนวเสี้ยนไม้ขนานกับแกนไม้ โดยมีแผ่นเหล็กรองรับท้ายของไม้ตัวอย่าง

4.4.2 วัดขนาดหน้าตัดไม้ตัวอย่างโดยยอมให้ผิดพลาดได้ไม่เกิน 0.2 ม.ม.วัดความยาวโดยยอมให้ผิดพลาดได้ไม่เกิน 0.5 ม.ม.. และชั่งน้ำหนักอ่านค่าละเอียดได้เป็นกรัม พร้อมทั้งแสดงรอยตำหนิต่าง ๆ ของไม้ที่ปรากฏให้เห็น

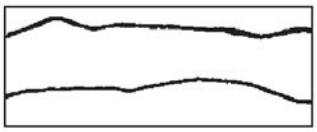
4.4.3 ตรวจสอบเครื่องมือวัดการหดตัวของไม้ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.001 ม.ม. และตรวจสอบความยาวพิกัด (Gauge Length) ของเครื่องมือวัดการหดตัวของไม้

4.4.4 ติดตั้งเครื่องมือวัดการหดตัวของไม้เข้ากับไม้ตัวอย่าง โดยวางไม้ตัวอย่างให้ได้ศูนย์กลาง กับเครื่องมือทดสอบ พร้อมทั้งปรับเครื่องมือกดไม้ และเครื่องมือวัดการหดตัวของไม้ ให้อ่านที่ขีดศูนย์

4.4.5 เพิ่มแรงกดบนไม้ตัวอย่าง อย่างต่อเนื่องด้วยความเร็วประมาณ 0.6 ม.ม.ต่อนาที

4.4.6 บันทึกแรงที่กดและวัดการหดตัว (Deformation) ของไม้ตัวอย่างทุก ๆ 500 กก. ของแรงที่กด จนกระทั่งเกินช่วงของขีดปฏิภาค หลังจากนั้นให้ถอดเครื่องมือวัดการหดตัวของไม้ออก แล้วกดไม้ตัวอย่างไปจนถึงจุดวิบัติ พร้อมทั้งบันทึกค่าของแรงที่กดสูงสุด

4.4.7 บันทึกลักษณะการวิบัติ พร้อมทั้งเขียนภาพรอยแตกของไม้ตัวอย่างแต่ละชิ้น ซึ่งตัวอย่างลักษณะการแตกของไม้ ดังแสดงในรูปที่ 2



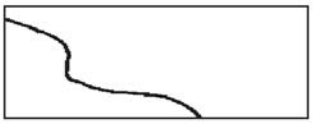
รอยแตกแบบบดย่อย
(Crushing)



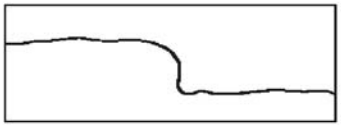
รอยแตกรูปลิ่ม
(Wedge Split)



รอยแตกแบบแรงเฉือน
(Shearing)



รอยแตกแบบฉีกปลาย
(Splitting)



รอยแตกแบบแรงอัด และแรงเฉือนขนานเสี้ยน
(Compression And Shearing Parallel To Grain)



รอยแตกแบบแยกปลาย
(Brooming Or End-Rolling)

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างลักษณะการวิบัติ

4.4.7.1 รอยแตกแบบบดย่อย เกิดขึ้นเมื่อรอยแตกอยู่ในแนวขนานเสี้ยน

4.4.7.2 รอยแตกรูปลิ่ม เกิดขึ้นเมื่อลักษณะการแตกคล้ายรูปลิ่ม โดยเส้นที่ถูกผ่าอาจเป็นได้ทั้งในแนวเส้นวงปี หรือแนวเส้นสัมผัสวงปี

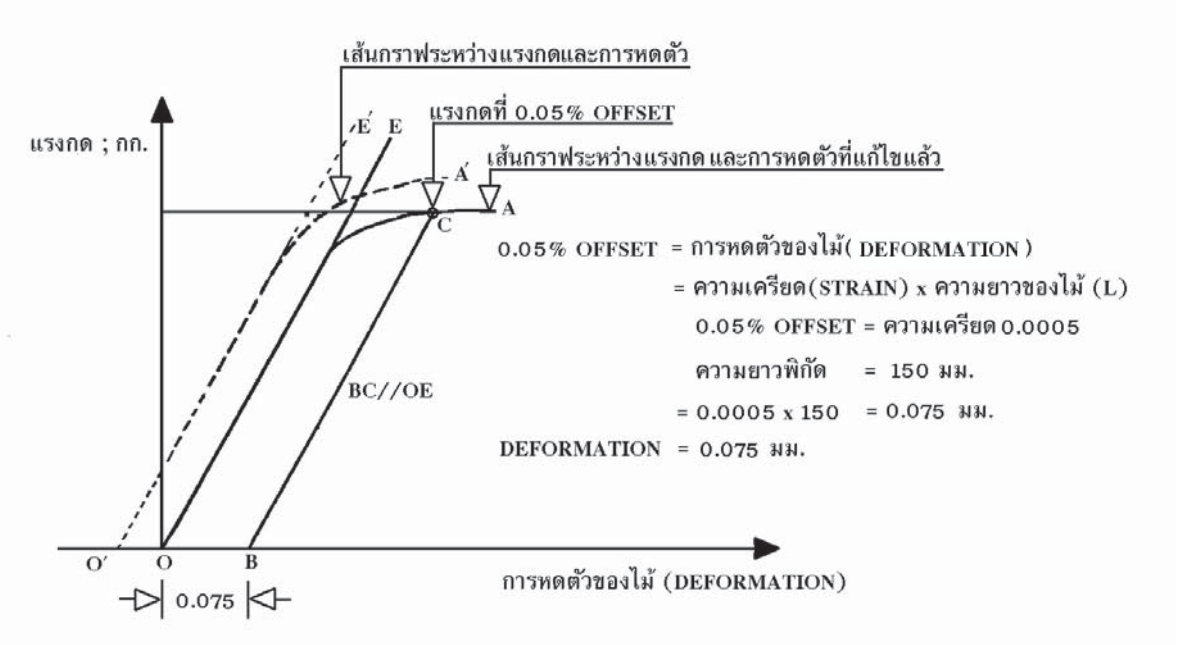
4.4.7.3 รอยแตกแบบแรงเฉือน เกิดขึ้นเมื่อรอยแตกทำมุมมากกว่า 45 องศา กับด้านบนของไม้ตัวอย่าง

4.4.7.4 รอยแตกแบบฉีกปลาย เกิดขึ้นเมื่อไม้ตัวอย่างมีตำหนิภายในมาก่อน

4.4.7.5 รอยแตกแบบแรงอัด และรอยแตกแบบแรงเฉือนขนานเสี้ยน เกิดขึ้นเมื่อมีรอยแตกปรากฏในแนวขวางเสี้ยน

4.4.7.6 รอยแตกแบบแยกปลาย เกิดขึ้นเนื่องจากบริเวณส่วนปลายของเนื้อไม้มีความชื้นมากเกินไป หรือเกิดจากการตัดไม้ตัวอย่างมาไม่ดีพอ

4.4.8 เขียนกราฟ โดยกำหนดให้แรงกด อยู่บนแกนตั้งและการหดตัวของไม้ อยู่บนแกนนอน ให้แสดงค่ากำลังอัด ณ ขีดปฏิภาค และกำลัง ณ จุดคลาก (แสดงด้วยเส้นกราฟ O′-A′) บนกราฟด้วยถ้าเส้นกราฟไม่ผ่านจุดเริ่มต้นให้ปรับแก้ใหม่ โดยให้ผ่านจุดเริ่มต้น (แสดงด้วยเส้นกราฟ O-A) ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการหดตัวของไม้

5. **การคำนวณ**

ให้ดำเนินการคำนวณตามวิธีที่กำหนดไว้ในแบบฟอร์ม ตามข้อ 4.3

6. **การรายงาน**

ให้รายงานตามแบบฟอร์ม ในข้อ 4.3

7. **เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้**

เกณฑ์การตัดสินใช้ค่าเฉลี่ยการทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้ แต่ละชนิด (ตามข้อ 6,7,8 และ 9 ในแบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 202.1-2550 : การทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้)

8. **หนังสืออ้างอิง**

8.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 421-2525 ไม้แปรรูป : ข้อกำหนดทั่วไป

8.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424-2530 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

8.3 HARMER E. DAVIS, GEORGE EARL TROXELL AND CLEMENT T. WISKOCIL THE TESTING AND INSPECTION OF ENGINEERING MATERIALS (THIRD EDITION)

โครงการ…….. สถานที่ก่อสร้าง…..…….. …… ผู้รับจ้าง……..…….. ผู้นำส่ง……. ชนิดตัวอย่าง……..ทดสอบครั้งที่…….. ทดสอบวันที่……แผ่นที่…..…	**บฟ. มถ.(ท) 202.1-2550**	**ทะเบียนทดสอบ……**	
	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)	**ผู้ทดสอบ**	
		ผู้ตรวจสอบ	
	การทดสอบหาค่า แรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้	**ผู้อนุมัติ**	

รายละเอียด		**ชนิดไม้ตัวอย่าง**								
		ไม้.....			**ไม้.....**			**ไม้.....**		
		1	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
1.มิติของไม้ตัวอย่าง	**พื้นที่หน้าตัดตัวอย่าง, (ซม.^{2})**									
	ความยาวของไม้, L (ซม.)									
2.ความยาวพิกัด (ซม.)										
3.น.น.ของไม้ตัวอย่าง (กก.)										
4.แรงกด ณ จุดคลาก ที่ 0.05% OFFSET , Py (กก.)										
5.แรงกด ณ จุดวิบัติ P_{Max} (กก.)										
6.ความเค้นของไม้ ที่ P.L. (กก./ซม.^{2}) **S = แรงกดที่ P.L. / A**										
7.กำลังอัดของไม้ ณ จุดคลากที่ 0.05% OFFSET (กก./ซม.^{2}) Cy = Py / A										
8.กำลังอัดประลัยของไม้ (กก./ซม.^{2}) **C_{Max} = P_{Max} / A**										
9.โมดูลัสยืดหยุ่น (กก./ซม.^{2}) **E = ความเค้น ที่ P.L. / ความเครียด ที่ P.L.**										

หมายเหตุ

1. P.L. หมายถึง PROPERTIONAL LIMIT
2. Py หมายถึง แรงกด ณ จุดคลากที่ 0.05 % OFFSET
3. S หมายถึง ความเค้นของไม้ ที่ P.L.
4. Cy หมายถึง กำลังอัดของไม้ ณ จุดคลากที่ 0.05 % OFFSET
5. C_{max} หมายถึง กำลังอัดประลัยของไม้
6. E หมายถึง โมดูลัสยืดหยุ่น

โครงการ…….…… สถานที่ก่อสร้าง…..……..…… ……...…….. ผู้รับจ้าง…….. ผู้นำส่ง…….. ชนิดตัวอย่าง……..……ทดสอบครั้งที่……..… ทดสอบวันที่……..…แผ่นที่…….	**บฟ.มถ.(ท) 202.2-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่า** **แรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้**	**ทะเบียนทดสอบ……**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		อนุมัติ	

แรงกด P (กก.)	**ชนิดไม้ตัวอย่าง**								
	ไม้……			**ไม้……**			**ไม้……..**		
	การหดตัวของไม้ (มม.) **1 ช่อง = …… มม.**			**ความเค้น (STRESS) กก./ซม.^{2}**			**ความเครียด (STRAIN)**		
	1	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
P_{Max} (กก.)									
ภาพรอยแตก	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ชนิดการแตก									

มถ.(ท) 203-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของไม้
(Moisture Content of Wood)

1. **ขอบข่าย**

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาปริมาณความชื้นของไม้ โดยวิธีอบแห้ง

2. **นิยาม**

2.1 ความชื้นของไม้ หมายถึง อัตราส่วนของน้ำหนักของความชื้นที่อยู่ในเนื้อไม้ ต่อน้ำหนักของไม้ที่อบแห้งจนน้ำหนักคงที่โดยคิดเป็นร้อยละ (ค่าของความชื้นของไม้อาจมากกว่า 100 ก็ได้)

2.2 ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานการทดสอบไม้นี้ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.421 ไม้แปรรูป : ข้อกำหนดทั่วไป

3. **ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์**

ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

4. **วิธีทำ**

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

4.1.1 ตู้อบไฟฟ้า (Electric Dry Oven) เป็นตู้อบที่สามารถปรับและควบคุมอุณหภูมิได้ สำหรับการทดสอบนี้ให้ควบคุมที่อุณหภูมิ 103 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส โดยตลอดในช่วงเวลาที่ต้องการอบไม้ตัวอย่าง จนน้ำหนักลดลงคงที่ ตู้อบไฟฟ้าควรมีอากาศหมุนเวียนภายในเพื่อให้อุณหภูมิเท่ากันโดยทั่วและควรมีช่องระบายไอน้ำออกได้ด้วย

4.1.2 เครื่องชั่ง ให้มีความละเอียดของการชั่งน้ำหนักได้ ไม่น้อยกว่า 0.05 กรัม

4.2 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมไม้ตัวอย่างที่ไสเรียบ (Dressed Timber) และเกลี้ยง (Clear Wood) และต้องไม่เคลือบสารเคมี ขนาด 2.5x2.5x6 ซม. ชนิดละ 3 ท่อน

4.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 203.1-2550 : การทดสอบหาค่าความชื้นของไม้

4.4 การทดสอบ

4.4.1 ขจัดเสี้ยนไม้ที่เกาะอยู่ตามผิวของไม้ตัวอย่างออก และชั่งน้ำหนักของไม้ตัวอย่าง โดยยอมให้คลาดเคลื่อนได้ $\pm$ 0.05 กรัม น้ำหนักที่ชั่งได้นี้จะเป็นน้ำหนักของไม้ตัวอย่างก่อนอบแห้ง (Original Weight)

4.4.2 นำไม้ตัวอย่างเข้าในตู้อบ โดยให้ความร้อนผ่านได้ทั่วถึงทุกท่อน ที่อุณหภูมิ 103 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส ตรวจสอบน้ำหนักของไม้ตัวอย่างทุก ๆ ช่วงระยะเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าไม้ตัวอย่างจะแห้งสนิทปราศจากความชื้น และมีน้ำหนักคงที่

4.4.3 นำไม้ตัวอย่างออกมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง โดยยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 0.05 กรัม น้ำหนักที่ชั่งได้นี้ จะเป็นน้ำหนักของไม้ตัวอย่างหลังอบแห้ง (Oven Dry-Weight)

5. การคำนวณ

ให้ดำเนินการคำนวณตามวิธีที่กำหนดไว้ในแบบฟอร์ม ตามข้อ 4.3

6. การรายงาน

ให้รายงานตามแบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 203.1-2550 : การทดสอบหาค่าความชื้นของไม้

7. เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

เกณฑ์การตัดสินให้เป็นไปตาม มถ.104 : มาตรฐานงานไม้ ใช้ค่าเฉลี่ยการทดสอบหาค่าความชื้นของไม้ แต่ละชนิด (ข้อ 5 ในแบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 203.1-2550 : การทดสอบหาค่าความชื้นของไม้)

8. ข้อควรระวัง

8.1 ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์เรียบร้อย มีขนาดตามที่กำหนดเท่ากันตลอดทั้งท่อน และต้องไม่มี ตำหนิในเนื้อไม้

8.2 การอบไม้ตัวอย่าง ห้ามอบนานเกินความจำเป็น และห้ามเกินกว่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ (103 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส)

9. หนังสืออ้างอิง

9.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 421-2525 ไม้แปรรูป : ข้อกำหนดทั่วไป

9.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424-2530 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

9.3 FACULTY OF ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY MATERIAL TESTING LABORATORY TEST NO.T 7 MOISTURE CONTENT OF WOOD, REVISED : MAY 1983

9.4 ASTM DESIGNATION : D 2016-74 (REAPPROVED 1983) STANDARD TEST METHODS FOR MOISTURE CONTENT OF WOOD

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้าง..... ผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	บฟ. มถ.(ท) 203.1-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าความชื้นของไม้**	ทะเบียนทดสอบ.....	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		อนุมัติ	

รายละเอียด		ชนิดไม้ตัวอย่าง								
		ไม้.....			ไม้.....			ไม้.....		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.มิติของไม้ตัวอย่าง	ความยาว L. (มม.)									
	ความกว้าง B. (มม.)									
	ความหนา T. (มม.)									
2. น.น.ของไม้ตัวอย่างก่อนอบแห้ง W (กรัม) (ORIGINAL WEIGHT)										
3. น.น.ของไม้ตัวอย่างหลังอบแห้ง WD (กรัม) (OVEN DRY WEIGHT)										
4. ปริมาณความชื้น เป็นร้อยละ M = (W-WD) x 100 / WD										
5. ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้น เป็นร้อยละ										

หมายเหตุ:

มถ.(ท) 204-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงดัดของไม้
(Flexure Test of Wood)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ ครอบคลุมถึงการหาคุณสมบัติทางกลของไม้ด้วยแรงดัด และดูพฤติกรรมของไม้ เมื่อถูกแรงกระทำ ตลอด จนลักษณะการแตกของไม้ (Failure) ที่จุดวิบัติแล้ว และพิจารณาหาค่าที่ต้องการ คือ

1.1 ค่าหน่วยแรงความเค้นผิวนอกของไม้ ณ ขีดปฏิภาค (Stress in Outer Fiber at Proportional Limit)

1.2 โมดูลัสแตกร้าว (Modulus of Rupture)

1.3 โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of ElasticIity)

1.4 ค่าหน่วยแรงความเค้นสูงสุดของแรงเฉือน (Maximum Shearing Stress)

1.5 โมดูลัสคืนตัว (Modulus of Resilience)

1.6 ลักษณะของการวิบัติ (Type of Failure)

2. นิยาม

2.1 ค่าหน่วยแรงความเค้นผิวนอกของไม้ ณ ขีดปฏิภาค หมายถึง ค่าหน่วยแรงความเค้นมากที่สุดที่กระทำบนผิวของไม้ และไม้สามารถรับแรงความเค้นนี้ได้โดยไม่เกิดการเปลี่ยนรูปร่างคงตัว (Permanent Deformation)

2.2 โมดูลัสยืดหยุ่น หมายถึง ค่าคุณสมบัติทางกลที่ใช้วัดพิกัดความแข็งแกร่ง (Stiffness) ของไม้เมื่อมีแรงความเค้นกระทำที่ไม้นั้น

2.3 โมดูลัสแตกร้าว หมายถึง พิกัดของค่าหน่วยแรงดัดที่เลยขอบเขตของสมมุติฐาน ในการพิสูจน์สูตรแรงดัด

2.4 โมดูลัสคืนตัว หมายถึง ค่าคุณสมบัติทางกลที่ใช้วัดพิกัดความเหนียว (Toughness) หรือพิกัดของค่าขีดความสามารถต่อการต้านแรงกระแทก (Shock-Resistance) ของไม้ เมื่อมีแรงความเค้น กระทำที่ไม้นั้น

2.5 ค่าหน่วยแรงความเค้นสูงสุดของแรงเฉือน หมายถึง ค่าความสามารถของไม้ที่ทนต่อแรงความเค้นสูงสุด โดยทำให้เนื้อไม้ส่วนหนึ่งเคลื่อนตัวหรือแยกหลุดออกจากเนื้อไม้อีกส่วนหนึ่งที่อยู่ติดกัน

2.6 น้ำหนักประลัย (Ultimate Load) หมายถึง น้ำหนักสูงสุดของค่าแรงความเค้นที่กระทำบนไม้ ณ จุดวิบัติ

3. ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์

ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

4. วิธีทำ

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

4.1.1 เครื่องทดสอบไม้ (Wood Testing Machine)

4.1.2 เครื่องมือวัดการแอ่นตัวของไม้

4.2 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมไม้ตัวอย่างไสเรียบ (Dressed Timber) และเกลี้ยง (Clear Wood) ขนาด 5x5x90 ซม.ชนิดละ 3 ท่อนโดยไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องมีค่าความชื้น (Moisture Content) อยู่ระหว่างร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 14

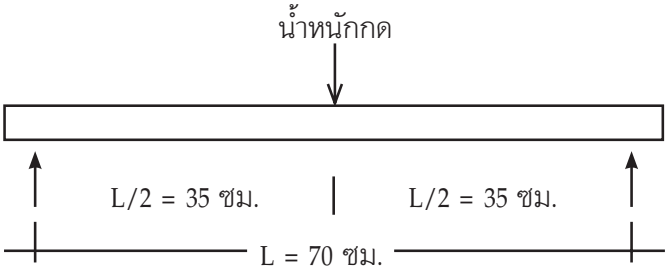
4.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 204.1-2550 : การทดสอบหาค่าแรงดัดของไม้ ถึง 204.4-2550 : การทดสอบหาค่าแรงดัดของไม้

4.4 การทดสอบ

4.4.1 วัดขนาดและชั่งน้ำหนักของไม้ตัวอย่างแต่ละท่อน เขียนภาพสามมิติของไม้ตัวอย่างไว้พร้อมทั้งแสดงรอยตำหนิ ทิศทางและจำนวนวงปีที่หน้าตัดของไม้ตัวอย่าง ทุก ๆ ระยะ 2.50 ซม. เพื่อเป็นข้อมูลการพิจารณาหลังการทดสอบ

4.4.2 จัดตำแหน่งของปลายฐานรองรับให้มีระยะห่าง 70 ซม. วางไม้ตัวอย่างในตำแหน่งที่ผิวสัมผัสกับเส้นวงปี (Tangential Surface) หรือผิวตามแนวเสี้ยนที่อยู่ใกล้ไส้ไม้ (Pith) ที่สุด โดยหงายหน้าขึ้นเพื่อให้เครื่องทดสอบกดน้ำหนักลงมา หรือวางไม้ตัวอย่างให้ผิวตามแนวเสี้ยนใกล้ไส้ไม้ที่สุด โดยคว่ำหน้าลงเมื่อใช้เครื่องทดสอบดึงไม้ตัวอย่างขึ้นและยึดน้ำหนักที่กดไม้ไว้อย่างมั่นคงตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงการทดสอบหาค่าแรงดัดของไม้

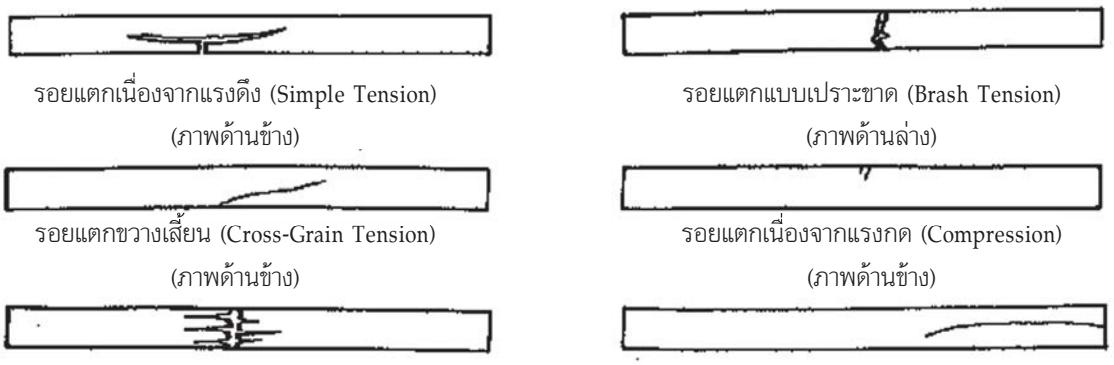
4.4.3 เครื่องมือวัดการแอ่นตัวของไม้ และเครื่องทดสอบไม้ที่จะทำการทดสอบให้อ่านค่าที่ขีดศูนย์

4.4.4 กดน้ำหนักต่อเนื่องอย่างช้า ๆ ด้วยความเร็ว 2.5 มม. ต่อนาที อ่านค่าการแอ่นตัวที่กึ่งกลางของไม้ตัวอย่าง และน้ำหนักกดแต่ละครั้งที่เพิ่มขึ้นเป็นช่วงเท่า ๆ กัน ซึ่งอย่างน้อยที่สุดจะต้องอ่านได้ 20 ค่า ก่อนถึงจุดประลัย (Ultimate) และให้บันทึกค่าของน้ำหนักประลัยไว้ด้วย

4.4.5 บันทึกลักษณะของการวิบัติที่ปรากฏบนไม้ตัวอย่าง หลังจากที่กดน้ำหนักจนถึงจุดประลัยแล้ว

4.4.6 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างน้ำหนักกดที่เพิ่มขึ้น และค่าการแอ่นตัว โดยให้อยู่ในแกนตั้ง และแกนนอนตามลำดับ

4.4.7 คำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่ต้องการดังแสดงไว้ในแบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 204.2-2550 : การทดสอบหาค่าแรงดัดของไม้



รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างลักษณะของการวิบัติ

5. **การคำนวณ**

ให้ดำเนินการคำนวณตามวิธีที่กำหนดไว้ในแบบฟอร์ม ข้อ 4.3

6. **การรายงาน**

ให้รายงานตามแบบฟอร์ม ในข้อ 4.3

7. **เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้**

เกณฑ์การตัดสินให้เป็นไปตาม มถ. 104 : มาตรฐานงานไม้ โดยใช้ค่าเฉลี่ยการทดสอบหาค่าแรงดัดของไม้ แต่ละชนิด

8. **หนังสืออ้างอิง**

8.1 มาตรฐาน ว.ส.ท. มาตรฐานสำหรับอาคารไม้ พิมพ์ครั้งที่ 5 พฤษภาคม 2526

8.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424-2530 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

8.3 FACULTY OF ENGINEERING,CHULALONGKORN UNIVERSITY MATERIAL TESTING LABORATORY,: TEST NO.T1 "FLEXURE TEST OF WOOD," REVISED : MAY 1983

8.4 HARMER E. DAVIS, GEORGE EARL TROXELL AND CLEMENT T. WISKOCIL THE TESTING AND INSPECTION OF ENGINEERING MATERIALS : THIRD EDITION

8.5 FREDERICK F. WANGAARD THE MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้าง..... ผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 204.1-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าแรงดัดของไม้**	**ทะเบียนทดสอบ.....** **ผู้ทดสอบ** **ผู้ตรวจสอบ** อนุมัติ

แรงกด P (กก.)	**ชนิดไม้ตัวอย่าง**								
	ไม้.....			**ไม้.....**			**ไม้.....**		
	การแอ่นตัวของไม้ Δ (ม.ม.) **1 ช่อง = ... ม.ม.**			**การแอ่นตัวของไม้ Δ (ม.ม.)** **1 ช่อง = ... ม.ม.**			**การแอ่นตัวของไม้ Δ (ม.ม.)** **1 ช่อง = ... ม.ม.**		
	1	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
แรงกดสูงสุด P_{max} (กก.)									

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้าง..... ผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	บฟ.มถ.(ท) 204.2-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) การทดสอบหาค่าแรงดัดของไม้	ทะเบียนทดสอบ.....	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		อนุมัติ	

รายละเอียด		ชนิดไม้ตัวอย่าง								
		ไม้.....			ไม้.....			ไม้.....		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.มิติของไม้ตัวอย่าง	ความกว้าง b (ซม.)									
	ความลึก d (ซม.)									
2.ความยาวพิกัด L (ซม.)										
3.น.น.ของไม้ตัวอย่าง W (กรัม)										
4.ค่าหน่วยแรงความเค้นที่ขีดปฏิภาค(กก./ซม.^{2}) $S = (3/2) \{(PL) / (bd^2)\}$ (ใช้ค่า P ที่ขีดปฏิภาค)										
5.โมดูลัสแตกร้าว (กก./ซม.^{2}) $R = (3/2) \{(P_{max} L) / (bd^2)\}$										
6.โมดูลัสยืดหยุ่น (กก./ซม.^{2}) $E = (PL^3) / (48 \Delta I)$ (ใช้ค่า P ที่ขีดปฏิภาค)										
7.โมดูลัสคืนตัว (กก./ซม.^{2}) $M_R = S^2 / 18 E$ (ใช้ S จากข้อ 4 , E จากข้อ 6)										
8.ค่าหน่วยแรงความเค้นสูงสุดของแรงเฉือน $S_{max} = (3/4) (P_{max} / bd)$ (กก./ซม.^{2})										
9.ค่างานเฉลี่ยที่น้ำหนักประลัย (กก. - ซม.) $W = P_{max} \Delta_{max}$										

หมายเหตุ:

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้าง..... ผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ.มถ.(ท) 204.3-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าแรงดัดของไม้**	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		อนุมัติ	

รายละเอียด			**ชนิดไม้ตัวอย่าง**		
			ไม้.....	**ไม้.....**	**ไม้.....**
1.ค่าเฉลี่ยของหน่วยแรงความเค้นที่ขีดปฏิภาค	**S**	**(กก./ซม.^{2})**			
2.ค่าเฉลี่ยของโมดูลัสแตกร้าว	**R**	**(กก./ซม.^{2})**			
3.ค่าเฉลี่ยของโมดูลัสยืดหยุ่น	**E**	**(กก./ซม.^{2})**			
4.ค่าเฉลี่ยของโมดูลัสคืนตัว	**M_R**	**(กก./ซม.^{2})**			
5.ค่าเฉลี่ยของหน่วยแรงความเค้นสูงสุดของแรงเฉือน	**S_{max}**	**(กก./ซม.^{2})**			
6. ค่าเฉลี่ยของงานเฉลี่ยที่น้ำหนักประลัย	**W_{AV}**	**(กก. - ซม.)**			

หมายเหตุ:

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้าง..... ผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ.มถ.(ท) 204.4-2550**	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าแรงดัดของไม้**	**ผู้ทดสอบ**	
		ผู้ตรวจสอบ	
		อนุมัติ	

ลักษณะการวิบัติ

ชนิดของไม้ตัวอย่าง	1	2	3

หมายเหตุ

มถ.(ท) 205-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่ากำลังดึงและแรงต้านทานการแตกของไม้
(Tensile and Cleavage Test of Wood)

1. **ขอบข่าย**

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาคุณสมบัติทางกลของไม้ เมื่อมีแรงดึงในแนวตั้งฉากกับเสี้ยน และแรงต้านทานการแตกของไม้

2. **นิยาม**

2.1 กำลังดึงของไม้ (Tensile Strength of Wood) หมายถึง ความสามารถของไม้ที่ทนต่อแรงดึงสูงสุดต่อแนว ตั้งฉากกับเสี้ยน

2.2 แรงต้านทานของไม้ (Cleavage of Wood) หมายถึง แรงที่กระทำต่อการต้านทานการแตกของไม้ โดยแนวแตก จะอยู่ในระนาบขนานกับเสี้ยน ทางด้านตั้งฉากกับวงปี (Radial) หรือทางด้านสัมผัสกับวงปี (Tangential)

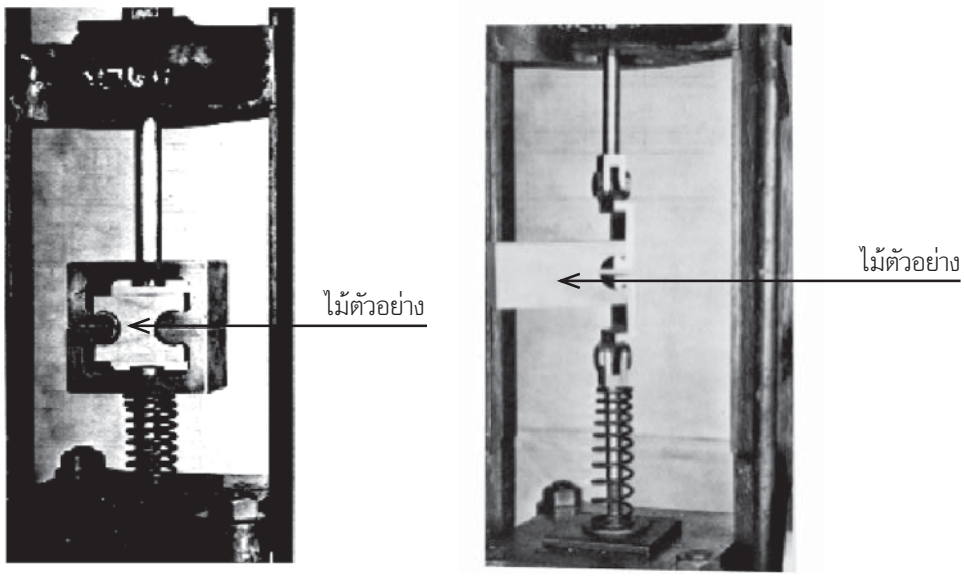
3. **ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์**

ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

4. **วิธีทำ**

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

เครื่องมือสำหรับทดสอบแรงดึง และแรงต้านทานการแตกของไม้ (Special Devices for Tensile and Cleavage Test) ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่องมือสำหรับทดสอบกำลังดึงและแรงต้านทานการแตกของไม้

4.2 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมไม้ตัวอย่างที่ไสเรียบ (Dressed Timber) และเกลี้ยง (Clear Wood) ขนาด 5x5x6 ซม. โดยมีขนาดบริเวณของส่วนที่จะทดสอบ 2.5x5 ซม. ชนิดละ 3 ท่อน สำหรับการทดสอบแรงดึง และขนาด 5x5x9.5 ซม. โดยมีขนาดบริเวณของส่วนที่จะทดสอบ 5x7.5 ซม. สำหรับการทดสอบแรงต้านทานการแตกของไม้ ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องมีค่าความชื้น (Moisture Content) อยู่ระหว่างร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 14

4.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 205.1-2550 : การทดสอบหาค่ากำลังดึงและแรงต้านทานการแตกของไม้ และ 205.2-2550 : การทดสอบหาค่ากำลังดึงและแรงต้านทานการแตกของไม้

4.4 การทดสอบ

4.4.1 วัดความกว้างของไม้ตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบแรงดึง และแรงต้านทานการแตกของไม้ โดยให้อ่านค่าได้มีความละเอียดถึง 0.1 ซม. และชั่งน้ำหนักให้อ่านค่าได้ มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม

4.4.2 วางไม้ตัวอย่างให้เข้าที่ในตำแหน่งที่แสดงไว้ ในรูปที่ 1 ใช้แรงดึงอย่างต่อเนื่องด้วยความเร็วประมาณ 2.5 มม. ต่อนาที จนถึงจุดที่ไม้ตัวอย่างเริ่มแตก บันทึกค่าแรงดึงสูงสุดที่อ่านค่าได้

4.4.3 ค่ากำลังดึงของไม้ หาได้โดยนำค่าของแรงดึงสูงสุดที่อ่านได้ หารด้วยพื้นที่บริเวณส่วนที่แคบที่สุด

4.4.4 พิจารณาหาค่าของแรงต้านทานการแตกของไม้ต่อเซนติเมตร ของความกว้างของไม้ตัวอย่าง

5. การคำนวณ

ให้ดำเนินการคำนวณตามวิธีที่กำหนดไว้ในแบบฟอร์ม ตามข้อ 4.3

6. การรายงาน

ให้รายงานตามแบบฟอร์ม ในข้อ 4.3

7. เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

เกณฑ์การตัดสินให้เป็นไปตาม มถ. 104 : มาตรฐานงานไม้ โดยใช้ค่าเฉลี่ยการทดสอบแรงดึง และแรงต้านทานการแตกของไม้ แต่ละชนิด ตามแบบฟอร์มในข้อ 4.3

8. ข้อควรระวัง

8.1 ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์เรียบร้อย มีขนาดตามที่กำหนดเท่ากันตลอดทั้งท่อน และต้องไม่มีตำหนิในเนื้อไม้

8.2 ในการทดสอบให้วางไม้ตัวอย่างในตำแหน่งที่ถูกต้องและมั่นคง

9. หนังสืออ้างอิง

9.1 มาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย มาตรฐานสำหรับอาคารไม้ พิมพ์ครั้งที่ 5 พ.ศ. 2526

9.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424-2530 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

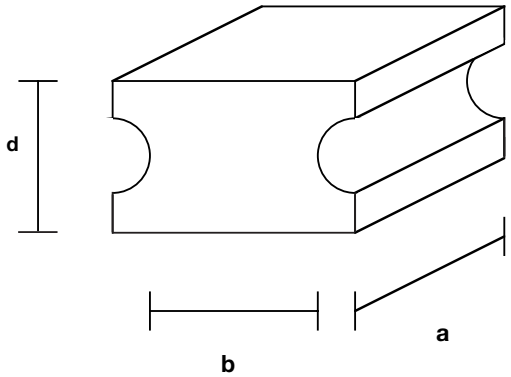
9.3 FACULTY OF ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY MATERIAL TESTING LABORATORY TEST NO.T 5 TENSILE AND CLEAVAGE TEST OF WOOD

9.4 ASTM DESIGNATION : D 143-83 STANDARD METHODS OF TESTING SMALL CLEAR SPECIMENS OF TIMBER.

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้าง..... ผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 205.1-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่า** **กำลังดึงและแรงต้านทานการแตกของไม้**	**ทะเบียนทดสอบ.....** **ผู้ทดสอบ** **ผู้ตรวจสอบ** **อนุมัติ**

การทดสอบหาค่ากำลังดึงของไม้ (Tension Test)

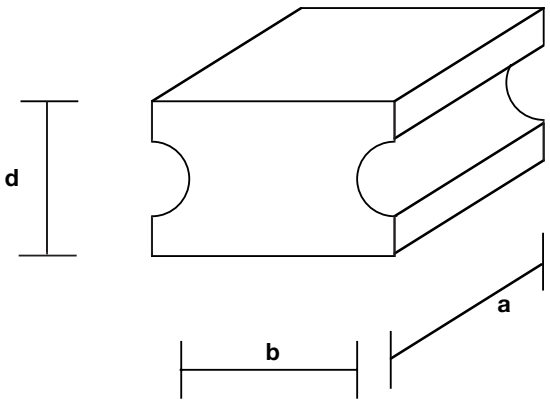
รายละเอียด		**ชนิดไม้ตัวอย่าง**								
		ไม้.....			**ไม้.....**			**ไม้.....**		
		1	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
1.มิติของไม้ตัวอย่าง	**ความยาว a (ซม.)**									
	ความกว้าง b (ซม.)									
2.ความลึกของไม้ตัวอย่าง d (ซม.)										
3.น.น.ของไม้ตัวอย่าง w (ก.)										
4.ความชื้นของไม้ตัวอย่าง (ร้อยละ)										
5.พื้นที่หน้าตัดที่ใช้ทดสอบ , A = a x b (ซม.^{2})										
6.ค่าแรงดึงสูงสุด , P (กก.)										
7.ค่ากำลังดึงของไม้ , δ = P / A (กก./ซม.^{2})										
8. ค่าเฉลี่ยกำลังดึงของไม้ , δ_{AV} (กก./ซม.^{2})										



โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้าง..... ผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 205.2-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่า** **กำลังดึงและแรงต้านทานการแตกของไม้**	**ทะเบียนทดสอบ.....** **ผู้ทดสอบ** **ผู้ตรวจสอบ** **อนุมัติ**

การทดสอบแรงต้านทานการแตกของไม้ (Cleavage Test)

รายละเอียด		**ชนิดไม้ตัวอย่าง**								
		ไม้.....			ไม้.....			ไม้.....		
		1	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
1.มิติของไม้ตัวอย่าง	**ความยาว a (ซม.)**									
	ความกว้าง b (ซม.)									
2.ความลึกของไม้ตัวอย่าง d (ซม.)										
3. น.น.ของไม้ตัวอย่าง w (ก.)										
4. ความชื้นของไม้ตัวอย่าง (ร้อยละ)										
5. ค่าแรงดึงสูงสุด , P (กก.)										
6.ค่าแรงต้านทานการแตกของไม้ = P / b (กก./ซม.)										
7.ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของไม้ (กก./ซม.)										



มถ.(ท) 206-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงเฉือนขนานเสี้ยนของไม้
(Shear Test of Wood Parallel to Grain)

1. **ขอบข่าย**

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาค่าความสามารถในการรับแรงเฉือนของไม้ในแนวขนานเสี้ยน

2. **นิยาม**

ความสามารถในการรับแรงเฉือนของไม้ หมายถึง ความสามารถของไม้ในการต้านทานแรงเค้น ที่จะทำให้ส่วนของหน้าตัดไม้ที่อยู่ในระนาบเดียวกับแนวแรงเลื่อนออกจากกัน

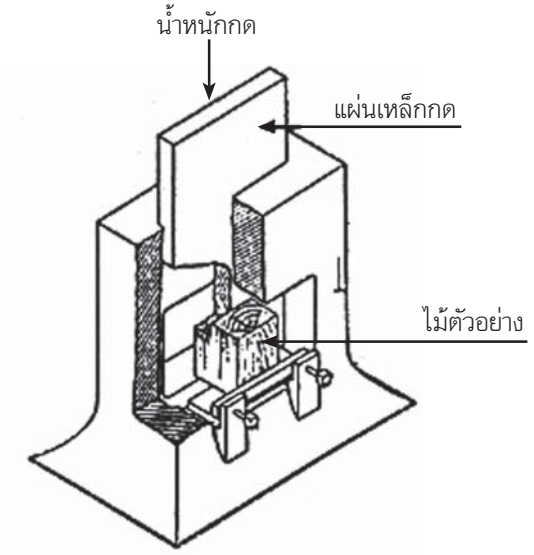
3. **ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์**

ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

4. **วิธีทำ**

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

4.1.1 เครื่องมือทดสอบแรงเฉือน ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับที่แสดงในรูปที่ 1 โดยให้มีระยะห่างระหว่างขอบด้านในของผิวที่รองรับกับระนาบที่จะเกิดการวิบัติของไม้ เท่ากับ 3 ม.ม.

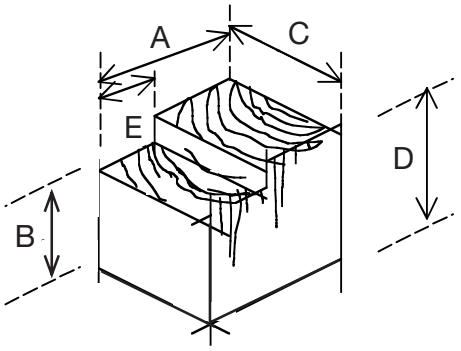


รูปที่ 1 เครื่องมือทดสอบหาค่าแรงเฉือนขนานเสี้ยนของไม้

4.2 **การเตรียมตัวอย่าง**

4.2.1 เตรียมไม้ตัวอย่างที่ไสเรียบ (Dressed Timber) และเกลี้ยง (Clear Wood) ขนาด 5x5x6.3 ซม. โดยให้มีพื้นที่ที่จะรับแรงเฉือนเมื่อทำการทดสอบ เท่ากับ 5 x 5 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 2

4.2.2 ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบ ต้องมีความชื้น (Moisture Content) อยู่ระหว่างร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 14



รูปที่ 2 ไม้ตัวอย่าง

4.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 206.1-2550 : การทดสอบหาค่าแรงเฉือนขนานเสี้ยนของไม้

4.4 การทดสอบ

4.4.1 ชั่งน้ำหนัก ไม้ตัวอย่าง ให้ละเอียด ถึง 0.1 กรัม

4.4.2 วัดขนาด ไม้ตัวอย่าง ให้ละเอียด ถึง 0.1 ม.ม.

4.4.3 บันทึกลักษณะทิศทาง ของลายไม้ (วงปี) ของพื้นที่ที่รับแรงเฉือนว่าอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับวงปี (Radial) หรือสัมผัสกับวงปี (Tangential) หรืออยู่ระหว่างแนวตั้งฉากและแนวสัมผัสกับวงปี (Intermediate)

4.4.4 วางไม้ตัวอย่างลงในเครื่องมือทดสอบในลักษณะดังต่อไปนี้

4.4.4.1 ไม่มีการบิดตัวของไม้ตัวอย่าง เมื่อมีแรงกระทำ

4.4.4.2 วางไม้ตัวอย่างให้อยู่ในแนวดิ่ง

4.4.4.3 พื้นผิวล่างของไม้ตัวอย่างวางให้ได้ระนาบบนที่รองรับ

4.4.5 ค่อย ๆ ปรับเครื่องมือให้เข้าที่แล้วทำการทดสอบ โดยให้แผ่นเหล็กกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่มากกว่า 2 ม.ม. ต่อนาที จนไม้ตัวอย่างเกิดการวิบัติ

4.4.6 บันทึกค่าแรงกระทำสูงสุด และลักษณะการวิบัติของไม้ตัวอย่าง

5. **การคำนวณ**

ให้ดำเนินการคำนวณตามวิธีที่กำหนดไว้ในแบบฟอร์ม ตามข้อ 4.3

6. **การรายงาน**

ให้รายงานตามแบบฟอร์ม ในข้อ 4.3

7. **เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้**

เกณฑ์การตัดสินให้เป็นไปตาม มถ.104 : มาตรฐานงานไม้ โดยใช้ค่าเฉลี่ยความสามารถในการรับแรงเฉือนของไม้

8. **ข้อควรระวัง**

8.1 ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์เรียบร้อย มีขนาดตามที่กำหนดเท่ากันตลอดทั้งท่อน และต้องไม่มี ตำหนิในเนื้อไม้

8.2 การอบไม้ตัวอย่าง ห้ามอบนานเกินความจำเป็น และห้ามเกินกว่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ (103 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส)

9. **หนังสืออ้างอิง**

9.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 421-2525 ไม้แปรรูป : ข้อกำหนดทั่วไป

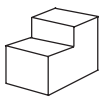
9.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424-2530 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

9.3 ASTM DESIGNATION D 143-83 STANDARD METHODS OF TESTING SMALL CLEAR SPECIMENS OF TIMBER

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้าง..... ผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	บฟ.มถ.(ท) 204.2-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่า แรงเฉือนขนานเสี้ยนของไม้**	ทะเบียนทดสอบ..... ผู้ทดสอบ ผู้ตรวจสอบ อนุมัติ

รายละเอียด		ชนิดไม้ตัวอย่าง								
		ไม้.....			ไม้.....			ไม้.....		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. มิติของพื้นที่รับแรงเฉือน	กว้าง B. (ซม.)									
	สูง A. (ซม.)									
2. ทิศทางของลายไม้										
3. ความชื้นของไม้ตัวอย่าง (ร้อยละ)										
4. พื้นที่รับแรงเฉือน (ตร.ซม.)										
5. ค่าแรงเฉือนสูงสุด (กก.)										
6. ความสามารถรับแรงเฉือน (กก./ตร.ซม.)										
7. ความสามารถรับแรงเฉือนเฉลี่ย (กก./ตร.ซม.)										
8. ลักษณะการวิบัติ	ภาพด้านข้าง	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	ภาพด้านล่าง	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

หมายเหตุ ทิศทางของลายไม้ R = Radial
T = Tangential
I = Intermediate



มถ.(ท) 207-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของไม้
(Specific Gravity of Wood)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ ในสภาพอบแห้ง โดยวิธีการทดสอบต่อไปนี้

1.1 วิธีการทดสอบ ก. หาปริมาตรโดยการ วัดขนาด

1.2 วิธีการทดสอบ ข. หาปริมาตรโดยการ แทนที่ น้ำ

1.3 วิธีการทดสอบ ค. หาปริมาตรโดยการ แทนที่ ปรอท

2. นิยาม

ความถ่วงจำเพาะของไม้ (Specific Gravity of Wood) หมายถึง น้ำหนักของไม้ หารด้วยน้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน

3. ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์

ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

4. วิธีทำ

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

4.1.1 ตู้อบไฟฟ้า (Electric Dry Ovent) เป็นตู้อบที่สามารถปรับและควบคุมอุณหภูมิได้ สำหรับการทดสอบนี้ให้ควบคุมที่อุณหภูมิ 103 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส โดยตลอดในช่วงเวลาที่ต้องการอบไม้ตัวอย่างจนน้ำหนักลดลงคงที่ ตู้อบไฟฟ้าควรมีอากาศหมุนเวียนภายในเพื่อให้อุณหภูมิเท่ากันโดยทั่ว และควรมีช่องระบบไอน้ำออกได้ด้วย

4.1.2 เครื่องชั่ง ให้มีความละเอียดของการชั่งน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 0.05 กรัม

4.2 การเตรียมตัวอย่าง

4.2.1 เตรียมไม้ตัวอย่างที่ไสเรียบ (Dressed Timber) และเกลี้ยง (Clear Wood) ขนาด 2.5x2.5x3.0 ซม. หรือในกรณีที่เป็นไม้แผ่นแบน ให้เตรียมไม้ตัวอย่างที่มีพื้นที่ผิว ขนาด 7.5x15 ซม.

4.2.2 การเตรียมไม้ตัวอย่าง จากท่อนไม้ใช้ในงานโครงสร้าง (Structural Elements) ควรตัดชิ้นไม้อย่างน้อย 45 ซม.

4.2.3 ในการทดสอบโดยวิธีการทดสอบ ข. ให้ทำการเคลือบผิวของไม้ตัวอย่างด้วยขี้ผึ้งพาราฟินร้อนก่อนการหาปริมาตร น้ำหนักของพาราฟินที่เพิ่มขึ้นมา ถือว่าน้อยมากจนตัดทิ้งได้

4.2.4 ไม้ตัวอย่างที่นำมาทดสอบ ต้องมีความชื้นอยู่ระหว่าง ร้อยละ 10 ถึง 14

4.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 207.1-2550 : การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะแรงของไม้

4.4 การทดสอบ

4.4.1 ชั่งน้ำหนักของไม้ตัวอย่าง ให้ละเอียด ถึง 0.05 กรัม

4.4.2 หาปริมาตรของไม้ตัวอย่าง ซึ่งสามารถกระทำได้ 3 วิธี ดังนี้

วิธีการทดสอบ ก. หาปริมาตรโดยการ วัดขนาด

วิธีการทดสอบ ข. หาปริมาตรโดยการ แทนที่ น้ำ

วิธีการทดสอบ ค. หาปริมาตรโดยการ แทนที่ ปรอท

ถ้าชิ้นไม้ตัวอย่างที่นำมาทดสอบ ได้ผ่านการเตรียมมาอย่างดี มีขนาดที่แน่นอนและสม่ำเสมอ การทดสอบโดยวิธีการทดสอบ ก. จะให้ผลลัพธ์ที่ละเอียดเพียงพอกับความต้องการ แต่ถ้าชิ้นไม้ตัวอย่างมีลักษณะไม่เรียบร้อย บิดเบี้ยว ควรจะทำการทดสอบ โดยใช้วิธีการทดสอบ ข. หรือ วิธีการทดสอบ ค.

วิธีการทดสอบ ก. หาปริมาตรโดยการวัดขนาด

วิธีการนี้ เหมาะสำหรับทดสอบไม้ตัวอย่าง ที่ผ่านการเตรียมมาอย่างดีมีลักษณะรูปร่างได้ฉากกันทุกมุม การทดสอบให้ดำเนินการ ดังนี้

ขจัดเสี้ยนไม้ที่เกาะอยู่ตามผิวของชิ้นไม้ตัวอย่างออก และทำการวัดขนาด เพื่อหาความยาว (L) ความกว้าง (B) และความหนา (T) ของชิ้นไม้ตัวอย่าง โดยวัดละเอียดถึง 0.25 มม. และวัดอย่างน้อย 3 ตำแหน่ง ในแต่ละด้านเพื่อนำมาเฉลี่ยกัน

วิธีการทดสอบ ข. หาปริมาตรโดยการแทนที่น้ำ

ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการทดสอบโดยวิธีนี้ ต้องผ่านการเคลือบผิวด้วยขี้ผึ้งพาราฟินมาแล้ว การทดสอบให้ดำเนินการ ดังนี้

นำชิ้นไม้ตัวอย่างใส่ลงไปในภาชนะที่ทราบขนาดปริมาตรความจุแล้วเติมน้ำจนกระทั่งเต็ม นำชิ้นไม้ตัวอย่างนั้นออกมาจากภาชนะ แล้วหาปริมาตรน้ำที่เหลืออยู่หรืออาจจะดำเนินการหาปริมาตร โดยการแทนที่น้ำด้วยชิ้นไม้ตัวอย่างลงไปในกระบอกตวง ค่าความแตกต่างของปริมาตรก่อน และภายหลัง การแทนที่น้ำด้วยชิ้นไม้ตัวอย่าง คือ ค่าปริมาตรของชิ้นตัวอย่าง (V)

วิธีการทดสอบ ค. หาปริมาตรโดยการแทนที่ปรอท

การทดสอบโดยวิธีนี้ ไม่จำเป็นต้องเคลือบผิวชิ้นไม้ตัวอย่างด้วยขี้ผึ้งพาราฟิน อย่างไรก็ตาม การทดสอบควรกระทำในที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดได้จากการใช้ปรอท การหาปริมาตรโดยวิธีนี้ ให้ทำในลักษณะเดียวกับวิธีการทดสอบ ข.

5. **การคำนวณ**

ให้ดำเนินการคำนวณตามวิธีการที่กำหนดไว้ในแบบฟอร์ม ในข้อ 4.3

6. **การรายงาน**

ให้รายงานตามแบบฟอร์ม ในข้อ 4.3

7. **เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้**

เกณฑ์การตัดสินให้เป็นไปตาม มถ. 104: มาตรฐานงานไม้ โดยใช้ค่าเฉลี่ยการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของไม้

8. **ข้อควรระวัง**

8.1 ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบ ควรอยู่ในสภาพที่เรียบร้อย มีขนาดตามที่กำหนดเท่ากันตลอดทั้งท่อน และต้องไม่มีตำหนิในเนื้อไม้

8.2 การอบไม้ตัวอย่าง ห้ามอบนานเกินความจำเป็น และห้ามเกินกว่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ (103 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส)

9. **หนังสืออ้างอิง**

9.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 424-2530 ไม้แปรรูป : สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

9.2. ASTM DESIGNATION D 2395-83 "STANDARD TEST METHODS FOR SPECIFIC GRAVITY OF WOOD AND WOOD-BASE MATERIALS"

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้าง..... ผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	บฟ.มถ.(ท) 207.1-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของไม้	ทะเบียนทดสอบ..... ผู้ทดสอบ ผู้ตรวจสอบ อนุมัติ

รายละเอียด		ชนิดไม้ตัวอย่าง									หมายเหตุ
		ไม้.....			ไม้.....			ไม้.....			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1. มิติของไม้ตัวอย่าง	ความยาว L.(ม.ม.)										เฉพาะ วิธี ก.
	ความกว้าง B.(มม.)										
	ความหนา T.(มม.)										
2. ปริมาตร V (ม.ม^3.)											
3. น.น.ของไม้ตัวอย่างก่อนอบแห้ง W กรัม (Original Weight)											
4. น.น.ของไม้ตัวอย่างหลังอบแห้ง WD กรัม (Oven Dry Weigth)											
5. ปริมาณความชื้น เป็นร้อยละ M = (W-WD) / WD x100											
6. ความถ่วงจำเพาะ = (1000W) / V											
7. ความถ่วงจำเพาะแห้ง = (1000W) / {1+(M /100)} V											
8. ค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะ											

(1) วิธี ก. ปริมาตร V = L x B x T

(2) วิธี ข. และ วิธี ค. ปริมาตร V ได้จากการทดลองโดยตรง

มถ.(ท) 301-2550
มาตรฐานการทดสอบและเจาะสำรวจดิน

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการเจาะสำรวจดินนี้ครอบคลุมถึงการสำรวจสภาพของชั้นดินใต้ผิว เพื่อหาข้อมูลและคุณสมบัติของชั้นดินทางวิศวกรรม สำหรับใช้เป็นประโยชน์ในการพิจารณาหาความสามารถในการรับน้ำหนักของชั้นดิน เพื่อการออกแบบชนิดของฐานรากที่เหมาะสมในการรับน้ำหนักของสิ่งก่อสร้าง อาคาร สะพาน ฯลฯ ที่วางบนดิน

2. นิยาม

การทดสอบต่าง ๆ ทั้งในสนามและในห้องปฏิบัติการทดลองให้เป็นไปตามมาตรฐานงานทางหลวงท้องถิ่น (มถ.) ที่เกี่ยวข้อง การเจาะดินให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์เจาะดินที่เหมาะสม ถ้าไม่มีข้อจำกัดในเรื่องเครื่องมือ ให้ใช้เครื่องมือกลเจาะแบบไฮดรอลิคในการเจาะ จะต้องมีวิศวกรโยธา หรือช่างเทคนิคผู้มีความรู้ และความชำนาญในการเจาะสำรวจดินคอยควบคุมอย่างใกล้ชิดตลอดเวลาในการพิจารณาเลือกจุดเจาะ การบันทึกความลึกและลักษณะของชั้นดินแต่ละชั้น การเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาทดสอบในห้องทดสอบ การทดสอบในสนามและบันทึกผลและเป็นผู้ตัดสินใจในการสั่งให้หยุดเจาะได้ หรือให้เจาะความลึกเพิ่มต่อไปอีกจากที่ได้กำหนดไว้ก่อนเจาะ เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอในการนำไปออกแบบฐานรากต่อไป

3. วิธีทำ

3.1 เครื่องมือ

ในการเจาะดินโดยทั่วไปเครื่องเจาะให้ใช้เครื่องมือกลเจาะแบบไฮดรอลิค หากเป็นงานเจาะตื้นและเป็นงานที่ไม่สำคัญมากให้ใช้เครื่องเจาะแบบสามขาใช้แรงคนเจาะได้ การเจาะในชั้นหินให้ใช้เครื่องมือที่ออกแบบเฉพาะสำหรับการนั้น

3.2 แบบฟอร์ม

ให้บันทึกผลการทดสอบในแบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 301-2550 : การทดสอบตามมาตรฐานการเจาะสำรวจดิน

3.3 การทดลอง

3.3.1 การเจาะดิน

3.3.1.1 การเจาะในชั้นดินอ่อนและแข็งปานกลางให้ใช้สว่านหมุนเจาะ (Auger) เท่านั้น สำหรับในชั้นดินแข็งมากหรือชั้นทรายให้ใช้การเจาะล้าง (Wash Boring) ได้

3.3.1.2 ความลึกของการเจาะไม่เกินชั้นดินแข็งมากหรือชั้นทรายแน่นมาก และจะหยุดหากพบชั้นกรวดซึ่งหนาหรือชั้นหินพืด (Bed Rock) หากต้องการเจาะหาความหนาของชั้นนี้จะต้องใช้หัวเจาะแบบฝังเพชรและเครื่องเจาะที่ออกแบบเฉพาะสำหรับเจาะหิน

3.3.2 การเก็บตัวอย่างและทดสอบในสนาม

3.3.2.1 เก็บตัวอย่างดินทุกความลึกไม่เกิน 1.50 เมตร และเมื่อมีการเปลี่ยนชั้นดินทุกชั้น

3.3.2.2 เก็บตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed Sample) ด้วยกระบอกบางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว สำหรับชั้นดินอ่อนและดินแข็งปานกลาง หรือจะใช้กระบอกบางเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 1/4 นิ้ว สำหรับชั้นดินแข็งก็ได้เก็บตัวอย่างโดยวิธีการกดด้วยระบบไฮดรอลิคจากเครื่องเจาะ

3.3.2.3 สำหรับชั้นดินแข็งมาก(Very Stiff Cohesive Soil) ดินปนกรวดและชั้นทราย (Cohesionless Soil) ให้เก็บตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพ (Disturbed Sample) ด้วยกระบอกผ่า (Split Spoon Sample) พร้อมทั้งทำการตอกทดสอบมาตรฐาน (Standard Penetration Test) ด้วย

3.3.2.4 ตัวอย่างดินเหนียวคงสภาพที่ได้ให้ทดสอบแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength) ด้วยพอคเก็ตพินิโตรมิเตอร์ (Pocket Penetrometer) ทันทีเมื่อได้ตัวอย่างดินขึ้นมาจากหลุมเจาะ

3.3.2.5 ในกรณีตัวอย่างดินเหนียวเหลวมากให้ทำการทดสอบหาค่ากำลังเฉือนในที่ (Insituvane Shear Strength)

3.3.3 การบันทึกในสนาม

3.3.3.1 บันทึกข้อมูลการเจาะดินลงในตารางบันทึกผลการเจาะสำรวจในสนาม (Field Boring Log) ซึ่งประกอบด้วยรายงานดังต่อไปนี้ คือ

3.3.3.1.1 วันที่เริ่มต้นเจาะดินจนถึงวันที่เจาะเสร็จ

3.3.3.1.2 หมายเลขของหลุมที่เจาะแต่ละหลุม

3.3.3.1.3 แสดงตำแหน่งของหลุมที่เจาะจากจุดที่สามารถอ้างอิงได้ในสถานที่ก่อสร้าง

3.3.3.1.4 วัดระดับผิวดินที่ปากหลุมเจาะเทียบกับระดับสมมุติฐานที่กำหนด

3.3.3.1.5 บันทึกชนิดและขนาดของหัวสว่านที่ใช้เจาะ

3.3.3.1.6 บันทึกความลึกเมื่อดินเปลี่ยนชั้นทุกครั้ง

3.3.3.1.7 อธิบายลักษณะของดินแต่ละชั้นโดยละเอียด

3.3.3.1.8 บันทึกระดับน้ำใต้ดินและตำแหน่งชั้นดินที่มีน้ำซึมเข้ามา ถ้าพบขณะที่เจาะ

3.3.3.1.9 บันทึกสภาพของหลุมที่เจาะเมื่อชักสว่านขึ้นมา โดยบอกว่าหลุมยังคงสภาพเดิมหรือดินข้างหลุมพังลงมาถ้ามองเห็นได้

3.3.3.2 ให้วัดระดับน้ำในหลุมเจาะทุกเช้าก่อนเริ่มงานเจาะต่อไปและหลังจากเจาะเสร็จแล้ว 24 ชั่วโมง

3.3.4 การทดสอบในห้องทดสอบ

3.3.4.1 ทำการทดสอบต่อไปนี้ เพื่อจำแนกสถานะและชนิดของดินจำนวนไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่ง ของตัวอย่างที่เก็บได้

3.3.4.1.1 ปริมาณความชื้นในสภาพธรรมชาติ (Natural Moisture Content)

3.3.4.1.2 ขีดจำกัดของอัตเตอร์เบิร์ก (Atterberg's Limit)

3.3.4.1.3 หน่วยน้ำหนักเปียกและแห้ง (Wet & Dry Unit Weight)

3.3.4.1.4 การแยกด้วยตะแกรงร่อน (Sieve Analysis)

3.3.4.1.5 ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

3.3.4.2 ทำการทดสอบคุณสมบัติในการรับน้ำหนัก

3.3.4.2.1 ทำการทดสอบแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test) จำนวนไม่น้อยกว่าสามในสี่ส่วนของตัวอย่างชนิดคงสภาพ (Undisturbed Sample) ที่เก็บได้

4. รายงานผล

การรายงานผลการเจาะสำรวจดินให้รายงานลงใน บฟ. มถ.(ท) 301-2550 : การทดสอบตามมาตรฐานการเจาะสำรวจดิน และการทดสอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องให้ รายงานแบบฟอร์มสำหรับการทดสอบนั้น ๆ

4.1 วิธีการเจาะสำรวจและการทดลองทุกชนิดอย่างย่อ ๆ

4.2 แผนผังบริเวณและตำแหน่งหลุมที่เจาะ

4.3 ตารางบันทึกผลการเจาะ (Boring Log) จะแสดงรูปตัดของชั้นดิน (Soil Profile),การตอกทดลองมาตรฐาน (Standard Penetration Test), การทดสอบแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength) และระดับน้ำ (Water Table) ซึ่งจะเทียบกับดัชนีคุณสมบัติ (Index Properties) โดยแสดงเป็นกราฟ

4.4 ดัชนีคุณสมบัติ (Index Properties) จะประกอบด้วยขีดจำกัดของอัตเตอร์เบิร์ก (Atterberg's Limits), ปริมาณความชื้นในสภาพธรรมชาติ (Natural Water Content) และหน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) แสดงเป็นตาราง

4.5 แนะนำความสามารถในการรับน้ำหนักของดินชั้นต่าง ๆ เสนอแนะการพิจารณาออกแบบฐานรากที่เหมาะสมและค่าความสามารถในการรับน้ำหนักอย่างปลอดภัยของเสาเข็มและฐานรากนั้น ๆ ให้ข้อคิดเห็นหรือข้อควรระวังเกี่ยวกับงานดินและฐานรากในสถานที่ก่อสร้าง ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้

4.6 หากมีความจำเป็นที่จะต้องทราบคุณสมบัติอื่น นอกจากที่กล่าวมาแล้ว เพื่อให้ประกอบการพิจารณาให้ละเอียดแน่นอนมากขึ้นตามความประสงค์ของเจ้าของงาน หรือตามความต้องการของวิศวกรผู้ออกแบบ เพื่อใช้ในการหาความสามารถของดินในการรับน้ำหนักของฐานรากที่สำคัญ อาจจะต้องทำการสำคัญ อาจจะต้องทำการทดสอบต่อไปนี้ตามสั่ง คือ

4.6.1 การทดสอบเพื่อหาค่าแรงเฉือนตรง (Direct Shear Test)

4.6.2 การทดสอบเพื่อหาค่าแรงอัดสามแกน (Triaxial Test)

4.6.3 การทดสอบเพื่อหาค่าการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Test)

4.6.4 การทดสอบไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Test)

5. หนังสืออ้างอิง

5.1 BOWLES, J.E. (1988) "FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN" 4 th EDITION.

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ความลึก..... หมายเลขการทดสอบ..... แผ่นที่.....	บพ.มถ.(ท) 301-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบและการเจาะสำรวจดิน**	ทะเบียนทดสอบ.....	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		ผู้รับรอง	

ระดับน้ำใต้ดิน				**ตารางบันทึกผลการเจาะ (Boring Log)**	หมายเลขหลุมเจาะ
วันที่	เวลา	ระดับหลุม	ระดับน้ำ		ระดับผิวดิน
					วันเริ่มงาน
					วันเสร็จงาน

ลักษณะของดิน	รูปตัดของชั้นดิน	ประเภทของตัวอย่าง	ความลึก, เมตร	● การตอกทดสอบแบบมาตรฐาน ครั้ง/ฟุต	—● ขีดจำกัดเหลว ●— ขีดจำกัดยืดหยุ่น × ปริมาณความชื้นในสภาพธรรมชาติ %	● ครึ่งของค่าแรงอัดแกนเดียว การทดสอบแรงเฉือน ■ Peak □ Remoled O ครึ่งหนึ่งของค่าพ็อกเก็ตเพ็นนิโตรมิเตอร์ Δ กก./ตร.ซม.	ความหนาแน่นรวม γ_d, γ_t ●_O ก/ลบ.ซม.

มถ.(ท) 302-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงเฉือนตรง
(Direct Shear Test)

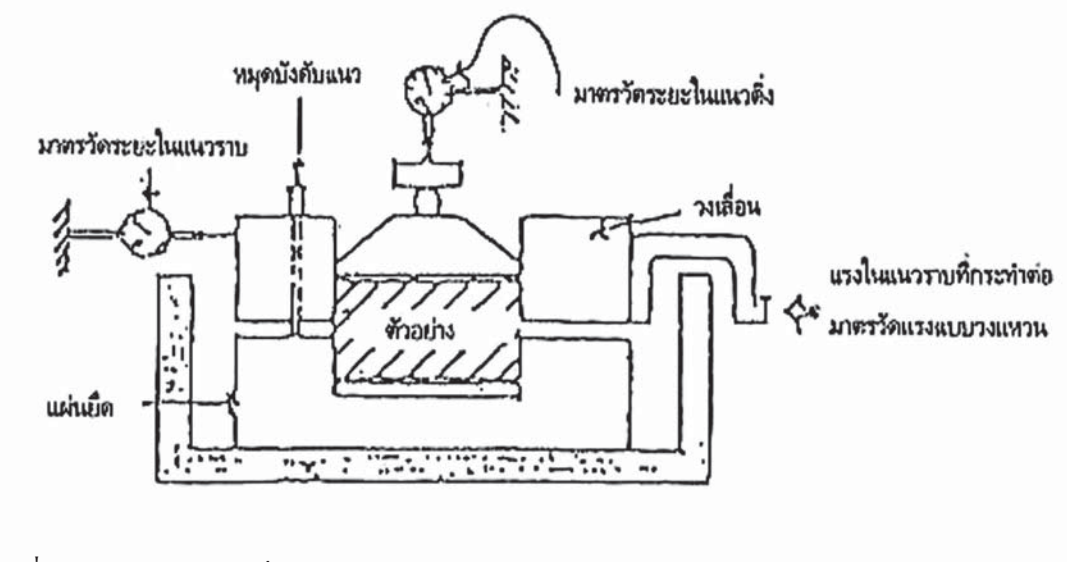
1. ขอบข่าย

วิธีการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาค่าความสามารถในการรับแรงเฉือนของมวลดิน (Shearing Strength) โดยจะแสดงค่าความต้านแรงเฉือนในมวลดิน ในรูปของ ค่า c และ ϕ ซึ่งวิธีการทดสอบนี้ เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว

2. นิยาม

ความสามารถในการรับแรงเฉือนของมวลดิน (Shearing Strength) หมายถึง ความสามารถในการหาแรงเฉือนเพื่อเป็นข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์ หรือออกแบบฐานราก, ผนังกันดิน, เขื่อนดิน โดยทางด้านปฐพีกลศาสตร์ถือว่ากำลังของดินคือความสามารถของมวลดิน ในการรับแรงเฉือนจากสมการของมอร์คูลอมบ์ (Mohr-Coulomb's Equation) โดยที่ดินแต่ละชนิดมีค่า c และ ϕ แตกต่างกันซึ่งค่าความแข็งแรง (Strength Parameter) เหล่านี้จะบ่งบอกถึงความแข็งแรงของมวลดินนั้นที่จะสามารถรับแรงเฉือนได้

3. วิธีทำ



3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่องทดสอบแรงเฉือนตรง (Direct Shear Machine) ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังแสดงในรูป

3.1.2 มาตรวัดแรงแบบวงแหวน (Proving Ring Dial) เป็นเครื่องมืออ่านค่าแรงกระทำด้านข้าง ซึ่งสามารถคำนวณเป็นค่าแรงกระทำด้านข้าง โดยหาจากระยะการเคลื่อนที่ที่อ่านได้จากมาตรวัด (Dial Gauge) ในวงแหวนวัดแรง (Proving Ring)

3.1.3 มาตรวัด (Dial Gauge) ใช้วัดละเอียดถึง 0.01 มม. หรือ 0.001 นิ้ว

3.1.4 กล่องตัดตัวอย่างดิน (Trimmer) ใช้ตัดตัวอย่างดินเหนียวซึ่งเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 63.5x63.5 มม. สูง 25.4 มม. (2.5″x 2.5″ สูง 1″) มีขอบบางและด้านหนึ่งคม สำหรับกดตัดลงบนตัวอย่างดิน

3.1.5 เครื่องมือเบ็ดเตล็ด เช่น เครื่องมือตกแต่งตัวอย่างดิน, กระป๋องสำหรับใส่ดินหาความชื้น

3.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบ

3.2.1 จะต้องเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบ 3 ตัวอย่างเป็นอย่างน้อย ไม่ว่าจะเป็นตัวอย่างดินประเภทใดก็ตาม และการเก็บตัวอย่างดินให้เป็นไปตาม มถ.(ท) 301-2550 : วิธีการทดสอบตามมาตรฐานการเจาะสำรวจดิน

3.2.2 ตัวอย่างดินเหนียว (Cohesive Soil) ตัวอย่างดินเหนียวที่ใช้ในการทดสอบแรงเฉือนตรงซึ่งเป็นตัวอย่างในสภาพถูกรบกวนน้อยที่สุด โดยดันออกมาจากกระบอกบางนำมาตัดตกแต่งโดยใช้กล่องตัดตัวอย่างดินกดลงไปบนตัวอย่างแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหาความหนาแน่นนำตัวอย่างดินที่ตัดด้วยกล่องตัดตัวอย่างดินมาบรรจุลงในกล่องทดสอบแรงเฉือน (Shear Box) โดยค่อย ๆ ดันตัวอย่างออกโดยใช้เครื่องมือดันตัวอย่าง (Top Cap) ช่วยดันตัวอย่างต้องระวังให้มีการรบกวนน้อยที่สุด ในขณะที่บรรจุตัวอย่างดินนั้นวงเลื่อน (Sliding Ring) กับแท่นยึด (Stationary Base) จะถูกยึดอยู่ด้วยกันด้วยหมุดบังคับแนว (Alignment Pin) ทำการจัดที่แขวนน้ำหนัก (Hanger) ให้อยู่ในตำแหน่งที่พร้อมจะใส่น้ำหนักบนที่แขวนน้ำหนัก จัดมาตรวัดระยะในแนวดิ่ง (Vertical Dial Gauge) มาตรวัดระยะในแนวราบ (Horizontal Dial Gauge) และมาตรวัดแรงแบบวงแหวน (Proving Ring Dial) ที่เลขศูนย์

3.2.3 ตัวอย่างดินทราย (Cohesionless Soil) นำตัวอย่างดินทรายที่จะใช้ในการทดลองประมาณ 250 กรัมถึง 300 กรัม ทำการชั่งน้ำหนักให้แน่นอน เตรียมกล่องทดสอบแรงเฉือนโดยการยึดส่วนวงเลื่อนและแท่นยึดเข้าด้วยกันโดยใช้หมุดบังคับแนว นำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาทำการบดอัดในกล่องทดสอบแรงเฉือนโดยการโรยแล้วบดอัดหรือเขย่าให้แน่น ชั่งน้ำหนักทรายตัวอย่างที่เหลือ เพื่อจะนำไปคำนวณหาความหนาแน่น ซึ่งต้องพยายามเตรียมตัวอย่างให้มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับในสภาพเดิม (Insitu Condition) จัดที่แขวนน้ำหนักให้อยู่ในตำแหน่งที่พร้อมจะใส่น้ำหนัก เพื่อทำให้เกิดหน่วยแรงที่เกิดจากน้ำหนักกระทำ (Normal Stress) บนตัวอย่างดิน จัดมาตรวัดระยะในแนวดิ่ง มาตรวัดระยะในแนวราบและมาตรวัดแรงแบบวงแหวนที่เลขศูนย์

3.3 แบบฟอร์ม

ให้บันทึกผลการทดสอบในแบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 302.1-2550 : การทดสอบหาค่าแรงเฉือนตรง, บฟ. มถ.(ท) 302.2-2550 : การทดสอบหาค่าแรงเฉือนตรง และ บฟ. มถ.(ท) 302.3-2550 : การทดสอบหาค่าแรงเฉือนตรง

3.4 การทดสอบ

3.4.1 ทำการใส่น้ำหนักลงบนที่แขวนน้ำหนัก เพื่อให้เกิดหน่วยแรงที่เกิดจากน้ำหนักกระทำในตัวอย่างดินตามต้องการและรอให้การทรุดตัวในแนวดิ่งหยุดเสียก่อน โดยสังเกตได้จากมาตรวัดระยะในแนวดิ่งมีค่าคงที่ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 2 ถึง 10 นาที

3.4.2 เริ่มทำการเฉือนตัวอย่างดินโดยการใช้มอเตอร์, ไฮดรอลิค หรือเครื่องมือกลอื่นใด ที่สามารถควบคุมอัตราการกดได้ โดยทั่วไปจะใช้อัตราการเคลื่อนที่ตามแนวราบอ่านได้จากมาตรวัดในแนวราบประมาณ 1.27 มิลลิเมตร ต่อนาที ถึง 0.254 มิลลิเมตร ต่อนาที (0.05 นิ้วต่อนาที ถึง 0.01 นิ้วต่อนาที) อย่างสม่ำเสมอ

3.4.3 บันทึกค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดแรงแบบวงแหวน และค่าการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่จะอ่านได้จากมาตรวัดระยะในแนวดิ่งทุก ๆ การเคลื่อนที่ในแนวราบ 0.25 มิลลิเมตร (0.01 นิ้ว) จนกระทั่งตัวอย่างดินไม่สามารถรับแรงเฉือนได้อีก (Shear Failure) โดยสามารถสังเกตได้โดยค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดแรงแบบวงแหวนซึ่งจะมีค่าลดลง

3.4.4 ทำการทดสอบเช่นเดียวกับ 3.4.1 ถึง 3.4.3 อีกอย่างน้อยที่สุด 3 ตัวอย่าง โดยทำการเปลี่ยนน้ำหนักที่ใส่บนที่แขวนน้ำหนักเพื่อทำให้เกิดหน่วยแรงที่เกิดจากน้ำหนักกระทำบนตัวอย่างดินต่าง ๆ กันไป

4 การคำนวณ

4.1 การคำนวณหาหน่วยแรงที่เกิดจากน้ำหนักกระทำ (Normal Stress, σ)

$$\sigma = P / A$$

โดยที่ P = น้ำหนักบนที่แขวนน้ำหนัก

A = พื้นที่หน้าตัดของกล่องทดสอบแรงเฉือน

4.2 การคำนวณหาหน่วยแรงเฉือน (Shearing Stress, τ)

$$\tau = P.R. \times K / A$$

โดยที่ P.R. = ค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดแรงแบบวงแหวน
K = ค่าคงที่ของมาตรวัดแรงแบบวงแหวน
A = พื้นที่หน้าตัดของกล่องทดสอบแรงเฉือน

5 **การรายงาน** ให้รายงานผลการทดสอบลงในแบบฟอร์ม ดังนี้

5.1 บันทึกผลและรายการคำนวณให้มีความละเอียดถึงทศนิยมที่ 2 ตำแหน่ง ลงใน บฟ. มถ.(ท) 302.1-2550 และ บฟ. มถ.(ท) 302.2-2550 : การทดสอบหาค่าแรงเฉือนตรง

5.2 เขียนกราฟถึงความสัมพันธ์ของหน่วยแรงเฉือน (Shearing Stress) และการเปลี่ยนรูปในแนวราบ (Horizontal Deformation) ลงใน บฟ. มถ.(ท) 302.3-2550 : การทดสอบหาค่าแรงเฉือนตรง

5.3 เขียนมอร์ไดอะแกรมระหว่างหน่วยแรงที่เกิดจากน้ำหนักกระทำ (Normal Stress) และหน่วยแรงเฉือน (Shearing Stress) สูงสุด ลงใน บฟ. มถ.(ท) 302.3-2550 : การทดสอบหาค่าแรงเฉือนตรง

6 **หนังสืออ้างอิง**

6.1 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, AASHTO T 236 - 72

โครงการ.....	**บฟ. มถ.(ท) 302.1-2550**	**ทะเบียนทดสอบ**.....	
สถานที่ก่อสร้าง.....		**ผู้ทดสอบ**	
ความลึก.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)		
ตัวอย่างดิน.....		**ผู้ตรวจสอบ**	
หมายเลขหลุมเจาะ.....	**การทดสอบหาค่าแรงเฉือนตรง**		
หมายเลขตัวอย่าง.....	**(Direct Shear Test)**	**ผู้รับรอง**	
หมายเลขการทดสอบ.....			
ทดสอบวันที่.....**แผ่นที่**.....			

หน่วยน้ำหนักของดินตัวอย่าง

น้ำหนักของกระป๋องใส่ตัวอย่าง.....ก.

น้ำหนักดินเปียก.....ก.

น้ำหนักกระป๋อง + น้ำหนักดินเปียก.....ก.

หน่วยน้ำหนักรวม.....ก./ลบ.ซม.

หน่วยน้ำหนักแห้ง.....ก./ลบ.ซม.

การทดสอบแรงเฉือน

ความยาว.....ซม.

ความลึก.....ซม.

ความถ่วงจำเพาะ.....

หมายเลขวงแหวนวัดแรง.....

ค่าแฟคเตอร์ปรับแก้.....

หน่วยน้ำหนักของดินตัวอย่าง

กล่องใส่ตัวอย่างดิน.....ซม.

ความหนาของดิน.....ซม.

ปริมาตรของตัวอย่าง.....ลบ.ซม.

ปริมาตรของเนื้อดิน.....ลบ.ซม.

อัตราส่วนของช่องว่าง.....

ความพรุน.....

น้ำหนักกระทำ

น้ำหนักกระทำ.....กก.

น้ำหนักภาชนะ.....กก.

อัตราส่วนน้ำหนัก.....กก.

โครงการ..... **สถานที่ก่อสร้าง.....** **ความลึก.....** **ตัวอย่างดิน.....** **หมายเลขหลุมเจาะ.....** **หมายเลขตัวอย่าง.....** **หมายเลขการทดสอบ.....** **ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....**	**บฟ. มถ.(ท) 302.2-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าแรงเฉือนตรง** **(Direct Shear Test)**	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		ผู้รับรอง	

เวลา (นาที)	มาตรวัดระยะในแนวราบ	ระยะการเคลื่อนตัวตามแนวราบ (มิลลิเมตร)	มาตรวัดระยะในแนวดิ่ง	ระยะการเคลื่อนตัวตามแนวดิ่ง (มิลลิเมตร)	มาตรวัดแรงแบบวงแหวน	หน่วยแรงที่เกิดจากน้ำหนักกระทำ (กก./ตร.ซม.)	หน่วยแรงเฉือน (กก./ตร.ซม.)

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ความลึก..... ตัวอย่างดิน..... หมายเลขหลุมเจาะ..... หมายเลขตัวอย่าง..... หมายเลขการทดสอบ..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 302.3-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าแรงเฉือนตรง** **(Direct Shear Test)**	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		ผู้รับรอง	

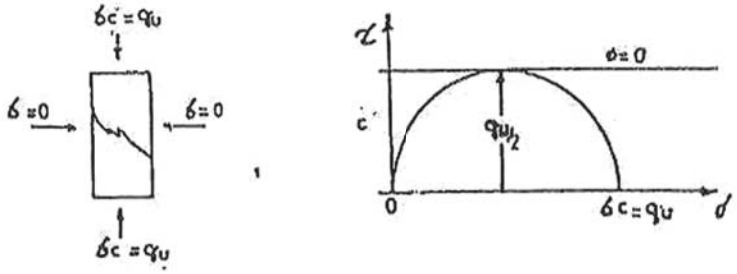
มถ.(ท) 303-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงอัดแกนเดียว
(Unconfined Compression Test)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหากำลังรับแรงเฉือนของดินแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) ของดินเหนียวอ่อนและดินเหนียวปานกลาง ในสภาพถูกรบกวนน้อยที่สุดเป็นตัวอย่างคงสภาพ (Undisturbed) และตัวอย่างเปลี่ยนสภาพ (Remolded) ซึ่งแท่งตัวอย่างจะถูกแรงกดลงทางแนวดิ่งโดยไม่มีแรงดันด้านข้าง วิธีการทดสอบนี้เป็นวิธีหาค่าประมาณของแรงยึดเกาะ (Cohesion) ของดินโดยวิธีง่าย ๆ ซึ่งทำได้อย่างรวดเร็ว

2. นิยาม

ค่ากำลังอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength) ของดิน คือ ค่าหน่วยแรงสูงสุด (Maximum Stress) ซึ่งแท่งตัวอย่างดินรูปทรงกระบอกหรือรูปเหลี่ยม (Prismatic) จะรับได้โดยไม่มีแรงดันด้านข้างจากสมการของมอร์คูลอมบ์ (Mohr-Coulomb Equation)* ในกรณีที่เป็นดินเหนียวอ่อนอิ่มตัว $\tan \varnothing = 0$ จะได้ $\tau = c$ ถ้าลองนำค่าหน่วยแรงที่กระทำต่อตัวอย่างดินมาเขียนลงในกราฟแสดงความสัมพันธ์จะได้ดังรูป โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงยึดเกาะของดินกับค่ากำลังแกนเดียว (q_u) นั่นคือ $c = \sigma c = q_u/2$



หมายเหตุ * $\tau = c + \sigma \tan \varnothing$

3. วิธีทำ

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่องกด เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการกดแท่งตัวอย่างดิน โดยใช้มอเตอร์, น้ำมัน หรือมือหมุนเป็นตัวส่งกำลัง ซึ่งอาจใช้เครื่องมือกลอื่น ๆ ที่สามารถควบคุมอัตราการกดได้และมีกำลังเพียงพอ สำหรับดินที่มีค่ากำลังอัดแกนเดียว น้อยกว่า 1 กิโลเมตร ต่อตาราง

เซนติเมตร ควรใช้เครื่องกดที่สามารถอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร และสำหรับดินที่มีค่ากำลังอัดแกนเดียว มากกว่า 1 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร ควรใช้เครื่องกดที่สามารถอ่านได้ละเอียดถึง 0.05 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร

3.1.2 เครื่องดันตัวอย่างดิน เป็นเครื่องมือที่ใช้ดันตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed) ออกจากกระบอกบาง (Thin Wall Tube) โดยใช้ ไฮโดรลิค หรือเครื่องมือกลอื่น ๆ

1.1.3 มาตรวัด (Dial Gauge) ใช้ในการวัดระยะการเคลื่อนตัวของแท่งตัวอย่างในแนวดิ่ง โดยต้องสามารถวัดได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร (0.001 นิ้ว) และต้องอ่านได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของความยาวแท่งตัวอย่าง

1.1.4 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ 110±5 องศาเซลเซียส

1.1.5 เครื่องชั่ง ต้องสามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม สำหรับตัวอย่างดินหนัก ไม่เกิน 100 กรัม สำหรับตัวอย่างดินที่หนักมากกว่า 100 กรัม ต้องสามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.10 กรัม

1.1.6 เครื่องมือเบ็ดเตล็ด เครื่องตัดและตบแต่งแท่งตัวอย่าง, กระป๋องสำหรับใส่ดินหาความชื้นและสำหรับเตรียมตัวอย่างเปลี่ยนสภาพ (Miter Box)

3.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบ

3.2.1 จะต้องเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบ 3 ตัวอย่างเป็นอย่างน้อย ไม่ว่าจะเป็นตัวอย่างดินประเภทใดก็ตาม และการเก็บตัวอย่างดินให้เป็นไปตาม มถ.(ท) 301-2550 : วิธีการทดสอบตามมาตรฐานการเจาะสำรวจดิน

3.2.2 ตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed Sample) นำตัวอย่างดินคงสภาพที่ได้จากการเจาะดิน โดยใช้กระบอกบาง มาดันออกด้วยเครื่องดันตัวอย่างดิน แล้วนำมาตัดและตบแต่งให้เป็นรูปทรงกระบอก ซึ่งโดยปกติจะมีขนาดมาตรฐาน ดังนี้

ตารางที่ 1

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง, มม.(นิ้ว)	ความสูงของตัวอย่าง, มม.(นิ้ว)	ขนาดใหญ่สุดของวัสดุ
30.02 (1.3)	71.12 – 76.20 (2.8-3.0)	ไม่เกิน 1/10 ของเส้นผ่านศูนย์กลางตัวอย่าง
71.12 (2.8)	142.24-152.40 (5.6-6.0)	ไม่เกิน 1/16 ของเส้นผ่านศูนย์กลางตัวอย่าง

ขนาดอื่น ๆ ก็อาจใช้ได้ โดยต้องมีอัตราส่วนของความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างจะต้องมีค่า 2-3 ทั้งนี้ เพื่อให้รอยเฉือนวิบัติ (Failure Plane) ไม่อยู่ในส่วนของผิวบนหรือผิวล่างของตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้มีความฝืดบนส่วนนั้นเกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ ซึ่งจะทำให้ค่ากำลังอัดแกนเดียวมากกว่าที่ควรเป็น

ในระหว่างการเตรียมตัวอย่างต้องพยายามอย่าให้มีการเปลี่ยนรูปร่างและขนาดหน้าตัดการดัดตัวอย่างดินจากกระบอกบาง ถ้าเห็นว่าจะเกิดการอัดตัวของดิน หรือทำให้ดินถูกรบกวน ก็ให้ตัดแบ่งกระบอกบางตามความยาวออกเป็นส่วน ๆ แล้วจึงดันตัวอย่างออกมา

ในกระบอกสำหรับเตรียมตัวอย่างแบบผ่าหุ้มตัวอย่างที่ตบแต่ง แล้วตัดความยาวให้ได้ตามความต้องการแล้วทำการวัดขนาดที่แน่นอน โดยใช้เวอร์เนียหรือเครื่องมืออื่นที่เหมาะสม โดยที่ความสูงวัดอย่างน้อย 3 ค่า เส้นผ่านศูนย์กลางควรวัดตอนบน ตอนกลาง ตอนล่าง แล้วจึงนำมาเฉลี่ย

ถ้าหากมีเม็ดวัสดุที่ใหญ่เกินกำหนดทำให้ผิวหน้าไม่เรียบ ก็ให้เอาออกแล้วปิดผิวหน้าด้วยปูนปาสเตอร์ โดยมีความหนาน้อยที่สุดหรือจะใช้ไฮโดรสโตน (Hydrostone) หรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน นำแท่งตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักหาความหนาแน่นและความชื้น ถ้าไม่สามารถชั่งแท่งตัวอย่างได้ ให้ใช้ส่วนของดินที่เป็นตัวอย่างหาความชื้นแทน

3.2.3 ตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพ (Remolded Sample) การเตรียมตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพ โดยนำเอาตัวอย่างดินคงสภาพที่ได้ทดสอบแล้ว หรือตัวอย่างคงสภาพ นำมาห่อด้วยแผ่นยางบาง ๆ นำมาขยำหรือบดให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอในกระบอกแบบสำหรับเตรียมตัวอย่าง ต้องระวังมิให้มีฟองอากาศเข้าไปในระหว่างการขยำ ควรทาขี้ผึ้งหล่อลื่นบนผิวภายในด้วย เมื่ออัดดินเข้าไปในกระบอกแบบสำหรับเตรียมตัวอย่างซึ่งมีขนาดตามที่ได้ระบุไว้ในตารางที่ 1 จนเต็มแล้วให้ตัดปลายและตกแต่งจนเรียบ โดยมีหน้าตัดตั้งฉากกับแกนตามยาวของแท่งตัวอย่าง นำตัวอย่างออกจากกระบอกแบบสำหรับเตรียมตัวอย่าง มาชั่งน้ำหนักโดยให้มีความหนาแน่นความชื้นใกล้เคียงกับตัวอย่างคงสภาพมากที่สุด

3.3 แบบฟอร์ม

ให้บันทึกผลการทดสอบในแบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 303.1-2550, 303.2-2550 และ 303.3-2550 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงอัดแกนเดียว

3.4 การทดสอบ

มาตรฐานทดสอบหาค่าแรงอัดแกนเดียว สามารถที่จะกำหนดอัตราการเพิ่มแรงกดที่กระทำต่อแท่งตัวอย่างในระหว่างการทดสอบ ได้ 2 วิธี คือ

3.4.1 ควบคุมอัตราแรงกดด้วยอัตราความเครียด (Strain Rate) ก่อนเริ่มการทดสอบจะต้องตรวจสอบการติดตั้งตัวอย่างและเครื่องมือก่อน โดยวางแท่งตัวอย่างไว้ตรงกลางของแป้นเครื่องกดอันล่างแล้ว เลื่อนแป้นกดอันบนให้สัมผัสตัวอย่างพอดีปรับมาตรวัด สำหรับวัด การหดตัวและวัดแรง (ในวงแหวนวัดแรง) ให้ตั้งอยู่ที่ศูนย์

จากนั้นเริ่มทำการกดตัวอย่างโดยให้อัตราการเคลื่อนที่ทางแนวดิ่งของเครื่องคิดเป็นอัตราความเครียด (Strain Rate) อยู่ในช่วงร้อยละ 0.5 ถึงร้อยละ 2 ต่อนาที ทำการบันทึกน้ำหนักกดและระยะทางเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งทุก ๆ 30 วินาที ประมาณว่าระยะเวลาตั้งแต่เริ่มใช้น้ำหนักกดจนถึงน้ำหนักสูงสุดแล้วต้องใช้เวลาไม่เกิน 10 นาที เพราะจะทำให้ความชื้นในตัวอย่างดินเปลี่ยนไป

เพิ่มน้ำหนักกดเรื่อย ๆ เมื่อเพิ่มจนสูงสุดแล้วสังเกตุได้จากมาตรวัด ของวงแหวนวัดแรง ซึ่งอ่านค่าได้น้อยลงในขณะที่ความเครียด เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หรือความเครียด มี

ค่าร้อยละ 20 ของตัวอย่างดิน เขียนรูปตัวอย่างลักษณะการเกิดรอยเฉือนและวัดมุมที่รอยเฉือนทำกับแนวราบ ตัวอย่างดินที่ทำการทดสอบเสร็จ แล้วนำไปชั่งและเอาเข้าเตาอบเพื่อหาปริมาณความชื้น

3.4.2 ควบคุมอัตราแรงกดด้วยอัตราหน่วยแรง (Stress Rate) ก่อนเริ่มทำการทดสอบให้ประมาณค่าน้ำหนักกดสูงสุดของตัวอย่างดินเสียก่อน โดยสามารถประมาณโดยใช้เครื่องกดเพ็นนิโตรมิเตอร์ (Penetrometer) กดลงบนบางส่วนของตัวอย่างดินที่ไม่ได้ใช้

ทำการจัดเครื่องมือและแท่งตัวอย่างเช่นเดียวกับข้อ 3.4.1 เริ่มการกดตัวอย่างโดยใช้น้ำหนักกดเริ่มแรก 1/15 ถึง 1/10 ของน้ำหนักสูงสุดที่ได้ประมาณไว้ ทิ้งไว้ 30 วินาที แล้วทำการบันทึกการเคลื่อนตัวในทางดิ่ง

เพิ่มน้ำหนักกดเท่ากับครั้งแรก ทิ้งไว้ 30 วินาที จึงบันทึกค่าการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งทำเช่นนี้จนถึงน้ำหนักกดสูงสุด (มาตรวัดแรงแบบวงแหวน อ่านค่าได้ลดลง) หรือการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งเท่ากับร้อยละ 20 ของความเครียด (Strain) เขียนรูปตัวอย่างลักษณะการเกิดรอยเฉือนและวัดมุมที่รอยเฉือนทำกับแนวราบ นำตัวอย่างดินที่ทดสอบเสร็จแล้วไปชั่งและเอาเข้าเตาอบเพื่อหาปริมาณความชื้น

4. การคำนวณ

4.1 คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนไปในระหว่างการทดสอบ (A_C)

$$A_C = A / (1 - \in)$$

$$\in = \Delta L / L_O$$

เมื่อ ΔL = การทรุดตัวในแนวดิ่งของแท่งตัวอย่างที่น้ำหนักกดใด ๆ อ่านได้จากมาตรวัด

$\in$ = ความเครียด ตามแนวดิ่งที่น้ำหนักกดใด ๆ

L_O = ความยาวเดิมของแท่งตัวอย่าง

A = พื้นที่หน้าตัดเดิมของแท่งตัวอย่าง

4.2 คำนวณหาหน่วยแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Stress) สำหรับน้ำหนักกดใด ๆ

$$\sigma_C = P / A_C$$

เมื่อ P = น้ำหนักกด

A_C = พื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนไป

5. **รายงานผล**

5.1 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดบนตัวอย่างดินและความเครียด (Stress Strain Curve) ซึ่งสามารถหาค่าหน่วยแรงสูงสุด หรือค่าที่ความเครียดเท่ากับร้อยละ 20 ของตัวอย่างดิน เป็นค่ากำลังอัดแกนเดียว ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแรงยึดเกาะ ดังนี้

$$\sigma_c = \sigma_c max / 2 = q_u / 2$$

5.2 ถ้ามีการทดสอบทั้งตัวอย่างดินคงสภาพ และตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพ ของดินชนิดเดียวกัน จะสามารถคำนวณหาความไวตัว (Sensitivity) ได้จาก

ความไวตัว = q_u (ตัวอย่างคงสภาพ) / q_u' (ตัวอย่างเปลี่ยนสภาพ)

5.3 รายงานชนิดและรูปร่างของแท่งตัวอย่าง เช่น คงสภาพ, เปลี่ยนสภาพ, ทรงกระบอก, ทรงเหลี่ยม, ลักษณะดินโดยทั่วไป, ชื่อดิน, สัญลักษณ์

5.4 รายงานอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งตัวอย่าง

5.5 รายงานความหนาแน่นของตัวอย่างดิน ปริมาณความชื้น ถ้าตัวอย่างถูกทำให้อิ่มตัว (Saturate) ให้หมายเหตุค่าของระดับความอิ่มตัว (Degree of Saturation)

5.6 บันทึกค่าความเครียด ที่หน่วยแรงสูงสุด

5.7 อัตราของความเครียด เป็นร้อยละต่อนาทีโดยนับตั้งแต่เริ่มน้ำหนัก จนถึงที่น้ำหนักสูงสุด

5.8 ให้หมายเหตุในกรณีที่การทดสอบมีลักษณะผิดปกติหรือแนบรายละเอียดอื่น ๆ ที่คิดว่ามีความจำเป็นต้องใช้ในการอธิบายผลการทดสอบ

6. **ข้อควรระวัง**

6.1 การเตรียมตัวอย่างเปลี่ยนสภาพ ต้องมีความหนาแน่นและปริมาณความชื้นใกล้เคียงกับตัวอย่างคงสภาพและไม่ให้มีฟองอากาศในตัวอย่างดินเปลี่ยนมีสภาพ

6.2 ระยะเวลาในการกดน้ำหนักไม่ควรเกิน 10 นาที เพราะจะทำให้ปริมาณความชื้นเปลี่ยนไป ซึ่งมีผลทำให้ค่ากำลังอัดแกนเดียว ของดินเพิ่มขึ้น

6.3 ดินที่อ่อนมากจะมีความเครียดมาก จะต้องใช้อัตราความเครียดสูงประมาณร้อยละ 2 ต่อนาที ส่วนดินที่แข็งแตกง่ายจะมีความเครียดน้อย จะต้องใช้อัตราความเครียดต่ำ ประมาณร้อยละ 0.5 ต่อนาที

7. **หนังสืออ้างอิง**

THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, "STANDARD SPECIFICATION FOR HIGHWAY MATERIALS AND METHOD OF SAMPLING AND TESTING" AASHTO T. 207 AND T. - 208

โครงการ..... **สถานที่ก่อสร้าง.....** **ความลึก.....** **ตัวอย่างดิน.....** **หมายเลขหลุมเจาะ.....** **หมายเลขตัวอย่าง.....** **หมายเลขการทดสอบ.....** **ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....**	**บฟ. มถ.(ท) 303.1-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าแรงอัดแกนเดียว** **(Unconfined Compression Test)**	**ทะเบียนทดสอบ.....** **ผู้ทดสอบ** **ผู้ตรวจสอบ** **ผู้รับรอง**

เส้นผ่านศูนย์กลางดินของตัวอย่าง.....ซม.
พื้นที่หน้าตัดเดิมของตัวอย่าง, Ao .....ซม.^{2}
ความยาวเดิมของตัวอย่าง, Lo .....ซม.
ปริมาตรของตัวอย่าง .....ซม.^{3}
หน่วยน้ำหนักรวม ( ) ..... ก./ลบ.ซม.
หน่วยน้ำหนักแห้ง ( ) ..... ก./ลบ.ซม.

หมายเลขของวงแหวนวัดแรง.....
ค่าคงที่ของวงแหวนวัดแรง .....

ตำแหน่งของตัวอย่าง		**บน**	**กลาง**	**ล่าง**	**รูปลักษณะการวิบัติ**
หมายเลขกระป๋องใส่ตัวอย่าง					
น้ำหนักกระป๋องใส่ตัวอย่าง	ก.				
น้ำหนักกระป๋อง + น้ำหนักดินเปียก	ก.				
น้ำหนักกระป๋อง + น้ำหนักดินแห้ง	ก.				
น้ำหนักน้ำ	ก.				
น้ำหนักดินแห้ง	ก.				
ปริมาณความชื้น	%				

หมายเหตุ :

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ความลึก..... ตัวอย่างดิน..... หมายเลขหลุมเจาะ..... หมายเลขตัวอย่าง..... หมายเลขการทดสอบ..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 303.2-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าแรงอัดแกนเดียว** **(Unconfined Compression Test)**	**ทะเบียนทดสอบ.....** **ผู้ทดสอบ** **ผู้ตรวจสอบ** **ผู้รับรอง**

เวลา (นาที)	มาตรวัดระยะในแนวดิ่ง	ความเครียด (%)	พื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนไป Ac (ซม.^{2})	มาตรวัดแรงแบบวงแหวน	แรงกระทำตามแนวแกน กก.	หน่วยแรงกด (กก./ตร.ซม.)

โครงการ.....	**บฟ. มถ.(ท) 303.3-2550**	ทะเบียนทดสอบ.....	
สถานที่ก่อสร้าง.....		ผู้ทดสอบ	
ความลึก.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)		
ตัวอย่างดิน.....		ผู้ตรวจสอบ	
หมายเลขหลุมเจาะ.....	**การทดสอบหาค่าแรงอัดแกนเดียว**		
หมายเลขตัวอย่าง.....	**(Unconfined Compression Test)**	ผู้รับรอง	
หมายเลขการทดสอบ.....			
ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....			

มถ.(ท) 304-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงอัดสามแกน
(Triaxial Test)

1. **ขอบข่าย**

1.1 มาตรฐานนี้ ครอบคลุมถึง วิธีการหาค่าความแข็งแรง (Strength Parameter) ของดินโดยวิธีทดสอบเพื่อหาค่าแรงอัดสามแกน

1.2 การทดสอบนี้ สามารถทำได้ 3 วิธี คือ

1.2.1 การทดสอบแรงอัดสามแกน โดยมีการอัดตัวและไม่มีการระบายน้ำออก (CU-Test) ซึ่งทำได้ทั้งแบบมีการวัดค่า และไม่มีการวัดค่าความดันน้ำ (Pore Pressure)

1.2.2 การทดสอบแรงอัดสามแกน โดยมีการอัดตัวและมีการระบายน้ำออก (CD-Test)

1.2.3 การทดสอบแรงอัดสามแกน โดยไม่มีการอัดตัวและไม่มีการระบายน้ำออก (UU-Test) ซึ่งทำได้ทั้งแบบมีการวัดค่าและไม่มีการวัดค่าความดันน้ำ

1.3 ค่าความแข็งแรง (Strength Parameter) ของมวลดินที่สามารถหาได้จากการทดสอบนี้ คือ

1.3.1 ค่ามุมเสียดทานภายใน (Angle of Internal Friction, ϕ) และค่าความเชื่อมแน่นของดิน (Cohesion, c)

1.3.2 ในกรณีที่มีการวัดค่าความดันน้ำ (Pore Pressure) จะสามารถหาค่าประสิทธิผล (Effective Value) คือ $\bar{\phi}$ และ $\bar{c}$ ได้

1.4 ค่าความแข็งแรงที่หาได้จากการทดสอบนี้สามารถใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของดินในกรณีต่าง ๆ ได้

1.5 ในการทดสอบเพื่อหาค่าแรงอัดสามแกนนี้ จะต้องทำการทดสอบตัวอย่างดิน 3 ตัวอย่าง เป็นอย่างน้อย ไม่ว่าจะทำการทดสอบโดยวิธีใดก็ตาม

2. **นิยาม**

2.1 มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงอัดสามแกน หมายถึง การทดสอบกดตัวอย่างดินรูปทรงกระบอกที่บรรจุอยู่ในห้องบรรจุตัวอย่าง (Chamber) ซึ่งบรรจุน้ำเต็ม ตัวอย่างดินรูปทรงกระบอกได้รับแรงดันรอบทิศจากน้ำ (Isotropic Pressure) เรียกว่า “Chamber Pressure” หรือ “Confining Pressure” แรงกดตามแนวแกน ที่กระทำต่อตัวอย่างดินในทิศทางแนวดิ่งเรียกว่าแรงกระทำตามแนวแกน (Axial Load)

2.2 หน่วยแรงกระทำตามแนวแกน (Unit Axial Load) หมายถึง ค่าผลต่างของแรงตามแนวแกนและแรงดันรอบทิศจากน้ำ

2.3 หน่วยแรงระนาบหลัก (Major Principal Stress, σ_1) หมายถึง ค่าผลรวมของหน่วยแรงตามแนวแกนและหน่วยแรงดันรอบทิศจากน้ำ

2.4 หน่วยแรงระนาบรอง (Minor principal Stress, σ_3) หมายถึง หน่วยแรงดันรอบทิศจากน้ำ

2.5 หน่วยแรงตามแนวแกน (Unit Axial Load) หมายถึง ค่าผลต่างของหน่วยแรงระนาบหลักและหน่วยแรงระนาบรอง

2.6 การวิบัติ (Failure) ให้ถือว่าเกิดขึ้นเมื่อค่าความเครียดตามแนวแกน (Axial Strain) เท่ากับร้อยละ 20

2.7 หน่วยแรงวิบัติ (Failure Stress) หมายถึง หน่วยแรงที่กระทำตามแนวแกนสูงสุดที่ร้อยละ 20 ของความเครียดตามแนวแกน

2.8 "CU-Test" หมายถึง การทดสอบที่มีขั้นตอนการอัดตัวของตัวอย่างดิน (Consolidation) ก่อนแล้วจึงเพิ่มน้ำหนักกระทำตามแนวแกน โดยไม่ยอมให้มีการระบายน้ำ(Undrain) ออกจากตัวอย่างดินในระหว่างขั้นตอนกดตามแนวแกน

2.9 "CD - Test" หมายถึง การทดสอบที่มีขั้นตอนการอัดตัวของตัวอย่างดิน (Consolidation) ก่อนแล้วจึงเพิ่มน้ำหนักกระทำตามแนวแกน โดยยอมให้มีการระบายน้ำ (Drain) ออกจากตัวอย่างดินในระหว่างขั้นตอนกดตามแนวแกน

2.10 "UU - Test" หมายถึง การทดสอบที่ไม่มีขั้นตอนการอัดตัวของตัวอย่างดิน (Consolidation) และไม่ยอมให้มีการระบายน้ำ(Undrain) ออกจากตัวอย่างดินในระหว่างขั้นตอนการกดตามแนวแกน

3 วิธีทำ

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 อุปกรณ์ให้แรงกดตามแนวแกน (Axial Loading Device) มีดังนี้ คือ

3.1.1.1 ชุดเพิ่มน้ำหนัก (Screw Jack) ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ หรือเฟือง ซึ่งสามารถควบคุมความเร็วในการกดได้

3.1.1.1 อุปกรณ์ให้น้ำหนัก (Platform Weighing Scale)

3.1.1.2 อุปกรณ์ให้น้ำหนักคงที่ (Dead Weight Load Apparatus)

3.1.1.3 อุปกรณ์ให้น้ำหนักระบบน้ำมัน (Hydraulic Loading Device)

3.1.1.4 อุปกรณ์ระบบอื่น ที่สามารถควบคุมได้ทั้งแบบควบคุมหน่วยแรง (Stress - Control) และควบคุมความเครียด (Strain - Control) โดยมีประสิทธิภาพและความเที่ยงตรงในการทำงานตามที่ต้องการ (ได้อัตราการให้น้ำหนักตามที่ต้องการ)

3.1.2 อุปกรณ์อัดแรงกดตามแนวแกน (Axial Load Measuring Device) มีดังนี้ คือ

3.1.2.1 วงแหวนวัดแรง (Proving Ring) ซึ่งสามารถวัดค่าได้ละเอียดถึงร้อยละ 1 ของแรงกดวิบัติ (Load of Faillure) หรือประมาณ 1.1 นิวตัน (0.25 ปอนด์)

3.1.2.2 อุปกรณ์ให้น้ำหนักระบบไฟฟ้า (Electronic Load Cell)

3.1.2.3 อุปกรณ์การให้น้ำหนักระบบน้ำมัน (Hydraulic Load Cell)

3.1.2.4 อุปกรณ์การให้น้ำหนักระบบมาตรวัด (Strain Gauge Load Cell)

3.1.3 มาตรวัดการเปลี่ยนรูป (Deformation Indicator) ซึ่งสามารถวัดได้ถึงร้อยละ 20 ของความสูงของตัวอย่างดิน

3.1.4 ความดันห้องบรรจุตัวอย่าง (Chamber Pressure) จะเป็น

3.1.4.1 รีเซิร์ฟเวอร์ (Reservoir) ต่อเข้ากับห้องบรรจุตัวอย่าง ส่วนบนของรีเซิร์ฟเวอร์ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายความดันอากาศ (Compress Gas Supply) โดยแรงดันอากาศจะถูกควบคุมโดยอุปกรณ์ควบคุมแรงดัน ซึ่งมีมาตรวัดแรงดันติดอยู่

3.1.4.2 ระบบน้ำมัน (Hydraulic System) หรือระบบอื่น ๆ ทั้งนี้ต้องสามารถควบคุมแรงดันได้ โดยผิดพลาดไม่เกินร้อยละ $\pm$ 1

3.1.5 ห้องแรงดันบรรจุตัวอย่าง (Pressure Chamber) ดูรายละเอียดในรูปที่ 1

3.1.6 อุปกรณ์ปิดด้านบนและด้านล่างของตัวอย่าง (Specimen Cap & Base) เป็นวัสดุที่คงทนการกัดกร่อน โดยมีหน้าตัดรูปกลม ผิวเรียบ เพื่อลดแรงเสียดทานที่ปลายตัวอย่างดิน

3.1.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Weighing Device)

กรณีที่ตัวอย่างดิน หนักไม่เกิน	100	กรัม	ต้องชั่งได้ละเอียดถึง	0.01	กรัม
กรณีที่ตัวอย่างดิน หนักไม่เกิน	1,000	กรัม	ต้องชั่งได้ละเอียดถึง	0.10	กรัม
กรณีที่ตัวอย่างดิน หนักไม่เกิน	5,000	กรัม	ต้องชั่งได้ละเอียดถึง	1.00	กรัม
กรณีที่ตัวอย่างดิน หนักไม่เกิน	10,000	กรัม	ต้องชั่งได้ละเอียดถึง	5.00	กรัม
กรณีที่ตัวอย่างดิน หนักไม่เกิน	50,000	กรัม	ต้องชั่งได้ละเอียดถึง	50.00	กรัม
กรณีที่ตัวอย่างดิน หนักกว่า	50,000	กรัม	ต้องชั่งได้ละเอียดถึง	100.00	กรัม

3.1.8 เครื่องมือดันตัวอย่างดิน (Sample Ejector)

3.1.9 อุปกรณ์ตกแต่งตัวอย่างดิน (Specimen Trimming Equipment)

3.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดสอบ

3.2.1 หินพรุน (Porous Stone)

3.2.2 วงแหวนยาง (O - Ring)

3.2.3 ปลอกยาง (Rubber Membrane)

3.2.4 กระดาษกรอง (Filter Paper)

3.3 การเตรียมตัวอย่างดินรูปทรงกระบอก

3.3.1 ขนาดตัวอย่างดินรูปทรงกระบอก

3.3.1.1 ตัวอย่างดินควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ไม่น้อยกว่า 33 มิลลิเมตร (1.3 นิ้ว) และกรณีนี้ ขนาดของมวลที่ใหญ่ที่สุดในตัวอย่างดินต้องไม่เกิน 1/10 ของเส้นผ่านศูนย์กลางรูปทรงกระบอก

3.3.1.2 กรณีที่ตัวอย่างดินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 71 มิลลิเมตร (2.8 นิ้ว) หรือใหญ่กว่ามวลที่ใหญ่ที่สุดในตัวอย่างดินต้องมีขนาดไม่เกิน 1/6 ของเส้นผ่านศูนย์กลางรูปทรงกระบอก

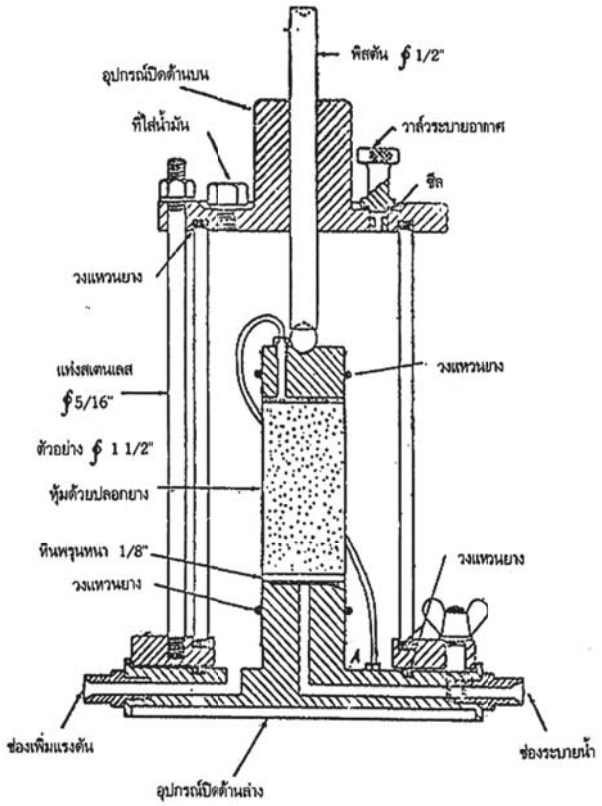
3.3.1.3 ถ้าหากพบว่า มวลที่ใหญ่ที่สุดในตัวอย่างดินมีขนาดเกินกว่าที่กำหนดไว้ภายหลังจากทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว ให้เขียนหมายเหตุไว้ในรายงานผลการทดสอบ

3.3.1.4 อัตราส่วน ความสูงของรูปทรงกระบอกต่อเส้นผ่านศูนย์กลางรูปทรงกระบอก (H/D) ควรอยู่ระหว่าง 2.0 ถึง 3.0 (ค่าที่แนะนำให้ใช้ คือ 2.0) ยกเว้น กรณีที่มีการลดแรงเสียดทาน ที่ปลายตัวอย่างดิน (Restraint of lateral Expansion) สามารถลดอัตราส่วนดังกล่าวนี้ คงเหลือ 1.2 ถึง 2.0 ได้ (ค่าที่แนะนำให้ใช้ คือ 1.25)

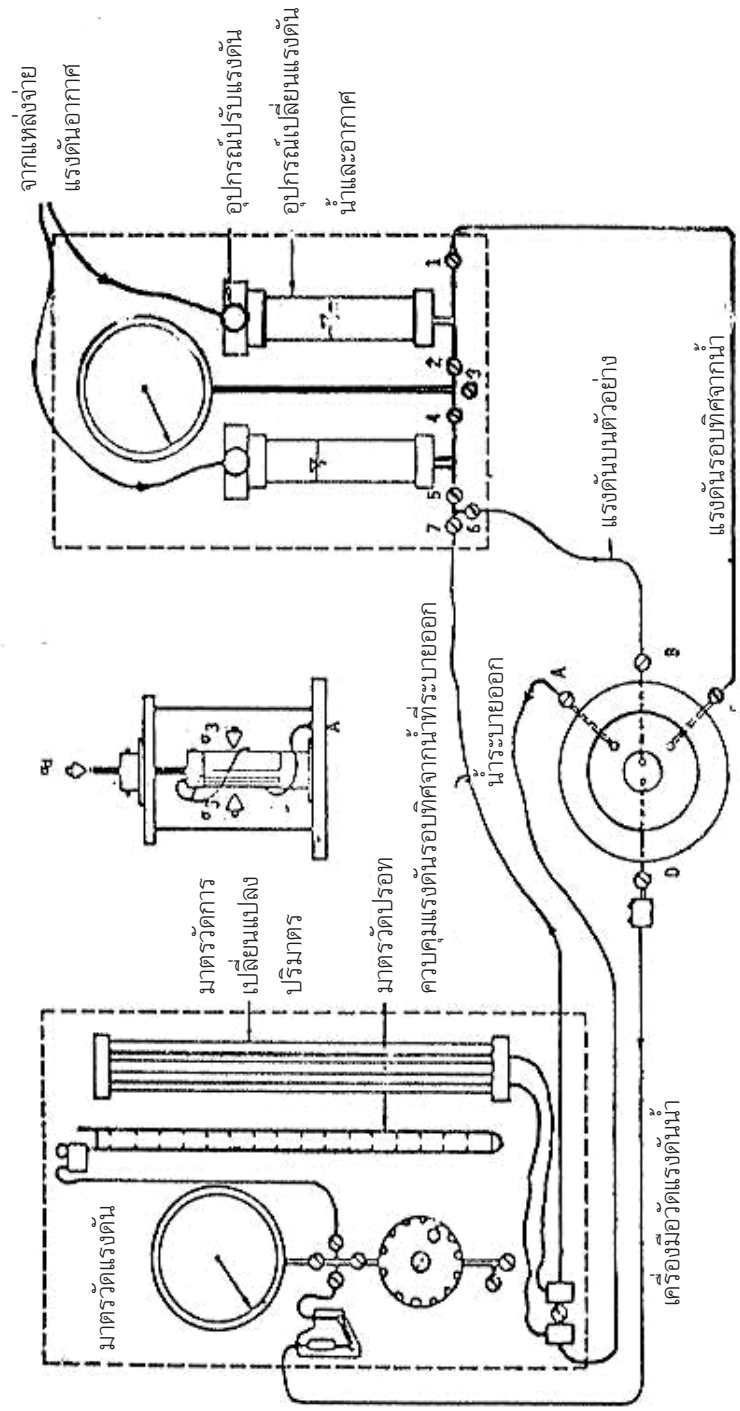
3.3.1.5 การวัดความสูงต้องทำด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (Vernier Caliper)

3.3.2 ตัวอย่างดินแบบคงสภาพ (Undisturbed Specimen) ตัวอย่างดินแบบคงสภาพต้องเตรียมจากตัวอย่างดินที่เก็บมาตามกรรมวิธีการเก็บตัวอย่างดิน

3.3.2.1 ตัวอย่างดินแบบคงสภาพ ต้องเตรียมจากตัวอย่างดินที่เก็บมาตามกรรมวิธีการเก็บตัวอย่างดิน มถ.(ท) 301 : การทดสอบตามมาตรฐานการเจาะสำรวจดิน หรือ ASTM METHOD D 1578, AASSHO T 207



รูปที่ 1 ห้องแรงดันบรรจุตัวอย่าง



รูปที่ 2 เครื่องมือทดสอบหาค่าแรงอัดสามแกน

3.3.2.2 ตัวอย่างดินที่ได้จากกระบอกบาง ถ้ามีขนาดตามต้องการแล้วไม่จำเป็นต้องทำการตกแต่ง (Trimming) เว้นแต่การแต่งปลายให้เรียบ (Squaring of End)

3.3.2.3 ในกรณีที่จำเป็นต้องทำการตกแต่ง ต้องระมัดระวังไม่ให้ตัวอย่างดินถูกกระทบกระเทือน เช่น การเปลี่ยนแปลงของหน้าตัด หรือความชื้น

3.3.2.4 การตกแต่ง ถ้าเป็นไปได้ควรทำในห้องที่มีการควบคุมความชื้น ถ้าไม่ได้ทำในห้องที่ควบคุมความชื้น ต้องเขียนหมายเหตุไว้ในรายงานการทดสอบ

3.3.2.5 เพื่อทำการตกแต่ง ต้องตกแต่งให้ตัวอย่างดินมีขนาดหน้าตัดเท่ากันตลอดความสูงอย่างสม่ำเสมอ และปลายทั้งสองของตัวอย่างดินต้องเป็นหน้าเรียบ ซึ่งตั้งฉากกับแนวดิ่งของรูปทรงกระบอก

3.3.2.6 ทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางรูปทรงกระบอกไม่น้อยกว่า 3 จุด เพื่อหาค่าเฉลี่ย วัดความสูงและทำการชั่งน้ำหนัก

3.3.2.7 เมื่อตกแต่งเสร็จแล้วควรรีบหุ้มตัวอย่างดินด้วยปลอกยาง (Rubber Membrane) และครอบหัวท้ายของตัวอย่างดินด้วยอุปกรณ์เปิดด้านบน (Specimen Cap) และอุปกรณ์ปิดด้านล่าง (Specimen Base) ทันที และนำไปเก็บในกล่องที่สามารถควบคุมความชื้นได้

3.3.3 ตัวอย่างดิน และเปลี่ยนสภาพ (Remolded Specimen)

3.3.3.1 ตัวอย่างดินแบบเปลี่ยนสภาพ อาจเตรียมได้ทั้งจากตัวอย่างแบบคงสภาพ ซึ่งผ่านการทดสอบแล้วนำมาเปลี่ยนสภาพ หรือจากตัวอย่างเปลี่ยนสภาพที่ได้จากกระบอกยางก็ได้

3.3.3.2 ตัวอย่างดินแบบนี้สามารถใช้แบบ (Mold) ทุกขนาดที่ต้องการได้

3.3.3.3 วิธีการขึ้นรูป (Molding) และการบดอัดนั้น แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความหนาแน่น (Density) และปริมาณความชื้น (Moisture Content)

3.3.3.4 ถ้าตัวอย่างดินที่ทำการเปลี่ยนสภาพและนำออกจากแบบ แล้วยังไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการ ก็สามารถทำการตกแต่ง ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการได้เช่นเดียวกับตัวอย่างดินคงสภาพ

3.3.4 การลดแรงเสียดทานที่ปลายตัวอย่างดิน (End Restraint) การลดแรงที่เกิดจากแรงเสียดทาน (Friction) และแรงยึดเกาะ (Adhesion) ระหว่างปลายของตัวอย่างดินกับอุปกรณ์เปิดด้านบนหรือด้านล่าง ทำได้โดยการใช้แผ่นยางรอง (Rubber Membrane Disk) 2 แผ่น ทาน้ำมันซิลิโคน สอดไว้ระหว่างหน้าสัมผัสของตัวอย่างดินกับอุปกรณ์ปิดด้านบนหรือด้านล่าง ขนาดของแผ่นยางรองนี้ เส้นผ่านศูนย์กลางต้องเท่ากับอุปกรณ์ปิดด้านบนหรือด้านล่าง ส่วนความหนาต้องไม่น้อยกว่า 0.13 มิลลิเมตร (0.005 นิ้ว) และไม่มากกว่า 0.8 มิลลิเมตร (0.03 นิ้ว)

3.4 แบบฟอร์ม

ให้บันทึกผลการทดสอบในแบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 304.1-2550 : การทดสอบหาค่าแรงอัดสามแกน, 304.2-2550 : การทดสอบหาค่าแรงอัดสามแกน และ 304.3-2550 : การทดสอบหาค่าแรงอัดสามแกน

3.5 การทดสอบ

3.5.1 การทดสอบแบบมีการอัดตัวและไม่มีการระบายน้ำออก (Consolidated Undrained Test, CU-Test)

3.5.1.1 เตรียมแท่นวางตัวอย่างดิน (Pedestal)

3.5.1.1.1 วางหินพรุน (Porous Stone) บนแท่น

3.5.1.1.2 วางแผ่นกรอง ที่ชุ่มน้ำบนหินพรุน (แผ่นกรองตัดเป็นแถบยาว)

3.5.1.1.3 วางแผ่นยางรอง ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าตัวอย่างดินเล็กน้อยบนหินพรุนเคลือบแผ่นยางนี้ด้วย น้ำมันซิลิโคน เพื่อลดแรงเสียดทานที่ปลายตัวอย่างดิน เสร็จแล้ว วางตัวอย่างดินรูปทรงกระบอกแผ่นยางและพับกระดาษรองให้ติดกับด้านข้างของตัวอย่างดิน เพื่อใช้เป็นทางให้น้ำระบายออก ในกรณีที่อัตราส่วน H/D มากกว่า 2.0 ไม่จำเป็นต้องใช้แผ่นยางนี้

3.5.1.2 ใช้แวกคัม เมมเบรน เอ็กซ์เพนเดอร์ (Vacuum Membrane Expander) ในการสวมปลอกยางครอบตัวอย่างดินรูปทรงกระบอก ใช้วงแหวนยางรัดโดยรอบเพื่อยึดปลอกยาง ติดกับแท่นวางตัวอย่างเดิม (Pedestal)

3.5.1.3 วางแผ่นยาง ซึ่งเคลือบน้ำมันซิลิโคน บนส่วนบนของตัวอย่างดิน และวางแถบกระดาษกรอง และหินพรุน และอุปกรณ์ปิดด้านบนทับไปตามลำดับ ใช้วงแหวนยางรัดยึดปลอกยาง กับอุปกรณ์ปิดด้านบน

3.5.1.4 วางโฮลโลว ไซเลนเดอร์ (Hollow Cylinder) ครอบตัวอย่างดินเพื่อป้องกันมิให้ตัวอย่างดินได้รับความเสียหายติดพิสตัน (Piston) ให้เข้าที่ในห้องบรรจุตัวอย่าง อย่างระมัดระวังไม่ให้เกิดความเสียหายแก่ตัวอย่างดิน

3.5.1.5 ติดตั้งห้องบรรจุตัวอย่าง ซึ่งบรรจุตัวอย่างดินเรียบร้อยแล้ว ให้เข้าที่บนโครงรับน้ำหนัก และเติมน้ำให้เต็มห้องบรรจุตัวอย่าง

3.5.1.6 เติมน้ำให้เต็มสายยาง โดยแรงดูด (Vacuum) ที่ปลายข้างหนึ่ง ในขณะที่ปลายอีกข้างจมอยู่ในน้ำเพื่อไล่ฟองอากาศออก ทำให้อุปกรณ์ปิดด้านบนชุ่มน้ำ

- ให้แรงดันบนตัวอย่าง (Back Pressure) และแรงดันรอบทิศจากน้ำ (Chamber Pressure) โดยควรให้แรงดันรอบทิศจากน้ำ สูงกว่าแรงดันบนตัวอย่างประมาณ 7-14 กิโลปาสกาล (1-2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) เพื่อให้แรงดันน้ำไหลช้า ๆ ตามสายยาง
- ต่อสายยางเข้ากับเครื่องวัดแรงดันน้ำ (Pore Pressure Measuring Device)
- ค่อย ๆ เพิ่มแรงดันบนตัวอย่าง และแรงดันรอบทิศจากน้ำ จนกระทั่งค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดความดันจะชี้ให้เห็นว่าแรงดันน้ำในตัวอย่างดินเท่ากันทุกจุด
- รักษาแรงดันรอบทิศจากน้ำ ให้สูงกว่าแรงดันบนตัวอย่าง ประมาณ 34.5 กิโลปาสกาล (5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) เพื่อป้องกันการไหลของน้ำจากตัวอย่างดินไปทางปลอกยาง

- เพิ่มแรงดันบนตัวอย่าง และแรงดันรอบทิศจากน้ำ จนกระทั่งตัวอย่างดินอิ่มตัว (Saturate)

3.5.1.7 เพิ่มแรงดันรอบทิศจากน้ำ จนกระทั่งความแตกต่างของแรงดันระหว่างแรงดันรอบทิศจากน้ำ กับแรงดันบนตัวอย่าง เท่ากับแรงอัดตัวคายน้ำที่ต้องการ ในการเขียนกราฟเส้นโค้งวิบัติ (Failure Envelope) จำเป็นต้องใช้ผลการทดสอบที่มีค่าแรงดันอัดตัว ที่แตกต่างกัน 3 ค่า เป็นอย่างน้อย

- รักษาแรงดันอัดตัวไว้ตลอดเวลา จนกระทั่งค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดความดันจะบ่งชี้ว่า ขั้นตอนการอัดตัว (Consolidation Phase) ได้จบลงแล้ว (อาจจะใช้เวลาหลายสิบชั่วโมง)
- จากนั้นจึงปิดและเพิ่มแรงดันรอบทิศจากน้ำ ประมาณ 34.5 กิโลกรัม (5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) หรือมากกว่านั้น เพื่อให้แน่ใจว่าตัวอย่างดินอิ่มตัวก่อนทำการเพิ่มแรงตามแนวแกน ในการตัดสินว่าตัวอย่างดินอิ่มตัวหรือไม่ให้ใช้อัตราส่วนระหว่างส่วนเพิ่มของแรงดันน้ำ (Pore Pressure) กันแรงดันรอบทิศจากน้ำ

$$\Delta P / \Delta\sigma_3 = 1.0$$

3.5.1.8 ก่อนเพิ่มแรงกดตามแนวแกน ต้องปิดประตูน้ำ (Valve) ที่อยู่ระหว่างห้องบรรจุตัวอย่าง (Chamber) กับ เบอร์เรต (Burette) เพื่อให้ขั้นตอนการเฉือน (Shear Phase) เกิดในสภาพไม่ระบายน้ำ และทำการวัดปริมาตร ที่เปลี่ยนไป (Volume Change) ที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการอัดตัว

3.5.1.9 เปิดสวิทช์เครื่องเพิ่มแรงกดตามแนวแกน (Axial Loading Device) ให้พิสตันเคลื่อนที่ลงมาช้า ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงแรงเสียดทานของพิสตัน (Piston Friction) และแรงต้านทานจากแรงดัน ทำการจดบันทึกค่าศูนย์ของมาตรวัดการเปลี่ยนรูปและแรงกระทำตามแนวแกน เมื่อพิสตันเคลื่อนลงมาสัมผัสกับอุปกรณ์ปิดด้านบนพอดี

3.5.1.10 การเพิ่มแรงกดตามแนวแกน ในขั้นตอนการเฉือนต้องทำให้เกิดอัตราของความเครียด (Rate of Strain) ซึ่งอยู่ในช่วงที่สามารถทำให้ความดันน้ำเท่ากันทุกจุดในตัวอย่างดิน ทั้งนี้ให้ดูตารางที่ 1 ประกอบ

- ในขั้นตอนการเฉือน ต้องอ่านค่าแรงกระทำและการเปลี่ยนรูปอย่างละเอียดและบันทึกไว้ เพื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียด
- กรณีที่มีการวัดค่าแรงดันน้ำ ให้อ่านค่าแรงดันน้ำในขณะที่อ่านค่าแรงกระทำและการเปลี่ยนรูปด้วย

3.5.1.11 จุดวิบัติ (Criterion of Failure) ของตัวอย่างดิน คือ จุดที่หน่วยแรง (ผลต่างระหว่างหน่วยแรงระนาบหลัก กับหน่วยแรงระนาบรอง) สูงที่สุด

- ในกรณีที่หน่วยแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเครียดโดยไม่มีจุดสูงสุด ให้ถือว่าจุดวิบัติเกิดขึ้นที่จุดความเครียดร้อยละ 20
- ถ้าในกรณีที่มีการวัดค่าแรงดันน้ำ ให้ใช้ค่าอัตราส่วนสูงสุดของหน่วยแรงระนาบหลักประสิทธิผล (Maximum Effective Principal Stress Ratio $\bar{\sigma}_1 / \bar{\sigma}_3$ เป็นจุดวิบัติ

3.5.1.12 หลังจากการทดสอบในขั้นการเฉือนถึงจุดวิบัติแล้ว ให้คลายแรงที่กดอยู่ทั้งหมดและปล่อยน้ำให้ระบายออกห้องบรรจุตัวอย่าง ให้หมดและถอดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบออกทั้งหมด พร้อมกับสเก็ตภาพตัวอย่างดิน (Mode of Failure) จากนั้นจึงชั่งน้ำหนักตัวอย่างดิน และนำไปใส่ตู้อบแห้งเพื่อหาค่าปริมาณความชื้นและความหนาแน่น

3.5.2 การทดสอบแบบไม่มีการอัดตัวและไม่มีการระบายน้ำออก (หน่วยแรงรวม) (UU-Test)

3.5.2.1 เตรียมแท่นวางตัวอย่างดิน (Pedestal)

- วางแผ่นหินพรุนบนแท่น
- วางแผ่นยางซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าตัวอย่างเล็กน้อยบนหินพรุนเคลือบแผ่นยางนี้ด้วยน้ำมันซิลิโคน เพื่อลดแรงเสียดทานที่ปลายตัวอย่าง
- วางตัวอย่างดินบนแผ่นยาง
- ในกรณีที่ค่าอัตราส่วน H/D มากกว่า 2.0 ไม่จำเป็นต้องใช้แผ่นยางนี้

3.5.2.2 ใช้แวกคัม เมมเบรนเอ็กซ์ แพนเดอร์ (Vacuum Membrane Expander) ในการสวมปลอกยางครอบตัวอย่างดินรูปทรงกระบอก ใช้วงแหวนยางรัดโดยรอบเพื่อยึดแผ่นยางกับแท่นวางตัวอย่างดิน

3.5.2.3 วางแผ่นยาง ซึ่งเคลือบน้ำมันซิลิโคนบนส่วนบนของตัวอย่างดิน และวางหินพรุนและอุปกรณ์ปิดด้านบน ตามลำดับ ใช้วงแหวนรัดยึดปลอกยาง กับอุปกรณ์ปิดด้านบน

3.5.2.4 วางฮอลโลว์ ไซเลนเดอร์ (Hollow Cylinder) ครอบตัวอย่างดิน เพื่อป้องกันมิให้ตัวอย่างดินได้รับความเสียหาย และติดพิสตันให้เข้าที่ในห้องบรรจุตัวอย่างอย่างระมัดระวังไม่ให้เกิดความเสียหายแก่ตัวอย่างดิน

3.5.2.5 ติดตั้งห้องบรรจุตัวอย่าง ซึ่งบรรจุตัวอย่างดินเรียบร้อยแล้วให้เข้าที่บนโครงรับน้ำหนัก และเติมน้ำให้เต็มห้องบรรจุตัวอย่าง และปิดประตูระบายน้ำ

3.5.2.6 เพิ่มแรงดันด้านข้าง (Lateral Pressure) ให้เท่ากับแรงดันของดินซึ่งเกิดจากส่วนของดินที่อยู่เหนือจุดที่ต้องการพิจารณา (Over-Burden Pressure) ที่ตัวอย่างดินนั้นเคยได้รับ (ที่ความลึกนั้น ๆ)

3.5.2.7 เปิดสวิทซ์เครื่องเพิ่มแรงกดตามแนวแกน (Axial Loading Device) ให้พิสตันเคลื่อนลงมาช้า ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงแรงเสียดทานของพัสตัน และแรงต้านทานจากแรงดันรอบทิศจากน้ำและทำการจดบันทึกค่าศูนย์ของมาตรวัดการเปลี่ยนรูปและแรงตามแนวแกน เมื่อพิสตันสัมผัสอุปกรณ์ปิดด้านบนพอดี

3.5.2.8 เพิ่มแรงกดตามแนวแกนโดยให้อัตราความเครียดอยู่ในระหว่างร้อยละ 0.3 ถึง ร้อยละ 1.0 ต่อนาที (ค่าที่แนะนำให้ใช้ คือ ร้อยละ 0.5 ต่อนาที) อ่านค่าแรงกระทำ การเปลี่ยนรูป และแรงดันน้ำ (ในกรณีที่มีการวัด) อย่างละเอียดเพื่อนำไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรง และความเครียด

3.5.2.9 จุดวิบัติ (Failure Criterion) ให้ถือว่าเกิดที่หน่วยแรงสูงสุด (Maximum Deviator Stress)

- ในกรณีที่หน่วยแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเครียดโดยไม่มีจุดสูงสุดให้ถือว่าจุดวิบัติ เกิดขึ้นที่ความเครียดร้อยละ 20
- ถ้าในกรณีที่มีการวัดค่าแรงดันน้ำ ให้ถือค่าอัตราส่วนสูงสุดของหน่วยแรงระนาบหลักประสิทธิผล (Maximum Effective Principal Stress Ratio σ_1 / σ_3 เป็นจุดวิบัติ

3.5.2.10 หลังจากการทดสอบถึงจุดวิบัติแล้ว ให้คลายแรงที่กดอยู่ทั้งหมดและปล่อยน้ำให้ระบายออกนอกห้องบรรจุตัวอย่างให้หมด และถอดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบออกทั้งหมดพร้อมกับสเก็ตภาพตัวอย่างดิน (Mode of Failure) จากนั้นจึง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างดินและนำไปใส่ตู้อบแห้ง เพื่อหาค่าปริมาณความชื้นและความหนาแน่น

3.5.3 การทดสอบแบบไม่มีการอัดตัวและไม่มีการระบายน้ำออก (หน่วยแรงประสิทธิผล) (UU-Test) ทำการทดสอบตามขั้นตอนแบบเดียวกันกับแบบมีการอัดตัวและไม่มีการระบายน้ำออก (CU-Test) ยกเว้นไม่ต้องมีขั้นตอนการอัดตัว

3.5.4 การทดสอบแบบมีการอัดตัวและมีการระบายน้ำออก (CD-Test)

3.5.4.1 การเตรียมการติดตั้งตัวอย่างดินให้ทำตามเดียวกันกับ ข้อ 3.5.1.1 ถึง 3.5.1.5

3.5.4.2 ขั้นตอนการอัดตัว ให้ทำตามขั้นตอนเดียวกับ ข้อ 3.5.1.6 ถึง 3.5.1.7 ยกเว้นแต่ให้ต่อสายยางเข้ากับเบอร์เรต (Burette) เพื่อวัดปริมาณน้ำที่ระบายออก

3.5.4.3 ก่อนเพิ่มแรงกดตามแนวแกน ต้องเปิดประตูน้ำ ระหว่างบรรจุตัวอย่างกับเบอร์-เรต เพื่อให้อยู่ในสภาพของการระบาย (Drained Condition)

3.5.4.4 การทดสอบ ในขั้นตอนการเฉือนนี้ต้องทดสอบช้า ๆ เพื่อป้องกันการเกิดแรงดันน้ำในตัวอย่างดิน ซึ่งดินบางชนิดต้องใช้เวลาในการทดสอบนานมาก ในกรณีเช่นนั้นนิยมใช้ทดสอบโดยวิธีควบคุมหน่วยแรง

3.5.4.5 เปิดสวิทซ์เครื่องเพิ่มแรงกดตามแนวแกน (Axial Loading Device) ในพิสตันเคลื่อนลงมาช้า ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงแรงเสียดทานของพิสตันและแรงต้านของแรงดันรอบทิศจากน้ำ และทำการจดบันทึกค่าศูนย์ของมาตรวัด การเปลี่ยนรูปและแรงตามแนวแกน เมื่อพิสตันเคลื่อนลงมาสัมผัสกับอุปกรณ์ปิดด้านบนพอดี

3.5.4.6 ขั้นตอนการเฉือน ให้เพิ่มแรงกดตามแนวแกนช้า ๆ และอ่านค่าน้ำหนักกระทำการเปลี่ยนรูป อย่างละเอียดและจดบันทึกไว้ เพื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรง และความเครียด

3.5.4.7 จุดวิบัติ (Failure Criterion) ให้ถือตาม ข้อ 3.5.1.11

3.5.4.8 หลังจากทดสอบถึงจุดวิบัติแล้ว ให้ถือตาม ข้อ 3.5.1.12

4 การคำนวณ

4.1 กรณีของการทดสอบแบบมีการอัดตัวและไม่มีการระบายน้ำออก (CU-Test)

4.1.1 สมมุติ ให้ค่าความเครียด ในตัวอย่างดินเท่ากันทุกทิศทางดังนั้น ค่าความสูงของตัวอย่างดินเมื่อจบระยะการอัดตัวคายน้ำ สามารถหาได้จาก

$$\epsilon_1 = 1/3 \times (\epsilon V)$$

เมื่อ ϵ_1 = ความเครียด ตามแนวแกน = $\Delta L / L$

ϵV = ปริมาตรความเครียด = $\Delta V / V$

L = ความสูงของตัวอย่างดินก่อนทำการอัดตัวคายน้ำ

ΔL = ความสูงที่เปลี่ยนแปลงไป ระหว่างการอัดตัวคายน้ำ

V = ปริมาตรเดิมของตัวอย่างดิน

ΔV = ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงของตัวอย่างดิน

4.1.2 ความเครียดตามแนวแกนที่เกิดจากการเพิ่มแรงกดตามแนวแกน สามารถหาได้จาก

$$\epsilon = \Delta L / Lo$$

เมื่อ ΔL = ความสูงที่เปลี่ยนแปลงที่วัดได้จากมาตรวัด

Lo = ค่าความสูงของตัวอย่างดินเมื่อสิ้นสุด ระยะการอัดตัวคายน้ำ

4.1.3 ค่าพื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนไปในขณะที่เพิ่มแรงกด สามารถหาได้จาก

$$A = Ao / (1-\in)$$

Ao = พื้นที่หน้าตัดก่อนเริ่มการทดสอบ (ค่าเฉลี่ย)

$\in$ = ค่าความเครียดตามแนวแกนในขณะที่กดด้วยแรงในขณะนั้น

4.1.4 หน่วยแรงที่เกิดขึ้น (Deviator Stress) สามารถหาได้จาก

$$\sigma_d = (P.R. \times K) / A$$

P.R. = ค่าที่อ่านได้จากวงแหวนวัดแรง

K = ค่าคงที่ของวงแหวนวัดแรง

A = พื้นที่หน้าตัดในขณะนั้น

4.2 กรณีของการทดสอบแบบไม่มีการอัดตัวและไม่มีการระบายน้ำออก (UU-Test) ค่าต่าง ๆ สามารถหาได้เช่นเดียวกับ ข้อ 4.1.2 ถึง 4.1.4

4.3 กรณีของการทดสอบแบบมีการอัดตัวและมีการระบายน้ำออก (CD-Test) ค่าต่าง ๆ สามารถหาได้เช่นเดียวกันกับ ข้อ 4.1.2 ถึง 4.1.4

5 การรายงานผล

สิ่งที่ต้องเขียนในการรายงาน

5.1 ขนาดของตัวอย่างดิน วิธีการเตรียมตัวอย่างดิน

5.2 ค่าอัตราส่วน H/D, ลักษณะเดิม, ความหนาแน่น, ปริมาณความชื้น และระดับของความอิ่มตัวของตัวอย่างดิน

5.3 วิธีการทดสอบ

5.4 การวัดค่าแรงดันน้ำ

5.5 ค่าร้อยละของอัตราเฉลี่ยของความเครียด จนกระทั่งวิบัติ

5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำกับความเครียด (กรณีที่วัดแรงดันน้ำ) และหน่วยแรงตามแนวแกนกับความเครียด

5.7 เขียนกราฟแสดงวงกลมของมอร์ (Mohr's Circles) และลากเส้นสัมผัสวงกลม (Failure Envelope) เพื่อหาค่า c และ ϕ

5.8 ภาพสเก็ตตัวอย่างดินหลังจุดวิบัติ

5.9 หมายเหตุ

6 หนังสืออ้างอิง

6.1 THE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS : ASTM D 2850-70

6.2 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS "STANDARD METHOD OF TEST FOR STRENGTH PARAMETERS OF SOILS BY TRIAXIAL COMPRESSION" AASHTO T. 234-74

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ความลึก..... ตัวอย่างดิน..... หมายเลขหลุมเจาะ..... หมายเลขตัวอย่าง..... หมายเลขการทดสอบ..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 304.1-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงอัดสามแกน (Triaxial Test)**	**ทะเบียนทดสอบ.....** **ผู้ทดสอบ** **ผู้ตรวจสอบ** **ผู้รับรอง**

พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง.....ความยาวของตัวอย่างเดิม.....
น้ำหนักของตัวอย่างดิน.....ปริมาณความชื้นเดิมของตัวอย่าง.....
ประเภทของการทดสอบ.....
แรงดันรอบทิศจากน้ำ.....แรงดันบนตัวอย่าง.....
อัตราการให้น้ำหนัก.....

ระยะเคลื่อนตัวตามแนวดิ่ง (CM.)	มาตรวัดแรงแบบวงแหวน	น้ำหนักกระทำตามแนวดิ่ง (KG.)	ค่าความเครียดตามแนวแกน (CM.)	พื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนไป ($CM.^2$)	หน่วยแรงที่เกิดขึ้น (KSC.)	แรงดันน้ำ (KSC.)	$\bar{\sigma}_3$	$\bar{\sigma}_1 = \sigma_d + \sigma_3$ (KSC.)

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ความลึก..... ตัวอย่างดิน..... หมายเลขหลุมเจาะ..... หมายเลขตัวอย่าง..... หมายเลขการทดสอบ..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 304.2-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **มาตรฐานการทดสอบหาค่าแรงอัดสามแกน (Triaxial Test)**	ทะเบียนทดสอบ.....	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		ผู้รับรอง	

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ความลึก..... ตัวอย่างดิน..... หมายเลขหลุมเจาะ..... หมายเลขตัวอย่าง..... หมายเลขการทดสอบ..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 304.3-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **มาตรฐานการทดสอบหา** **ค่าแรงอัดสามแกน** **(Triaxial Test)**	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		ผู้รับรอง	

หมายเลขตัวอย่างดิน	**ปริมาณความชื้น %**		หน่วยแรงระนาบรอง $\overline{\sigma}_3$ (KSC.)	หน่วยแรงระนาบหลัก $\overline{\sigma}_1$ (KSC.)
	ก่อนการทดสอบ	หลังการทดสอบ		
แรงยึดเกาะ (C) ..... (KSC.)			**มุมเสียดทานภายใน (ϕ) .....**	

มถ.(ท) 305-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าการอัดตัวคายน้ำ
(Consolidation Test)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาค่าคุณสมบัติในการยุบอัดตัวของดิน (Compressibility) อันเนื่องมาจากการกดทับของมวลดินเองหรือน้ำหนักบรรทุกของสิ่งก่อสร้างบนผิวดิน ซึ่งอาจ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1.1 การยุบตัวเนื่องจากคุณสมบัติยืดหยุ่นของดิน (Elastic Deformation) ซึ่งจะเกิดจากความสามารถยืดหยุ่นของดิน ปกติมักเกิดทันทีที่มีน้ำหนักกระทำโดยมีปริมาณไม่มากนัก

1.2 การยุบอัดตัวเนื่องจากอัดตัวคายน้ำ (Primary Consolidation) ซึ่งจะเกิดจากการอัดตัวคายน้ำของมวลดินเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกมากระทำ

1.3 การยุบอัดตัวเนื่องจากคุณสมบัติพลาสติกของดิน (Secondary Consoildation) ซึ่งจะเกิดจากการจัดเรียงตัวของเม็ดดิน ภายหลังการเกิดการยุบอัดตัวของดินแล้ว

ในการทดสอบนี้จะมุ่งที่จะหาคุณสมบัติการยุบอัดตัวของดินช่วงการยุบอัดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ เป็นส่วนใหญ่และเป็นการยุบตัวแบบ 1 มิติ (One Dimension)

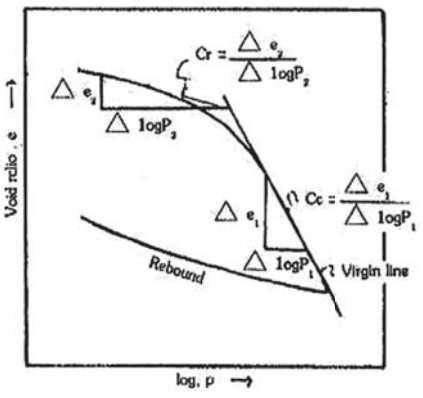
2. นิยาม

คุณสมบัติในการยุบอัดตัวของชั้นดินสามารถแสดงได้หลายรูปแบบ โดยทั่วไปที่นิยมใช้มักแสดงในรูปของ

2.1 ดัชนีการยุบอัดตัว (Compression Index, Cc) และดัชนีการคืนตัว (Recompression Index, Cr)

Cc คือค่าความเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนช่องว่างของดิน (Void Ratio, e) ต่อค่าความเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรงในแนวดิ่งในเส้นตรง (Virgin Line) ในกราฟลอการิทึม

Cr คือค่าความเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนช่องว่างของดินต่อค่าความเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรงทางดิ่งในช่วง ก่อนถึงเส้นตรง (Virgin Line) หรือช่วงลดน้ำหนักบรรทุก (Rebound) ในกราฟลอการิทึม ค่า Cc และ Cr ได้จากผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ ดังรูปที่ 1



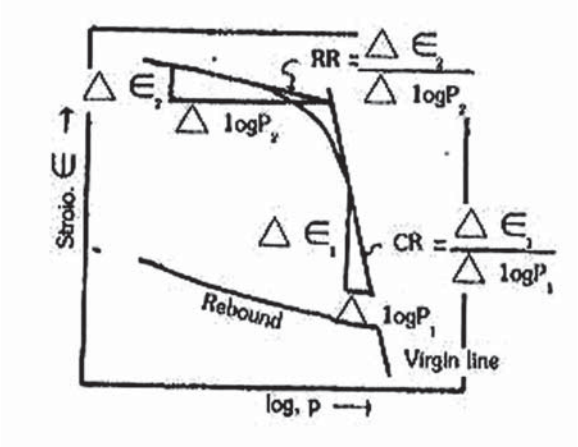
รูปที่ 1

2.2 อัตราส่วนการยุบอัดตัว (Compression Ratio, CR) และอัตราส่วนการคืนตัว (Recompression Ratio,RR)

CR คือค่าความเปลี่ยนแปลงของความเครียด (Strain, $\in$) ต่อค่าความเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรงทางดิ่งในดิน ในเส้นตรง (Virgin Line) ในกราฟลอการิทึม ซึ่งมีค่าเท่ากับ $Cr / (1+e_o)$

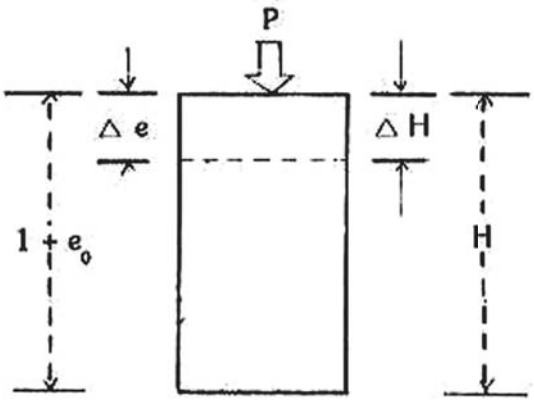
RR คือค่าความเปลี่ยนแปลงของความเครียดต่อค่าความเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรงทางดิ่งในดิน ในช่วงก่อนถึงเส้นตรง (Virgin Line) ในกราฟลอการิทึม ซึ่งมีค่าเท่ากับ $Cr / (1+e_o)$

ค่า CR และ RR ได้จากผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ ดังในรูปที่ 2



รูปที่ 2

2.3 การทรุดตัว (Settlement) ในการทดสอบการอัดตัวคายน้ำนี้เป็นลักษณะการทรุดตัวชนิด 1 มิติ ดังนั้น จากรูปที่ 3



รูปที่ 3

$\Delta H/H = \Delta e/(1+e_o)$

แต่ $\Delta H/H$ = ความเครียดตามแนวแกน = $\in$ .....สมการที่ 1

การทรุดตัวของดินทำได้โดยใช้สมการ

$\int = \in .H$ ..... สมการที่ 2

เมื่อ $\in$ = ความเครียดตามแนวแกน

H = ความสูงของชั้นดินที่ยุบตัว

$\int$ = ระยะการทรุดตัว

จากสมการที่ 1 และ 2 จะได้ $\int = [\Delta e/(1+e_o)] * H$ .....สมการที่ 3

จากรูปที่ 1 จะได้ $Cc = \Delta e / (\Delta \log P)$

แทนในสมการที่ 3 จะได้ $\int = Cc/(1+e_o)(\Delta \log P) * H$

$= CR (\Delta \log P) * H$

จะเห็นได้ว่าการแสดงคุณสมบัติในการยุบตัวของชั้นดินในรูปของ CR และ RR จะสะดวกกว่าใน รูปของ Cr และ Cc เพราะไม่จำเป็นต้องทราบค่า e_o ของดิน

3. วิธีทำ

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

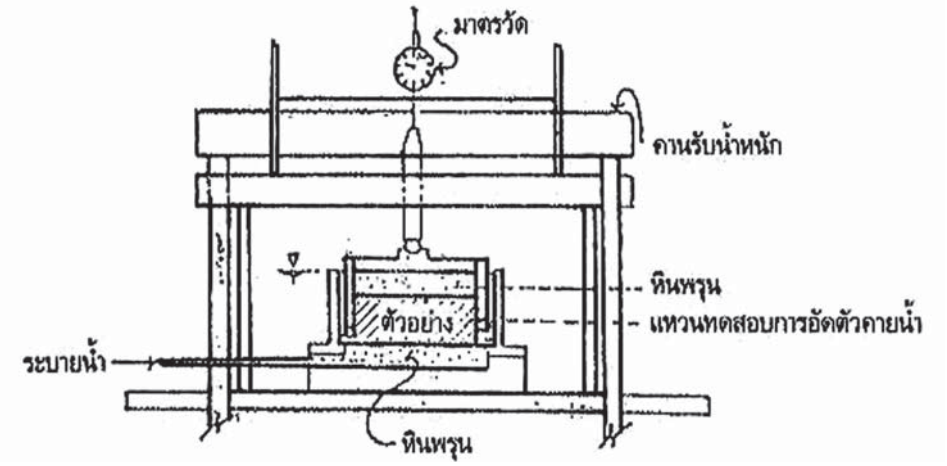
3.1.1 เครื่องทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidometer) ดังแสดงในรูปที่ 4

3.1.2 มาตรวัด (Dial Gauge) สามารถใช้วัดได้ละเอียดถึง 0.01 มม. หรือ 0.001 นิ้ว

3.1.3 แหวนตัดตัวอย่างดิน (Trimmer) เป็นเครื่องมือในการตัดแต่งตัวอย่างดิน เพื่อเตรียมตัวอย่างไปประกอบกับวงแหวนทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Ring) มีลักษณะเป็นวงแหวนสูงประมาณ 1 นิ้ว มีขอบบางด้านหนึ่งจะคมสำหรับกดบนตัวอย่างดิน

3.1.4 นาฬิกาจับเวลา สามารถจับเวลาได้เป็นวินาที

3.1.5 เครื่องมือเบ็ดเตล็ด กระป๋องใส่ตัวอย่างดินเพื่อหาปริมาณความชื้น, เครื่องมือตกแต่งตัวอย่างดิน,เครื่องมือดันตัวอย่างดินจากกระบอกบาง



รูปที่ 4

3.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบ จะต้องเตรียมตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง เป็นอย่างน้อย

ตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบการอัดตัวคายน้ำนี้เป็นตัวอย่างคงสภาพ (Undisturbed) ที่ได้มาจากการเก็บตัวอย่างโดยใช้กระบอกบาง (Thinwall Tube) นำมาดันตัวอย่างดินออกโดยใช้เครื่องมือดัน โดยใช้มอเตอร์, น้ำมัน

นำแหวนตัดตัวอย่างดิน (Specimen Trimmer) ที่ได้วัดสัดส่วนและน้ำหนักเรียบร้อยแล้วนำมากดบนตัวอย่างดิน โดยใช้แรงกดสม่ำเสมอ ทำการตัดและตกแต่งให้ผิวเรียบทั้ง 2 ด้าน นำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาความหนาแน่น

จากนั้นนำแหวนตัดตัวอย่างดิน ไปประกอบเข้ากับเครื่องทดสอบการอัดตัวคายน้ำ ใส่ในวงแหวนทดสอบการอัดตัวคายน้ำ ซึ่งมีหินพรุน (Porous Stone) ประกอบทั้งข้างบนและล่าง ส่วนดินที่เหลือจากการตัดแต่งให้นำไปหาปริมาณความชื้น ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นก่อนการทดสอบ

จัดคานรับน้ำหนัก (Loading Bar) ให้พร้อมที่จะใส่น้ำหนัก จัดมาตรวัดสำหรับวัดการทรุดตัวในแนวดิ่งในตำแหน่งศูนย์ เติมน้ำหล่อในเครื่องทดสอบการอัดตัวคายน้ำ ให้ระดับน้ำอยู่เหนือระดับดินตัวอย่างตลอดเวลา

3.3 แบบฟอร์ม

ให้บันทึกผลการทดสอบในแบบฟอร์ม บฟ. มถ.(ท) 305.1-2550, 305.2-2550, 305.3-2550, 305.4-2550 และ 305.5-2550 มาตรฐานการทดสอบหาค่าการอัดตัวคายน้ำ

3.4 การทดสอบ

ทำการประมาณค่าแรงดันของดิน ซึ่งเกิดจากดินที่อยู่เหนือจุดที่ต้องการพิจารณา (Overburden Pressure) โดยสามารถหาได้จากข้อมูลของชั้นดิน และน้ำ ประมาณช่วงหน่วยแรงที่จะใช้ เช่น ค่าแรงดันของดิน 1.2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ช่วงหน่วยแรงในการทดสอบ 0.25 ถึง 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยจะเริ่มใส่หน่วยแรงที่ต่ำกว่าค่าแรงดันของดิน เมื่อเริ่มใส่น้ำหนักครั้งแรก, พร้อมทั้งจับเวลา โดยทำการบันทึกผลการทรุดตัวจากมาตรวัด ที่ 0.25, 1, 2, 4, 8, 15, 30 นาที และ 1, 2, 4, 24 ชั่วโมง นับจากเริ่มต้นเมื่อทำการบันทึกถึง 24 ชั่วโมงแล้ว จึงทำการเพิ่มน้ำหนักเพื่อให้หน่วยแรงเพิ่มขึ้นโดยค่าหน่วยแรงใหม่เป็นหนึ่งเท่าของหน่วยแรงเดิม เช่นเพิ่มหน่วยแรงจาก 0.25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็น 0.50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นต้น ทำเช่นนี้จนครบช่วงน้ำหนักที่ต้องการ แต่ละครั้งที่ขึ้นน้ำหนักใหม่ก็เริ่มจับเวลาใหม่จนครบ 24 ชั่วโมง

เมื่อครบช่วงน้ำหนักที่ต้องการแล้ว เพื่อต้องการหาค่า Cr หรือ RR จากการลดน้ำหนักบรรทุก (Rebound Load) โดยการบันทึกค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดครั้งสุดท้ายเอาไว้ นำน้ำหนักออกบางส่วน แล้วจึงทิ้งแช่ไว้ 24 ชั่วโมง จึงบันทึกค่าการคืนตัวจากมาตรวัดระยะในแนวดิ่ง นำตัวอย่างหรือส่วนของตัวอย่างที่ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำไปชั่งน้ำหนักหาปริมาณความชื้นสุดท้าย

4. การคำนวณ

4.1 การคำนวณหาค่าอัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio)

4.1.1 อัตราส่วนช่องว่างเดิม (Initial Void Ratio, e_O) เมื่อเริ่มทำการทดสอบหาได้จาก

$$e_O = (H_T - H_S)/ H_S$$

เมื่อ H_T = ความสูงของตัวอย่างดิน

H_S = ความสูงของเนื้อดินจริง

$$= Wi /[(1+wi).G. y_w. A]$$

Wi = น้ำหนักของตัวอย่างเมื่อตอนเริ่มต้น

wi = ค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยเริ่มแรก

G = ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน

y_w = ความหนาแน่นของน้ำ

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน

4.1.2 อัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio, e) ภายหลังจากเพิ่มน้ำหนักใด ๆ

$$e_1 = e_O - [\sum(\Delta V) / H_S]$$

เมื่อ $\sum(\Delta V)$ = ผลรวมของการทรุดตัวจากเริ่มต้นการทดสอบ

4.2 การคำนวณ Cc, Cr, CR และ RR

4.2.1 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง e_I และ P ลงบนกราฟลอการิทึม

Cc = ความเอียงลาด ในช่วงเส้นตรง

จากรูปที่ 1 $Cc = \Delta e_1 / \Delta \log P_1$

Cr = ความเอียงลาด ในช่วงก่อนถึงเส้นตรง หรือความเอียงลาดในช่วงการลดน้ำหนักกระทำ (Rebound Load)

จากรูปที่ 1 $Cr = \Delta e_2 / \Delta \log P_2$

4.2.2 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด (Strain) กับหน่วยแรง (Stress) บนกราฟลอการิทึม

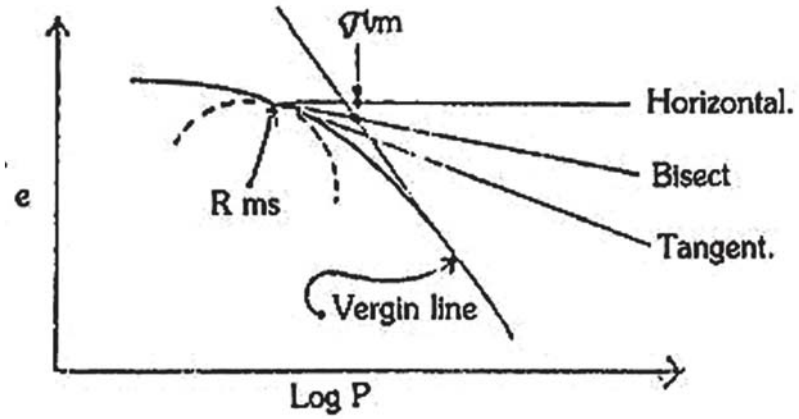
CR = ความเอียงลาด ในช่วงเส้นตรง

จากรูปที่ 2 CR = $\Delta\in_1 / \Delta \log P_1$

RR = ความเอียงลาด ในช่วงก่อนถึงเส้นตรง หรือความเอียงลาดในช่วงการลดน้ำหนักกระทำ ((Rebound Load)

จากรูปที่ 2 RR = $\Delta\in_2 / \Delta \log P_2$

4.3 การคำนวณแรงดันสูงสุดที่ตัวอย่างดินเคยได้รับมาในอดีต (Maximum Past Pressure, σ_{vm}) ซึ่งจะหาได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนช่องว่างและน้ำหนักกระทำ จากรูปที่ 5



รูปที่ 5

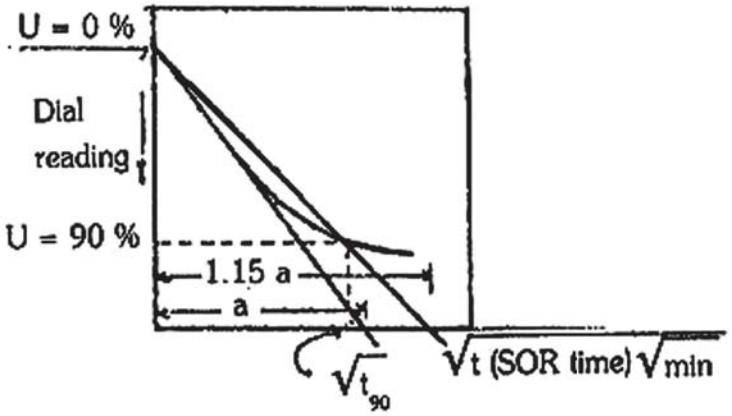
4.3.1 หาจุดเปลี่ยนโค้งที่มีรัศมีน้อยที่สุดลากเส้นสัมผัส (Tangent) กับจุดรัศมีน้อยที่สุดลากเส้นแนวราบจากจุดรัศมีน้อยที่สุด

4.3.2 แบ่งครึ่งมุมที่เกิดจากเส้นแนวราบและเส้นสัมผัส

4.3.3 ลากเส้นตรง (Virgin Line) ตัดกับเส้นแบ่งครึ่งมุม

4.3.4 จุดตัดนั้นจะเป็นความดันสูงสุดที่ตัวอย่างดินเคยได้รับมาในอดีต (Maximum Past Pressure)

4.4 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของการอัดตัวคายน้ำ (Coefficient of Consolidation, Cv) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านได้จากมาตรวัด (Dial Reading) และ $\sqrt{t}$ ช่วงแรกของการทรุดตัวจะเป็นเส้นตรง แล้วค่อยเอียงลาดลง ดังในรูปที่ 6



รูปที่ 6

4.4.1 ลากเส้นตรงตัดกับแกน $\sqrt{t}$ อ่านค่าได้ a และตัดแกนของค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดเป็นจุดที่ร้อยละ O ของการอัดตัวคายน้ำ

4.4.2 จากจุดตัดบนแกน $\sqrt{t}$ ค่า a ให้ขยายออกอีก 1.15 a ลากเส้นเชื่อมกับจุดร้อยละ O ของการอัดตัวคายน้ำ

4.4.3 ตัดเส้นของการทดสอบที่โค้งเข้ามาจุดตัดคือจุดที่ร้อยละ 90 ของการอัดตัวคายน้ำ

4.4.4 สามารถหาค่า $\sqrt{t_{90}}$ ได้

จากทฤษฎีของเทอร์ซากิ $Cv = T_{90} - H^2 / t_{90}$

เมื่อ T = ค่าแฟคเตอร์ในการปรับแก้เวลา (Time Factor) ซึ่งขึ้นอยู่กับร้อยละของการเกิดการอัดตัวคายน้ำ และลักษณะของแรงดันน้ำที่มีอยู่เดิม (Initial Excess Pore Pressure) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

T_{90} % = 0.848

t = เวลาในการเกิดร้อยละของการอัดตัวคายน้ำในช่วงต่าง ๆ หามาจากวิธีของเทย์เลอร์ (Taylor)

H = ระยะการไหลของน้ำในตัวอย่างดิน
- ระบายน้ำด้านเดียว (One Drainage Path).

H = ความสูงของตัวอย่าง
- ระบายน้ำ 2 ด้าน (Two Drainage Path).

H = ความสูงของตัวอย่าง / 2

5. **รายงานผลการทดสอบ**

5.1 ปริมาณความชื้นก่อนและหลังการทดสอบ, ความหนาแน่นของตัวอย่างดิน

5.2 กราฟสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio) กับหน่วยแรง P ในกราฟลอการิทึม หรือกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับหน่วยแรง P ในกราฟลอการิทึมค่าดัชนีการยุบอัดตัว (Compression Index, Cc) และดัชนีการคืนตัว (Recompression Index, Cr) หรือค่าอัตราส่วนการยุบอัดตัว (Compression Ratio, CR) และอัตราส่วนการคืนตัว (Recompression Ratio, RR)

5.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของการอัดตัวคายน้ำ (Coefficient of Consolidation,Cv) กับหน่วยแรง P ในกราฟลอการิทึม

5.4 ให้หมายเหตุในกรณีที่การทดสอบมีลักษณะผิดปกติ หรือแนบรายละเอียดอื่น ๆ ที่คิดว่ามีความจำเป็นต้องใช้ในการอธิบายผลการทดสอบ

6. **ข้อควรระวัง**

6.1 การเตรียมตัวอย่างดินโดยใช้วงแหวนตัดตัวอย่างดิน (Trimmer) กดต้องระมัดระวังให้เกิดการรบกวนน้อยที่สุด และต้องไม่มีช่องว่างระหว่างตัวอย่างดินและวงแหวนตัดตัวอย่างดิน ตัวอย่างดินที่เตรียมเสร็จแล้ว ต้องปาดหน้าให้เรียบ ทั้ง 2 ด้าน

6.2 ก่อนวางตัวอย่างดินบนหินพรุน (Porous Stone) ต้องมีกระดาษกรองปิดก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้ดินอุดรูของหินพรุน

6.3 ต้องระวังมิให้น้ำในเครื่องทดสอบการอัดตัวคายน้ำ แห้งโดยคอยดูและเติมให้ท่วมตัวอย่างดินอยู่ตลอดเวลา

7. **หนังสืออ้างอิง**

THE AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS : ASTM D 2435-90

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ความลึก..... ตัวอย่างดิน..... หมายเลขหลุมเจาะ..... หมายเลขตัวอย่าง..... หมายเลขการทดสอบ..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 305.1-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **มาตรฐานการทดสอบหา ค่าการอัดตัวคายน้ำ (Cosolidation Test)**	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		ผู้รับรอง	

วันที่	เวลาในช่วงการทดสอบ	เวลา (นาที)	รากที่สองของเวลา	ค่าจากมาตรวัด (10^4 นิ้ว)	หมายเหตุ

โครงการ..... **สถานที่ก่อสร้าง.....** **ความลึก.....** **ตัวอย่างดิน.....** **หมายเลขหลุมเจาะ.....** **หมายเลขตัวอย่าง.....** **หมายเลขการทดสอบ.....** **ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....**	**บฟ. มถ.(ท) 305.2-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **มาตรฐานการทดสอบหาค่าการอัดตัวคายน้ำ** (Consolidation Test)	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		ผู้รับรอง	

โครงการ..... **สถานที่ก่อสร้าง**..... **ความลึก**..... **ตัวอย่างดิน**..... **หมายเลขหลุมเจาะ**..... **หมายเลขตัวอย่าง**..... **หมายเลขการทดสอบ**..... **ทดสอบวันที่**.....**แผ่นที่**.....	**บฟ. มถ.(ท) 305.3-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **มาตรฐานการทดสอบหา ค่าการอัดตัวคายน้ำ** (Consolidation Test)	**ทะเบียนทดสอบ**..... **ผู้ทดสอบ** **ผู้ตรวจสอบ** **ผู้รับรอง**

ความสูงเดิมของตัวอย่าง.....พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง.....
ปริมาตรเดิมของตัวอย่าง.....น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง.....
ค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่าง.....ความสูงของตัวอย่าง.....

	ก่อนการทดสอบ			**หลังการทดสอบ**		
หมายเลขกระป๋องใส่ตัวอย่าง						
น้ำหนักกระป๋องใส่ตัวอย่าง ก.						
น้ำหนักกระป๋อง + น้ำหนักดินเปียก ก.						
น้ำหนักกระป๋อง + น้ำหนักดินแห้ง ก.						
น้ำหนักน้ำ ก.						
น้ำหนักดินแห้ง ก.						
ปริมาณความชื้น %						
อัตราส่วนช่องว่าง						
ความอิ่มตัว %						

หมายเหตุ :

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ความลึก..... ตัวอย่างดิน..... หมายเลขหลุมเจาะ..... หมายเลขตัวอย่าง..... หมายเลขการทดสอบ..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 305.4-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **มาตรฐานการทดสอบหา ค่าการอัดตัวคายน้ำ** (Consolidation Test)	**ทะเบียนทดสอบ.....** **ผู้ทดสอบ** **ผู้ตรวจสอบ** **ผู้รับรอง**

น้ำหนัก (กก.)	แรงดัน (กก./ตร.ซม.)	ค่าจากมาตรวัด (10^4 นิ้ว)	ความสูงที่เปลี่ยนไป (ซม.)	อัตราส่วนช่องว่าง	เวลาในการอัดตัวคายน้ำ 90% /50% (นาที)	ค่าสัมประสิทธิ์ของการอัดตัวคายน้ำ Cv(ตร.ซม./วินาที)

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ความลึก..... ตัวอย่างดิน..... หมายเลขหลุมเจาะ..... หมายเลขตัวอย่าง..... หมายเลขการทดสอบ..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ. มถ.(ท) 305.5-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **มาตรฐานการทดสอบหา ค่าการอัดตัวคายน้ำ** (Consolidation Test)	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		ผู้รับรอง	

	Elapsed Time, Min
Settlement Reading	



หมวดงานทดสอบงานทาง (2)



มถ.(ท) 501-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความแน่นแบบมาตรฐาน
(Standard Compaction Test)

1. **ขอบข่าย**

วิธีการทดสอบนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของดิน กับปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัดในแบบที่กำหนดขนาดไว้ด้วยตุ้มเหล็กหนัก 2.5 กก. (5.5 ปอนด์) ระยะปล่อยตุ้มตกกระทบสูง 305 มม. (12 นิ้ว)

วิธีทดสอบ มี 4 วิธี ต่าง ๆ กันดังนี้

วิธี ก. ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม. (4 นิ้ว) และดินที่ร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ตามวิธีพร๊อกเตอร์แบบมาตรฐาน (Standard Proctor)

วิธี ข. ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) และดินที่ร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ตามวิธีแอสโต ที 99 (AASHTO T 99)

วิธี ค. ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม. (4 นิ้ว) และดินที่ร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ตามวิธีพร๊อกเตอร์แบบมาตรฐาน (Standard Proctor)

วิธี ง. ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) และดินที่ร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ตามวิธีแอสโต ที 99 (AASHTO T 99)

การใช้วิธีทดสอบวิธีใด ให้เป็นไปตามรายการที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง ถ้าไม่ได้ระบุวิธีการทดสอบให้ใช้วิธี ก.

2. **วิธีทำ**

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

2.1.1 แบบ (Mold) ทำด้วยโลหะมีลักษณะทรงกระบอกกลวง ผนังแข็งแรงมี 2 ขนาด มีปลอกที่สามารถถอดได้สูง 60 มม. (2 3/8 นิ้ว) เพื่อให้สามารถบดอัดดินให้สูงกว่าระดับแบบและมีปริมาตรตามต้องการ แบบและปลอกต้องยึดกันได้อย่างมั่นคงกับฐานแบบซึ่งสามารถถอดได้ ทำด้วยวัสดุชนิดเดียวกัน ดูรูปที่ 1 และ 2

2.1.1.1 แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม. (4 นิ้ว) สูง 116.43$\pm$0.127 มม. (4.584$\pm$0.005 นิ้ว) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในแบบ 101.6$\pm$0.406 มม. (4.000$\pm$0.016 นิ้ว) โดยมีขนาดความจุ 0.000943$\pm$0.000008 ลบ.ม. (0.0333$\pm$0.0003 ลบ.ฟ.) และมีปลอกขนาดเดียวกันสูง 60 มม. (2 3/8 นิ้ว)

2.1.1.2 แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) สูง 116.43±0.127 มม. (4.584±0.005 นิ้ว) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในแบบ 152.4±0.6604 มม. (6.000±0.026 นิ้ว) โดยมีขนาดความจุ 0.002124±0.000021 ลบ.ม. (0.07500±0.00075 ลบ.ฟ.) และมีปลอกขนาดเดียวกันสูง 60 มม. (2 3/8 นิ้ว)

2.1.2 ตุ้ม (Rammer) ทำด้วยโลหะทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8±0.127 มม. (2.000±0.005 นิ้ว) น้ำหนักรวมทั้งด้ามถือ 2.495±0.009 กก. (5.50±0.02 ปอนด์) มีปลอกบังคับให้ยกได้สูง 304.8±1.524 มม. (12.000±0.06 นิ้ว) เหนือระดับดินที่บดอัดโดยตุ้มตกลงกระทบได้อย่างอิสระ ปลอกบังคับต้องมีรูระบายอากาศอย่างน้อย 4 รู มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9.5 มม. (3/8 นิ้ว) ทำมุมกัน 90 องศา และห่างจากปลายปลอกทั้งสองข้างประมาณ 19 มม. (3/4 นิ้ว)

2.1.3 เครื่องดันตัวอย่างออกจากแบบ (Sample Extruder) ประกอบด้วยแม่แรง (Jack) ก้านโยกแม่แรง โครงเหล็กจับแบบขณะดันตัวอย่างออกจากแบบ ใช้ดันตัวอย่างที่บดอัดในแบบแล้วออกจากแบบ หรืออาจใช้เครื่องมืออย่างอื่น ที่สามารถขุดแคะตัวอย่างดินออกจากแบบก็ได้

2.1.4 เครื่องชั่ง (Balance and Scale) สามารถชั่งน้ำหนักได้อย่างน้อย 11.5 กก. และอ่านละเอียดได้ถึง 5 กรัม 1 เครื่อง และสามารถชั่งน้ำหนักได้อย่างน้อย 1,000 กรัม อ่านละเอียดได้ถึง 0.01 กรัม อีก 1 เครื่อง

2.1.5 ตู้อบ (Oven) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ 110±5 องศาเซลเซียส (230±9 องศาฟาเรนไฮต์) สำหรับอบดินชื้นให้แห้ง

2.1.6 เหล็กปาดดิน (Straight Edge) ทำด้วยเหล็กชุบแข็ง มีขอบเรียบยาวไม่น้อยกว่า 254 มม. (10 นิ้ว) มีขอบที่ลบมุมด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งเรียบตรงตลอดความยาวของเหล็กปาดดิน โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 0.1 (0.01 นิ้วต่อความยาว 10 นิ้ว) ในช่วงที่ใช้ปาดแต่งผิวดินในแบบ

2.1.7 ตะแกรงร่อนดิน (Sieve) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 203 มม. (8 นิ้ว) สูง 50.8 มม. (2 นิ้ว) มี 2 ขนาด คือ 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) และ 4.75 มม. (เบอร์ 4)

2.1.8 เครื่องผสมดิน (Mixing Tool) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการคลุกผสมดินให้เข้ากัน ได้แก่ ถาดใส่ดิน ช้อนตักดิน พลั่ว เกรียง ถ้วยตวงวัดปริมาตรน้ำ เป็นต้น หรืออาจเป็นเครื่องผสมดินที่ทำงานด้วยเครื่องจักร ซึ่งสามารถคลุกเคล้าผสมตัวอย่างดินให้เข้ากับน้ำที่ผสมเพิ่มลงไปในตัวอย่างดินทีละน้อย ๆ ได้

2.1.9 ตลับบรรจุดิน (Container) ทำด้วยโลหะมีฝาปิดป้องกันความชื้นระเหยออกไปก่อนชั่งน้ำหนัก หรือระหว่างการชั่งน้ำหนักเพื่อหาความชื้นในดิน

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

2.2.1 ถ้าตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบชื้นให้ผึ่งให้แห้งจนสามารถใช้เกรียงบดให้ร่วนได้ หรือใช้ตู้อบ อบดินให้แห้งก็ได้แต่ต้องใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส (140 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วบดให้เม็ดดินหลุดออกจากกัน โดยไม่ทำให้เม็ดดินแตก

2.2.2 ในกรณีที่ขนาดของตัวอย่างเม็ดใหญ่ที่สุดโตกว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ให้ใช้ตะแกรงขนาด 19.0 มม.(3/4 นิ้ว) ร่อนเอาดินที่ค้างบนตะแกรงนี้ออก แล้วแทนด้วยดินที่ร่อนผ่านตะแกรงนี้แล้วค้างบนตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) จำนวนน้ำหนักเท่ากันใส่ลงแทนแล้วคลุกเคล้ากันให้ทั่วทำการแบ่งสี่ (Quartering) หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter)

2.2.3 การเตรียมตัวอย่างต้องเตรียมให้พอทดสอบได้ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง ต่อ 1 ตัวอย่าง

2.2.4 ในกรณีที่ขนาดของตัวอย่างเม็ดใหญ่ที่สุดไม่โตกว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ให้แบ่งตัวอย่างตาม วิธีในข้อ 2.2.2

2.2.5 ในกรณีที่จะทำการทดสอบตามวิธี ค. หรือ ง. ให้ใช้ตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) เท่านั้น ส่วนที่ค้างบนตะแกรงนี้ให้ทิ้งไป

ให้เตรียมตัวอย่างหนักประมาณ 6,000 กรัม สำหรับการทดสอบวิธี ข. และ ง. ต่อการทดสอบ

2.3 แบบฟอร์ม ให้ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 501.1-2550 : การทดสอบความแน่นแบบมาตรฐาน

2.4 การทดสอบ

2.4.1 การทดสอบวิธี ก.

2.4.1.1 นำดินตัวอย่างมาพรมน้ำให้ทั่วเพื่อให้ดินชื้น โดยเมื่อคลุกผสมกันแล้วจะมีความชื้นต่ำกว่าปริมาณความชื้นที่ให้ความแน่นสูงสุด (Optimum Moisture Content: OMC) ร้อยละ 4

2.4.1.2 ใส่ดินที่ผสมน้ำแล้ว ลงในแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม. (4 นิ้ว) ซึ่งมีปลอก (Collar) สวมอยู่เรียบร้อยแล้ว โดยประมาณว่าเมื่อบดอัดแล้วจะเหลือดินสูง 1/3 ของความสูงของแบบ แล้วบดอัดโดยตุ้มยกสูง 305 มม. (12 นิ้ว) จำนวน 25 ครั้ง ให้ทั่วผิวของดินในแบบ

2.4.1.3 ทำตามวิธีในข้อ 2.4.1.2 ซ้ำอีก 2 ครั้ง จนดินที่ถูกบดอัดแน่นในแบบมีความสูงกว่าแบบประมาณ 10 มม.

2.4.1.4 ถอดปลอกออก ใช้เหล็กปาดดินปาดแต่งหน้าดินในแบบให้เรียบเท่ากับระดับขอบบนของแบบ ถ้าดินก้อนใหญ่หลุดออกให้เติมดินตัวอย่างลงไปแทนแล้วบดให้แน่นพอควร แต่งจนเรียบแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก เมื่อหักน้ำหนักของแบบออกจะได้น้ำหนักของดินชื้น ต้องอ่านเครื่องชั่งละเอียดถึง 5 กรัม

2.4.1.5 แกะดินออกจากแบบแล้วผ่าตามแนวตั้ง ผ่านจุดศูนย์กลางของแท่งตัวอย่างดิน เก็บดินจากที่ผ่าประมาณ 300 กรัม ใส่ตลับบรรจุดินชั่งน้ำหนักทันที อ่านละเอียดถึง 0.01 กรัม

2.4.1.6 นำดินในตลับบรรจุดินไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส(230±9 องศาฟาเรนไฮต์) อย่างน้อย 12 ชั่วโมง แล้วชั่งหาน้ำหนักอ่านละเอียดถึง 0.01 กรัม

2.4.1.7 บดดินตัวอย่างที่แกะออกจากแบบที่เหลือให้ร่วน แล้วคลุกผสมกับดินในตอนแรกให้เข้ากัน พรมน้ำให้ความชื้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ถึง 2

2.4.1.8 ดำเนินการตามข้อ 2.4.1.2 ถึง 2.4.1.7 โดยเพิ่มน้ำทุกครั้งจนกว่าน้ำหนักดินที่บดอัดในแบบลดลง หรือไม่เปลี่ยนแปลง หรืออาจลดน้ำที่ผสมลงเมื่อพบว่าการเพิ่มน้ำแล้วน้ำหนักดินที่บดอัดในแบบลดลง

2.4.2 การทดสอบวิธี ข. ดำเนินวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับวิธี ก. แต่ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) บดอัด 3 ชั้นๆ ละ 56 ครั้ง

2.4.3 การทดสอบวิธี ค. ดำเนินวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับวิธี ก. แต่ใช้ตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) บดอัด 3 ชั้นๆ ละ 25 ครั้ง

2.4.4 การทดสอบวิธี ง. ดำเนินวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับวิธี ค. แต่ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) บดอัด 3 ชั้นๆ ละ 56 ครั้ง

3. การคำนวณ

3.1 คำนวณหาค่าความชื้นในดินเป็นร้อยละ

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

เมื่อ W = ความชื้นในดินเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับน้ำหนักดินอบแห้ง

W_1 = น้ำหนักของดินชื้น หน่วยเป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของดินอบแห้ง หน่วยเป็นกรัม

3.2 คำนวณหาค่าความแน่นชื้น (Wet Density)

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

เมื่อ γ_w = ความแน่นชื้นของดิน หน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

A = น้ำหนักดินชื้นที่บดอัดในแบบ หน่วยเป็นกรัม

V = ปริมาตรของแบบ ซึ่งเท่ากับปริมาตรของดินชื้นที่บดอัดในแบบหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

3.3 คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{1 + \frac{W}{100}}$$

เมื่อ γ_d = ความแน่นแห้งของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
γ_w = ความแน่นชื้นของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
W = ความชื้นในดินเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับน้ำหนักดินอบแห้ง

4. การรายงาน

4.1 นำค่าความชื้นในดิน (W) และค่าความแน่นแห้งของดิน (γ_d) ในแต่ละครั้งของการทดสอบมากำหนดจุดลงในกระดาษกราฟ โดยให้ค่าความชื้นในดินอยู่ในแกนนอนและค่าความแน่นแห้งของดินอยู่ในแกนตั้ง

4.2 เขียนเส้นกราฟให้ผ่านจุดที่กำหนดไว้ หรือใกล้เคียงให้มากที่สุด จะได้เส้นกราฟลักษณะเป็นเส้นโค้งรูประฆังคว่ำ (Parabola Curve) จุดสูงที่สุดของเส้นโค้ง คือค่าความแน่นแห้งสูงสุดของดินนั้น ตามกรรมวิธีบดอัดที่ใช้ทดสอบนี้

4.3 ให้รายงานค่าความแน่นแห้งสูงสุด หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และค่าความชื้นที่ทำให้ดินบดอัดได้แน่นสูงสุด เป็นร้อยละ

5. ข้อควรระวัง

5.1 การประมาณปริมาตรน้ำที่ใช้ผสมดินที่เกาะติดเป็นก้อน (Cohesive Soil) ควรเผื่อให้ต่ำและสูงกว่าจำนวนน้ำที่ทำให้ได้ค่าความชื้นที่ทำให้ดินบดอัดได้แน่นสูงสุด (OMC) ดินพวกดินทราย (Cohesionless Soil) ควรผสมน้ำตั้งแต่น้อยที่สุด คือ เริ่มจากดินผึ่งแห้งจนกระทั่งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

5.2 ในการบดอัดดินให้วางแบบบนพื้นที่มั่นคงแข็งแรง ราบเรียบ ขณะทำการบดอัดแบบต้องไม่กระดอนไปมา

5.3 ควรเตรียมตัวอย่างให้เพียงพอ โดยให้มีตัวอย่างทดสอบทางด้านแห้งกว่า (Dry Side) ความชื้นที่ทำให้ดินบดอัดได้แน่นสูงสุด ไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง และให้มีตัวอย่างทดสอบพอทดสอบทางด้านชื้นกว่า (Wet Side) ความชื้นที่ทำให้ดินบดอัดได้แน่นสูงสุด 1 ตัวอย่าง

5.4 ดินชนิดที่มีปริมาณดินเหนียวมาก (Heavy Clay) หลังจากผึ่งให้แห้งแล้วให้บดด้วยค้อนยางหรือใช้เครื่องบด จนได้ตัวอย่างที่สามารถร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

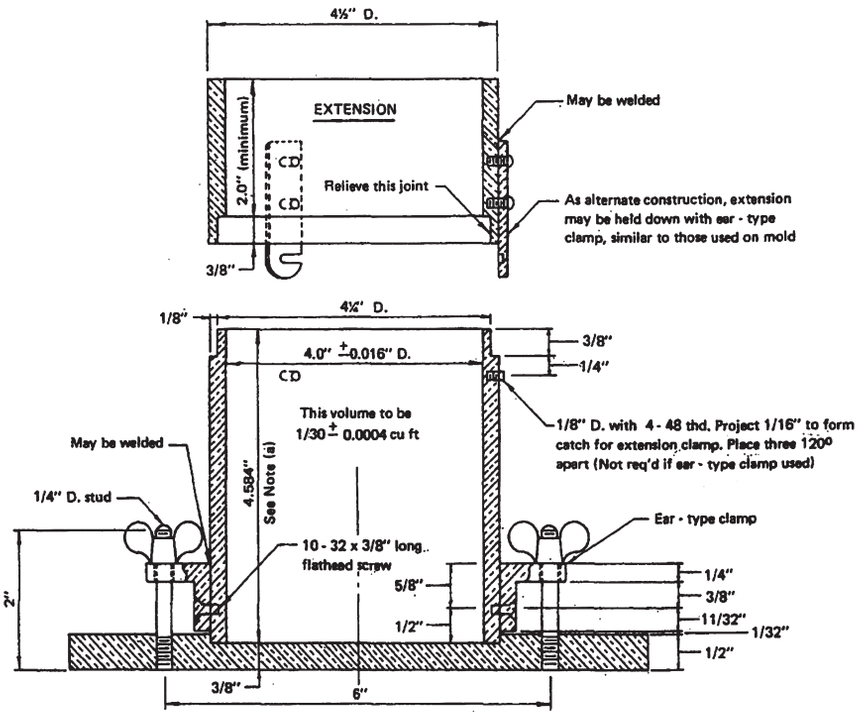
5.5 ปริมาตรของแบบ ให้ทำการวัดและคำนวณ เพื่อให้ได้ปริมาตรที่แท้จริงของแต่ละแบบ ห้ามใช้ปริมาตรที่แสดงไว้ โดยประมาณในรูป

5.6 แบบที่ใช้งานแล้ว ต้องคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 50 ของความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

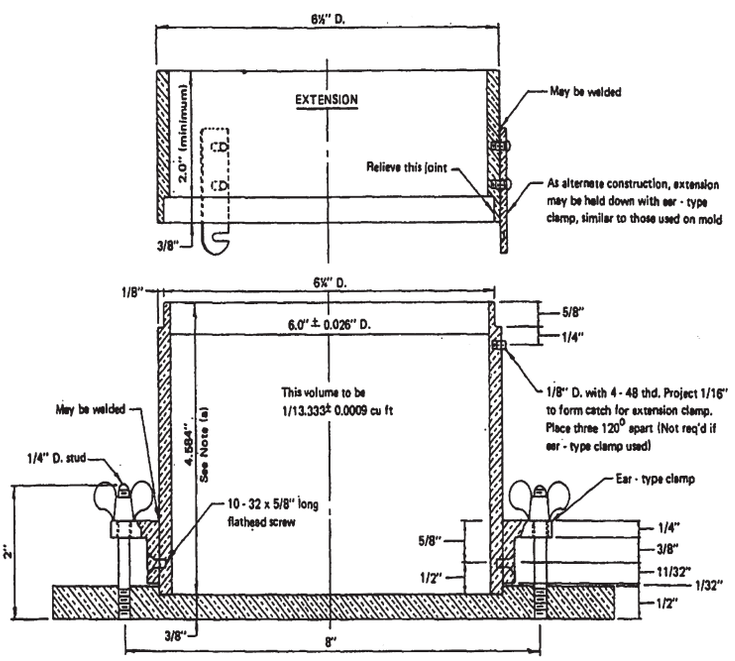
6. หนังสืออ้างอิง

6.1 เอกสารวิธีการทดสอบ Compaction Test แบบมาตรฐาน กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

6.2 STANDARD METHOD OF TEST FOR THE MOISTURE-DENSITY RELATIONS OF SOIL USING A 5.5 lb = (2.5 kg) RAMMER AND A 12 - in. (305 mm.) DROP ; AASHTO DESIGNATION : T 99-74



รูปที่ 1 แบบ (Mold) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว



รูปที่ 2 แบบ (Mold) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ.มถ.(ท) 501-2550** (หน่วยที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบความแน่น แบบมาตรฐาน** **ปริมาตรแบบ**.....ซม.^{3} ☐ **Std. AASHTO** **น้ำหนักแบบ**.....กก. ☐ **Std. Proctor**	**ทะเบียนทดสอบ**..... **ผู้ทดสอบ** **ผู้ตรวจสอบ** **อนุมัติ**

ความแน่น						
ครั้งที่		1	2	3	4	5
น.น.แบบ + ดินที่ถูกบดอัด	(กรัม)					
น.น.แบบ	(กรัม)					
น.น.ดินที่ถูกบดอัด	(กรัม)					
ความแน่นชื้น	(กรัม/ซม.^{3})					
ความแน่นแห้ง	(กรัม/ซม.^{3})					
ปริมาณความชื้น						
ตลับบรรจุหมายเลข						
น.น.ตลับ + ดินชื้น	(กรัม)					
น.น.ตลับ + ดินอบแห้ง	(กรัม)					
น.น.น้ำ	(กรัม)					
น.น.ตลับ	(กรัม)					
น.น.ดินอบแห้ง	(กรัม)					
ความชื้นในดิน	(ร้อยละ)					

หมายเหตุ

ความแน่นแห้งสูงสุด (กรัม/ซม.^{3})
ความชื้นที่ความแน่นสูงสุด ..... (ร้อยละ)

ความแน่นแห้ง (กรัม/ซม.^{3})

ปริมาณความชื้นเป็นร้อยละ

โครงการ.....

.....

สถานที่ก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง.....

ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....

ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....

บฟ.มถ.(ท) 501-2550

(หน่วยที่ทำการทดสอบ)

การทดสอบความแน่น แบบมาตรฐาน

ปริมาตรแบบ.....ซม.^{3} ☐ Std. AASHTO

น้ำหนักแบบ.....กก. ☐ Std. Proctor

ทะเบียนทดสอบ.....

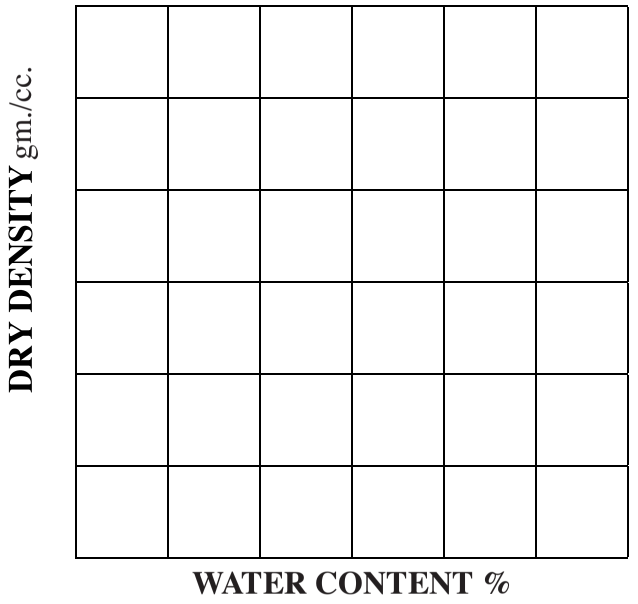
ผู้ทดสอบ	
ผู้ตรวจสอบ	
อนุมัติ	

DENSITY						
DETERMINATION No.		1	2	3	4	5
WT. MOLD+COMPACTED SOIL	gm.					
WT. MOLD	gm.					
WT. SOIL	gm.					
WET DENSITY	gm./cc.					
DRY DENSITY	gm./cc.					
WATER CONTENT						
CONTAINER No.						
WT. CONTAINER + WET SOIL	gm.					
WT. CONTAINER + DRY SOIL	gm.					
WT. WATER	gm.					
WT. CONTAINER	gm.					
WT. DRY SOIL	gm.					
WATER CONTENT	%					

REMARKS:

MAXIMUM DRY DENSITY = ... gm./cc.

OPT. MOISTURE CONTENT = ... %



มถ.(ท) 502-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน
(Modified Compaction Test)

1. ขอบข่าย

วิธีการทดสอบนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของดิน กับปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัดในแบบที่กำหนดขนาดไว้ด้วยตุ้มเหล็กหนัก 4.54 กก.(10 ปอนด์) ระยะปล่อยตุ้มตกกระทบสูง 457 มม. (18 นิ้ว)

วิธีทดสอบ มี 4 วิธี ดังนี้

วิธี ก. ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม. (4 นิ้ว) และดินที่ร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ตามวิธีพร๊อกเตอร์แบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor)

วิธี ข. ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) และดินที่ร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ตามวิธีแอสโต ที 180 (AASHTO T 180)

วิธี ค. ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม. (4 นิ้ว) และดินที่ร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ตามวิธีพร๊อกเตอร์แบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor)

วิธี ง. ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) และดินที่ร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ตามวิธีแอสโต ที 180 (AASHTO T 180)

การใช้วิธีทดสอบวิธีใดให้เป็นไปตามรายการที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง ถ้าไม่ได้ระบุวิธีการทดสอบให้ใช้วิธี ก.

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

2.1.1 แบบ (Mold) ทำด้วยโลหะมีลักษณะทรงกระบอกกลวง ผนังแข็งแรงมี 2 ขนาด มีปลอกที่สามารถถอดได้สูง 60 มม. (2 3/8 นิ้ว) เพื่อให้สามารถบดอัดดินให้สูงกว่าระดับแบบ และมีปริมาตรตามต้องการ แบบและปลอกต้องยึดกันได้อย่างมั่นคงกับฐานแบบซึ่งสามารถถอดได้ ทำด้วยวัสดุชนิดเดียวกัน ดูรูปที่ 1 และ 2

2.1.1.1 แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม.(4 นิ้ว) สูง 116.43$\pm$0.127 มม.(4.584$\pm$0.005 นิ้ว) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในแบบ 101.6$\pm$0.406 มม.(4.000$\pm$0.016 นิ้ว) โดยมีขนาดความจุ 0.000943$\pm$0.000008 ลบ.ม. (0.0333$\pm$0.0003 ลบ.ฟ.) และมีปลอกขนาดเดียวกันสูง 60 มม. (2 3/8 นิ้ว)

2.1.1.2 แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) สูง 116.43±0.127 มม.(4.584±0.005นิ้ว) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในแบบ 152.4±0.6604 มม.(6.000±0.026 นิ้ว) โดยมีความจุ 0.002124±(0.00002 ลบ.ม.(0.07500±0.00075 ลบ.ฟ.) และมีปลอกขนาดเดียวกันสูง 60 มม. (2 3/8 นิ้ว)

2.1.2 ตุ้ม (Rammer) ทำด้วยโลหะทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8±0.127 มม. (2.000±0.005 นิ้ว) น้ำหนักรวมทั้งด้ามถือ 2.5359±0.0081 กก. (10.00±0.02 ปอนด์) มีปลอกบังคับให้ยกได้สูง 457.2±1.524 มม. (18.00±0.06 นิ้ว) เหนือระดับดินที่บดอัดโดยตุ้มตกลงกระทบได้อย่างอิสระ ปลอกบังคับต้องมีรูระบายอากาศอย่างน้อย 4 รู มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9.5 มม. (3/8 นิ้ว) ทำมุมกัน 90 องศา และห่างจากปลายปลอกทั้งสองข้างประมาณ 19 มม. (3/4 นิ้ว)

2.1.3 เครื่องดันตัวอย่างออกจากแบบ (Sample Extruder) ประกอบด้วยแม่แรง (Jack) ก้านโยกแม่แรง โครงเหล็กจับแบบขณะดันตัวอย่างออกจากแบบ ใช้ดันตัวอย่างที่บดอัดในแบบแล้วออกจากแบบ หรืออาจใช้เครื่องมืออย่างอื่น ที่สามารถขุดแคะตัวอย่างดินออกจากแบบก็ได้

2.1.4 เครื่องชั่ง (Balance and Scale) สามารถชั่งน้ำหนักได้อย่างน้อย 11.5 กก. และอ่านละเอียดได้ถึง 5 กรัม 1 เครื่อง และสามารถชั่งน้ำหนักได้อย่างน้อย 1,000 กรัม อ่านละเอียดได้ถึง 0.01 กรัม อีก 1 เครื่อง

2.1.5 ตู้อบ (Oven) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ 110±5 องศาเซลเซียส (230±9 องศาฟาเรนไฮต์) สำหรับอบดินชื้นให้แห้ง

2.1.6 เหล็กปาดดิน (Straight Edge) ทำด้วยเหล็กชุบแข็ง (Hardened Steel) มีขอบเรียบยาวไม่น้อยกว่า 254 มม. (10 นิ้ว) มีขอบที่ลบมุมด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งเรียบตรงตลอดความยาวของเหล็กปาดดิน โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 0.1 (0.01 นิ้วต่อความยาว 10 นิ้ว) ในช่วงที่ใช้ปาดแต่งผิวดินในแบบ

2.1.7 ตะแกรงร่อนดิน (Sieve) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 203 มม. (8 นิ้ว) สูง 50.8 มม. (2 นิ้ว) มี 2 ขนาด คือ 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) และ 4.75 มม. (เบอร์ 4)

2.1.8 เครื่องผสมดิน (Mixing Tool) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการคลุกผสมดินให้เข้ากัน ได้แก่ ถาดใส่ดิน ช้อนตักดิน พลั่ว เกรียง ถ้วยตวงวัดปริมาตรน้ำ เป็นต้น หรืออาจเป็นเครื่องผสมดินที่ทำงานด้วยเครื่องจักร ซึ่งสามารถคลุกเคล้าผสมตัวอย่างดินให้เข้ากับน้ำที่ผสมเพิ่มลงไปในตัวอย่างดินทีละน้อย ๆ ได้

2.1.9 ตลับบรรจุดิน (Container) ทำด้วยโลหะมีฝาปิดป้องกันความชื้นระเหยออกไปก่อนชั่งน้ำหนัก หรือระหว่างการชั่งน้ำหนักเพื่อหาความชื้นในดิน

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

2.2.1 ถ้าตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบชื้นให้ผึ่งให้แห้งจนสามารถใช้เกรียงบดให้ร่วนได้ หรือใช้ตู้อบ อบดินให้แห้งก็ได้แต่ต้องใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส (140 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วบดให้เม็ดดินหลุดออกจากกัน โดยไม่ทำให้เม็ดดินแตก

2.2.2 ในกรณีที่ขนาดของตัวอย่างก้อนใหญ่ที่สุดโตกว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ร่อนเอาดินที่ค้างบนตะแกรงนี้ออกแล้วแทนด้วยดินที่ร่อนผ่านตะแกรงนี้แล้วค้างบนตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) จำนวนน้ำหนักเท่ากันใส่ลงแทนแล้วคลุกเคล้ากันให้ทั่วทำการแบ่งสี่ (Quartering) หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter)

2.2.3 ในกรณีที่ขนาดของตัวอย่างก้อนใหญ่ที่สุดไม่โตกว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ให้แบ่งตัวอย่างตามวิธีในข้อ 2.2.2

2.2.4 ในกรณีที่จะทำการทดสอบตามวิธี ค. หรือ ง. ให้ใช้ตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) เท่านั้น ส่วนที่ค้างบนตะแกรงนี้ให้ทิ้งไป

2.2.5 ให้เตรียมตัวอย่างหนักประมาณ 6,000 กรัม (14 ปอนด์) สำหรับการทดสอบวิธี ข. และ ง. ต่อการทดสอบ 1 ครั้ง และหนักประมาณ 3,000 กรัม (7 ปอนด์) สำหรับการทดสอบวิธี ก. และ ค. ต่อการทดสอบ 1 ครั้ง การเตรียมตัวอย่างต้องเตรียมให้พอทดสอบได้ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง ต่อ 1 ตัวอย่าง

2.3 แบบฟอร์ม ให้ใช้แบบฟอร์ม ที่ บฟ. มถ.(ท) 502-2550 : การทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน

2.4 การทดสอบ

2.4.1 การทดสอบวิธี ก.

2.4.1.1 นำตัวอย่างดินที่เตรียมมาพรมน้ำให้ทั่วเพื่อให้ดินชื้นโดยเมื่อคลุกผสมกันแล้วจะมีความชื้นต่ำปริมาณความชื้นที่ให้ความแน่นสูงสุด (Optimum Moiture Content: OMC) ร้อยละ 4 ใส่ดินที่ผสมน้ำแล้ว ลงในแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม.(4 นิ้ว) ซึ่งมีปลอก(Collar) สวมอยู่เรียบร้อยแล้ว โดยประมาณว่าเมื่อบดอัดแล้วจะเหลือดินสูง 1/5 ของความสูงของแบบ แล้วบดอัดโดยตุ้มยกสูง 457 มม. (18 นิ้ว) จำนวน 25 ครั้ง ให้ทั่วผิวของดินในแบบ

2.4.1.2 ทำตามวิธีในข้อ 2.4.1.2 ซ้ำอีก 4 ครั้ง จนดินที่ถูกบดอัดแน่นในแบบมีความสูงกว่าแบบประมาณ 10 มม.

2.4.1.3 ถอดปลอกออก ใช้เหล็กปาดดินปาดแต่งหน้าดินในแบบให้เรียบเท่ากับระดับขอบบนของแบบ ถ้าดินก้อนใหญ่หลุดออกให้เติมดินตัวอย่างลงไปแทนแล้วบดให้แน่นพอควรจนเรียบแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก เมื่อหักน้ำหนักของแบบออก จะได้น้ำหนักของดินชื้น ต้องอ่านเครื่องชั่งละเอียดถึง 5 กรัม

2.4.1.4 แกะดินออกจากแบบ แล้วผ่าตามแนวตั้งผ่านจุดศูนย์กลางของแท่งตัวอย่างดิน เก็บดินจากที่ผ่าประมาณ 300 กรัม ใส่ตลับบรรจุดินชั่งน้ำหนักทันที อ่านละเอียดถึง 0.01 กรัม

2.4.1.5 นำดินในตลับบรรจุดินไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส (230±9 องศาฟาเรนไฮต์) อย่างน้อย 12 ชั่วโมง แล้วชั่งหาน้ำหนักอ่านละเอียดถึง 0.01 กรัม

2.4.1.6 บดดินตัวอย่างที่แกะออกจากแบบที่เหลือให้ร่วน แล้วคลุกผสมกับดินในตอนแรกให้เข้ากัน พรมน้ำให้ความชื้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ถึง 2

2.4.1.7 ดำเนินการตามข้อ 2.4.1.2 ถึง 2.4.1.7 โดยเพิ่มน้ำทุกครั้งจนกว่าน้ำหนักดินที่บดอัดในแบบลดลง หรือไม่เปลี่ยนแปลง หรืออาจลดน้ำที่ผสมลงเมื่อพบว่าการเพิ่มน้ำแล้วน้ำหนักดินที่บดอัดในแบบกลับลดลง

2.4.2 การทดสอบวิธี ข. ดำเนินวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับวิธี ก. แต่ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) บดอัด 3 ชั้นๆ ละ 56 ครั้ง

2.4.3 การทดสอบวิธี ค. ดำเนินวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับวิธี ก. แต่ใช้ตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) บดอัด 3 ชั้นๆ ละ 25 ครั้ง

2.4.4 การทดสอบวิธี ง. ดำเนินวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับวิธี ค. แต่ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) บดอัด 3 ชั้นๆ ละ 56 ครั้ง

3. การคำนวณ

3.1 คำนวณหาค่าความชื้นในดินเป็นร้อยละ

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

เมื่อ W = ความชื้นในดินเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับน้ำหนักดินอบแห้ง

W_1 = น้ำหนักของดินชื้น หน่วยเป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของดินอบแห้ง หน่วยเป็นกรัม

3.2 คำนวณหาค่าความแน่นชื้น (Wet Density)

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

เมื่อ γ_w = ความแน่นชื้นของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

A = น้ำหนักดินชื้นที่บดอัดในแบบ หน่วยเป็นกรัม

V = ปริมาตรของแบบ ซึ่งเท่ากับปริมาตรของดินชื้นที่บดอัดในแบบ หน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

3.3 คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_W}{1+\frac{W}{100}}$$

เมื่อ γ_d = ความแน่นแห้งของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

γ_w = ความแน่นชื้นของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

W = ความชื้นในดินเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับน้ำหนักดินอบแห้ง

4. การรายงาน

4.1 นำค่าความชื้นในดิน (W) และค่าความแน่นแห้งของดิน (γ_d) ในแต่ละครั้งของการทดสอบมากำหนดจุดลงในกระดาษกราฟ โดยให้ค่าความชื้นในดินอยู่ในแกนนอนและค่าความแน่นแห้งของดินอยู่ในแกนตั้ง

4.2 เขียนเส้นกราฟให้ผ่านจุดที่กำหนดไว้ หรือใกล้เคียงให้มากที่สุด จะได้เส้นกราฟลักษณะเป็นเส้นโค้ง รูประฆังคว่ำ (Parabola Curve) จุดสูงที่สุดของเส้นโค้งคือค่าความแน่นแห้งสูงสุด (Maximum Dry Density) ของดินนั้น ตามกรรมวิธีบดอัดที่ใช้ทดสอบนี้

4.3 ที่จุดค่าความแน่นแห้งสูงสุดของดิน เมื่อลากเส้นตรงขนานกับแกนตั้งลงมาตัดแกนนอน จะได้ค่าความชื้นที่ทำให้ดินบดอัดได้แน่นสูงสุด

4.4 ให้รายงานค่าความแน่นแห้งสูงสุด หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และค่าความชื้นที่ทำให้ดินบดอัดได้แน่นสูงสุด (OMC) เป็นร้อยละ

5. ข้อควรระวัง

5.1 การประมาณปริมาตรน้ำที่ใช้ผสมดินที่เกาะติดกันเป็นก้อน (Cohesive Soil) ควรเผื่อให้ต่ำและสูงกว่าจำนวนน้ำ ที่ทำให้ได้ค่าความชื้นที่ทำให้ดินบดอัด ได้แน่นสูงสุด (OMC) ดินพวกดินทราย (Cohesionless Soil) ควรผสมน้ำตั้งแต่น้อยที่สุด คือ เริ่มจากดินผึ่งแห้งจนกระทั่งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

5.2 ในการบดอัดดินให้วางแบบบนพื้นที่มั่นคงแข็งแรง ราบเรียบ ขณะทำการบดอัดแบบต้องไม่กระดอนไปมา

5.3 ควรเตรียมตัวอย่างให้เพียงพอ โดยให้มีตัวอย่างทดสอบทางด้านแห้งกว่า (Dry Side) ความชื้นที่ทำให้ดินบดอัดได้แน่นสูงสุด (OMC) ไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง และให้มีตัวอย่างทดสอบพอทดสอบทางด้านชื้นกว่า (Wet Side) ความชื้นที่ทำให้ดินบดอัดได้แน่นสูงสุด (OMC) 1 ตัวอย่าง

5.4 ดินชนิดที่มีปริมาณดินเหนียวมาก (Heavy Clay) หลังจากผึ่งให้แห้งแล้วให้บดด้วยค้อนยาง หรือใช้เครื่องบด จนได้ตัวอย่างที่สามารถร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

5.5 ปริมาตรของแบบ ให้ทำการวัดและคำนวณ เพื่อให้ได้ปริมาตรที่แท้จริงของแต่ละแบบ ห้ามใช้ปริมาตรที่แสดงไว้ โดยประมาณในรูป

5.6 แบบที่ใช้งานแล้ว ต้องคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 50 ของความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

6. หนังสืออ้างอิง

6.1 เอกสารวิธีการทดสอบ Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

6.2 STANDARD METHOD OF TEST FOR THE MOISTURE - DENSITY RELATIONS OF SOIL USING A 10 lb = (4.54 kg) RAMMER AND AN 18 in. (457 mm.) DROP ; AASHTO DESIGNATION : T 180-74

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ.มถ.(ท) 502-2550** (หน่วยที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน** **ปริมาตรแบบ**.....ซม.^{3} ☐ **Mod. AASHTO** **น้ำหนักแบบ**.....กก. ☐ **Mod. Proctor**	**ทะเบียนทดสอบ**..... **ผู้ทดสอบ** **ผู้ตรวจสอบ** **อนุมัติ**

ความแน่น						
ครั้งที่		1	2	3	4	5
น.น.แบบ + ดินที่ถูกบดอัด	(กรัม)					
น.น.แบบ	(กรัม)					
น.น.ดินที่ถูกบดอัด	(กรัม)					
ความแน่นชื้น	(กรัม/ซม.^{3})					
ความแน่นแห้ง	(กรัม/ซม.^{3})					
ปริมาณความชื้น						
ตลับบรรจุหมายเลข						
น.น.ตลับ + ดินชื้น	(กรัม)					
น.น.ตลับ + ดินอบแห้ง	(กรัม)					
น.น.น้ำ	(กรัม)					
น.น.ตลับ	(กรัม)					
น.น.ดินอบแห้ง	(กรัม)					
ความชื้นในดิน	(ร้อยละ)					

หมายเหตุ

ความแน่นแห้งสูงสุด **(กรัม/ซม.^{3})**

ความชื้นที่ความแน่นสูงสุด ..... **(ร้อยละ)**

ความแน่นแห้ง (กรัม/ซม.^{3})

ปริมาณความชื้นเป็นร้อยละ

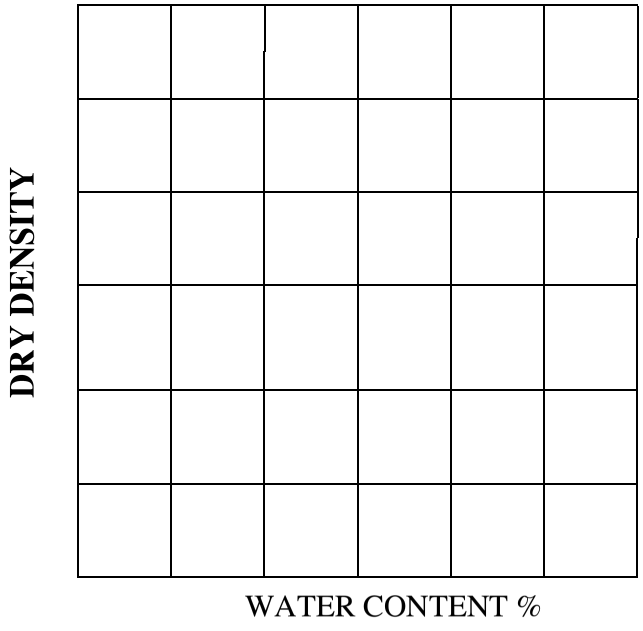
โครงการ.....	บฟ.มถ.(ท) 502-2550	ทะเบียนทดสอบ.....	
.....		ผู้ทดสอบ	
สถานที่ก่อสร้าง.....	(หน่วยที่ทำการทดสอบ)		
ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง.....	การทดสอบความแน่น แบบสูงกว่ามาตรฐาน	ผู้ตรวจสอบ	
ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....	ปริมาตรแบบ.....ซม.^{3} ☐ Mod. AASHTO		
ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	น้ำหนักแบบ.....กก. ☐ Mod. Proctor	อนุมัติ	

DENSITY						
DETERMINATION No.		1	2	3	4	5
WT. MOLD+COMPACTED SOIL	gm.					
WT. MOLD	gm.					
WT. SOIL	gm.					
WET DENSITY	gm./cc.					
DRY DENSITY	gm./cc.					
WATER CONTENT						
CONTAINER No.						
WT. CONTAINER + WET SOIL	gm.					
WT. CONTAINER + DRY SOIL	gm.					
WT. WATER	gm.					
WT. CONTAINER	gm.					
WT. DRY SOIL	gm.					
WATER CONTENT	%					

REMARKS:

MAXIMUM DRY DENSITY = ... gm./cc.

OPT. MOISTURE CONTENT = ... %



กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

มถ.(ท) 503-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่า ซี.บี.อาร์. (C.B.R.)

1. **ขอบข่าย**

วิธีการทดสอบนี้เป็นการหาค่าเปรียบเทียบ ค่าความสามารถในการรับน้ำหนัก (Bearing Value) กับวัสดุหินมาตรฐานเพื่อทดสอบวัสดุมวลรวมดิน (Soil Aggregate) หินคลุกหรือวัสดุอื่นใด เมื่อทำการบดอัดวัสดุนั้นโดยใช้ตุ้มบดอัดในแบบ (Mold) เมื่อมีความชื้นที่ความแน่นแห้งสูงสุด (Optimum Moisture Content) หรือปริมาณอื่นใด เพื่อนำมาใช้ออกแบบโครงสร้างของถนน และเพื่อใช้ควบคุมงาน เมื่อบดอัดให้ได้ความแน่นและความชื้นตามต้องการ

การทดสอบ ซี.บี.อาร์. อาจทำได้ 2 วิธี คือ

วิธี ก. การทดสอบแบบแช่น้ำ (Soaked)

วิธี ข. การทดสอบแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked)

ถ้าไม่ระบุวิธีใด ให้ใช้วิธี ก.

2. **วิธีทำ**

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

2.1.1 Loading ; Device แบบ Hydraulic Jack หรือ Screw Jack มีอุปกรณ์วัดแรงได้ไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลกรัม (ประมาณ 10,000 ปอนด์)

2.1.2 แบบสำหรับเตรียมตัวอย่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 152.4±0.66 มม. (6.0±0.026 นิ้ว) สูง 177.8±0.66 มม. (7.0±0.016 นิ้ว) พร้อมปลอก (Collar) สูงโดยประมาณ 50.8 มม. (2.0 นิ้ว) และฐานแบบ (Base Plate) สำหรับยึดแบบและปลอก

2.1.3 แท่งโลหะรอง (Spacer Disc) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 134.9 (5 5/16 นิ้ว) มีความสูงขนาดต่าง ๆ

2.1.4 ตุ้มหนัก 4,537 กรัม (10 ปอนด์) และ 2,495 กรัม (5.5 ปอนด์)

2.1.5 เครื่องวัดการพองตัว ประกอบด้วย

- แผ่นวัดการพองตัว (Swell Plate)
- สามขา (Tripod) สำหรับติดมาตรวัด (Dial Gauge) วัดได้ 25 มม. ซึ่งวัดได้ละเอียด 0.01 มม. เพื่อวัดอัตราการพองตัวของดินเมื่อแช่น้ำ

2.1.6 โลหะถ่วงน้ำหนัก (Surcharge Weight) เป็นเหล็กทรงกระบอกแบนเส้นผ่านศูนย์กลาง 149.2 มม. (5 7/8 นิ้ว) มีรูกลวง เพื่อให้ท่อนกด (Piston) ลอดไปได้หนักแผ่นละ 2,268 กรัม (5 ปอนด์)

2.1.7 ท่อนกด ทำด้วยโลหะทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 49.5 มม. (1.95 นิ้ว) มีเนื้อที่หน้าตัด 1,935.5 ตร.มม. (3 ตร.นิ้ว) ยาวไม่น้อยกว่า 102 มม. (4 นิ้ว)

2.1.8 เครื่องดันตัวอย่างเป็นเครื่องดันดินออกจากแบบภายหลัง เมื่อทดสอบเสร็จแล้ว

2.1.9 เครื่องชั่งแบบบาล๊านซ์ (Balance) มีขีดความสามารถชั่งได้อย่างน้อย 20 กก. ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กิโลกรัม

2.1.10 เครื่องชั่งแบบสเกล (Scale) หรือแบบบาล๊านซ์ (Balance) มีขีดความสามารถชั่งได้อย่างน้อย 1,000 กรัม ชั่งได้ ละเอียดถึง 0.01 กรัม

2.1.11 ตู้อบ (Oven) ต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิได้คงที่ได้ที่ 110±5 องศาเซลเซียส

2.1.12 เหล็กปาด มีความยาวไม่น้อยกว่า 300 มม. และไม่ยาวเกินไปหนาประมาณ 3.0 มม.(0.12 นิ้ว)

2.1.13 เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง

2.1.14 ตะแกรงร่อนดินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 203 มม. (8 นิ้ว) 50.8 มม. (2 นิ้ว) มีขนาด ดังนี้

ก. ขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว)

ข. ขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4)

2.1.15 เครื่องผสม เป็นเครื่องมือจำเป็นต่าง ๆ ที่ใช้ผสมตัวอย่างกับน้ำ เช่น ถาด ช้อน พลั่ว เกรียง คอนยาง ถ้วยตวงวัดปริมาตรน้ำ

2.1.16 ตลับบรรจุดินสำหรับใส่ตัวอย่างดิน เพื่ออบหาจำนวนน้ำในดิน

2.1.17 นาฬิกาจับเวลา

2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดสอบ กระดาษกรองอย่างหยาบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว)

2.3 การเตรียมตัวอย่าง ตัวอย่างได้แก่ ดิน หินคลุก หรือวัสดุมวลรวมดินหรือวัสดุอื่นใดที่ต้องการทดสอบ ให้เตรียมตัวอย่าง ดังนี้

2.3.1 วัสดุตัวอย่าง ก่อนจะนำมาทดสอบจะต้องปล่อยทิ้งให้แห้ง (Air Dry) ในห้องปฏิบัติการ ทำการแบ่งสี่ (Quartering) แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 นิ้ว ส่วนที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 3/4 นิ้วให้ทิ้งไปและชดเชยด้วยดินที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 3/4 นิ้ว แต่ค้างบนตะแกรง เบอร์ 4 ด้วยจำนวนน้ำหนักเท่ากัน

2.3.2 หาปริมาณความชื้นที่ความแน่นสูงสุด ตาม มถ.(ท) 501 : มาตรฐานการทดสอบความแน่นแบบมาตรฐาน หรือ มถ.(ท) 502 : มาตรฐานการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน

2.4 แบบฟอร์ม ให้ใช้แบบฟอร์ม ที่ บฟ. มถ.(ท) 503-2550 : การทดสอบเพื่อหาค่า ซี.บี อาร์

2.5 การทดสอบ สำหรับตัวอย่างดินที่ไม่ต้องมีการแช่น้ำ (Unsoaked C.B.R. Test)

2.5.1 ชั่งดินที่เตรียมไว้ประมาณ 6 กก. (12 ปอนด์) และนำดินตัวอย่างประมาณ 100 กรัม เพื่อนำไปหาความชื้นในดินตัวอย่าง (Initial Water Content)

2.5.2 เตรียมแบบไว้ 2 ชุด ชั่งหาน้ำหนักแบบ (ไม่รวมฐานแบบ)

2.5.3 ประกอบแบบ เข้ากับฐานแบบและแท่งโลหะรอง ใช้กระดาษกรองปูทับบนแท่งโลหะรอง เพื่อป้องกันไม่ให้เกาะติดกับแผ่นเหล็ก

2.5.4 กระทุ้งดินอัดแน่นในแบบ ตามวิธีการทดสอบความแน่นที่ปริมาณความชื้น ที่ความแน่นแห้งสูงสุด (เตรียมตัวอย่างดิน 3 ตัวอย่าง โดยทำการบดอัดแต่ละชั้นด้วยตุ้ม จำนวน 12 ครั้ง 25 ครั้ง และ 56 ครั้งต่อชั้น)

2.5.5 หลังจากบดอัดจนครบจำนวนชั้น และจำนวนครั้งแล้วถอดปลอกออกใช้เหล็กปาดปาดดินส่วนที่สูงเกินขอบแบบ พร้อมกับซ่อมแต่งผิวบนของดินตัวอย่างให้เรียบเสมอกับปากแบบ

2.5.6 ถอดฐานแบบ และแท่งโลหะรองออก นำแบบและดินไปชั่งหาน้ำหนัก เพื่อจะนำไปหาความแน่นชื้น (Wet Density)

2.5.7 เอากระดาษกรองวางบนฐานแบบ เพื่อป้องกันไม่ให้ดินเกาะแบบติดแผ่นเหล็กประกอบแบบ ที่มีดินอัดแน่นนี้เข้ากับฐานแบบ โดยให้ปากแบบด้านที่มีดินเสมอปากวางบนฐานแบบ และส่วนที่มีช่องว่างอยู่ด้านบน สำหรับการทดสอบแบบไม่แช่น้ำ ให้ทดสอบตามข้อ 2.5.8 ถึง 2.5.11

2.5.8 วางแผ่นเหล็กถ่วงน้ำหนัก (Surcharge) จำนวน 2 ชิ้น สำหรับวัสดุพื้นทาง, วัสดุรองพื้นทาง, วัสดุคัดเลือก และจำนวน 3 ชิ้น สำหรับวัสดุคันทางทับบนดินตัวอย่างในแบบ

2.5.9 นำแบบเข้าเครื่องกดทดสอบ ซึ่งมีท่อนกดขนาดพื้นที่หน้าตัด 1,935.5 ตร.มม. (3 ตร.นิ้ว) ประกอบติดอยู่ จัดให้ผิวหน้าของดินในแบบ แตะสัมผัสกับท่อนกดดังกล่าว จัดเข็มของมาตรวัด ที่จะใช้วัดค่าการจมตัว (Penetration) ให้อยู่ที่จุดศูนย์

2.5.10 กดท่อนกดในอัตรา 0.05 นิ้วต่อนาที พร้อมกับอ่านค่าน้ำหนักที่ตรงกับค่าการจมตัว 0, 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.125, 0.150, 0.175, 0.200, 0.250, 0.300, 0.350, 0.400, 0.450 และ 0.500 นิ้ว

2.5.11 เสร็จแล้วถอดแบบออกจากเครื่องกดทดสอบ เก็บตัวอย่างดินตรงกลางตามแนวตั้งประมาณ 100 กรัม สำหรับขนาดเม็ดใหญ่สุด 4.75 มม. หรือประมาณ 300 กรัม สำหรับขนาดเม็ดใหญ่สุด 19.0 มม. แล้วนำไปหาความชื้น สำหรับการทดสอบแบบแช่น้ำ ให้ทำการทดสอบตาม ข้อ 2.5.12 ถึง 2.5.18 เพิ่มเติม

2.5.12 วางแผ่นเหล็กถ่วงน้ำหนัก จำนวน 2 ชิ้น สำหรับวัสดุพื้นทาง. วัสดุรองพื้นทาง, วัสดุคัดเลือก และจำนวน 3 ชิ้น สำหรับวัสดุคันทางลงบนดินตัวอย่าง ใส่แผ่นวัดการพองตัว สำหรับวัดอัตราการบวมของดิน ซึ่งมีด้ามขัดเกลียวขึ้นลงได้ติดอยู่กลางแผ่น ก่อนวางแผ่นเหล็กถ่วงน้ำหนักลงบนดินตัวอย่าง จะต้องเอากระดาษรองวางคั่นใต้แผ่นนี้เสียก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้ดินติดแน่นกับแผ่นเหล็กหลังจากแช่น้ำแล้ว

2.5.13 แช่แบบที่เตรียมไว้ ในข้อ 2.5.12 ในภาชนะที่เตรียมไว้ ให้น้ำท่วมแผ่นเหล็กถ่วงน้ำหนักประมาณ 1 นิ้ว ใช้มาตรวัดอ่านได้ละเอียด 0.001 นิ้ว ยึดติดกับสามขา แล้ววางบนปากแบบ จัดให้ปลายของมาตรวัดแตะสัมผัสกับก้านของแผ่น วัดการพองตัว เพื่อวัดหาค่าการพองตัวของดินต่อไป

2.5.14 จดค่าการขยายตัวจากมาตรวัดทุกวัน จนครบ 4 วัน (ถ้าหากค่าการพองตัวคงที่ อาจหยุดอ่านได้ หลังจากแช่น้ำแล้ว 48 ชั่วโมง)

2.5.15 ยกแบบออกจากน้ำและตะแคงแบบ เพื่อรินน้ำทิ้งและปล่อยทิ้งไว้ ประมาณ 15 นาที เพื่อให้น้ำไหลออกจากแบบ

2.5.16 นำแบบพร้อมดินไปชั่งหาน้ำหนัก

2.5.17 ทำการทดสอบตามวิธี ข้อ 2.5.9 ถึง 2.5.10

2.5.18 เสร็จแล้วถอดแบบออกจากเครื่องกดทดสอบ เก็บตัวอย่างดินตรงกลางตามแนวตั้ง ประมาณ 100 กรัม สำหรับขนาดเม็ดใหญ่สุด 4.75 มม. หรือประมาณ 300 กรัม สำหรับขนาดเม็ดใหญ่สุด 19.0 มม. แล้วนำไปหาความชื้น

2.5.19 เขียนกราฟระหว่างน้ำหนักกด และค่าการจมตัว (Stress vs Penetration) เพื่อหาค่า ซี.บี.อาร์. ต่อไป สำหรับในการเขียนกราฟระหว่างน้ำหนักกด และค่าการจมตัว เพื่อหาค่า ซี.บี.อาร์. จำเป็นจะต้องทำการแก้เส้นกราฟ โดยเลื่อนจุดศูนย์ของค่าการจมตัว ในกรณีที่เส้นกราฟหงายเพื่อให้ได้ค่า ซี.บี.อาร์. ที่แท้จริง

2.5.20 เมื่อได้ค่า ซี.บี.อาร์. ของแต่ละตัวอย่างแล้วเขียนเส้นกราฟ ระหว่างค่า ซี.บี.อาร์. และค่าความหนาแน่นแห้ง (Dry Density) เพื่อหาค่า ซี.บี.อาร์. เป็นร้อยละของการบดอัดที่ต้องการต่อไป

3. การคำนวณ

3.1 คำนวณหาค่าความชื้นในดินร้อยละ

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2}$$

เมื่อ W = ความชื้นในดินเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับน้ำหนักดินอบแห้ง

W_1 = น้ำหนักของดินชื้น หน่วยเป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของดินอบแห้ง หน่วยเป็นกรัม

3.2 คำนวณหาค่าความแน่นชื้น (Wet Density)

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

เมื่อ γ_w = ความแน่นชื้นของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

A = น้ำหนักดินชื้นที่บดอัดในแบบ หน่วยเป็นกรัม

V = ปริมาตรของแบบ ซึ่งเท่ากับปริมาตรของดินชื้นที่บดอัดในแบบ หน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

3.3 **คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง** (Dry Density)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{1+\frac{W}{100}}$$

เมื่อ γ_d = ความแน่นแห้งของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

γ_w = ความแน่นชื้นของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

W = ความชื้นในดินเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับน้ำหนักดินอบแห้ง

3.4 **คำนวณหาค่าการพองตัว** (Swelling)

$$\text{ค่าการพองตัวร้อยละ} = \frac{\text{ค่าการพองตัว (มม.)}}{\text{ความสูงของแท่งตัวอย่าง}}$$

ค่าการพองตัว (มม.) = ผลต่างระหว่างการอ่านค่าที่มาตรวัด ครั้งแรกและครั้งสุดท้าย

3.5 **คำนวณหาค่า ซี.บี.อาร์.**

ในการคำนวณหาค่า ซี.บี.อาร์. ให้ถือน้ำหนักมาตรฐาน (Standard Load) ดังนี้

ค่าการจมตัว (มม.)	**น้ำหนักมาตรฐาน (Standard Load) กิโลกรัม**	**ค่าน้ำหนักมาตรฐาน (Standard Unit Load) กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร**
2.54 (0.1")	1,360.8 (3,000 lb)	70.3 (1,000 lb/in)
5.08 (0.2")	2,041.2 (4,500 lb)	105.46 (1,500 lb/in)
7.62 (0.3")	2,585.5 (5,700 lb)	133.59 (1,900 lb/in)
10.16 (0.4")	3,129.8 (6,900 lb)	161.71 (2,300 lb/in)
12.70 (0.5")	3,538.0 (7,800 lb)	182.81 (2,600 lb/in)

หมายเหตุ พื้นที่หน้าตัดของท่อนกด 1,935.5 ตร.มม. (3 ตร.นิ้ว) คำนวณค่า ซี.บี.อาร์. จากสูตร

$$\text{ซี.บี.อาร์. ร้อยละ} = 100\ \frac{X}{Y}$$

เมื่อ X = ค่าน้ำหนักที่อ่านได้ต่อหน่วยพื้นที่ของท่อนกด (สำหรับค่าการจมตัวที่ 2.54 มม. หรือ 0.1 นิ้ว และที่เพิ่มขึ้นอีกทุก ๆ 2.54 มม.)

Y = ค่าน้ำหนักมาตรฐาน (Standard Unit Load) กก./ตร.ซม. (จากตารางข้างต้น)

4. **การรายงาน**

ในการทำการทดสอบ ซี.บี.อาร์. ให้รายงาน ดังนี้

4.1 ค่า ซี.บี.อาร์. ที่ความแน่นร้อยละ ของความแน่นแห้งสูงสุด (แบบสูงกว่ามาตรฐานหรือแบบมาตรฐาน) ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

4.2 ค่าความแน่นแห้ง ที่ให้ค่า ซี.บี.อาร์. ตามข้อ 4.1 ใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่ง

4.3 ค่าการพองตัว ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

4.4 ค่าอื่น ๆ

5. **เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้**

ค่า ซี.บี.อาร์. เป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการรับน้ำหนักกับวัสดุหินมาตรฐาน ดังนั้น จึงไม่มีการกำหนดเกณฑ์ตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

6. **ข้อควรระวัง**

6.1 สำหรับดินจำพวกดินเหนียวมาก (Heavy Clay) หลังจากตากแห้งแล้วให้ทุบด้วยค้อนยาง จนได้ตัวอย่างผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

6.2 ในการใช้ตุ้มทำการบดอัด ให้วางแบบบนพื้นที่มั่นคง แข็งแรง ราบเรียบ เช่น พื้นคอนกรีตไม่ให้แบบกระดก หรือกระดอนขึ้นขณะทำการบดอัด

6.3 ในการทดสอบหาค่าการจมตัว โดยใช้เครื่องกดทดสอบแบบวงแหวน (Proving Ring) เป็นตัวอย่างอ่านน้ำหนักและใช้มาตรวัดค่าการจมตัวติดที่โครง (Frame) ของเครื่องกดทดสอบต้องทำการแก้ค่าการจมตัว เนื่องจากการหดตัวของวงแหวน (Proving Ring) โดยหักค่าการหดตัวของวงแหวนออกจากค่าการจมตัว กรณีที่ติดมาตรวัดค่าการจมตัว (Penetration Dial) ที่ท่อนกดไม่ต้องปฏิบัติตามความในข้อนี้

6.4 ในการเขียนกราฟระหว่างค่าน้ำหนักมาตรฐาน และค่าการจมตัว จำเป็นจะต้องแก้จุดศูนย์สำหรับเส้นกราฟที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งหงายขึ้น เนื่องจากความไม่ราบเรียบ หรือเกิดจากการอ่อนยุ่ยที่ผิวหน้าของตัวอย่างเนื่องจากการแช่น้ำ ให้ทำการแก้โดยลากเส้นตรงให้สัมผัสกับเส้นที่ชันที่สุดของส่วนโค้งของเส้นกราฟ ไปตัดกับแกนตามแนวราบ คือเส้นที่ลากผ่านค่าน้ำหนักมาตรฐาน เท่ากับศูนย์ ต่อจากนั้นให้เลื่อนค่าศูนย์ของค่าการจมตัวไปที่จุดที่ตัดแล้วจึงหาค่า ซี.บี.อาร์. ที่ปรับค่า (Corrected C.B.R. Value) ต่อไป

6.5 ค่า ซี.บี.อาร์. ที่ได้จากการปรับค่า หรือที่ได้จริงจากการอ่านค่าน้ำหนักมาตรฐาน (True Load Value) ซึ่งคำนวณจากค่าการจมตัวที่ 2.54 มม. (0.1 นิ้ว) และที่ค่าการจมตัว 5.08 มม. (0.2 นิ้ว) เป็นค่า ซี.บี.อาร์.ที่ใช้รายงาน

โดยปกติค่า ซี.บี.อาร์. ที่มีค่าการจมตัว 2.54 มม. จะต้องมีค่าสูงกว่าค่า ซี.บี.อาร์. ที่มีค่าการจมตัว 5.08 มม. ถ้าหากไม่เป็นดังนั้น คือค่า ซี.บี.อาร์. ที่ 5.08 มม. สูงกว่าที่ 2.54 มม.

ให้ทำการเตรียมตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบใหม่ทั้งหมด แต่ถ้าค่า ซี.บี.อาร์. ที่ได้ยังคงสูงกว่าอีก ให้ใช้ค่า ซี.บี.อาร์. 5.08 มม.

6.6 ในการทำตัวอย่างเพื่อทดสอบ ในกรณีที่ต้องการบดอัดมากหรือน้อยกว่าที่ต้องการตามวิธีการทดสอบนี้ อาจจะเพิ่มการบดอัดเป็นชั้นละ 75 ครั้ง หรือลดการบดอัดเป็นชั้นละ 8 ครั้ง เพื่อให้ได้ตัวอย่างมากขึ้นในการนำมาเขียนเส้นกราฟ

6.7 ตุ้มที่ใช้ทำการบดอัดเพื่อเตรียมตัวอย่าง เพื่อหาค่า ซี.บี.อาร์. มี 2 ขนาด (ตามข้อ 2.1.4) ในการเตรียมตัวอย่าง ซี.บี.อาร์. โดยวิธีการทดสอบความแน่นแบบมาตรฐานให้ใช้ตุ้มขนาดเล็ก ส่วนการเตรียมตัวอย่าง ซี.บี.อาร์. ตามวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐานให้ใช้ตุ้มขนาดใหญ่

7. หนังสืออ้างอิง

7.1 เอกสารวิธีการทดสอบเพื่อหาค่า C.B.R. กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

7.2 STANDARD METHOD OF TEST FOR THE CALIFORNIA BEARING RATIO; AASHTO DESIGNATION : T 193-72

โครงการ	บฟ.มถ.(ท)503-2550	ทะเบียนทดสอบ.....	
.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)	ผู้ทดสอบ	
สถานที่ก่อสร้าง	การทดสอบหาค่า ซีบีอาร์ (C.B.R.)		
ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง	แบบหมายเลข.....	ผู้ตรวจสอบ	
ชนิดตัวอย่าง..... ทดสอบครั้งที่...	น้ำหนักแบบ..... กก.		
ทดสอบวันที่..... แผ่นที่.....	ปริมาตรแบบ..... ลบ.ซม.	อนุมัติ	

ความแน่นของวัสดุ		ก่อนแช่น้ำ			หลังแช่น้ำ
น้ำหนักแบบ + วัสดุ	กรัม				
น้ำหนักแบบ	กรัม				
น้ำหนักวัสดุ	กรัม				
ความแน่นชื้น	กรัม/ลบ.ซม.				
ความแน่นแห้ง	กรัม/ลบ.ซม.				
ปริมาณความชื้น		**บน**	**กลาง**	**ล่าง**	
ตลับหมายเลข					
น้ำหนักตลับ + วัสดุ	กรัม				
น้ำหนักตลับ + วัสดุแห้ง	กรัม				
น้ำหนักน้ำ	กรัม				
น้ำหนักตลับ	กรัม				
น้ำหนักวัสดุแห้ง	กรัม				
ความชื้นในวัสดุ	%				
ความชื้นในวัสดุเฉลี่ย	%				

การทดสอบหาค่าการจมตัว แผ่นเหล็กถ่วงน้ำหนัก (Surcharge)..... แผ่น .....กก. Proving Ring Us.....

(PENETRATION TEST) พื้นที่หน้าตัดท่อนกด = 19.355 ซม.^{2} กดด้วยความเร็ว 1.27 มม./นาที

วันที่	เวลา	ค่าที่อ่าน (มม.)	การพองตัว (มม.)	การพองตัว (%)	จำนวนวัน	(1) Pene. (มม.)	(2) Dial Reading (มม.)	(3)=(1)-(2) Corr.Pene. (กก.)	Load Reading From (กก.)	Bearing Value (กก/.ซม..^{2})	C.B.R. (%)
						0.63					
						1.27					
						1.90					
						2.54					
						3.17					
						3.81					
						4.44					
						5.08					
						6.35					
						7.62					
						8.89					
						10.16					
						11.43					
						12.70					

ความชื้นที่ความแน่นสูงสุด	%
ความชื้นของวัสดุ	%
ปริมาณน้ำที่เพิ่มเข้าไป	ลบ.ซม.
น้ำหนักวัสดุที่ร่อนผ่านตะแกรง	กรัม
น้ำหนักวัสดุที่ค้างบนตะแกรง	กรัม
ผลรวมของน้ำหนักวัสดุแห้ง	กรัม
ผลรวมของน้ำหนักที่เพิ่มเข้าไป	กรัม

CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) TEST

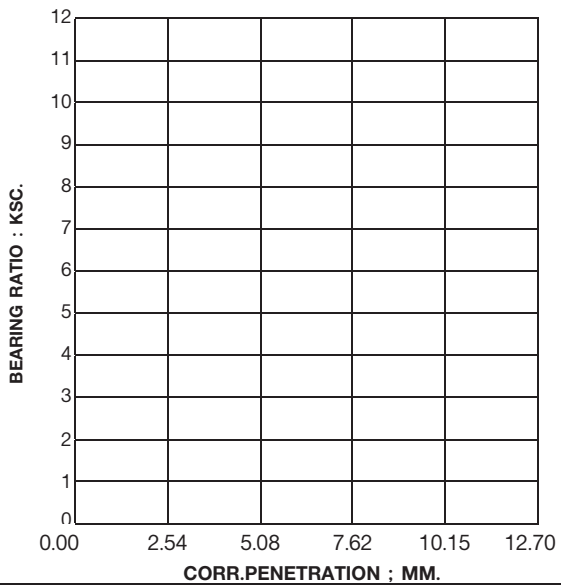
MATERIAL			**SOURCE**		
MOLD NO.	**WT.**	**gm.**	**NO. OF LAYERS**		**FACTOR**
NO. OF BLOWS	**VOL**	**cc.**	**WT. OF HAMMER**	**gm.**	**DROP** **cm.**

DENSITY		**SOAKING**	
		BEFORE	**AFTER**
WT. OF MOLD + SOIL	gm.		
WT. OF MOLD	gm.		
WT. OF SOIL	gm.		
WET DENSITY	gm./cc.		
DRY DENSITY	gm./cc.		

WATER CONTENT		**TOP**	**MIDDLE**	**BOTTOM**	
CAN No.					
WT. OF CAN + WET SOIL	gm.				
WT. OF CAN + DRY SOIL	gm.				
WT. OF WATER	gm.				
WT. OF CAN	gm.				
WT. OF DRY SOIL	gm.				
WATER CONTENT	%				
AVERAGE WATER CONTENT	%				

PENETRATION TEST **SURCHARGE** **pcs. =** **Kg.** **PROVING RING No.**
PISTOL AREA = **cm.²** **FACTOR =**

DATE	**TIME**	**RDG. (mm.)**	**SWELL (mm.)**	**SWELL (%)**	**DAYS**	**PENE. (mm.)**	**DIAL RDG. (mm.)**	**LOAD RDG. (Kg.)**	**BEARING VALUE (Ksc.)**	**C.B.R. (%)**
						0.63				
						1.27				
						1.90				
						2.54				
						3.17				
						3.81				
						4.44				
						5.08				
						6.35				
						7.62				
						8.89				
						10.16				
						11.43				
						12.70				



OPTIMUM MOISTURE CONTENT = %

ORIGINAL MOISTURE CONTENT = %

REMARKS :

มถ.(ท) 504-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความแน่นของวัสดุงานทางในสนาม
(Field Density Test)

1. ขอบข่าย

วิธีการทดสอบนี้เป็นการหาค่าความแน่นของวัสดุงานทางที่บดอัดในสนาม (In-Place Density) ของวัสดุที่มีเม็ดไม่โตกว่า 50.8 มม. (2 นิ้ว) โดยใช้ทรายแทนที่ เพื่อหาปริมาตร

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

2.1.1 ชุดเครื่องมือทดสอบความแน่น (Density Appalatus) แสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วย

2.1.1.1 ขวด (Jar) ทำด้วยแก้วหรือพลาสติกโปร่งใสปริมาตรจุ 4 ลิตร ตัวขวดมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 160 มม. ปากขวดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มม. และมีเกลียวสำหรับต่อกับกรวย

2.1.1.2 กรวย (Metal Funner) ทำด้วยโลหะสูงประมาณ 210 มม. ตรงกลางมีลิ้น (Value) สำหรับปิดเปิดรูทรงกระบอก (Orifice) เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มม. (1/2 นิ้ว) ยาว 28.6 มม. (1 1/8 นิ้ว) ปากกรวยบานออกมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 165.1 มม. (6 1/2 นิ้ว) เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 171.5 มม.(6 3/4 นิ้ว) สูง 136.5 มม. (5 3/8 นิ้ว) ปลายอีกข้างหนึ่งมีเกลียว สำหรับต่อกับขวด ขณะทำการทดสอบรอยต่อระหว่างขวด และกรวยต้องสนิท ในกรณีที่มีช่องว่างหรือเคลื่อนตัวได้ ต้องใส่แหวนยาง หรือ ปะเก็น (Gasket) รองลิ้นจะต้องมีที่บังคับให้หยุดเมื่อเปิด หรือ ปิดจนสุดรูทรงกระบอกแล้ว

2.1.1.3 แผ่นฐาน (Base Plate) ทำด้วยโลหะขนาด 305 มม. x 305 มม. (12 นิ้ว x 12 นิ้ว) ตรงกลางมีรูกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 165.1 มม. (เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของปากกรวย) มีช่องกว้างประมาณ 3.2 มม. (1/8 นิ้ว) สำหรับวางปากกรวยให้สนิทขอบของแผ่นฐานยกสูงขึ้น เพื่อความสะดวกในการเก็บดินตัวอย่าง

หมายเหตุ ชุดเครื่องทดสอบความแน่นนี้ ใช้กับดินตัวอย่างประมาณ 2,800 ลูกบาศก์เซนติเมตร (0.10 ลบ.ฟ.) อาจดัดแปลงชุดเครื่องมือให้เล็กลงหรือใหญ่ขึ้นได้แล้วแต่ความเหมาะสมในการใช้งานแต่ละชนิด

2.1.2 ทราย ใช้ทรายออตตาวา (Ottawa Sand) หรือเตรียมจากทรายที่มีในท้องที่หรือวัสดุอื่นใด ที่คล้ายทราย ต้องสะอาด แห้ง ไหลได้อย่างอิสระ (Free Flowing) ปราศจากเชื้อประสาน แข็ง กลม ไม่มีรอยแตก ไม่มีเหลี่ยมมุม ขนาดผ่านตะแกรงขนาด 0.85 มม.

(เบอร์ 20) และค้างบนตะแกรงขนาด 0.425 มม. (เบอร์ 40) และมีความแน่นแบบบัลค์ (Bulk Density) เปลี่ยนแปลงได้ไม่เกินร้อยละ 1

2.1.3 เครื่องชั่ง ที่สามารถชั่งได้หนักถึง 10 กก. อ่านได้ละเอียดถึง 1.0 กรัม

2.1.4 เครื่องชั่งที่สามารถชั่งได้หนักถึง 500 กรัม อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

2.1.5 อุปกรณ์ทำให้ดินแห้ง ได้แก่ เตาน้ำมันก๊าด เตาแก๊ส กะทะคั่วดิน เป็นต้น หรืออาจใช้ตู้อบไฟฟ้า ตู้อบน้ำมันก๊าด ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ที่อุณหภูมิ 100$\pm$5 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้ดินตัวอย่างแห้ง สำหรับความชื้นได้

2.1.6 อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เช่น ช้อนตักดิน ตลับบรรจุดินพร้อมฝาปิด ภาชนะสำหรับใส่ดินเกรียง สิ่ว ค้อน อีเตอร์ จอบ พลั่ว แปรงขน แปรงลวด เหล็กปาด ตะแกรงขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) 2.00 มม.(เบอร์ 10) และ 0.075 มม.(เบอร์ 200) และเทอร์โมมิเตอร์ เพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำ เป็นต้น

2.2 แบบฟอร์ม

ให้ใช้แบบฟอร์ม ที่ บฟ. มถ.(ท) 504-2550 : การทดสอบหาค่าความแน่นของวัสดุงานทางในสนาม

2.3 การทดสอบ

2.3.1 วิธีหาปริมาตรขวด พร้อมกรวย จนถึงรูลิ้นที่ปิด ดำเนินการ ดังนี้

2.3.1.1 ชั่งน้ำหนักขวดเปล่าพร้อมกรวย

2.3.1.2 ตั้งขวดเปล่าพร้อมกรวยบนพื้นที่มั่นคง เมื่อได้ระดับแล้วเปิดลิ้นไว้

2.3.1.3 ใส่น้ำกลั่นลงในกรวย จนกระทั่งระดับน้ำขึ้นท่วมกรวย และไม่มีฟองอากาศค้างอยู่ในขวด แล้วจึงปิดลิ้นให้สนิท และเทน้ำที่ล้นข้างบนออกให้หมด

2.3.1.4 ถ้าน้ำซึมออกตามบริเวณเกลียวปากขวด ให้ใช้ขี้ผึ้งหรือเทปป้องกันน้ำซึม

2.3.1.5 เช็ดน้ำที่ติดกรวย หรือข้างขวดให้แห้งแล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักเมื่อน้ำเต็มขวด เมื่อนำน้ำหนักในข้อ 2.3.1.1 มาหักออกจะได้น้ำหนักน้ำเมื่อเต็มขวดในกรณีที่ทำข้อ 2.3.1.4 ด้วย ให้นำน้ำหนักวัสดุในข้อ 2.3.1.4 มาหักออกด้วย

2.3.1.6 วัดอุณหภูมิของน้ำในขวด

2.3.1.7 ให้ทดสอบอย่างน้อย 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักของน้ำเต็มขวด โดยแต่ละครั้งมีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 3 กรัม และอุณหภูมิของน้ำเพื่อนำไปหาค่าความแน่นของน้ำ ตามตารางที่ 1

2.3.1.8 คำนวณหาปริมาตรของขวด

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความแน่นของน้ำ

อุณหภูมิ		ปริมาตรของน้ำ ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก ลบ.ซม./กรัม (T)
องศาเซลเซียส	องศาฟาเรนไฮต์	
12	53.6	1.00048
14	57.2	1.00073
16	60.8	1.00103
18	64.4	1.00138
20	68.0	1.00177
22	71.6	1.00221
24	75.2	1.00268
26	78.8	1.00320
28	82.4	1.00375
30	86.0	1.00435
32	89.6	1.00497

หมายเหตุ ให้ทำเครื่องหมายไว้ด้วยว่าเกลียวของขวดและกรวยเคลื่อนตัวหรือไม่ เกลียวต้องไม่ขยับในขณะทดสอบ เพื่อให้ปริมาตรของขวดมีค่าคงที่ตลอดเวลาที่ทดสอบ

2.3.2 วิธีตรวจสอบความแน่นแบบบัลค์ ของทราย (Bulk Density of sand) ดำเนินการดังนี้

2.3.2.1 วางขวดเปล่าที่ประกอบเข้ากับกรวยซึ่งได้ทำความสะอาดและชั่งเรียบร้อยแล้ว หงายลงบนพื้นที่ราบมั่นคง และได้ระดับ ปิดลิ้นให้สนิทแล้วเททรายใส่ในกรวยจนเต็ม

2.3.2.2 เปิดลิ้นให้ทรายไหลลงในขวด คอยเติมทรายในกรวยไม่ให้น้อยกว่าครึ่งของกรวยอยู่ตลอดเวลา ต้องระวังไม่ให้ขวดและกรวยกระเทือน ซึ่งจะทำให้ค่าความแน่นของทรายผิดได้ เมื่อทรายเต็มขวดโดยหยุดไหลแล้ว ให้ปิดลิ้นเททรายที่เหลือในกรวยทิ้ง

2.3.2.3 ชั่งน้ำหนักขวดพร้อมกรวยและทราย ที่บรรจุอยู่เต็มขวด หักออกด้วยน้ำหนักในข้อ 2.3.1.1 จะได้น้ำหนักของทรายเต็มขวด

2.3.2.4 ให้ทำการทดสอบอย่างน้อย 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักของทรายเต็มขวด

2.3.3 วิธีหาน้ำหนักของทรายที่บรรจุเต็มกรวย ดำเนินการ ดังนี้

2.3.3.1 ดำเนินการตามข้อ 2.3.2.1 และข้อ 2.3.2.2 แล้วชั่งน้ำหนักขวด พร้อมกรวยและทรายที่บรรจุอยู่เต็มขวด

2.3.3.2 คว่ำกรวยลงบนแผ่นฐาน ให้ปากกรวยตรงกับร่องของแผ่นฐาน โดยแผ่นฐานต้องวางอยู่บนพื้นที่ราบเรียบสะอาดและตรึงสนิทกับพื้น

2.3.3.3 เปิดลิ้นให้ทรายไหลจนเต็มกรวยโดยไม่ให้ขวดทรายกระเทือนเมื่อทรายหยุดไหลแล้วจึงปิดลิ้น

2.3.3.4 นำขวดทรายที่เหลือไปชั่งน้ำหนัก นำมาหักออกจากน้ำหนักที่หาได้ในข้อ 2.3.3.1 จะได้น้ำหนักของทรายที่บรรจุเต็มกรวย

2.3.3.5 ให้ทำการทดสอบอย่างน้อย 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักของทรายที่บรรจุเต็มกรวย

2.3.4 วิธีหาค่าความแน่นของดินในสนาม ดำเนินการดังนี้

2.3.4.1 ปรับแต่งพื้นผิวบริเวณที่จะทดสอบให้ราบเรียบ สะอาด

2.3.4.2 วางแผ่นฐานลงบนพื้นที่จะทดสอบแล้วตรึงแผ่นฐานให้แน่น

2.3.4.3 เจาะดินตรงรูกลางแผ่นฐานเป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ารูกลางของแผ่นฐาน โดยเจาะเป็นแนวดิ่ง ตลอดชั้นวัสดุที่ทดสอบ หรือลึกประมาณ 10-15 ซม.. แล้วแต่ชนิดของงาน แต่งหลุมให้เรียบร้อยเพื่อให้ทรายไหลลงแทนที่ได้สะดวก

2.3.4.4 นำดินที่เจาะขึ้นมาทั้งหมดไปชั่งหาน้ำหนัก จะได้น้ำหนักของดินชื้น และภาชนะใส่ดิน เมื่อหักน้ำหนักภาชนะที่ใส่ดินออกแล้ว จะเหลือน้ำหนักรวมของดินชื้น

2.3.4.5 คลุกดินที่เก็บจากหลุมในภาชนะใส่ดินให้ทั่วแล้วเก็บใส่ตลับบรรจุดินอย่างน้อย 100 กรัม ปิดฝาตลับแล้วนำไปชั่งและอบให้แห้งคำนวณหาปริมาณน้ำที่ผสมอยู่ในดินเป็นร้อยละ ของน้ำหนักดินที่อบแห้ง

2.3.4.6 คว่ำขวดที่บรรจุทรายอยู่เต็มพร้อมกรวยตามวิธีข้อ 2.3.3.1 และ 2.3.3.2 ซึ่งชั่งน้ำหนักไว้แล้วลงบนร่องของแผ่นฐาน เปิดลิ้นให้ทรายไหลลงจนเต็มหลุม โดยไม่ให้ขวดทรายกระเทือน เมื่อทรายหยุดไหลแล้ว จึงปิดลิ้น นำขวดทรายที่เหลือไปชั่งน้ำหนัก เก็บทรายสะอาดเพื่อใช้งานต่อไป ส่วนทรายที่ชื้นหรือสกปรก ให้นำไปทำความสะอาดนำน้ำหนักในตอนหลังหักออกจากน้ำหนักที่ชั่งได้ก่อนคว่ำกรวย จะได้น้ำหนักของทรายที่ไหลออกไปจากขวด

2.3.4.7 นำน้ำหนักที่ได้ในข้อ 2.3.3 ไปหักออกจากน้ำหนักของทรายที่ไหลออกไปจากขวด ในข้อ 2.3.4.6 แล้ว จะได้น้ำหนักทรายที่แทนที่ดินในหลุม

3. การคำนวณ

3.1 ความแน่นแบบบัลค์ ของทราย

3.1.1 หาปริมาตรของขวด

$$L = MT$$

เมื่อ L = ปริมาตรของขวด (ลบ.ซม..)

M = น้ำหนักของน้ำเต็มขวด (กรัม)

T = ปริมาตรของน้ำซึ่งหนัก 1 กรัม ที่อุณหภูมิทดลอง (ตารางที่ 1) (ลบ.ซม../กรัม)

3.1.2 ความแน่นแบบบัลค์ ของทราย

$$\gamma_s = \frac{M_1}{L}$$

เมื่อ γ_S = ความแน่นแบบบัลค์ของทราย (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)
M_1 = น้ำหนักของทรายเต็มขวด (กรัม)
L = ปริมาตรของขวด (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.2 ความชื้นในดินเป็นร้อยละ

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

เมื่อ W = ความชื้นในดินเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับน้ำหนักดินอบแห้ง
W_1 = น้ำหนักของดินชื้น (กรัม)
W_2 = น้ำหนักของดินอบแห้ง (กรัม)

3.3 หาปริมาตรของหลุม

$$V = \frac{M_2}{\gamma_S}$$

เมื่อ V = ปริมาตรของหลุม (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
M_2 = น้ำหนักทรายที่แทนที่ดินในหลุม (กรัม)
γ_S = ความแน่นแบบบัลค์ของทราย (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.4 ความแน่นชื้นของดินที่ขุดออกจากหลุม

$$\gamma_w = \frac{P}{V}$$

เมื่อ γ_w = ความแน่นชื้นของดินที่ขุดออกจากหลุม (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)
P = น้ำหนักรวมของดินชื้นที่ขุดออกจากหลุม (กรัม)
V = ปริมาตรของหลุม (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.5 ความแน่นแห้งของดินที่ขุดออกจากหลุม

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{1+\frac{W}{100}}$$

เมื่อ γ_d = ความแน่นแห้งของดินที่ขุดออกจากหลุม (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

γ_w = ความแน่นชื้นของดินที่ขุดออกจากหลุม (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.6 ร้อยละของการบดอัด

$$P_c = \frac{\gamma_d}{\gamma_m}$$

เมื่อ P_c = ร้อยละของการบดอัด

γ_d = ความแน่นแห้งของดินที่จุดออกจากหลุม (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

γ_m = ความแน่นแห้งสูงสุดของดินตัวอย่างชนิดเดียวกับดินที่ขุดออกจากหลุม (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) ตามวิธีทดสอบ มถ.(ท) 501-2550 หรือ มถ.(ท) 502-2550 : มาตรฐานการทดสอบความแน่น แบบสูงกว่ามาตรฐาน

4. การรายงาน

4.1 ให้รายงานชื่อโครงการ สายทาง ชั้นของวัสดุ ชนิดของวัสดุ รายนามเจ้าหน้าที่ที่ทดสอบ วันเวลาที่ทดสอบ ความแน่นของทรายที่หาได้ ตำแหน่งที่ทดสอบ ความหนาของชั้นต่าง ๆ ตามสัญญา และความหนาจริงในการก่อสร้าง และรายละเอียดอื่น ๆ

4.2 ค่าความแน่นของดินให้ใส่ทศนิยม 3 ตำแหน่ง และร้อยละของการบดอัดให้ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

5. ข้อควรระวัง

5.1 แผ่นฐานที่วางบนพื้นทดสอบต้องตรึงให้แน่น

5.2 พื้นผิวที่ทดสอบควรราบเรียบได้ระดับ สะอาด

5.3 ขณะทดสอบต้องไม่ให้ขวดทรายกระเทือน

5.4 หาค่าความแน่นแบบบัลค์ ของทราย อย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

5.5 ทรายที่ใช้ทดสอบต้องสะอาดและแห้ง

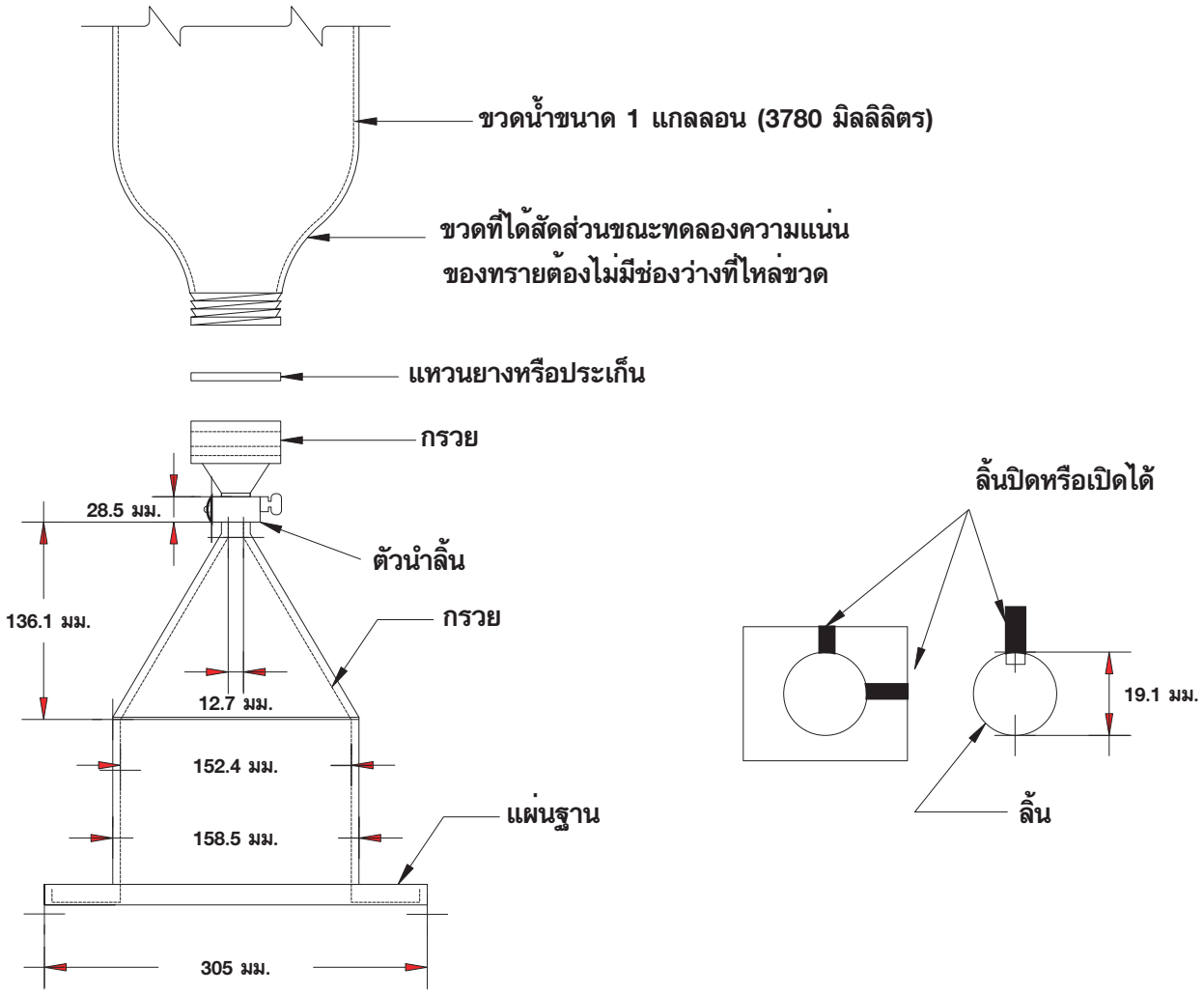
5.6 ต้องปิดลิ้นก่อนคว่ำขวดทรายทุกครั้ง

5.7 ในขณะขนย้ายเครื่องมือให้อุ้มตัวขวดโดยตรง ห้ามหิ้วที่กรวยเพราะตรงบริเวณลิ้นไม่แข็งแรง อาจขาดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีทรายบรรจุอยู่เต็มขวด

6. **หนังสืออ้างอิง**

6.1 เอกสารการทดสอบที่ ทล-ท. 603/251 วิธีทดสอบหาค่าความแน่นของวัสดุในสนาม โดยใช้ทรายกองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

6.2 STANDARD METHOD OF TEST FOR DENSITY OF SOIL IN-PLACE BY THE SAND-CONE METHOD; AASHTO DESIGNATION : T 191-61 (1974)



รูปที่ 1 ชุดเครื่องมือทดสอบความแน่น (Density Apparatus)

โครงการ.....	บฟ.มถ.(ท) 504-2550	ทะเบียนทดสอบ.....	
.....		ผู้ทดสอบ	
สถานที่ก่อสร้าง.....	(หน่วยที่ทำการทดสอบ)		
ผู้รับจ้าง.....	การทดสอบความแน่นของวัสดุงานทางในสนาม	ผู้ตรวจสอบ	
ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....	ความแน่นของทราย ..... กรัม/ซม.^{3} ☐ Std.		
ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	น้ำหนักทรายในกรวย ..... กรัม ☐ Mod.	อนุมัติ	
	ความแน่นที่ต้องการ..... ร้อยละ		

ตำแหน่ง	ตัวอย่าง	1	2	3	4	5	6	7	8
	จุดทดสอบ								
	ความหนา ซม.								
น.น.ขวดแก้ว + กรวย + ทราย (กรัม)									
น.น.ขวดแก้ว + กรวย + ทรายที่เหลือ (กรัม)									
น.น.ทรายในหลุม+กรวย (กรัม)									
น.น.ทรายในหลุม (กรัม)									
ปริมาตรหลุมที่ขุด (ซม.^{3})									
น.น.ภาชนะ + วัสดุชื้น (กรัม)									
น.น.ภาชนะ (กรัม)									
น.น.วัสดุชื้น (กรัม)									
ความแน่นของวัสดุชื้น (กรัม/ซม.^{3})									
ตลับหมายเลข									
น.น.วัสดุชื้น + ตลับ (กรัม)									
น.น.วัสดุแห้ง + ตลับ (กรัม)									
น.น.น้ำ (กรัม)									
น.น.ตลับ (กรัม)									
น.น.วัสดุแห้ง (กรัม)									
ความชื้นในวัสดุ (ร้อยละ)									
ความแน่นของวัสดุแห้ง (กรัม/ซม.^{3})									
ความแน่นสูงสุด (กรัม/ซม.^{3})									
ค่าร้อยละของการบดอัดวัสดุ (ร้อยละ)									
ผลการทดสอบ									

โครงการ.....	บฟ.มถ.(ท) 504-2550	ทะเบียนทดสอบ.....	
.....		ผู้ทดสอบ	
สถานที่ก่อสร้าง.....	(หน่วยที่ทำการทดสอบ)		
ผู้รับจ้าง.....	การทดสอบความแน่นของวัสดุงานทางในสนาม	ผู้ตรวจสอบ	
ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....	ความแน่นของทราย ..... กรัม/ซม.^{3} ☐ Std.		
ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	น้ำหนักทรายในกรวย ..... กรัม ☐ Mod.	อนุมัติ	
	ความแน่นที่ต้องการ..... ร้อยละ		

STATION	SAMPLE	1	2	3	4	5	6	7	8
	DISTANCE m.								
	OFFSET m.								
WT. OF CONTAINER + SAND gm.									
WT. OF CONTAINER + SAND REMAINING gm.									
WT. OF SAND IN HOLE + FUNNEL gm.									
WT. OF SAND IN HOLE gm.									
VOLUME OF SAND cc.									
WT. OF CONTAINER + WET SAMPLE gm.									
WT. OF CONTAINER gm.									
WT. OF WET SAMPLE gm.									
WET DENSITY gm./cc.									
CAN NO.									
WT. OF WET SAMPLE + CAN gm.									
WT. OF DRY SAMPLE + CAN gm.									
WT. OF WATER gm.									
WT. OF CAN gm.									
WT. OF DRY SAMPLE gm.									
WATER CONTENT %									
DRY DENSITY gm./cc.									
MAXIMUM DRY DENSITY gm./cc.									
PERCENT OF COMPACTION %									
RESULTS									
REMARKS									

มถ.(ท) 505-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าขีดเหลว (Liquid Limit : L.L.)

1. ขอบข่าย

วิธีการทดสอบนี้เป็นการหาค่าขีดเหลวของดิน

2. นิยาม

ขีดเหลวของดินคือ ปริมาณน้ำเป็นร้อยละที่ผสมอยู่ในดิน ซึ่งพอเหมาะที่ทำให้ดินเปลี่ยนจากภาวะพลาสติก (Plastic) มาเป็นภาวะเหลว (Liquid) โดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักของเนื้อดินนั้นเมื่ออบแห้ง

3. วิธีทำ

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

3.1.1 ถ้วยกระเบื้องเคลือบหรือถ้วยที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 115 มม. (4 1/2 นิ้ว)

3.1.2 ใบพายกวนดิน (Spatula) ทำด้วยแผ่นโลหะบางไร้สนิม มีปลายมนขนาดยาวประมาณ 75 มม. (3 นิ้ว) กว้าง 19 มม. (3/4นิ้ว)

3.1.3 เครื่องมือทดสอบ แบ่งเป็น 2 ชนิด

3.1.3.1 เครื่องมือทดสอบที่ทำงานด้วยเครื่องมือ ประกอบด้วยถ้วยทองเหลืองและที่ยกถ้วย สร้างอย่างถูกต้องตามแบบและขนาดตามรูปที่ 1 (ก)

3.1.3.2 เครื่องมือทดสอบที่ทำงานด้วยเครื่องกล เป็นเครื่องมือที่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า โดยมีความสูงในการยกถ้วยทองเหลือง และอัตราการตกกระทบพื้นตามข้อกำหนดของการทดสอบนี้ ขนาดของถ้วยทองเหลืองและขนาดของส่วนที่สำคัญของเครื่อง ต้องสอดคล้องกับที่แสดงไว้ตามรูปที่ 1 (ก) และผลการทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบที่ทำงานด้วยเครื่องกลนี้ ต้องเหมือนกับผลการทดสอบที่ทดสอบ โดยใช้เครื่องมือทดสอบที่ทำงานด้วยมือ

3.1.4 เครื่องมือปาดร่องดิน (Grooving Tool) ต้องมีขนาดในส่วนที่สำคัญตามรูปที่ 1 (ข) ส่วนที่ใช้วัดระยะไม่ถือว่าเป็นส่วนสำคัญ

3.1.5 เครื่องวัดระยะ (Gauge) ถ้าติดอยู่กับเครื่องมือปาดร่องดินต้องมีขนาดในส่วนที่สำคัญตาม รูปที่ 1 (ข) ถ้าแยกส่วนกับเครื่องมือปาดร่องดินจะต้องมีลักษณะเป็นแท่งทำด้วยโลหะหนา 10.00 ± 0.02 มม. (0.394 ± 0.001 นิ้ว) และยาวประมาณ 50.8 มม. (2 นิ้ว)

3.1.6 ตลับบรรจุดิน (Container) ต้องมีขนาดพอเหมาะทำด้วยโลหะมีฝาปิด เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นขณะก่อนชั่งและระหว่างชั่งหาน้ำหนัก

3.1.7 เครื่องชั่ง ต้องสามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

3.1.8 ตู้อบ ต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110±5 องศาเซลเซียส (230±9 องศาฟาเรนไฮต์) ตลอดเวลาที่ทำการอบดิน

3.1.9 ถ้วยตวงน้ำ สำหรับตวงน้ำ เพื่อผสมลงในดิน

3.1.10 เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) ใช้สำหรับผสมและแบ่งตัวอย่างดิน เพื่อนำมาทดสอบ

3.1.11 ตะแกรงร่อนขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) และขนาด 0.425 มม. (เบอร์ 40)

3.2 การเตรียมตัวอย่าง

3.2.1 ผึ่งตัวอย่างดินให้แห้ง หรืออบให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส คลุกเคล้ากันให้ทั่ว แล้วแบ่งออกเป็นสี่ส่วน (Quartering) หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่างแบ่งดินให้ได้ตัวอย่างซึ่งสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ได้ประมาณ 300 กรัม

3.2.2 ถ้าตัวอย่างดินจับกันเป็นก้อนให้ใช้ค้อนยางทุบเบา ๆ พอให้เม็ดดินหลุดออกจากกันโดยไม่ให้เม็ดดินแตก

3.2.3 เอาดินที่ได้มาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ส่วนที่ค้างบนตะแกรงให้ทิ้งไปและเอาดินส่วนที่ร่อนผ่านมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 อีกครั้งหนึ่งโดยใช้เวลาร่อนไม่น้อยกว่า 5 นาที

3.2.4 ดินที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 40 ให้ทิ้งไป ส่วนดินที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 คือ ดินที่จะนำไปใช้ทดสอบต่อไป

3.3 แบบฟอร์ม ให้ใช้แบบฟอร์ม ที่ บฟ. มถ.(ท) 505-2550 : การทดสอบหาค่าแอตเตอร์เบิร์กและค่าขีดหดตัว

3.4 การทดสอบ

ก่อนทำการทดสอบทุกครั้งให้ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ทดสอบทั้งหมดว่าอยู่ในสภาพที่ดี มีขนาดถูกต้องตรงตามข้อกำหนด ตามรูปที่ 1 เสียก่อน และตรวจดูถ้วยทองเหลืองของเครื่องทดสอบขีดจำกัดเหลวว่ายกได้สูง 1 ซม.. แล้วสามารถตกกระทบพื้นได้อย่างอิสระหรือไม่ ถ้าไม่ได้ให้ปรับให้ถูกต้อง

3.4.1 เอาดินที่เตรียมไว้ประมาณ 100 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบเติมน้ำกลั่นที่ปราศจากสารใด ๆ เจือปนประมาณ 15 ถึง 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงผสมและกวนให้เนื้อดินและน้ำผสมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้ใบพายกวนดินนวดและเคล้าไปมา เติมน้ำอีกครั้งละ 1-3 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วกวนจนดินและน้ำเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที ห้ามใช้ถ้วยทองเหลืองของเครื่องทดสอบขีดเหลว เป็นที่ผสมดินกับน้ำ

3.4.2 เมื่อผสมน้ำกวนดินจนเหนียวพอประมาณเคาะได้ 40 ครั้ง ให้ใช้แผ่นกระจกปิดปากถ้วยไว้ แล้วทิ้งไว้ประมาณ 50-60 นาที เพื่อให้ดินชุ่มน้ำตลอดทั่วถึงกัน

3.4.3 แบ่งดินส่วนหนึ่ง จำนวนพอควร ใส่ลงในถ้วยทองเหลืองของเครื่องมือทดสอบขีดเหลว บริเวณเหนือก้นถ้วยทองเหลืองที่อยู่บนฐาน ใช้พายกวนดินปาดแต่งให้ได้ระดับและไม่ให้มีฟองอากาศในเนื้อดิน และให้เนื้อดินที่ก้นถ้วยทองเหลืองหนาประมาณ 1 ซม.. พยายามปาดแต่งให้น้อยที่สุด ดินส่วนที่เหลือตักออกใส่ถ้วยกระเบื้องเคลือบอย่างเดิม

3.4.4 จับถ้วยทองเหลืองให้แน่น แล้วใช้เครื่องมือปาดร่องดิน ปาดดินให้เป็นร่องตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของถ้วยทองเหลือง โดยลากตัดไปมาจนร่องที่ได้สะอาดและเหลี่ยมมุมคม ขนาดของร่องต้องถูกต้องตามรูปที่ 2 เพื่อไม่ให้ร่องดินฉีกขาด หรือดินในถ้วยทองเหลืองเลื่อนไถล ให้ค่อย ๆ ลากเครื่องมือปาดร่องดินไปมาโดยเพิ่มความลึกลงในเนื้อดินทีละน้อยแต่ต้องไม่ปาดไปมาเกิน 6 ครั้ง โดยครั้งสุดท้ายเครื่องมือปาดร่องดินจะขูดผิวของก้นถ้วยทองเหลืองพอดี

3.4.5 หมุนเคาะถ้วยทองเหลืองด้วยอัตราเร็ว 2 ครั้งต่อวินาที จนดินสองข้างของร่องเลื่อนมาชนกันที่ก้นถ้วยทองเหลืองยาวประมาณ 12.7 มม. (0.5 นิ้ว) บันทึกจำนวนครั้งที่เคาะไว้ การทดสอบในข้อ 3.4.3 ถึง 3.4.5 นี้ต้องใช้เวลาไม่เกิน 3 นาที

3.4.6 ให้เก็บตัวอย่างดินตรงที่เลื่อนมาชนกันตลอดแนวความกว้างของดินที่ตั้งฉากกับร่องดินใส่ลงตลับบรรจุดินนำไปชั่งทันที บันทึกน้ำหนักไว้ อบดินในตลับจนแห้งด้วยอุณหภูมิ 110$\pm$5 องศาเซลเซียส (230$\pm$9 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วนำไปชั่งบันทึกน้ำหนักที่ชั่งไว้ น้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของน้ำที่ระเหยออกไป การชั่งน้ำหนักดินในข้อนี้ต้องอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

3.4.7 เอาดินที่เหลือในถ้วยทองเหลืองใส่กลับลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบ แล้วเติมน้ำผสมลงไปกวนจนเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนถ้วยทองเหลืองและเครื่องมือปาดร่องดิน ให้ล้างและเช็ดให้แห้ง

3.4.8 ทำการทดสอบตามข้อ 3.4.3 ถึงข้อ 3.4.7 ทั้งสิ้น 4 ครั้ง ด้วยการเพิ่มน้ำลงในดิน เพื่อให้เหลวมากขึ้นในการทดสอบครั้งถัดไป โดยให้การหมุนเคาะถ้วยทองเหลืองในการทดสอบแต่ละครั้งในอัตรา 35-40, 25-35, 20-30, 15-25 ครั้ง คือ ให้เคาะต่างกันประมาณ 5-7 ครั้ง ถ้าหมุนเคาะน้อยกว่า 15 ครั้ง หรือมากกว่า 40 ครั้ง ถือว่าการทดสอบนั้นใช้ไม่ได้

3.4.9 ในกรณีที่ผสมดินเหลวไป ให้เกลี่ยดินออกเป็นชั้นบาง ๆ แล้วผึ่งลมไว้ชั่วครู่จนดินแห้งตามต้องการ อย่าทิ้งไว้ให้แห้งจนแข็ง ห้ามใช้วิธีเอาดินแห้งผสมเพิ่มลงไปในดินเหลว

4. **การคำนวณ**

คำนวณปริมาณน้ำที่ผสมอยู่ในดินเป็นร้อยละของน้ำหนักต่อน้ำหนักดินอบแห้ง ดังนี้

คำนวณหาค่าความแน่นชื้น (Wet Density)

$$\text{ความชื้นเป็นร้อยละ} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำ}}{\text{น้ำหนักของดินแห้ง}} \times 100$$

5. **การรายงาน**

5.1 เขียนโฟลว์เคิฟ (Flow Curve) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในเนื้อดินและจำนวนครั้งของการหมุนเคาะในการทดสอบลงบนกระดาษกราฟ กึ่งลอการิทึม (Semi-Logarithmic Graph) โดยให้แกนตั้งแสดงค่าความชื้นในเนื้อดินเป็นร้อยละ และจำนวนครั้งที่เคาะอยู่บนแกนนอน ซึ่งเป็นมาตราลอการิทึม (Logarithm) โฟลว์เคิฟ ควรเป็นเส้นตรง ที่ลากผ่านหรือใกล้จุดที่ได้บนกระดาษกราฟ มากจุดที่สุด

5.2 ค่าขีดเหลว คือ ความชื้นเป็นร้อยละ (Percentage of Moisture) ตรงจุดที่โฟลว์เคิฟ มีจำนวนครั้งที่หมุนเคาะเท่ากับ 25 ครั้ง

6. **ข้อควรระวัง**

6.1 ในดินบางชนิดที่มีค่า “ดัชนีความเป็นพลาสติก (Plasticity Index : P.I.)” ต่ำ การเลื่อนตัวของดินมาชนกันในถ้วยทองเหลือง ขณะทดสอบอาจมีลักษณะชนกันเฉย ๆ ไม่เชื่อมเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถใช้ใบพายกวนดินเขี่ยให้แยกออกจากกันได้ ต้องเพิ่มน้ำลงผสมในเนื้อดินแล้วทำการทดสอบใหม่

6.2 การเตรียมตัวอย่างดินก่อนการร่อนผ่านตะแกรง เบอร์ 40 ต้องบดให้เม็ดดินหลุดออกจากกันให้หมดโดยไม่ทำให้เม็ดดินแตก และไม่อบตัวอย่างดินเกินอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

6.3 เมื่อสิ้นสุดการเคาะดินแต่ละการทดสอบ ให้รีบเก็บตัวอย่างดินแล้วชั่งเพื่อหาความชื้นทันที เพราะน้ำในดินจะระเหยทำให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อนได้

6.4 ห้ามผสมดินในถ้วยทองเหลืองของเครื่องมือทดสอบขีดเหลว ให้ผสมในถ้วยกระเบื้องเคลือบเท่านั้น

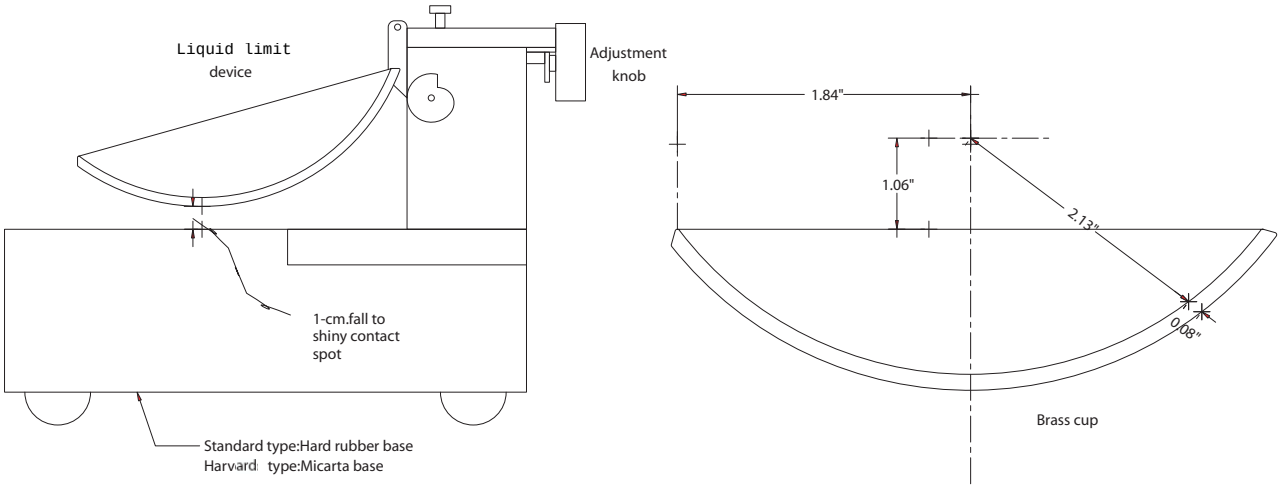
6.5 ในขณะทำการทดสอบให้วางเครื่องทดสอบบนพื้นที่มั่นคงแข็งแรง และจับยึดเครื่องมือทดสอบไม่ให้เคลื่อนที่ขณะหมุนเคาะถ้วยทองเหลือง

6.6 น้ำที่ใช้ผสมดินทดสอบ ต้องบริสุทธิ์ สะอาดปราศจากสารใด ๆ ที่สามารถทำให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อน

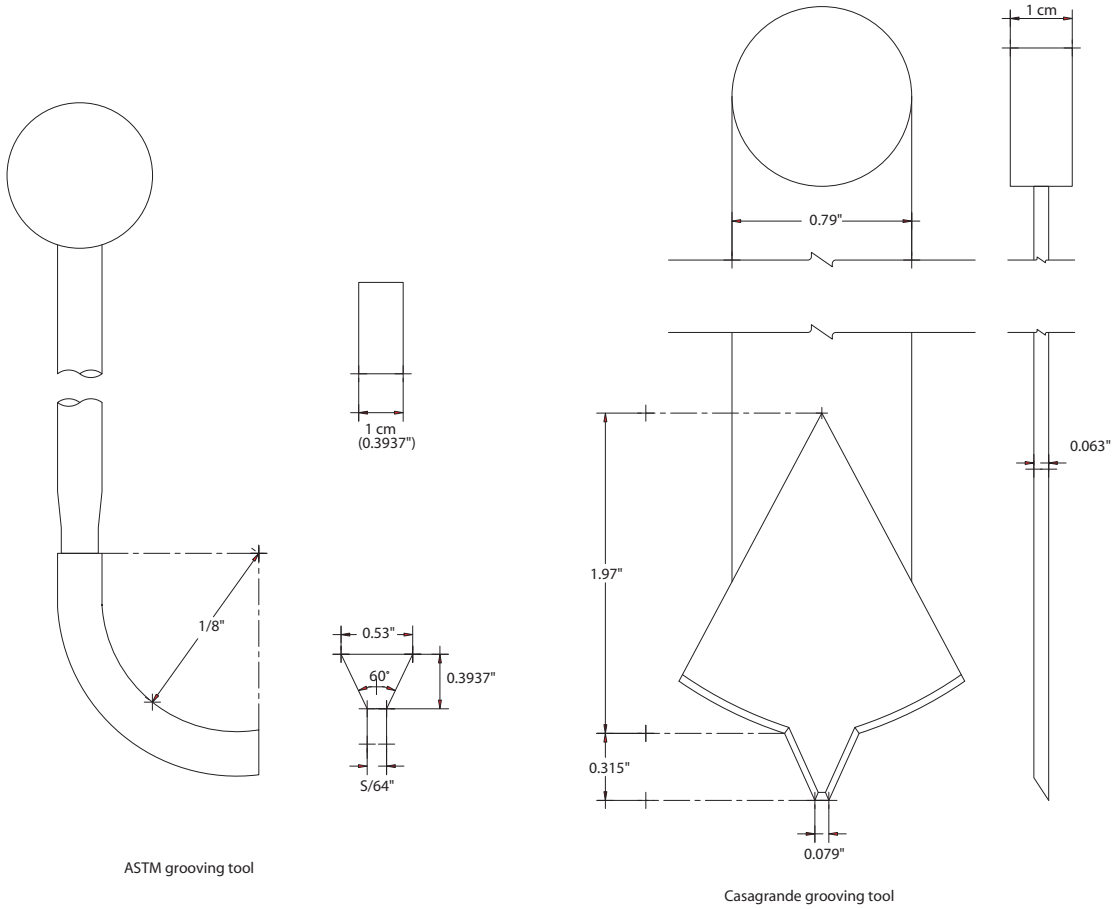
7. หนังสืออ้างอิง

7.1 เอกสารการทดสอบที่ ทล-ท. 102/2515 กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

7.2 STANDARD METHOD OF TEST FOR DETERMINING THE LIQUID LIMIT OF SOILS ; AASHTO DESIGNATION : T 89-76



รูปที่ 1 (ก) เครื่องมือทดสอบเพื่อหาค่าขีดเหลว



รูปที่ 1 (ข) เครื่องมือปาดร่องดิน

โครงการ.....

.....

สถานที่ก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง.....

ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....

ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....

บฟ.มถ.(ท) 506-2550

(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)

การทดสอบหาค่าแอตเตอร์เบิร์กและค่าขีดหดตัว

ลักษณะดิน..... หลุมที่.....

ความลึก.....เมตร ค่าความถ่วงจำเพาะ, Gs.....

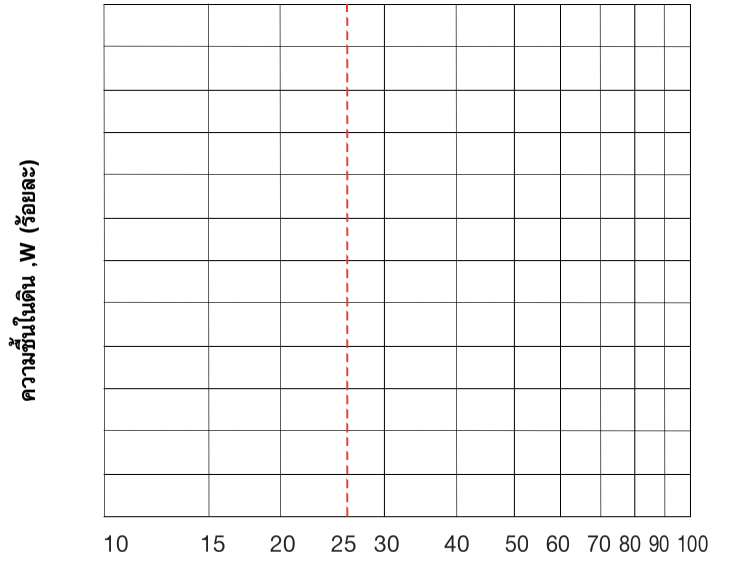
ทะเบียนทดสอบ.....

ผู้ทดสอบ

ผู้ตรวจสอบ

อนุมัติ

การทดสอบ		ค่าขีดเหลว (Liquid Limit)			ค่าขีดพลาสติค (Plastic Limit)			ค่าขีดหดตัว (Shrinkage Limit)		
ครั้งที่		1	2	3	1	2	3	1	2	3
ตลับบรรจุดินหมายเลข										
จำนวนของการหมุนเคาะ	(ครั้ง)									
น้ำหนักดินชื้น + ตลับ	(กรัม)									
น้ำหนักอบแห้ง + ตลับ	(กรัม)									
น้ำหนักน้ำ	(กรัม)									
น้ำหนักตลับบรรจุดิน	(กรัม)									
น้ำหนักดินอบแห้ง, W_s	(กรัม)									
ความชื้นในดิน, W	ร้อยละ									
ปริมาตรของดินชื้น, V	(ซม.^{3})									
ปริมาตรดินอบแห้ง, V_o	(ซม.^{3})									
การหดตัวเชิงปริมาณ										
(Shrinkage Vol) V - V_o	(ซม.^{3})									
ค่าขีดหดตัว, SL	(ซม.^{3})									



Group Symbols	L.L. = %	P.L. = %	P.I. = %	S.L. = %

มถ.(ท) 506-2550
วิธีการทดสอบหาค่าขีดพลาสติก
(Plastic Limit : P.L.)

1. **ขอบข่าย**

วิธีการทดสอบนี้เป็นการหาค่าขีดพลาสติกของดิน

2. **นิยาม**

2.1 ขีดพลาสติกของดิน หมายถึง ปริมาณน้ำจำนวนน้อยที่สุด ที่วัดโดยกรรมวิธีทดสอบที่จะกล่าวต่อไป ซึ่งยังคงทำให้ดินมีสภาพเป็นพลาสติก โดยมีค่าเป็นร้อยละของน้ำต่อน้ำหนักดินอบแห้ง

2.2 ค่าดัชนี ความเป็นพลาสติก (Plasticity Index : P.I.) ของดิน หมายถึง ปริมาณน้ำในดินช่วงหนึ่ง ซึ่งดินนั้นยังคงสภาพเป็นพลาสติก มีค่าเป็นผลต่างระหว่างค่าขีดเหลว และขีดพลาสติกของดินนั้น

3. **วิธีทำ**

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

3.1.1 ถ้วยกระเบื้องเคลือบหรือถ้วยที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน สำหรับใส่ดินกวนผสมกับน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 115 มม. (4 1/2 นิ้ว)

3.1.2 ใบพายกวนดิน (Spatula) ทำด้วยแผ่นโลหะบางไร้สนิม มีปลายมนขนาดยาวประมาณ 75 มม. (3 นิ้ว) กว้าง 19 มม. (3/4นิ้ว)

3.1.3 พื้นผิวเรียบสำหรับคลึงดิน อาจใช้แผ่นกระจกเรียบหรือแผ่นวัสดุพื้นผิวเรียบไม่ดูดซึมน้ำในขณะคลึงตัวอย่างดิน

3.1.4 ตลับบรรจุดินต้องมีขนาดพอเหมาะทำด้วยโลหะมีฝาปิด เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นขณะก่อนชั่งและระหว่างชั่งหาน้ำหนัก

3.1.5 เครื่องชั่ง ต้องสามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

3.1.6 ตู้อบ ต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110$\pm$5 องศาเซลเซียล (230$\pm$9 องศาฟาเรนไฮต์) ตลอดเวลาที่ทำการอบดิน

3.1.7 ตะแกรงร่อนดินขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) และขนาด 0.425 มม. (เบอร์ 40)

3.2 การเตรียมตัวอย่าง ดำเนินการตามวิธีการเตรียมตัวอย่าง เช่นเดียวกับการทดสอบเพื่อหาค่าขีดเหลว ตาม มถ.(ท) 505 : มาตรฐานการทดสอบเพื่อหาค่าขีดเหลว

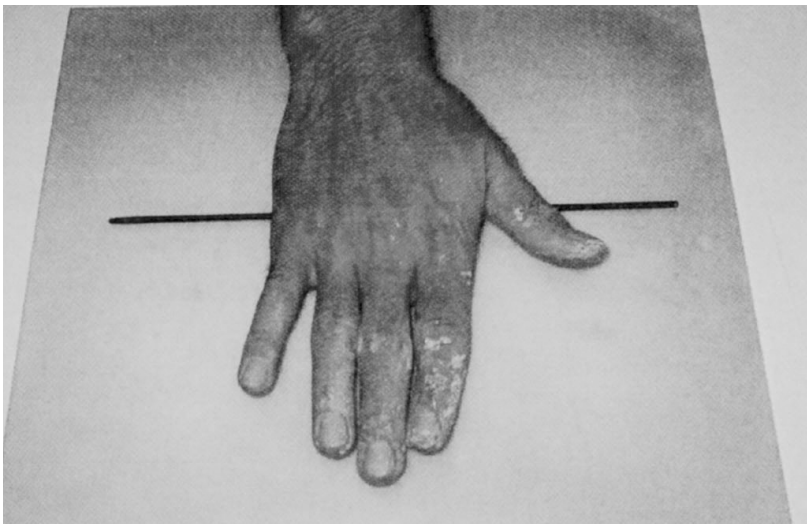
3.3 แบบฟอร์ม ให้ใช้แบบฟอร์ม ที่ บฟ. มถ.(ท) 505-2550 : การทดสอบหาค่าแอตเตอร์เบิร์กและค่าขีดหดตัว

3.4 การทดสอบ

3.4.1 เอาดินตัวอย่างที่เตรียมไว้ประมาณ 20 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบเติมน้ำกลั่นลงแล้วกวนให้ทั่วจนเป็นเนื้อเดียวกันและเหนียวพอที่จะปั้นเป็นก้อนได้ แบ่งดินนั้นมาประมาณ 8 กรัม คลึงให้เป็นรูปลักษณะแท่งกลมยาว หรือเส้นยาว (Ellipsoidal Shape)

3.4.2 นวดและคลึงดินรูปลักษณะแท่งกลมยาวนั้นบนผิวพื้นเรียบสำหรับคลึงดินที่วางราบอยู่ด้วยนิ้วมือ ให้กดดินด้วยแรงพอสมควรจนดินมีลักษณะเป็นเส้นยาว และมีเส้นผ่านศูนย์กลางสม่ำเสมอกันตลอดเส้นด้วยอัตราการคลึงไปมาระหว่าง 80-90 เที่ยวต่อนาที โดยถือว่าการคลึงไปและกลับเป็นหนึ่งเที่ยว

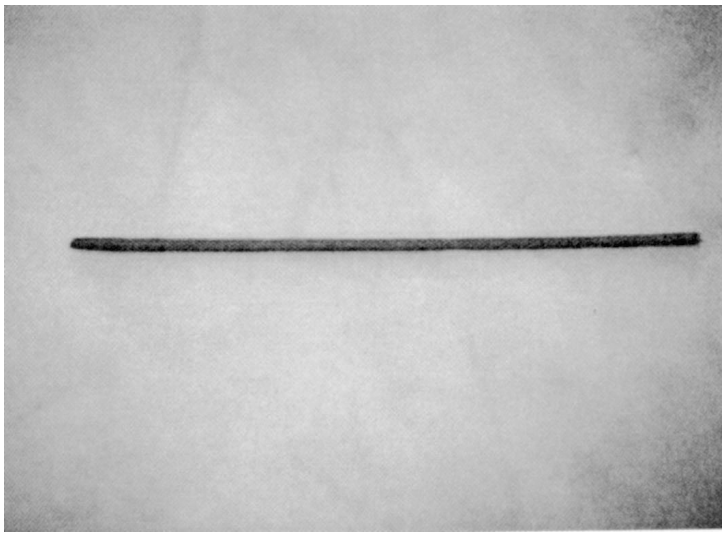
3.4.3 เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของดินที่คลึงมีขนาด 3.2 มม. (1/8 นิ้ว) แล้วตัวอย่างดินยังไม่แตกให้ตัดดินนี้ออกเป็น 6 ถึง 8 ส่วน บีบนวดเข้าด้วยกันด้วยนิ้วมือจนดินเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน คลึงให้เป็นรูปลักษณะแท่งกลมยาว แล้วทำตามข้อ 3.4.2 ซ้ำใหม่ ดูรูปที่ 1 การคลึงดินเพื่อหาขีดพลาสติก



รูปที่ 1 การคลึงดินเพื่อหาขีดพลาสติก

3.4.4 เมื่อคลึงจนดินมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มม. (1/8 นิ้ว) แล้วดินแตกร้าวออก ไม่สามารถคลึงให้เป็นเส้นต่อเนื่องกันได้ให้รวบรวมตัวอย่างดินที่แตกทั้งหมดใส่ลงตลับบรรจุดิน ปิดฝาทันที แล้วนำไปชั่งบันทึกน้ำหนักไว้แล้วเอาไปอบที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส (230±9 องศาฟาเรนไฮต์) จนแห้ง นำไปชั่งใหม่บันทึกน้ำหนักดินแห้งไว้ น้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของน้ำที่อยู่ในดิน การชั่งน้ำหนักให้อ่านละเอียดถึง 0.01 กรัม

3.4.5 การแตกของดินในข้อ 3.4.4 มีหลายลักษณะแล้วแต่ชนิดของดิน อาจแตกร่วนเป็นก้อนเล็ก ๆ อาจลอกออกเป็นชั้น ๆ จากปลายทั้งสองข้างเข้าหาส่วนกลางจนแตกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ เป็นต้น ตามรูปที่ 2 ตัวอย่างดินแท่งกลมยาว



รูปที่ 2 ตัวอย่างดินแท่งกลมยาว

3.4.6 สำหรับดินเหนียวมาก ๆ (Heavy Clay Soil) ต้องใช้แรงกดในการคลึงมาก โดยเฉพาะเมื่อใกล้จะแตกแต่เมื่อคลึงจนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มม. (1/8 นิ้ว) แล้วดินเหนียวยังไม่แตกให้ลดแรงกด หรืออัตราความเร็วของการคลึงลงหรือลด ทั้งสองอย่างแล้วคลึงต่อไปโดยไม่ทำให้เส้นดินชิ้นเล็กลงจนในที่สุดดินเหนียวจะขาดออกเป็นท่อน ๆ ยาวประมาณ 6.4 มม. ถึง 9.5 มม. (1/4 นิ้ว ถึง 3/8 นิ้ว)

3.4.7 สำหรับดินเหนียวที่อ่อนมาก (Very Soft Clay) ให้คลึงเป็นรูปไข่ยาวในตอนเริ่มการทดสอบให้มีขนาดใกล้เคียงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มม. (1/8 นิ้ว) ได้ เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดิน

3.4.8 ในกรณีที่คลึงดินจนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใกล้เคียง 3.2 มม. (1/8 นิ้ว) หรือใหญ่กว่าเล็กน้อยแล้วดินนั้นแตก ถ้าดินนั้นเคยคลึงให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3.2 มม. (1/8 นิ้ว) ได้มาก่อน ให้ถือว่าดินนั้นแตกที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มม. (1/8 นิ้ว)

3.4.9 ในการคลึงให้ดินเป็นเส้น ให้คลึงด้วยแรงกดและอัตราความเร็วสม่ำเสมอคงที่ ห้ามเร่งเพื่อให้ดินแตกเมื่อมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มม. (1/8 นิ้ว)

3.4.10 ต้องทำการทดสอบอย่างน้อยตัวอย่างละ 2 ครั้ง และผลต่างของผลที่ได้จะต้องต่างกันไม่เกินร้อยละ 2

4. การคำนวณ

คำนวณค่าขีดพลาสติก เป็นร้อยละของน้ำที่ผสมอยู่ในดินที่อบแห้ง ดังนี้

$$\text{ขีดพลาสติก (ความชื้นเป็นร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำ}}{\text{น้ำหนักของดินอบแห้ง}} \times 100$$

ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก เป็นผลต่างระหว่างขีดเหลว และขีดพลาสติกของดินนั้น คำนวณ ดังนี้

ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (P.I.) = ค่าขีดเหลว (L.L.) - ขีดพลาสติก (P.L.)

5. **การรายงาน**

ให้รายงานเป็นค่าขีดพลาสติก และค่าดัชนีความเป็นพลาสติก นอกจากดินมีสภาพต่อไปนี้

5.1 ให้รายงานค่าดัชนีความเป็นพลาสติก เป็น นอน-พลาสติก (Non-Plastic) เมื่อไม่สามารถวัดค่าขีดเหลว หรือขีดพลาสติก

5.2 เมื่อค่าขีดพลาสติกเท่ากับ หรือมากกว่าค่าขีดเหลว ให้รายงานค่าดัชนีความเป็นพลาสติก เป็น นอน-พลาสติก

6. **ข้อควรระวัง**

6.1 ในการคลึงให้ดินเป็นรูปลักษณะแท่งกลมยาว ให้คลึงด้วยแรงกดและอัตราเร็วสม่ำเสมอและคงที่ ห้ามเร่งเพื่อให้ดินแตก

6.2 เมื่อคลึงดินแตกแล้ว ให้รีบชั่งหาน้ำหนักทันที ก่อนที่น้ำจะระเหยหายไป

6.3 ดินที่มีค่าดัชนีความเป็นพลาสติกต่ำ ให้แต่งดินเป็นแท่งยาวก่อนคลึงและน้ำหนักนิ้วที่กดขณะคลึงต้องเบา และให้คอยซับน้ำที่เยิ้มออกจากตัวอย่างดินมาติดแผ่นผิวเรียบ

6.4 ตัวอย่างดินที่มีทรายปนมากอาจเป็นพวก นอน-พลาสติก ให้ทดลองหาค่าขีดพลาสติกก่อนเพื่อประหยัดเวลา

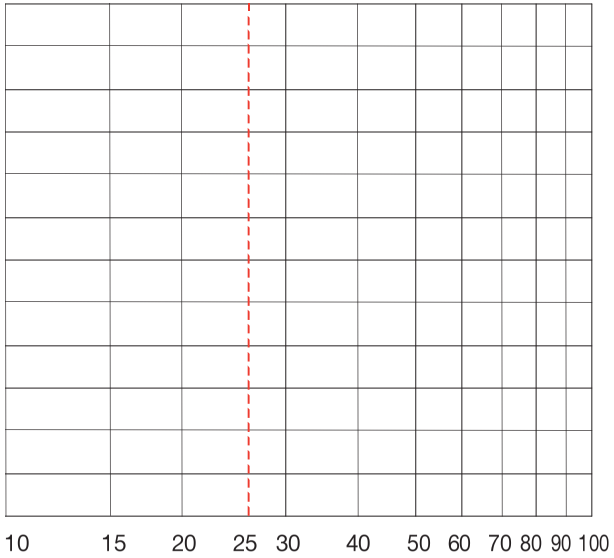
7. **หนังสืออ้างอิง**

7.1 เอกสารการทดสอบที่ ทล-ท. 103/2515 กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

7.2 STANDARD METHOD FOR DETERMINING THE PLASTIC LIMIT AND PLASTICITY INDEX OF SOILS ; AASHTO DESIGNATION : T 90-70

โครงการ.....	บฟ.มถ.(ท) 505-2550	ทะเบียนทดสอบ.....	
.....		ผู้ทดสอบ	
สถานที่ก่อสร้าง.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)		
ผู้รับจ้าง.....	การทดสอบหาค่าแอตเตอร์เบิร์กและค่าขีดหดตัว	ผู้ตรวจสอบ	
ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....	ลักษณะดิน..... หลุมที่.....		
ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	ความลึก.....เมตร ค่าความถ่วงจำเพาะ, Gs.....	อนุมัติ	

การทดสอบ		ค่าขีดเหลว (Liquid Limit)			ค่าขีดพลาสติค (Plastic Limit)			ค่าขีดหดตัว (Shrinkage Limit)		
ครั้งที่		1	2	3	1	2	3	1	2	3
ตลับบรรจุดินหมายเลข										
จำนวนของการหมุนเคาะ	(ครั้ง)									
น้ำหนักดินชื้น + ตลับ	(กรัม)									
น้ำหนักอบแห้ง + ตลับ	(กรัม)									
น้ำหนักน้ำ	(กรัม)									
น้ำหนักตลับบรรจุดิน	(กรัม)									
น้ำหนักดินอบแห้ง, W_S	(กรัม)									
ความชื้นในดิน, W	ร้อยละ									
ปริมาตรของดินชื้น, V	($ซม.^3$)									
ปริมาตรดินอบแห้ง, V_O	($ซม.^3$)									
การหดตัวเชิงปริมาณ (Shrinkage Vol) V - V_O	($ซม.^3$)									
ค่าขีดหดตัว, SL	($ซม.^3$)									



Group Symbols	L.L. = %	P.L. = %	P.I. = %	S.L. = %

มถ.(ท) 507-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การหดตัว
(Shrinkage Factors)

1. **ขอบข่าย**

วิธีการทดสอบนี้เป็นการทดสอบที่ครอบคลุมถึงการหาคุณสมบัติต่าง ๆ ของดิน ดังนี้

1.1 ค่าขีดหดตัว (Shrinkage Limit)

1.2 ค่าอัตราส่วนการหดตัว (Shrinkage Ratio)

1.3 ค่าการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร (Volumetric Change)

1.4 ค่าการหดตัวเชิงเส้น (Linear Shrinkage)

2. **นิยาม**

2.1 ค่าขีดหดตัว หมายถึง จำนวนความชื้น (Water Content) มากที่สุดที่ผสมในดิน ซึ่งเมื่อความชื้นดังกล่าวลดลงแล้ว ไม่ทำให้ปริมาตรรวมของมวลดินลดลงตามด้วย

2.2 ค่าอัตราส่วนการหดตัว หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของดินที่เปลี่ยนแปลง และความชื้นในดินที่เปลี่ยนแปลง โดยค่าทั้งสองต้องสอดคล้องกันเหนือค่าขีดหดตัว

2.3 ค่าการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร หมายถึง ค่าปริมาตรของมวลดินที่ลดลง เมื่อความชื้นลดลงจากร้อยละของความชื้นที่หาได้ จนถึงขีดหดตัว

2.4 ค่าการหดตัวเชิงเส้น หมายถึง ค่าการหดตัวของมิติใดมิติหนึ่งของมวลดิน เมื่อความชื้นในดินนั้นลดลงจากร้อยละของความชื้นที่หาได้ จนถึงค่าขีดหดตัว

3. **วิธีทำ**

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

3.1.1 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ

3.1.1.1 ถ้วยกระเบื้องเคลือบสำหรับผสมดินหรือถ้วยในลักษณะเดียวกันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 115 มม. (4 1/2นิ้ว)

3.1.1.2 ถ้วยกระเบื้องเคลือบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 150 มม. (6 นิ้ว)

3.1.2 ใบพายกวนดิน (Spatula) ใบพายกวนดินหรือใบมีดบาง มีใบพายหรือใบมีดยาว 75 มม. (3 นิ้ว) กว้าง 19 มม. (3/4 นิ้ว)

3.1.3 ภาชนะกระเบื้องเคลือบหรือโลหะเคลือบ (Shrinkage Dish) มีฐานราบและเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 45 มม. (1 3/4 นิ้ว) สูงประมาณ 12.7 มม. (1/2 นิ้ว)

3.1.4 เหล็กปาด (Straight Edge) ทำด้วยเหล็กยาวประมาณ 100 มม. (4 นิ้ว)

3.1.5 ถ้วยแก้ว (Glass Cup) เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50.8 มม. (2 นิ้ว) สูง 25 มม. (1 นิ้ว) ขอบปากถ้วยแก้วราบเรียบและขนานกับฐาน

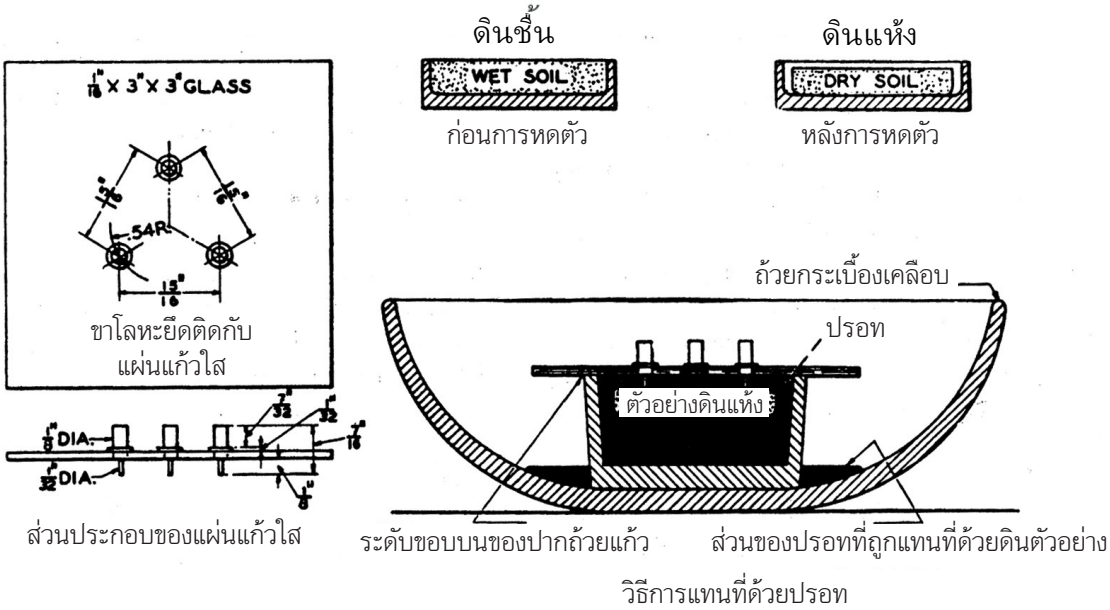
3.1.6 แผ่นแก้วใส (Transparent Plate) มีขาโลหะ 3 ขา สำหรับกดตัวอย่างดินให้จมลงในปรอท

3.1.7 กระบอกตวง (Glass Graduate) ขนาดความจุ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร และอ่านได้ละเอียดถึง 0.2 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.1.8 เครื่องชั่ง (Balance) สามารถอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

3.1.9 ปรอท (Mercury) จำนวนมากพอที่จะใส่ในถ้วยแก้ว (ข้อ 3.1.5) ได้เต็มจนล้น

3.1.10 ตู้อบ (Oven) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ที่ 110±5 องศาเซลเซียส (230±9 องศาฟาเรนไฮต์) เพื่ออบดินให้แห้งได้



Metric Equivalents

in	1/32	1/16	1/ 8	7/ 32	7/16	15/16	3
mm.	0.8	1.6	3.2	5.6	11.1	23.8	76.2

รูปที่ 1 เครื่องมือสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์การหดตัว

3.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ เตรียมโดยนำตัวอย่างดินมาร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 0.425 มม. (เบอร์ 40) คลุกเคล้ากันให้ทั่ว แล้วแบ่งดินประมาณ 30 กรัม มาใช้ทดสอบ

3.3 แบบฟอร์ม ให้ใช้แบบฟอร์ม ที่ บฟ. มถ.(ท) 505-2550 : การทดสอบหาค่าแอตเตอร์เบิร์กและค่าขีดหดตัว

3.4 **การทดสอบ**

3.4.1 ผสมตัวอย่างดินในถ้วยกระเบื้องเคลือบ สำหรับผสมดินด้วยน้ำให้ทั่วถึงด้วยปริมาณน้ำที่เพียงพอที่จะแทนที่ช่องว่าง (Void) ระหว่างเม็ดดินทั้งหมดได้และเหลวพอที่จะบรรจุลงในภาชนะกระเบื้องเคลือบ โดยปราศจากฟองอากาศ จำนวนน้ำที่ต้องผสมดินร่วนเพื่อให้เหลวตามต้องการนั้น จะมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าค่าขีดเหลว (Liquid Limit) และจำนวนน้ำที่ต้องใส่ผสมกับดินเหนียว เพื่อให้เหลวตามต้องการอาจมากกว่าค่าขีดเหลวถึงร้อยละ 10

3.4.2 ทาด้านในของภาชนะกระเบื้องเคลือบ ด้วยขี้ผึ้งหรือน้ำมันหล่อลื่นเพียงบาง ๆ เพื่อป้องกันมิให้ดินติดภาชนะ ใส่ดินที่ผสมน้ำแล้วประมาณ 1/3 ของปริมาตรของภาชนะลงกลางภาชนะและค่อย ๆ เคาะภาชนะบนพื้นที่ราบเรียบรองด้วยกระดาษซับหลาย ๆ ชั้น หรือวัสดุที่คล้ายกันจนดินไหลไปชนด้านข้างของภาชนะใส่ดินจำนวนเท่า ๆ กับครั้งแรกลงในภาชนะอีก และเคาะจนดินแน่นและฟองอากาศลอยขึ้นมาบนผิวจนหมดแล้ว เติมดินจำนวนมากกว่าคราวก่อนเล็กน้อยลงในภาชนะและเคาะจนดินเต็ม และล้นขอบภาชนะเล็กน้อยปาดดินที่ล้นออกด้วยเหล็กปาดและเช็ดดินที่ติดอยู่ข้าง ๆ ภาชนะออกให้หมด

3.4.3 ชั่งภาชนะที่มีดินบรรจุอยู่เต็มทันทีและบันทึกไว้ เป็นค่าน้ำหนักของภาชนะและดินชื้น ปล่อยให้ตัวอย่างดินในภาชนะแห้งที่อุณหภูมิของห้องทดสอบ จนกระทั่งสีของตัวอย่างดินจางลงแล้วอบในตู้อบด้วยอุณหภูมิ 110$\pm$5 องศาเซลเซียส (230$\pm$9 องศาฟาเรนไฮต์) จนแห้งแล้วชั่งและบันทึกไว้เป็นน้ำหนักของภาชนะและดินแห้ง หาน้ำหนักของภาชนะเปล่าและบันทึกไว้ สำหรับปริมาตรของภาชนะหาได้โดยใส่ปรอทลงในภาชนะจนล้นแล้วเอาปรอทส่วนที่เกินออกโดยกดแผ่นกระจกเรียบบนปากภาชนะจนสนิท วัดปริมาตรปรอทที่อยู่ในภาชนะ โดยเทลงในกระบอกตวงบันทึกปริมาตรภาชนะไว้ ซึ่งเป็นปริมาตรของตัวอย่างดินชื้น (V)

3.4.4 หาปริมาตรของดินอบแห้งได้โดยให้ดินอบแห้งแทนที่ปรอทในถ้วยแก้วที่บรรจุปรอทอยู่เต็ม (ดูรูปที่ 1) ดังนี้

ใส่ปรอทในถ้วยแก้วจนเต็มล้น และให้เอาปรอทส่วนเกินออกโดยการกดแผ่นแก้วใสที่มีขาโลหะ 3 ขา อยู่ด้านบนปากถ้วยแก้วให้สนิท และเช็ดปรอทที่ติดข้างถ้วยแล้วออกให้หมด วางถ้วยแก้วที่บรรจุปรอทเต็มนี้ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบ แล้ววางตัวอย่างดินอบแห้งบนผิวปรอท และกดให้ตัวอย่างดินจมลงในปรอทด้วยความระมัดระวังด้วยแผ่นแก้วใสที่มีขาโลหะ 3 ขา จนกระทั่งแผ่นแก้วใสกดสนิทขอบปากแก้ว ระวังอย่าให้มีฟองอากาศอยู่ใต้ตัวอย่างดิน หาปริมาตรของปรอทที่ถูกแทนที่ด้วยตัวอย่างดิน โดยใช้กระบอกตวงปรอทที่ล้นออกมาแล้วบันทึกปริมาตรไว้ ซึ่งเป็นปริมาตรของดินอบแห้ง

4. การคำนวณ

4.1 คำนวณหาจำนวนความชื้น (Water Content) ขณะใส่ดินลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบ เป็นร้อยละของน้ำหนักดินอบแห้ง ได้จากสูตร

$$w = \frac{W - Wo}{Wo} X\ 100$$

เมื่อ w = จำนวนความชื้นเป็นร้อยละขณะใส่ดินลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบ

W = น้ำหนักของดินชื้น หาได้โดยหักน้ำหนักภาชนะกระเบื้องเคลือบออกจากน้ำหนักภาชนะและดินที่บรรจุอยู่เต็มภาชนะ หน่วยเป็นกรัม

Wo = น้ำหนักของดินแห้ง หาได้โดยหักน้ำหนักภาชนะกระเบื้องเคลือบออกจากน้ำหนักภาชนะและดินชื้นอบแห้ง หน่วยเป็นกรัม

4.2 คำนวณหาค่า ขีดหดตัว : (S) ได้จากสูตร

$$S = w \left\{ \frac{V\text{-}Vo}{Wo} \gamma_{water} X\ 100 \right\}$$

เมื่อ S = ขีดหดตัว

w = จำนวนความชื้นเป็นร้อยละ จากข้อ 4.1

V = ปริมาตรของดินชื้น หน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

Vo = ปริมาตรของดินแห้ง หน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

γ_{water} = น้ำหนักของน้ำต่อหน่วยปริมาตร หน่วยเป็นกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

Wo = น้ำหนักของดินอบแห้ง หน่วยเป็นกรัม

4.3 คำนวณหาค่า อัตราส่วนการหดตัว(R) ได้จากสูตร

$$R = \frac{Wo}{Vo\gamma_{water}}$$

เมื่อ R = อัตราส่วนการหดตัว

Wo = น้ำหนักของดินอบแห้ง หน่วยเป็นกรัม

Vo = ปริมาตรดินอบแห้ง หน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

γ_{water} = น้ำหนักของน้ำต่อหน่วยปริมาตร หน่วยเป็นกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.4 คำนวณหาค่า การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร : (VC) ได้จากสูตร

$$VC = (w - S) R$$

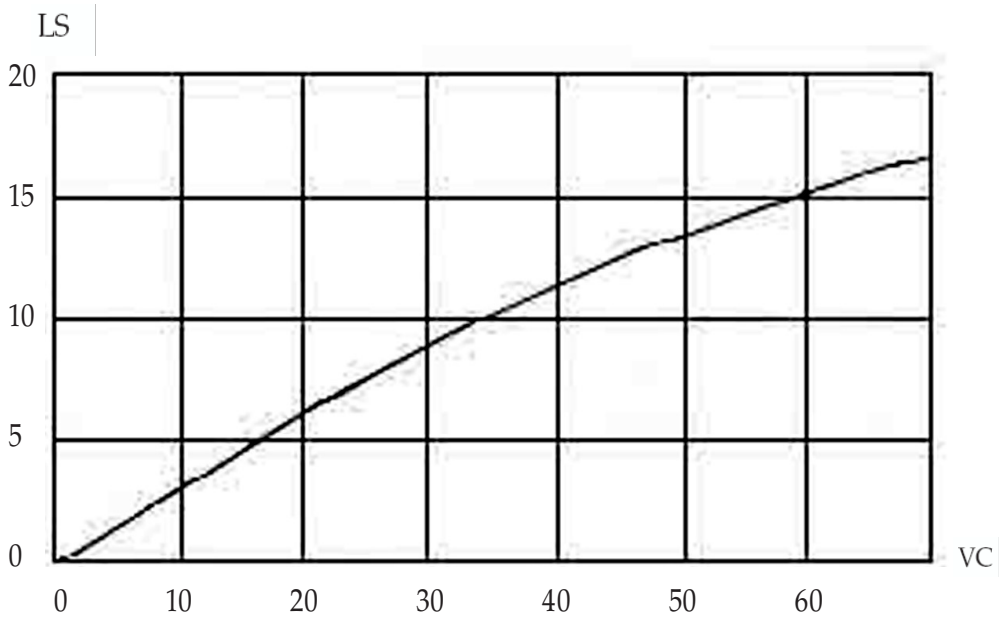
เมื่อ VC = การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร
w = จำนวนความแน่นชื้นเป็นร้อยละของดินในสภาพใดสภาพหนึ่ง
S = ค่าขีดจำกัดการหดตัว
R = ค่าอัตราส่วนการหดตัว

4.5 คำนวณหาค่า การหดตัวเชิงเส้น (LS) ได้จากสูตร

$$LS = 100 \left\{ 1 - \sqrt[3]{100/(VC+100)} \right\}$$

หรือหาได้จากเส้นกราฟ ในรูปที่ 2

การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร VC = ร้อยละ



รูปที่ 2 เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VC และ LS

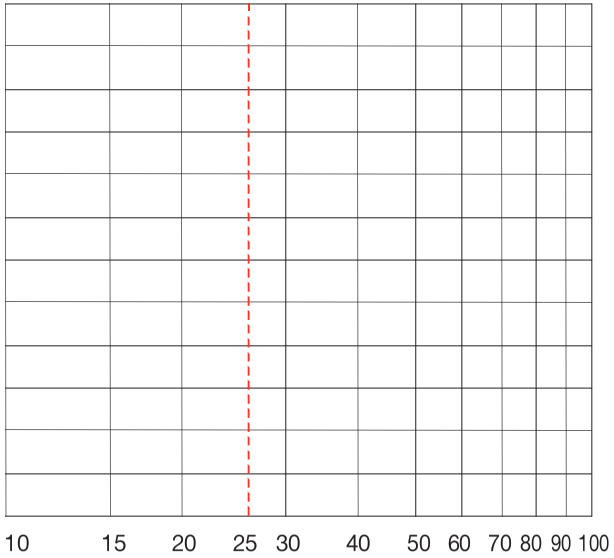
5. หนังสืออ้างอิง

5.1 STANDARD METHOD FOR DETERMINING THE SHRINKAGE FACTORS OF SOIL ; AASHTO DESIGNATION : T 92-68

5.2 กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง การทดสอบที่ ทล-ท. 104/2515

โครงการ.....	**บฟ.มถ.(ท) 505-2550**	ทะเบียนทดสอบ.....
.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)	ผู้ทดสอบ
สถานที่ก่อสร้าง.....	**การทดสอบหาค่าแอตเตอร์เบิร์กและค่าขีดหดตัว**	
ผู้รับจ้าง.....	ลักษณะดิน..... หลุมที่.....	ผู้ตรวจสอบ
ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....	ความลึก.....เมตร ค่าความถ่วงจำเพาะ, Gs.....	อนุมัติ
ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....		

การทดสอบ		ค่าขีดเหลว (Liquid Limit)			ค่าขีดพลาสติค (Plastic Limit)			ค่าขีดหดตัว (Shrinkage Limit)		
ครั้งที่		1	2	3	1	2	3	1	2	3
ตลับบรรจุดินหมายเลข										
จำนวนของการหมุนเคาะ	(ครั้ง)									
น้ำหนักดินชื้น + ตลับ	(กรัม)									
น้ำหนักอบแห้ง + ตลับ	(กรัม)									
น้ำหนักน้ำ	(กรัม)									
น้ำหนักตลับบรรจุดิน	(กรัม)									
น้ำหนักดินอบแห้ง, W_S	(กรัม)									
ความชื้นในดิน, W	ร้อยละ									
ปริมาตรของดินชื้น, V	($ซม.^3$)									
ปริมาตรดินอบแห้ง, V_O	($ซม.^3$)									
การหดตัวเชิงปริมาณ										
(Shrinkage Vol) V - V_O	($ซม.^3$)									
ค่าขีดหดตัว, SL	($ซม.^3$)									



Group Symbols	L.L. = %	P.L. = %	P.I. = %	S.L. = %

มถ.(ท) 508-2550
มาตรฐานการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ
(Sieve Analysis)

1. ขอบข่าย

วิธีการทดสอบนี้ เป็นการหาการกระจายของขนาดเม็ดดิน (Particle Size Distribution) ทั้งชนิดเม็ดละเอียดและหยาบ โดยให้ผ่านตะแกรงจากขนาดใหญ่ จนถึงขนาดเล็กที่มีขนาดช่องผ่าน 0.075 มม. (เบอร์ 200) แล้ว เปรียบเทียบน้ำหนักที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่าง ๆ กับน้ำหนักทั้งหมดของตัวอย่าง

2. นิยาม

การกระจายของขนาดเม็ดดิน หมายถึงการที่มวลดินประกอบด้วยเม็ดดินหลายขนาดต่าง ๆ กัน เช่น ตั้งแต่ 10 ซม. ลงมาจนกระทั่ง 0.0002 มม. ซึ่งคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของมวลดินจะขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดดินการกระจายของขนาดเม็ดดิน แสดงด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเม็ดดินในลอการิทึม (Logarithm) อยู่บนแกนนอน และร้อยละโดยน้ำหนักของเม็ดที่มีขนาดเล็กกว่าที่ระบุ (Percent Finer) อยู่บนแกนตั้ง ซึ่งเรียกว่ากราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน (Grain Size Distribution Curve)

3. วิธีทำ

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

3.1.1 ตะแกรงร่อนดิน (Sieve) ช่องผ่านต้องเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาดช่องผ่านต่าง ๆ ได้ขนาดตามต้องการ พร้อมเครื่องเขย่าตะแกรง

3.1.2 เครื่องชั่ง แบบบาล๊านซ์ (Balance) จะต้องสามารถชั่งได้ละเอียดถึงร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักตัวอย่าง

3.1.3 ตู้อบ (Oven) ต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่อุณหภูมิ 110$\pm$5 องศาเซลเซียส (230$\pm$9 องศาฟาเรนไฮต์)

3.1.4 เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter)

3.1.5 แปรงทำความสะอาดตะแกรงชนิดลวดทองเหลือง และแปรงขนหรือแปรงพลาสติก

3.1.6 ภาชนะสำหรับใช้แช่ และล้างตัวอย่างดิน ด้วยมือหรือด้วยชนิดใช้เครื่องเขย่า

3.2 แบบฟอร์ม

ให้ใช้ แบบฟอร์ม ที่ บฟ. มถ.(ท) 508.1-2550 และ บฟ. มถ.(ท) 508.2-2550 : การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ

3.3 การเตรียมตัวอย่าง

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง

นำตัวอย่างมาคลุกให้เข้ากันและแยกตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่างในขณะที่ตัวอย่างมีความชื้นเพื่อลดการแยกตัว ถ้าตัวอย่างไม่มีส่วนละเอียดอาจจะแบ่งขณะที่ตัวอย่างแห้งอยู่ก็ได้ ถ้ามีส่วนละเอียดจับเป็นก้อนใหญ่หรือมีส่วนละเอียดจับกันเองเป็นก้อนต้องทำให้ส่วนละเอียดหลุดออกจากก้อนใหญ่โดยให้ทุบแยกดินออกเป็นเม็ดอิสระด้วยค้อนยางแต่ต้องระวังอย่าให้แรงมากจนเม็ดดินแตก

3.3.2 การเตรียมตัวอย่างโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง

นำตัวอย่างที่มีส่วนละเอียดจับกันเป็นก้อนไปแยกออกจากกันโดยใช้ค้อนยางทุบแล้วนำตัวอย่างไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส (230±9 องศาฟาเรนไฮต์) เพื่อหาน้ำหนักตัวอย่างแห้ง นำตัวอย่างใส่ภาชนะสำหรับใช้ล้างตัวอย่าง โดยใช้น้ำยาล้างส่วนละเอียด ซึ่งเตรียมได้จากการละลายผลึกโซเดียมเฮคซะเมตตาฟอสเฟต ซึ่งทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Hexametaphosphate Buffered with Sodium Carbonate) 45.7 กรัม ละลายในน้ำ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนผสมกันให้ทั่วตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 4 ชม. แล้วนำไปเขย่า ประมาณ 10 นาที ขณะเขย่าระวังอย่าให้น้ำกระฉอกออกจากภาชนะ เทตัวอย่างดินในภาชนะลงบนตะแกรงเบอร์ 200 ถ้าหากมีตัวอย่างขนาดใหญ่ปนอยู่มากควรใช้ตะแกรงที่มีขนาดใหญ่กว่าเบอร์ 200 ซ้อนไว้ข้างบน แล้วใช้น้ำล้างจนกว่าไม่มีวัสดุผ่านตะแกรงเบอร์ 200 อีก เทตัวอย่างลงในภาชนะแล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส (230±9 องศาฟาเรนไฮต์)

3.4 การทดสอบ

3.4.1 นำตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมตัวอย่าง 3.3.1 หรือ 3.3.2 แล้วแต่จะต้องการทดสอบแบบใดมาโดยประมาณให้ได้ตัวอย่างเมื่อแห้งแล้วตามตารางนี้

ขนาดตะแกรง	น้ำหนักตัวอย่างไม่น้อยกว่า (กก.)
4.75 มม. (เบอร์ 4)	0.5
9.5 มม. (3/8 นิ้ว)	1.0
12.5 มม. (1/2 นิ้ว)	2.0
19.0 มม. (3/4 นิ้ว)	5.0
25.0 มม. (1 นิ้ว)	10.0
37.5 มม. (1 1/2 นิ้ว)	15.0
50.8 มม. (2 นิ้ว)	20.0
63.0 มม. (2 1/2 นิ้ว)	25.0
75.0 มม. (3 นิ้ว)	30.0
90.0 มม. (3 1/2 นิ้ว)	35.0

3.4.2 นำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามต้องการ การเขย่านี้ต้องให้ตะแกรงเคลื่อนที่ทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง รวมทั้งมีแรงกระแทกขณะเขย่าด้วย เขย่านานจนกระทั่งตัวอย่างผ่านตะแกรงแต่ละชนิดใน 1 นาที ไม่เกินร้อยละ 1 ของตัวอย่างในตะแกรงนั้น หรือใช้เวลาเขย่านานทั้งหมดประมาณ 15 นาที เมื่อเขย่าเสร็จแล้วถ้ามีตัวอย่างก้อนใหญ่กว่าตะแกรง ขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ต้องไม่มีก้อนตัวอย่างซ้อนกันในตะแกรง และตัวอย่างที่มีเม็ดเล็กกว่าตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ต้องมีตัวอย่างค้างตะแกรงแต่ละขนาดไม่เกิน 6 กรัม ต่อ 1,000 ตร.มม. หรือไม่เกิน 200 กรัม สำหรับตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 203 มม. (8 นิ้ว) นำตัวอย่างที่ค้างแต่ละขนาดของตะแกรงไปชั่ง

4. การคำนวณ

4.1 หาน้ำหนักที่ค้าง (Weight Retained) บนตะแกรงแต่ละขนาดโดยชั่งน้ำหนักของตัวอย่างดินที่ค้างบนแต่ละตะแกรงและน้ำหนักที่หายไป เมื่อเอาน้ำหนักของตัวอย่างในทุกตะแกรงรวมกันแล้ว หักออกจากน้ำหนักตัวอย่างอบแห้งทั้งหมดซึ่งใช้ทดสอบจะได้น้ำหนักของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 รวมกับน้ำหนักที่ค้างบนถาดรอง (Pan)

4.2 หาน้ำหนักที่ผ่าน (Weight Passing) ตะแกรงแต่ละขนาด โดยคิดจากบรรทัดล่างของช่องน้ำหนักที่ค้างขึ้นไป (ดูแบบฟอร์ม) เอาน้ำหนักของน้ำหนักที่ค้างบนถาดรองเป็นช่องน้ำหนักที่ค้างของตะแกรง เบอร์ 200 รวมน้ำหนักของน้ำหนักที่ค้าง น้ำหนักช่องน้ำหนักที่ผ่าน ของตะแกรงเบอร์ 200 เป็นน้ำหนักของช่องน้ำหนักที่ผ่าน บรรทัดบนสุดจะเท่ากับน้ำหนักของตัวอย่างแห้งทั้งหมด ซึ่งใช้ทดสอบ

4.3 คำนวณหาร้อยละผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก (Percentage of Passing) ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงแต่ละขนาด}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างแห้งทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ}} \times 100$$

5. การรายงาน

ให้รายงานค่าร้อยละ ผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ โดยน้ำหนักด้วยทศนิยม 1 ตำแหน่ง ตามแบบฟอร์มที่ บฟ.มถ.(ท) 508.1-2550 : การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ

6. ข้อควรระวัง

6.1 การแบ่งตัวอย่างด้วยเครื่องแบ่งตัวอย่าง ต้องใช้เครื่องมือขนาดช่องกว้าง ประมาณ 1 1/2 เท่าของก้อนโตที่สุด

6.2 ตรวจดูตะแกรงบ่อย ๆ ถ้าชำรุดต้องซ่อมก่อนใช้ โดยเฉพาะเบอร์ 200

6.3 ห้ามใส่ตัวอย่างลงในตะแกรงขณะที่ยังร้อนอยู่

6.4 การทุบตัวอย่างดินต้องไม่แรงมากจนทำให้เม็ดดินแตก

6.5 การเขย่าอย่าเขย่านานจนตัวอย่างกระแทกแตกเป็นผง

7. หนังสืออ้างอิง

7.1 STANDARD METHOD OF TEST FOR AMOUNT OF MATERIAL FINER THAN 0.075 mm. SIEVE IN AGGREGATE ; AASHTO DESIGNATION : T 11-78

7.2 STANDARD METHOD OF TEST FOR SIEVE ANALYSIS OF FINE AND COARSE AGGREGATES ; AASHTO DESIGNATION : T 27-78

7.3 STANDARD METHOD OF TEST FOR SIEVE ANALYSIS OF MINERAL FILLER : AASHTO DESIGNATION : T 37-77

7.4 STANDARD METHOD OF PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS : AASHTO DESIGNATION : T 88-78

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.... ทดสอบวันที่..... แผ่นที่.....	บฟ. มถ.(ท) 508.1-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ หลุมเจาะหมายเลข..... ความลึก.....เมตร ปริมาตรแบบ.....ลบ.ซม.	ทะเบียนทดสอบ..... ผู้ทดสอบ ผู้ตรวจสอบ อนุมัติ

ตะแกรง หมายเลข	น้ำหนัก ตะแกรง (กรัม)	น้ำหนัก ตะแกรง + ดิน (กรัม)	น้ำหนักดิน ที่ค้างบน ตะแกรง (กรัม)	นน.ร้อยละของ ดินที่ค้างบน ตะแกรง (กรัม)	นน.ร้อยละของ ดินที่ค้าง สะสม	นน.ร้อยละของ ดินที่มีขนาด เล็กกว่า

โครงการ.....

.....

สถานที่ก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง.....

ชนิดตัวอย่าง.....**ทดสอบครั้งที่**.....

ทดสอบวันที่.....**แห่งที่**.....

(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)

การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ

แหล่งวัสดุ.....

ชั้นคุณภาพ.....

มพ. มถ.(ท) 508.2-2550

ทะเบียนทดสอบ.....	
ผู้ทดสอบ	
ผู้ตรวจสอบ	
อนุมัติ	

การทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปน

สีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบ

( ) สีอ่อนกว่าสีมาตรฐาน

( ) สีใกล้เคียงสีมาตรฐาน

( ) สีแก่กว่าสีมาตรฐาน

สรุปผลการทดสอบ

( ) เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานได้

( ) ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน

มถ.(ท) 509-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความสึกหรอของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ ด้วยเครื่อง Los Angeles Abrasion

1. **ขอบข่าย**

วิธีการทดสอบนี้ เป็นการหาค่าความสึกหรอของหินย่อย กรวดย่อย กรวด วัสดุลูกรัง หรือมวลรวมดิน และวัสดุชนิดเม็ดหยาบ

2. **วิธีทำ**

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

2.1.1 เครื่องมือทดสอบความสึกหรอมีลักษณะขนาดตามรูปที่ 1 ประกอบด้วยทรงกระบอกเหล็กปิดหัวและท้าย มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 711±5 มม. (28±0.2 นิ้ว) ความยาวภายใน 508±5 มม. (20±0.2 นิ้ว) ทรงกระบอกนี้ติดอยู่กับเพลาและหมุนรอบแกนได้ในแนวราบ มีช่องสำหรับใส่วัสดุพร้อมฝาเหล็กปิด ฝาเหล็กเมื่อปิดแล้วต้องมีลักษณะผิวเหมือนกับผิวด้านในของทรงกระบอกเหล็กและเสมอกัน ซึ่งไม่ทำให้ลูกเหล็กทรงกลม (Abrasive Charge) สะดุดเวลากลิ้งผ่านรอยต่อ มีแผ่นเหล็กขวางสูง 89±2 มม. (3.5±0.1 นิ้ว) ยาว 508±2 มม. (20+0.2 นิ้ว) ติดแน่นตามยาวด้านในทรงกระบอกเหล็ก ระยะจากแผ่นเหล็กขวางถึงช่องสำหรับใส่วัสดุไม่น้อยกว่า 1,270 มม. (50 นิ้ว) วัดตามความยาวเส้นรอบวงภายนอกทรงกระบอกเหล็ก

หมายเหตุ แผ่นเหล็กขวางควรมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ติดอยู่กับผนังของทรงกระบอกเหล็ก หรืออาจใช้เหล็กฉากแทน โดยติดที่ริมฝาเหล็กช่องใส่วัสดุ ให้ด้านนอกของเหล็กฉากหันไปตามทิศทางที่หมุน

2.1.2 ตะแกรงสำหรับหาขนาดของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ ใช้ตะแกรงมีช่องผ่านเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 75.0 มม. (3 นิ้ว), 63.0 มม.(2 1/2 นิ้ว), 50.8 มม.(2 นิ้ว), 37.5 มม.(1 1/2 นิ้ว) 25.0 มม.(1 นิ้ว), 19.0 มม.(3/4 นิ้ว), 12.5 มม.(1/2 นิ้ว), 9.5 มม.(3/8 นิ้ว), 6.3 มม.(1/4 นิ้ว), 4.75 มม.(เบอร์ 4), 2.36 มม.(เบอร์ 8), 1.70 มม.(เบอร์ 12)

2.1.3 ลูกเหล็กทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 46.8 มม. (1 27/32 นิ้ว) แต่ละลูกหนักระหว่าง 390-445 กรัม จำนวนลูกเหล็กทรงกลมขึ้นอยู่กับชั้นของตัวอย่าง ซึ่งกำหนดไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนลูกเหล็กทรงกลม ที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชั้น (Grading)

ชั้น	ลูกเหล็กทรงกลม (ลูก)	น้ำหนักรวม (กรัม)
A	12	5,000 ± 25
B	11	4,584 ± 25
C	8	3,330 ± 20
D	6	2,500 ± 15
E	12	5,000 ± 25
F	12	5,000 ± 25
G	12	5,000 ± 25

2.1.4 เครื่องชั่งต้องสามารถชั่งได้ 15 กิโลกรัม ความละเอียดอ่านได้ถึง 1 กรัม

2.2 แบบฟอร์ม

ให้ใช้ แบบฟอร์ม ที่ บฟ. มถ.(ท) 509-2550 : การทดสอบหาความสึกหรอของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ

2.3 การเตรียมตัวอย่าง

2.3.1 ถ้าตัวอย่างไม่มีดินเหนียวปน เช่น กรวดปนทราย หินโม่ ให้ตากตัวอย่างจนแห้ง หรืออบจนแห้งที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส (221-230 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วทำตามข้อ 2.3.3

2.3.2 ถ้าตัวอย่างมีดินเหนียวปน หรือมีส่วนละเอียดติดแน่นกับก้อนตัวอย่างให้นำตัวอย่างไปล้างน้ำเอาส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 8 ออกทิ้งแล้วนำส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 8 มาอบจนแห้งที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส (221-230 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วทำตามข้อ 2.3.3

2.3.3 นำตัวอย่างไปแยกขนาดตาม ชั้นในตารางที่ 1 ถ้าเข้าได้หลายชั้น ให้เลือกใช้ตัวที่ใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการใช้งานมากที่สุด

2.4 การทดสอบ

นำตัวอย่างที่เตรียมไว้จาก ข้อ 2.3.3 และลูกเหล็กทรงกลม ตามจำนวนลูกในข้อ 2.1.3 ใส่เข้าไปในเครื่องทดสอบหาความสึกหรอหมุนเครื่องด้วยความเร็วที่ 30-33 รอบต่อนาที ให้ได้จำนวนตามตารางที่ 2 เมื่อหมุนได้ครบตามกำหนดแล้วให้เอาตัวอย่างออกจากเครื่องล้างส่วนที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 12 ออกทิ้ง นำส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 12 มาอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส (221-230 องศาฟาเรนไฮต์) จนได้นำหนักคงที่จึงชั่งหาน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือ

ตารางที่ 2

ขนาดตะแกรง (มม.)		น้ำหนัก (กรัม) และ ชั้นของตัวอย่าง						
ผ่าน	ค้าง	A	B	C	D	E	F	G
75.0	63.0					2,500 ±50		
63.0	50.8					2,500 ±50		
50.8	37.5					5,000 ±50	5,000 ±50	
37.5	25.0	1,250 ±25					5,000 ±50	5,000 ±25
25.0	19.0	1,250 ±25						5,000 ±25
19.0	12.5	1,250 ±10	2,500 ±10					
12.5	9.5	1,250 ±10	2,500 ±10					
9.5	6.3			2,500 ±10				
6.3	4.75 (#4)			2,500 ±10				
4.75 (#4)	2.36 (#8)				5,000 ±10			
น้ำหนักตัวอย่างรวม		5,000 ±10	5,000 ±10	5,000 ±10	5,000 ±10	10,000±10 0	10,000±75	10,000±5 0
จำนวนรอบ		500				1,000		

3. **การคำนวณ**

$$\text{ความสึกหรอเป็นร้อยละ} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} X\ 100$$

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ

W_2 = น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง เบอร์ 12

4. **การรายงาน**

ให้รายงานค่าความสึกหรอเป็นร้อยละ ด้วยทศนิยม 1 ตำแหน่ง

5. **ข้อควรระวัง**

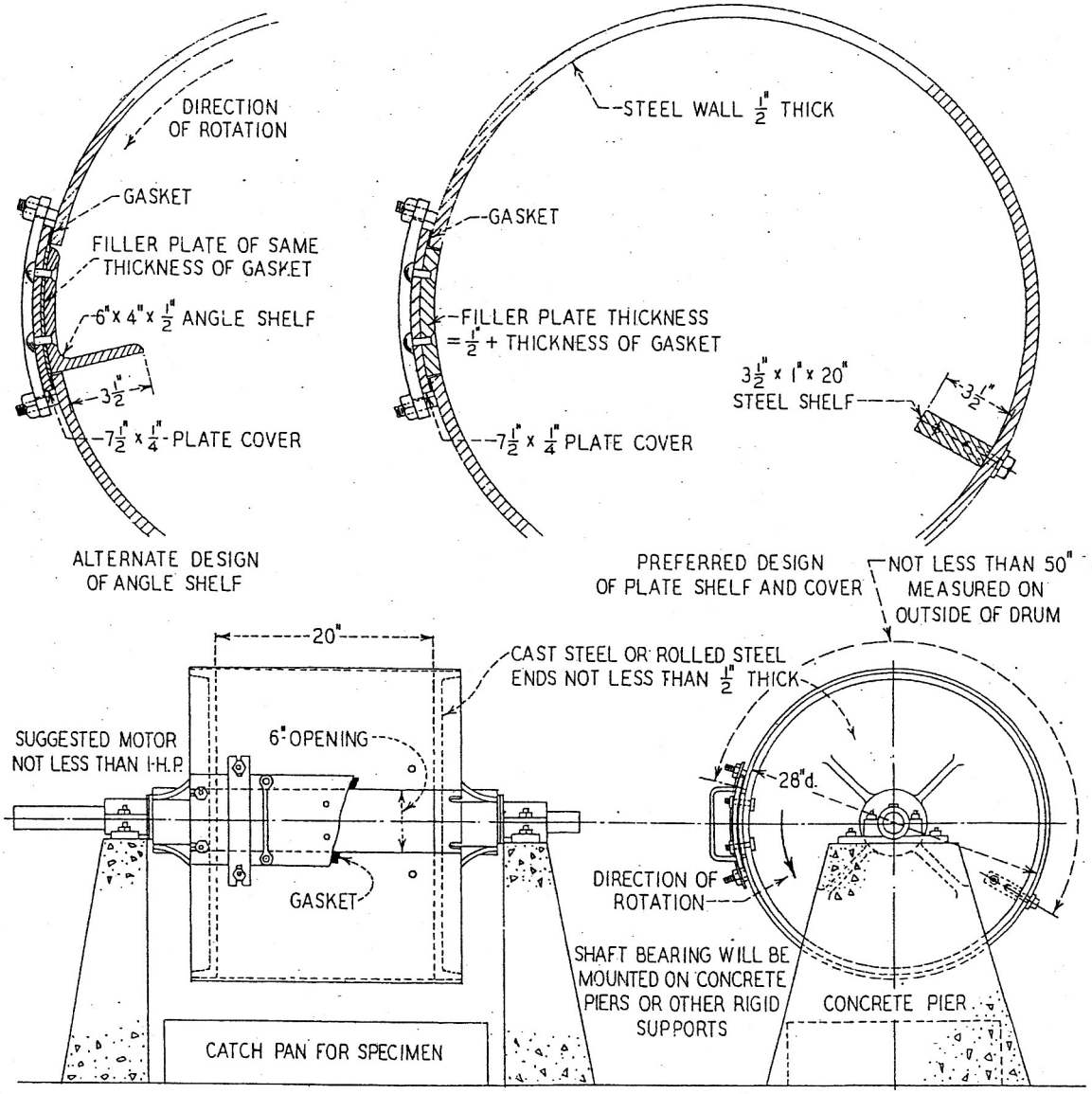
5.1 ให้ทำการชั่ง ลูกเหล็กทรงกลม แต่ละลูกอย่างน้อย 1 ครั้ง ทุก ๆ 6 เดือน เพื่อตรวจสอบให้เป็นไปตามข้อ 2.1.3

5.2 ในกรณีที่แผ่นเหล็กขวาง เป็นเหล็กฉากตัดริมแผ่นเหล็กปิดช่องใส่วัสดุ การติดต้องให้ด้านนอกของเหล็กฉากหันไปในทิศทางที่เครื่องหมุน

6. **หนังสืออ้างอิง**

6.1 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM. STANDARD C 131.

6.2 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM. STANDARD C 535.



Metric Equivalents

in	1/4	1/2	1	3 1/2	4	6	7 1/2	20	28	50	1 hp
mm.	6.4	12.7	25.4	89	102	152	190	508	711	1270	746 W

รูปที่ 1 : เครื่องมือทดสอบความสึกหรอ (แบบลอสแองเจลีส)

โครงการ..... **.....** **สถานที่ก่อสร้าง.....** **.....** **ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง.....** **ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่....** **ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....**	**บฟ. มถ.(ท) 509-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าการสึกหรอของวัสดุเม็ดหยาบ**	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		อนุมัติ	

จำนวนของลูกเหล็กทรงกลม..... แหล่งวัสดุ.....
น้ำหนักของลูกเหล็กทรงกลม.....กรัม ชั้นคุณภาพ.....
ความเร็วของการหมุนเครื่อง.....รอบ/นาที

ขนาดตะแกรง (มม.)		น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)			หมายเหตุ
ผ่าน	ค้าง	1	2	3	

มถ.(ท) 510-2550
มาตรฐานการทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปน
(Organic Impurities)

1. ขอบข่าย

วิธีการทดสอบนี้ เป็นวิธีการหาปริมาณสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นสารผุพังที่ปะปนอยู่ในวัสดุชนิดเม็ดละเอียด (Fine Aggregates) โดยประมาณ เพื่อพิจารณาว่าเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานหรือไม่

2. วิธีทำ

2.1 **เครื่องมือและอุปกรณ์** ประกอบด้วย

ขวดแก้วใส (Glass Bottle) ขนาดประมาณ 360 ลูกบาศก์เซนติเมตร (12 ออนซ์) มีขีดแสดงความจุเป็นลูกบาศก์เซนติเมตรหรือจะใช้ขีดเครื่องหมายที่ขวดแก้วแทนก็ได้

2.2 **วัสดุที่ใช้ประกอบการทดสอบ**

2.2.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide) เข้มข้นร้อยละ 3 เตรียมได้โดยชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 30 กรัม ผสมกับน้ำสะอาดจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

2.2.2 แถบสีมาตรฐาน โดยกำหนดมาตรฐาน ดังนี้

สีมาตรฐานของ การ์ดเนอร์ (Gardner) หมายเลข	สีของสารอินทรีย์ หมายเลข
5	1
8	2
11	3 (มาตรฐาน)
14	4
16	5

2.2.3 ถ้าไม่มี แถบสีมาตรฐาน จะเตรียมสารละลายเพื่อทำเป็นสีมาตรฐานแทนได้ ดังนี้

ให้เตรียมสารละลายชนิดแรก คือ นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เข้มข้นร้อยละ 3 แล้วนำมาผสมกับสารละลายชนิดหลังคือกรดเทนนิค (Tannic Acid) ที่เข้มข้นผสมในสารละลายของแอลกอฮอล์กับน้ำ (มีแอลกอฮอล์ร้อยละ10) โดยเอากรดเทนนิค 2 ส่วน ผสมกับสารละลายแอลกอฮอล์กับน้ำดังกล่าว 98 ส่วน โดยปริมาตรซึ่งมีอัตราส่วนดังนี้ สารละลายชนิดแรกปริมาณ 97.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับสารละลายชนิดหลังประมาณ 2.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อให้ได้ปริมาณ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าให้เข้ากันแล้วใส่ไว้ในขวดขนาด 360 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ประมาณ 12 ออนซ์) ให้เตรียมสารละลายมาตรฐานดังกล่าวนี้

เวลาเดียวกับที่เริ่มทำการทดสอบ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป สารละลายนี้จะแสดงสีมาตรฐานเมื่อมีอายุ 24±1/2 ชั่วโมง นับจากเริ่มผสม ถ้าต่ำกว่ากำหนดนี้ห้ามใช้

2.3 การเตรียมตัวอย่าง นำตัวอย่างมาคลุกเคล้าให้เข้ากันในขณะที่ตัวอย่างมีความชื้นเพื่อลดการแยกตัว และแยกตัวอย่างโดยใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างให้ได้ตัวอย่างที่จะนำไปไว้ทดสอบประมาณ 250 กรัม

2.4 แบบฟอร์ม ให้ใช้ แบบฟอร์ม ที่ บฟ. มถ.(ท) 508.2-2550 : การทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ

2.5 การทดสอบ

2.5.1 เทวัสดุที่เตรียมไว้ลงในขวดแก้วทดสอบจนได้ปริมาตร 133 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ประมาณ 4 1/2 ออนซ์)

2.5.2 เติมสารละลายที่เตรียมไว้ตามข้อ 2.2.1 ลงในขวดแก้วทดลองจนได้ปริมาตรเป็น 207 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ประมาณ 7 ออนซ์)

2.5.3 เอาจุกอุดปากขวดแล้วเขย่าแรง ๆ จนเห็นว่าไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่ตรวจดูอีกครั้ง ถ้าระดับสารละลายมีปริมาตรไม่ถึง 207 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้เติมสารละลายเพิ่มอีกจนได้ปริมาตร 207 ลูกบาศก์เซนติเมตร บันทึกวันและเวลา

2.5.4 ตั้งขวดทดสอบทิ้งไว้นิ่ง ๆ ห้ามจับหรือเคลื่อนย้ายจนครบ 24 ชั่วโมง

2.5.5 เมื่อครบ 24 ชั่วโมง แล้วให้เปรียบเทียบกับ แถบสีมาตรฐานตามข้อ 2.2.2 หรือ กับสารละลายมาตรฐานตามข้อ 2.2.3

3. การรายงาน

ให้รายงานในหัวข้อ หมายเหตุ ของแบบฟอร์มที่กล่าวแล้วในข้อ 2.4 ดังนี้

3.1 ถ้าสีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบอ่อนกว่าสีของแถบสีมาตรฐาน เบอร์ 3 หรืออ่อนกว่าสีของสารละลายมาตรฐานให้รายงานว่า “สีอ่อนกว่าสีมาตรฐาน” ถ้าสีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบแก่กว่าสีของแถบสีมาตรฐาน เบอร์ 3 หรือแก่กว่าสีของสารละลายมาตรฐานให้รายงานว่า “สีแก่กว่าสีมาตรฐาน”

3.2 ถ้าสีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบใกล้เคียงสีของ แถบสีมาตรฐาน เบอร์ 3 หรือใกล้เคียงสีของสารละลายมาตรฐานให้รายงานว่า “สีใกล้เคียงสีมาตรฐาน”

4. เกณฑ์การตัดสิน

ถ้าสีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบ มีสีอ่อนกว่าสีของแถบสีมาตรฐาน เบอร์ 3 หรือมีสีเหมือนกับสีของแถบสี มาตรฐาน เบอร์ 3 ถือว่าเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานได้ ถ้าสีแก่กว่าสีของแถบสีมาตรฐาน เบอร์ 3 ถือว่าไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน

5. **ข้อควรระวัง**

5.1 เมื่อตั้งขวดทิ้งไว้แล้ว ห้ามกระทบกระเทือน และเมื่อเวลาเปรียบเทียบสี ห้ามกระทบกระเทือนเช่นเดียวกัน เพราะจะทำให้ผงละเอียดลอยตัวขึ้นมา ซึ่งจะทำให้ได้สีไม่ถูกต้อง บางครั้งสีที่ได้จะใกล้เคียงมาตรฐานมาก พยายามเทียบให้ได้ว่าแก่กว่าหรืออ่อนกว่า

5.2 สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นสารที่มีพิษทำให้เกิดการไหม้ที่ผิวหนังและเยื่ออ่อนต่าง ๆ เช่น ตา ปาก จมูก ถ้าถูกต้องให้รีบล้างบริเวณนั้นด้วยน้ำสะอาดและทาด้วยน้ำส้มสายชู

6. **หนังสืออ้างอิง**

6.1 วิธีการทดลองหา ORGANIC IMPURITIES กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

6.2 STANDARD METHOD OF TEST FOR ORGANIC IMPURITIES IN SANDS FOR CONCRETE; AASHTO DESIGNATION : T 21-78

6.3 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. ASTM DESIGNATION C 40-84

โครงการ.....

.....

สถานที่ก่อสร้าง.....

ผู้รับจ้าง.....

ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....

ทดสอบวันที่.....แห่งที่.....

บฟ. มถ.(ท) 508.2-2550

(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)

การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ

แหล่งวัสดุ.....

ชั้นคุณภาพ.....

ทะเบียนทดสอบ.....	
ผู้ทดสอบ	
ผู้ตรวจสอบ	
อนุมัติ	

การทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปน

สีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบ

( ) สีอ่อนกว่าสีมาตรฐาน

( ) สีใกล้เคียงสีมาตรฐาน

( ) สีแก่กว่าสีมาตรฐาน

สรุปผลการทดสอบ

( ) เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานได้

( ) ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน

มถ.(ท) 511-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าก้อนดินเหนียว
(Clay Lump)

1. ขอบข่าย

วิธีการทดสอบนี้ เป็นการหาค่าของก้อนดินเหนียว และวัสดุร่วน (Friable) ที่ปะปนในวัสดุชนิดเม็ด (Aggregate)

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

2.1.1 เครื่องชั่ง ต้องสามารถชั่งได้ละเอียดถึงร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักของตัวอย่าง

2.1.2 ภาชนะบรรจุ เป็นภาชนะที่ไม่เป็นสนิม และขนาดกว้าง

2.1.3 ตะแกรงมาตรฐาน

2.1.4 ตู้อบ ต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิ ที่ 110±5 องศาเซลเซียส (230±9 องศาฟาเรนไฮต์)

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

2.2.1 ตัวอย่างต้องอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส (230±9 องศาฟาเรนไฮต์) จนน้ำหนักคงที่

2.2.2 ตัวอย่างของวัสดุชนิดเม็ดละเอียดที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงขนาด 1.18 มิลลิเมตร (เบอร์ 16) ควรหนักไม่น้อยกว่า 25 กรัม

2.2.3 ตัวอย่างของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ ควรมีขนาดกระจายตาม ตารางที่ 1 และมีน้ำหนักของวัสดุชนิดเม็ด ไม่น้อยกว่าที่กำหนดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ขนาดของเม็ด (Particle) ตัวอย่างที่นำมาทดสอบ	น้ำหนักของตัวอย่าง กรัม
4.75 - 9.5 มม. (เบอร์ 4 - 3/8 นิ้ว)	1,000
9.5 - 19.0 มม. (3/8 - 3/4 นิ้ว)	2,000
19.0 – 37.5 มม. (3/4 - 1 1/2 นิ้ว)	3,000
มากกว่า 37.5 มม. ($1\frac{1}{2}$ นิ้ว)	5,000

2.2.4 ในกรณีที่ตัวอย่างมีทั้งวัสดุชนิดเม็ดละเอียดและหยาบ ให้ร่อนผ่านตะแกรง เบอร์ 4 ถ้าค้างตะแกรงเบอร์ 4 เป็นวัสดุชนิดเม็ดหยาบ และถ้าผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เป็นวัสดุชนิดเม็ดละเอียด จากนั้นนำตัวอย่างไปทำตามข้อ 2.4.1 และ 2.4.2 ต่อไป

2.3 แบบฟอร์ม ให้ใช้ แบบฟอร์ม ที่ บฟ. มถ.(ท) 511-2550 : การทดสอบหาค่าก้อนดินเหนียว

2.4 การทดสอบ

2.4.1 นำตัวอย่างมาแผ่กระจายในภาชนะให้บางเทน้ำให้ท่วมตัวอย่างแช่ไว้เป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นใช้นิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ค่อย ๆ บีบหรือกลิ้งบนนิ้วมือเพื่อทำให้เม็ดของตัวอย่างหลุดออกจากกัน อย่าใช้เล็บหรือวัสดุแข็งอื่น ๆ จากนั้นนำไปร่อน ผ่านตะแกรง ดังตารางที่ 2 โดยวิธีล้าง

ตารางที่ 2

ขนาดของเม็ดตัวอย่างที่นำมาทดสอบ	**ขนาดของตะแกรง สำหรับส่วนแยกเป็นเม็ดดินเหนียว และเม็ดวัสดุร่วน**
1.18 มม. (เบอร์ 16)	0.85 มม. (เบอร์ 20)
4.75 -9.5 มม. (เบอร์ 4-3/8 นิ้ว)	2.36 มม. (เบอร์ 8)
9.5 - 19.0 มม. (3/8 - 3/4 นิ้ว)	4.75 มม. (เบอร์ 4)
19.0 - 37.5 มม. (3/4 –1 1/2 นิ้ว)	4.75 มม. (เบอร์ 4)
มากกว่า 37.5 มม. (1 1/2 นิ้ว)	4.75 มม. (เบอร์ 4)

2.4.2 นำตัวอย่างที่ค้างบนตะแกรงแต่ละตะแกรงไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส (230±9 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วนำไปชั่งน้ำหนักให้ละเอียดร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักตัวอย่าง (ก่อนนำไปอบควรนำวัสดุชนิดเม็ดออกจากตะแกรงให้หมดเสียก่อน โดยการล้าง แล้วจึงไปอบให้แห้ง)

3. การคำนวณ

3.1 ในการหาค่าร้อยละ ของก้อนดินเหนียวและ วัสดุร่วนที่อยู่ในวัสดุเม็ดละเอียด หรือในวัสดุชนิดเม็ดหยาบ หาได้ดังต่อไปนี้

โดยใช้สูตรของ ก้อนดินเหนียว และวัสดุร่วน ในวัสดุเม็ดละเอียด คือ

$$P = (W - R) / W \times 100$$

P = ค่าร้อยละของก้อนดินเหนียว และวัสดุร่วน ของวัสดุชนิดเม็ด

R = น้ำหนักของ วัสดุชนิดเม็ด ที่เหลือค้าง จากข้อ 2.4.2

W = น้ำหนักของ วัสดุชนิดเม็ด ที่ค้างบนตะแกรง เบอร์ 16 จากข้อ 2.2.2 และ 2.2.3

3.2 ในกรณีของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ หลังจากการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุแล้ว ถ้าตัวอย่างในตะแกรงมีน้ำหนักน้อยกว่าร้อยละ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักในข้อ 2.4.1 ไม่จำเป็นต้องนำมาทดสอบ ให้เอาค่าร้อยละของส่วนที่เป็นเม็ดดินเหนียวและวัสดุร่วนของตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่า หรือเล็กกว่ามาใช้แทนได้

4. หนังสืออ้างอิง

4.1 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIAL, ASTM. STANDARD C 142-78

โครงการ.....	**บฟ. มถ.(ท) 511-2550**	**ทะเบียนทดสอบ**.....	
.....			
สถานที่ก่อสร้าง.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)	**ผู้ทดสอบ**	
.....			
ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง.....	**การทดสอบหาค่าก้อนดินเหนียว**	**ผู้ตรวจสอบ**	
ชนิดตัวอย่าง.....**ทดสอบครั้งที่**.....			
ทดสอบวันที่.....**แผ่นที่**.....		**อนุมัติ**	

ชนิดของตัวอย่าง……..

ขนาดของตัวอย่าง……มม. ถึง……..……มม.

น้ำหนักแห้ง (W) = ……กรัม

ขนาดของตะแกรง สำหรับร่อนดินเหนียวและวัสดุร่วน = ……มม.

น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง (R) = ……กรัม

ร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุร่วน (P) = [(W-R)/W] x 100

P (ร้อยละ) = ……

มถ. (ท) 512 - 2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความสมมูลย์ของทราย
(Sand Equivalent)

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้ได้ปรับปรุงจาก AASHO T 176-70 เป็นการทดลองเพื่อหาค่าสัดส่วนระหว่างฝุ่น หรือวัสดุประเภทเหมือนดินเหนียวกับวัสดุเม็ดหยาบพวกกรวดหรือ ทราย

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

2.1.1 เครื่องมือทดลองประกอบด้วยกระบอกตวงพลาสติก ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 31.75 มิลลิเมตร (1 $^{1}/_{4}$ นิ้ว) สูง 431.80 มิลลิเมตร (17 นิ้ว) และมีขีดวัด 318 มิลลิเมตร (15 นิ้ว) แบ่งเป็น 15 ส่วน ส่วนละ 25.4 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) แต่ละส่วนแบ่งออกเป็น 10 ช่อง

2.1.2 Irrigator Tube

2.1.3 Weighted Foot Assembly ซึ่งประกอบด้วย Sand Reading Indicator ติดอยู่กับแกนห่างจากตัว Foot 254 มิลลิเมตร (10 นิ้ว)

2.1.4 Siphon Assembly ประกอบด้วยขวดกลมซึ่งบรรจุสารละลาย Calcium Chloride 3.80 ลิตร (1 แกลลอน) ให้ขวดกลมวางสูงจากโต๊ะที่ทำการทดลอง Sand Equivalent 914$\pm$ มิลลิเมตร (3 ฟุต $\pm$ 1 นิ้ว)

2.1.5 กระป๋องตวง (Measuring Can) ขนาด 85$\pm$5 มิลลิเมตร (3 ออนซ์)

2.1.6 กรวยปากกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางตรงปากกรวยขนาดประมาณ 100 มิลลิเมตร

2.1.7 นาฬิกาจับเวลา

2.1.8 เครื่องเขย่ากล (Mechanical Shaker) มีประสิทธิภาพเขย่าให้ 175$\pm$2 รอบต่อนาทีและระยะทางเขย่าเท่ากับ 203$\pm$1 มิลลิเมตร (8$\pm$0.004 นิ้ว) หรืออาจใช้เครื่องเขย่ามือ (Manual Shaker) ก็ได้

2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

2.2.1 Stock Solution สารละลาย Calcium Chloride เตรียมได้จาก Anhydrous Calcium Chloride 454 กรัม. USP Glycerin 2,050 กรัม และ Formaldehyde 47 กรัม ละลาย Calcium Chloride ในน้ำกลั่น 1,900 มิลลิเมตร (1/2 แกลลอน) แล้วนำไปกรองผ่านกระดาษกรองแบบ Rapid Filtering Filter Paper หรือ What man No. 12 เติม Glycerin และ Formaldehyde ในสารละลาย ผสมกันจนเข้ากันดี เติมน้ำกลั่นลงไปอีกจนได้สารละลาย 3.80 ลิตร (1 แกลลอน)

2.2.2 Working Solution เตรียมได้จากการนำเอาสารละลายในข้อ 2.2.1 มาเต็มกระป๋องตวง (85±5 มิลลิเมตร) เติมน้ำกลั่นให้ได้สารละลาย 3.80 ลิตร (1 แกลลอน)

2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ.มถ. (ท) 512-2550 : การทดสอบหาความสมมูลย์ของทราย

2.4 การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างตากแห้ง (Air-Dry Sample) ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.76 มิลลิเมตร) มา 1 กระป๋องตวง (85±5 มิลลิเมตร) โดยวิธี Quartering หรือใช้ Riffle Splitter อย่างใดอย่างหนึ่ง ควรเคาะกระป๋องกับพื้นแข็ง ๆ เพื่อให้ได้ตัวอย่างบรรจุในกระป๋องมากที่สุด ใช้ที่ปาดดินปาดวัสดุที่ขอบบนของกระป๋องตวงให้ตัวอย่างเต็มกระป๋องตวง

2.5 การทดสอบ

2.5.1 เติมสารละลายที่เตรียมจากข้อ 2.2.2 ลงไปในกระบอกตวงพลาสติกให้สูง 4±0.1 ส่วน (4±0.1 นิ้ว) โดยผ่าน Irrigator Tube วางกรวยปากกลมบนปากกระบอกตวง แล้วเทตัวอย่างจากกระป๋องตวงลงไปในกระบอกตวง ไล่ฟองอากาศโดยใช้ก้นกระบอกตวงกระแทกกับฝ่ามือจนตัวอย่างเปียกโดยทั่วถึงกัน

2.5.2 ปล่อยให้วัสดุตัวอย่างแช่ทิ้งไว้โดยไม่ถูกรบกวนเป็นเวลา 10±1 นาที แล้วอุดกระบอกตวงตัวด้วยจุกยาง พลิกกระบอกตวงคว่ำไปมาพร้อมทั้งเขย่า เพื่อป้องกันมิให้วัสดุตกค้างอยู่ที่ก้นกระบอกยาง

2.5.3 การเขย่ากระบอกตวงสามารถทำได้ 3 วิธี ด้วยกันคือ

(1) เขย่าด้วยเครื่องเขย่ากล โดยวางกระบอกตวงพลาสติกซึ่งอุดด้วยจุกยางอยู่ในแนวราบ และอยู่ในลักษณะติดแน่นกับเครื่องเขย่ากลนี้เขย่าเป็นเวลา 45±1 วินาที

(2) เครื่องเขย่ามือ โดยยึดกระบอกตวงพลาสติกซึ่งอุดด้วยจุกยางเข้ากับเครื่องโดยใช้สปริงยึด 3 ตัว ตั้งเครื่องนับครั้งเขย่าให้เริ่มที่ศูนย์ ดันเหล็กโยกกระบอกตวงไปในแนวนอนด้านข้างจนกระทั่งปลายเข็มชี้ที่เครื่องหมายกำหนดระยะทางการเขย่าซึ่งติดอยู่บนกระดาษด้านหลังเครื่องโยกแล้วจึงปล่อยมือให้เหล็กโยกเขย่ากระบอกตวงโดยอิสระ และอาจใช้ปลายนิ้วมือโยกช่วย เพื่อให้การเขย่าเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและเคลื่อนที่ในแนวด้านข้างตามระยะที่กำหนดไว้ การเขย่าที่ถูกต้องสมบูรณ์คือการโยกที่เมื่อครบรอบครั้งหนึ่ง ๆ แล้ว ปลายเข็มชี้จะอยู่ภายในขีดความกว้างของเครื่องหมายกำหนดระยะทาง ให้เขย่าเช่นนี้ 100 รอบ

(3) ใช้มือเขย่า โดยจับกระบอกตวงด้วยฝ่ามือทั้งสองข้างในแนวราบ ให้ระยะทางเขย่าในแนวราบนี้ยาว 228±25 มิลลิเมตร 9±1 นิ้ว) และให้เขย่า 90 รอบ ในเวลาประมาณ 30 วินาที (การนับจำนวนรอบให้นับจากจุดเริ่มต้นเขย่าไปแล้วกลับมาที่จุดเริ่มต้นอีกเป็น 1 รอบ)

2.5.4 หลังจากเขย่าตามวิธีการตามข้อ 2.5.3 แล้ว นำกระบอกตวงพลาสติกตั้งบนโต๊ะเอาจุกออก หย่อนปลาย Irrigator Tube ลงไปในกระบอกตวง เปิดให้สารละลายในขวดผ่านออกไปล้างวัสดุที่ติดอยู่ข้าง ๆ กระบอกตวงนั้น จากขอบบนลงไปค่อย ๆ หมุนและดัน Irrigator Tube ผ่านชั้นวัสดุเม็ดหยาบลงไปจนถึงก้นกระบอก วัสดุเม็ดละเอียดจะลอยตัวขึ้นมาเป็นของผสมอยู่เหนือพวกเม็ดหยาบเมื่อของผสมมีระดับอยู่ที่ขีด 15 ส่วน (15 นิ้ว) ค่อย ๆ ยก Irrigator Tube ขึ้น แต่ยังปล่อยให้สารละลายไหลออกเรื่อย ๆ จนเมื่อยก Irrigator Tube ออกจากกระบอกตวง ระดับของผสมในกระบอกตวงต้องอยู่ที่ระดับขีดที่ 15 ส่วน (15 นิ้ว)

2.5.5 ปล่อยกระบอกตวงทิ้งไว้โดยไม่ให้ถูกรบกวนอีก 20 นาที นับเวลาหลังจากเอา Irrigator Tube ออก จะเห็นดินเหนียวลอยอยู่โดยแยกเป็นชั้นอย่างชัดเจน อ่านค่าระดับชั้นบนสุดของดินเหนียวบนกระบอกตวงเป็นค่า “Clay Reading” ถ้าในระยะเวลา 20 นาที ดินเหนียวยังตกตะกอนไม่หมด โดยยังไม่เห็นเป็นชั้นแยกกันอย่างชัดเจนให้ยืดเวลาออกไปแต่ไม่ควรเกิน 30 นาที ถ้าเวลามากกว่า 30 นาที ยังไม่มีการแยกเห็นได้ชัดเจนให้ทำการทดลองใหม่ โดยใช้อีก 3 ตัวอย่าง และใช้ค่า “Clay Reading” ของตัวอย่างที่ใช้ระยะเวลาตกตะกอนที่สั้นที่สุด

2.5.6 หาค่า “Sand Reading” ได้จากการนำเอา Weighted Foot Assembly ค่อย ๆ หย่อนลงในกระบอกตวง ไปวางบนวัสดุหยาบหรือทราย อ่านค่าบนกระบอกตวงระดับบนสุดของ Indicator แล้วลบด้วย 10 จะได้ค่า”Sand Reading”

2.6 หาค่า “Clay Reading” และ “Sand Reading” ให้ใช้ทศนิยมเพียง 1 ตำแหน่งเท่านั้น ในกรณีที่อ่านทศนิยมได้มากกว่า 1 ตำแหน่ง ให้ปัดไปในด้านมากจนเหลือทศนิยม 1 ตำแหน่ง เช่น อ่านได้ 3.22 ให้ใช้ 3.3 เป็นต้น

3. การคำนวณ

ค่า Sand Equivalent (SE) หาได้จากสูตร

$$SE = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100$$

ถ้าค่า SE ไม่เป็นเลขจำนวนเต็มให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มทั้งหมด เช่น ค่า SE ได้เท่ากับ 41.25 ให้ใช้ค่า SE เป็น 42 เป็นต้น

4. **การรายงาน**

ให้รายงานผลตามแบบฟอร์มในข้อ 2.3

5. **ข้อควรระวัง**

5.1 สถานที่ใช้ในการทดลองต้องเป็นที่ซึ่งปราศจากการสั่นสะเทือน ซึ่งจะทำให้อัตราการตกตะกอนผิดไป

5.2 ไม่ควรวางกระบอกตวงพลาสติกในแสงแดด

5.3 ระวังมิให้ทรายหรือดินไปอุดตันที่ปลายของ Irrigator Tube

6. **หนังสืออ้างอิง**

6.1 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIAL. STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY ;MATERIALS AND METHODS OF SAMPLING AND TESTING. PART II. AASHO DESIGNATION: T 176-70

6.2 STATE OF CALIFORNIA. DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS, DIVISION OF HIGHWAYS. MATERIALS MANUAL OF TESTING AND CONTROL PROCEDURES, VOL. 1. TEST METHOD NO. CALIF. 217-B

6.3 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1971) MANUAL BOOK OF ASTM STANDARD, PART II ASTM DESIGNATION : D 2419-71

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	แบบ บฟ. มถ.(ท) 511-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) การทดสอบหาค่าความสมมูลย์ของทราย (Sand Equivalent)			ทะเบียนทดสอบ..... ผู้ทดสอบ ผู้ตรวจสอบ อนุมัติ
คุณลักษณะ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	หมายเหตุ
Clay Reading				
Sand Reading				
$SE = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100$				
ค่าเฉลี่ยความสมมูลย์ของทราย				

มถ.(ท) 513-2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าดรรชนีความแบน
(Flakiness Index)

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นวิธีการหาค่าดัชนีความแบนของวัสดุเม็ดหยาบ (Coarse Aggregate) โดยหามวลของวัสดุที่มีความหนาของด้านแบนน้อยกว่า 3/5 เท่าของขนาดเฉลี่ยของวัสดุนั้น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับมวลของวัดสุที่นำมาทดลอง วิธีการทดลองนี้ได้ปรับปรุงมาจาก BS 812

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย

2.1.1 ช่องวัดความหนา (Thickness Gauge or Slot Sieve) ประกอบด้วยช่องขนาดต่าง ๆ หลายขนาด แต่ละช่องมีตัวเลขกำกับอยู่ 2 ตัว ตัวเลขมากหมายถึงส่วนของตะแกรงที่วัสดุนั้นผ่าน ส่วนตัวเลขน้อยเป็นส่วนของตะแกรงที่วัสดุนั้น ๆ ค้างอยู่

2.1.2 เครื่องเขย่าตะแกรงพร้อมด้วยตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตาม มถ.(ท) 508 : มาตรฐานการทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ

2.1.3 ภาชนะสำหรับใส่วัสดุ

2.1.4 เครื่องแบ่งตัวอย่าง

2.1.5 เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ.มถ.(ท) 513 : การทดสอบหาค่าดัชนีความแบน (Flakiness Index)

2.4 การเตรียมตัวอย่าง

2.4.1 นำตัวอย่างวัสดุเม็ดหยาบทั้งหมดมาคลุกเคล้ากันให้ทั่ว แล้วทำการแบ่งโดยใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง

2.4.2 ถ้าวัสดุเม็ดหยาบชื้นหรือเปียก ให้นำไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5^{o} ซ. จนแห้งแล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นก่อนทำการทดลอง

2.4.3 ในกรณีที่วัสดุเม็ดหยาบเป็นวัสดุชนิดเดี่ยว (Single Size) ให้เตรียมตัวอย่างไว้ไม่น้อยกว่า 200 ก้อน

2.4.4 ในกรณีที่วัสดุเม็ดหยาบมีอยู่หลายขนาดปนกัน ให้ทำการร่อนด้วยเครื่องเขย่าผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามต้องการ โดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที ปริมาณของวัสดุเม็ดหยาบที่ใช้ร่อนผ่านตะแกรงต่าง ๆ ของวิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง ตาม มถ.(ท) 508 : มาตรฐานการทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ

2.4.5 นำวัสดุเม็ดหยาบขนาดต่าง ๆ ที่ร่อนแล้วไปชั่ง แล้วแยกเก็บไว้เพื่อทำการทดลอง สำหรับวัสดุที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร) ให้ทิ้งไป

2.5 การทดลอง

2.5.1 นำตัวอย่างที่ค้างบนแต่ละตะแกรงตามข้อ 2.4 มาทดลองลอดผ่านช่องวัดความหนา โดยใช้ส่วนที่แบนที่สุดลอดผ่านตรงช่องที่มีตัวเลขเท่ากับตะแกรงที่ค้างนั้นทีละก้อน ให้ทำทุก ๆ ขนาดของวัสดุ

2.5.2 นำส่วนที่ค้างและส่วนที่ผ่านช่องวัดความหนาของวัสดุแต่ละขนาดไปชั่ง แล้วบันทึกไว้

3. การคำนวณ

คำนวณหาดัชนีความแบนได้จากสูตร

$$\text{ดัชนีความแบน (FI)} = \frac{\text{มวลของตัวอย่างทุกขนาดที่ลอดผ่านช่องวัดความหนา}}{\text{มวลรวมของตัวอย่างส่วนที่ผ่านและส่วนที่ค้างทั้งหมด}} \times 100$$

$$= \frac{x}{x+y} \times 100$$

เมื่อ X = มวลรวมของตัวอย่างส่วนที่ลอดผ่านช่องวัดความหนาทุกช่องมีหน่วยเป็นกรัม

Y = มวลรวมของตัวอย่างส่วนที่ค้างช่องวัดความหนาทุกช่องมีหน่วยเป็นกรัม

4. การรายงาน

ให้รายงานค่าของเปอร์เซ็นต์ดัชนีความแบนเป็นเลขจำนวนเต็ม ตามแบบฟอร์มในข้อ 2.3

5. ข้อควรระวัง

การทดลองลอดวัสดุผ่านช่องวัดความหนา ห้ามไม่ให้กดวัสดุเพื่อบังคับให้วัสดุผ่านช่อง

6. หนังสืออ้างอิง

6.1 BRITISH STANDARDS INSTITUTE. METHODS FOR SAMPLING AND TESTING OF MINERAL AGGREGATES, SAND & FILLERS; BRITISH STANDARD 812 : 1967

6.2 NORMAN W. METHOD (1969) THE ANNUAL MEETING. ASSOCIATION OF ASPHALT PAVING TECHNOLOGISHS, LOS ANGELES CALIFORNIA, FEB 10-12 1969. A GENERAL METHOD OF DESIGN FOR SEAL COATS AND SURFACE TREATMENTS.

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....		แบบ บฟ. มถ.(ท) 513-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) การทดสอบหาค่าดัชนีความแบน (Flakiness Index)		ทะเบียนทดสอบ ผู้ทดสอบ / ผู้ตรวจสอบ / อนุมัติ	
Sieve Size U.S. Standard Square Opening (mm.)	**Width of Slote sieve (Flakiness Index)**	**Mass Retained X (gm.)**	**Mass Passing Y (gm.)**	**Total Mass X + Y (gm.)**	**Flakiness Index (%)**
63.5-50.8 (21/2"-2") 50.8-38.1 (2"-1 1/2") 38.1-25.4 (1 1/2"-1") 25.4-19.05 (1"-3/4") 19.05-12.7 (3/4"-1/2") 12.7-9.52 (1/2"-3/8") 9.52-4.76 (3/8"- #4)	34.29 (1.350") 26.67 (1.050") 19.05 (0.750") 13.34 (0.525") 9.53 (0.375") 6.68 (0.236") 4.29 (0.169")				
Total					

ดัชนีความแบน (FI) $= \dfrac{\text{Total mass passing slot sieve (gm)}}{\text{Total mass (gm)}} \times 100$

$= \dfrac{X}{X+Y} \times 100$

มถ. (ท) 514 - 2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าดัชนีความยาว
(Elongation Index)

1. ขอบข่าย

วิธีการทดสอบนี้เป็นวิธีการหาค่าดัชนีความยาวของวัสดุเม็ดหยาบ (Coarse Aggregate) โดยหามวลของวัสดุที่มีความยาวของส่วนยาวมากกว่า 1.8 เท่าของขนาดเฉลี่ยของวัสดุนั้น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับมวลของวัสดุที่นำมาทดสอบ วิธีการทดสอบนี้ได้ปรับปรุงมาจาก BS 812 : 1967

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

เครื่องมือทดสอบประกอบด้วย

2.1.1 ช่องวัดความยาว (Length Guage) ประกอบด้วยช่องขนาดต่าง ๆ หลายขนาดแต่ละช่องมีตัวเลขกำกับอยู่ 2 ตัว ตัวเลขมากหมายถึงส่วนของตะแกรงที่วัสดุนั้นผ่าน ตัวเลขน้อยเป็นส่วนของตะแกรงที่วัสดุนั้น ๆ ค้างอยู่ เครื่องเขย่าตะแกรงพร้อมด้วยตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตาม มถ.(ท) 508 : มาตรฐานการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ

2.1.2 ภาชนะสำหรับใส่วัสดุ

2.1.3 เครื่องแบ่งตัวอย่าง

2.1.4 เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดสอบ

2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ.มถ. (ท) 514 : 2550 : การทดสอบหาค่าดัชนีความยาว

2.4 การเตรียมตัวอย่าง

2.4.1 นำตัวอย่างวัสดุเม็ดหยาบทั้งหมดมาคลุกเคล้ากันให้ทั่ว แล้วทำการแบ่งโดยใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง

2.4.2 ถ้าวัสดุเม็ดหยาบชื้นหรือเปียก ให้นำไปอบที่อุณหภูมิ $110 \pm 5^{\circ}$ ซ. จนแห้งทิ้งไว้ให้เย็นก่อนทำการทดสอบ

2.4.3 ในกรณีที่วัสดุเม็ดหยาบเป็นวัสดุชนิดขนาดเดี่ยว (Single Size) ให้เตรียมตัวอย่างไม่น้อยกว่า 200 ก้อน

2.4.4 ในกรณีที่วัสดุเม็ดหยาบมีอยู่หลายขนาดปนกัน ให้ทำการร่อนตัวเครื่องเขย่าผ่าน

ตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามต้องการ โดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที ปริมาณของวัสดุเม็ดหยาบที่ใช้ร่อนผ่านตะแกรงต่าง ๆ ของวิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง ตาม มถ.(ท) 508 : มาตรฐานการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ

2.4.5 นำวัสดุเม็ดหยาบขนาดต่าง ๆ ที่ร่อนแล้วไปชั่ง แล้วแยกเก็บไว้เพื่อทำการทดสอบสำหรับวัสดุที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร) ให้ทิ้งไป

2.5 การทดสอบ

2.5.1 นำตัวอย่างที่ค้างบนแต่ละตะแกรง ตามข้อ 2.4 มาทดสอบลอดผ่านช่องวัดความยาว โดยใช้ส่วนที่ยาวที่สุดลอดผ่านตรงช่องที่มีตัวเลขเท่ากับตะแกรงที่ค้างนั้นทีละก้อนให้ทำทุก ๆ ขนาดของวัสดุ

2.5.2 นำส่วนที่ค้างและส่วนที่ผ่านช่องวัดความยาวของวัสดุแต่ละขนาดไปชั่ง แล้วบันทึกไว้

3. การคำนวณ

คำนวณหาดัชนีความยาวได้จากสูตร

$$\text{ดัชนีความยาว (EI)} = \frac{\text{มวลของตัวอย่างทุกขนาดที่ค้างผ่านช่องวัดความยาว}}{\text{มวลรวมของตัวอย่างส่วนที่ผ่านและส่วนที่ค้างทั้งหมด}} \times 100$$

$$= \frac{Y}{X + Y} \times 100$$

เมื่อ X = มวลรวมของตัวอย่างส่วนที่ลอดผ่านช่องวัดความยาวทุกช่องมีหน่วยเป็นกรัม

Y = มวลรวมของตัวอย่างส่วนที่ค้างช่องวัดความยาวทุกช่องมีหน่วยเป็นกรัม

4. การรายงาน

ให้รายงานค่าของเปอร์เซ็นต์ดัชนีความยาวเป็นเลขจำนวนเต็ม ตามแบบฟอร์มในข้อ 2.3

5. ข้อควรระวัง

5.1 การทดลองสอดวัสดุผ่านช่องวัดความยาว ห้ามไม่ให้ใช้แรงดันเพื่อบังคับให้วัสดุผ่านช่อง

5.2 การทดลองลอดวัสดุผ่านช่องวัดความยาวทุกครั้ง ต้องให้แกนตามความยาวของวัสดุขนานกับด้านยาวของช่อง ห้ามไม่ให้เอียงวัสดุเพื่อผ่านช่อง

6. **หนังสืออ้างอิง**

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. METHOD FOR SAMPLING AND TESTING OF MINERAL AGGREGATES, SANDS & FILLERS, BRITISH STANDARD 812 : 1967

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	แบบ บฟ. มถ.(ท) 512-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) การทดสอบหาค่าดัชนีความยาว (Elongation Index)	ทะเบียนทดสอบ ผู้ทดสอบ ผู้ตรวจสอบ อนุมัติ

Sieve Size U.S. Standard Square Opening (mm.)	Gauge length (mm.)	Mass Retained X (gm.)	Mass Passing Y (gm.)	Total Mass X + Y (gm.)	Elongation Index %
63.5-50.8 (2 1/2"-2")	102.87 (4.050")				
50.8-38.1 (2"-1 1/2")	80.01 (3.150")				
38.1-25.4 (1 1/2" -1")	57.15 (2.250")				
25.4-19.05 (1"-3/4")	40.01 (1.575")				
19.05-12.7 (3/4"-1/2")	28.58 (1.125")				
12.7-9.52 (1/2"-3/8")	20.02 (0.788")				
9.52-4.76 (3/8"- # 4)	12.85 (0.506"				
Total					

$$\text{ดัชนีความยาว (EI)} = \frac{\text{Total Mass retained}}{\text{Total mass}} \times 100$$

$$= \frac{Y}{X + Y} \times 100$$

มถ.(ท) 515 - 2550
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความคงทน (Soundness)

1. ขอบข่าย

การทดสอบนี้ครอบคลุมถึงวิธีการทดสอบเพื่อหาค่าความต้านทานต่อการแตกแยกของมวลรวมในสารละลายอิ่มตัว โซเดียมซัลเฟต หรือ แมกนีเซียมซัลเฟต เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการช่วยพิจารณาค่าความคงทนของมวลรวมที่ถูกกระทำโดยสภาพดินฟ้าอากาศ โดยเฉพาะมวลรวมที่ได้จากแหล่งที่มีข้อมูลในการทนต่อกระบวนการถูกทำลายทางธรรมชาติมีไม่เพียงพอ วิธีการทดสอบโดยใช้สารละลายอิ่มตัวแต่ละชนิดดังกล่าว จะให้ผลทดสอบมีค่าแตกต่างกัน ดังนั้น ในการกำหนดค่าความคงทนจะต้องระบุชนิดของสารละลายและจำนวนรอบของการทดสอบอย่างชัดเจน

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

เครื่องมือทดสอบประกอบด้วย

2.1.2 ตะแกรง ช่องผ่านเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาดช่องผ่านของตะแกรงจะต้องสอดคล้องกับ ASTM E 11 หรือเทียบเท่า โดยมีขนาดต่าง ๆ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ขนาดตะแกรงที่ใช้ มิลลิเมตร	
มวลรวมเม็ดละเอียด	**มวลรวมเม็ดหยาบ**
0.150 (เบอร์ 100)	8.0 (5/16")
0.30 (เบอร์ 50)	9.5 (3/8")
0.60 (เบอร์ 30)	12.5 (1/2")
1.18 (เบอร์ 16)	16.0 (5/8")
2.36 (เบอร์ 8)	19.0 (3/4")
4.00 (เบอร์ 5)	25.0 (1")
4.75 (เบอร์ 4)	31.5 (1 $^{1}/_{4}$ ")
	37.5 (1 $^{1}/_{4}$ ")
	50 (2")
	63 (2 $^{1}/_{2}$ ")
	ขนาดโตกว่านี้ให้ใช้ตะแกรงที่มีขนาดใหญ่ขึ้นทีละ $^{1}/_{2}$ นิ้ว

2.1.2 ภาชนะบรรจุสำหรับใส่ตัวอย่างมวลรวมแช่ลงในสารละลาย จะต้องมีรูพรุนเพียงพอเพื่อที่จะให้สารละลายไหลเข้าได้สะดวก และสามารถระบายออกได้โดยที่ไม่ทำให้มวลรวมสูญหายภาชนะบรรจุตัวอย่างอาจใช้ตะกร้าที่ทำจากลวดตาข่าย หรือตะแกรงที่มีช่องเปิดที่เหมาะสมได้

2.1.3 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ใช้ควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างให้อยู่ในช่วงที่กำหนด ตลอดเวลาที่แช่อยู่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟต

2.1.4 ตาชั่ง

(1) สำหรับมวลรวมเม็ดละเอียด ตาชั่งต้องชั่งได้ไม่น้อยกว่า 500 กรัม และชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

(2) สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบ ตาชั่งต้องชั่งได้ไม่น้อยกว่า 5000 กรัม และชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม

2.1.5 เตาอบต้องสามารถให้ความร้อนได้อย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 110±5 องศา เซลเซียส และอัตราการระเหยที่ช่วงอุณหภูมิดังกล่าว จะต้องไม่น้อยกว่า 25 กรัมต่อชั่วโมง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งตลอดช่วงเวลานี้ประตูของเตาอบจะต้องปิดสนิท อัตราการระเหยดังกล่าวสามารถหาได้จากการระเหยของน้ำที่บรรจุในถ้วยทนความร้อนทรงเตี้ย (Griffin Low-Form Beakers) ขนาด 1 ลิตร จำนวนของน้ำ 500 กรัม อุณหภูมิ 21±2 องศาเซลเซียส แล้วนำถ้วยแก้วที่บรรจุน้ำวางไว้ทุกมุมและตรงกลางของทุกชั้นของเตาอบ ให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิคงที่ที่ 110±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ติดต่อกันค่าการระเหยหาได้จากค่าเฉลี่ยของน้ำที่หายไปในทุกจุด และขณะทดสอบหาค่าระเหยนี้ ภายในเตาอบ จะต้องมีเฉพาะถ้วยแก้วบรรจุน้ำอยู่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

2.1.6 เครื่องมือวัดความถ่วงจำเพาะ ต้องเป็นเครื่องมือที่เหมาะสม ทำจากแก้วอย่างดี เช่น ไฮโดรมิเตอร์ มีความเที่ยงตรงแม่นยำ สามารถอ่านค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายได้ละเอียดถึง 0.001

2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดสอบ

2.2.1 เตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดสอบโซเดียมซัลเฟต หรือ แมกนีเซียมซัลเฟต อย่างหนึ่งอย่างใดตามข้อ 2.2.2 หรือ 2.2.3 ให้มีปริมาตรอย่างน้อย 5 เท่าของปริมาตรของตัวอย่างที่จะนำมาแช่ในการทดสอบแต่ละครั้ง

2.2.2 สารละลายโซเดียมซัลเฟต เตรียมสารละลายอิ่มตัวได้จากการละลายเกลือโซเดียมซัลเฟต เกรด USP หรือเทียบเท่า ในน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 25 - 30 องศาเซลเซียส เพิ่มจำนวนของเกลือผง (Na_2SO_4) หรือเกลือผลึก ($Na_2SO_4 . 10H_2O$) ให้เพียงพอจนแน่ใจว่าสารละลายไม่เพียงแต่จะอิ่มตัวเท่านั้นแต่จะต้องตกผลึกส่วนเกินให้เห็นด้วย เพื่อพร้อมที่จะใช้ในการทดสอบคนให้เข้ากันขณะผสมเกลือลงไป และจะต้องหมั่นคนอยู่เสมอจนกว่าจะใช้งาน เพื่อป้องกันการระเหยและสิ่งสกปรกตกลงไปให้ปิดฝาภาชนะบรรจุไว้ ทำสารละลายให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 21±1 องศาเซลเซียส คนอีกครั้งหนึ่ง แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง ก่อนจะนำไปใช้ทดสอบ หากมีผลึกเกลือปรากฏให้เห็นก่อนการใช้ในแต่ละครั้งต้องทำผลึกเกลือให้แตกคนให้ทั่ว แล้วจึง

ตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลาย ขณะใช้งานสารละลายจะต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.151-1.174 สารละลายที่มีสีผิดไปจากเดิมให้นำทิ้งไป หรืออาจกรองแล้วตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะใหม่ก่อนนำมาใช้

สำหรับสารละลายโซเดียมซัลเฟต ถ้าใช้เกลือผง (Na_2SO_4) 215 กรัม หรือเกลือผลึก ($Na_2SO_4 . 10H_2O$) 700 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร แล้วจะอิ่มที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าสารละลายนี้จะอิ่มตัว แต่ก็อาจจะยังไม่คงตัวเต็มที่ดังกล่าว คือ ยิ่งถ้าต้องการให้มีการตกผลึกส่วนเกินให้เห็นด้วยแล้ว ก็ควรเพิ่มการใช้เกลือผงเป็นไม่น้อยกว่า 350 กรัม หรือเพิ่มเกลือผลึกเป็นไม่น้อยกว่า 750 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร

โดยทั่วไปเกลือโซเดียมซัลเฟตชนิดผงที่มีอยู่ในท้องตลาด ซึ่งพอจะอนุโลมเรียกเป็นเกลือผง (Na_2SO_4) ได้นั้น สามารถใช้ทำสารละลายได้ดีที่สุด ทั้งยังประหยัดกว่าเกลือผงที่แท้จริงอีกด้วยส่วนเกลือผลึก($Na_2SO_4 . 10H_2O$) นั้น เมื่อผสมกับน้ำจะทำให้สารละลายที่ได้เย็นตัวลงเร็วกว่าปกติทำให้การผสมให้เข้ากันเป็นไปได้ค่อนข้างยาก

2.2.3 สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต เตรียมสารละลายอิ่มตัวได้จากการละลายเกลือแมกนีเซียมเกรด USP หรือ เทียบเท่าในน้ำที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เพิ่มจำนวนของเกลือผง ($MgSO_4$) หรือเกลือผลึก ($MgSO_4 . 7H_2O$) ให้เพียงพอจนแน่ใจว่าสารละลายไม่เพียงแต่จะอิ่มตัวเท่านั้น แต่จะต้องตกผลึกส่วนเกินให้เห็นด้วยเมื่อพร้อมที่จะใช้ในการทดสอบ คนให้เข้ากันขณะผสมเกลือลงไป และจะต้องหมั่นคนอยู่เสมอจนกว่า จะใช้งาน เพื่อป้องกันการระเหยและสิ่งสกปรกตกลงไปให้ปิดฝาภาชนะบรรจุไว้ ทำสารละลายให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 21$\pm$1 องศาเซลเซียส คนอีกครั้งหนึ่งแล้วทิ้งไว้อุณหภูมินี้เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง ก่อนจะนำไปใช้ทดสอบ หากมีผลึกเกลือปรากฏให้เห็นก่อนการใช้ในแต่ละครั้งต้องทำผลึกเกลือให้แตกคนให้ทั่ว แล้วจึงตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายขณะใช้งาน สารละลายจะต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.295-1.308 สารละลายที่มีสีผิดปกติไปจากเดิมให้นำทิ้งไปหรืออาจกรองแล้วตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะใหม่ก่อนนำมาใช้

สำหรับสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ถ้าใช้เกลือผง ($MgSO_4$) 350 กรัม หรือเกลือผลึก ($MgSO_4 . 7H_2O$) 1230 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร แล้ว จะอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าสารละลายนี้จะอิ่มตัว แต่ก็อาจจะยังไม่คงตัวเต็มที่นัก ซึ่งเกลือผงจะให้สารละลายที่คงตัวเต็มที่ดีกว่าเกลือผลึก กล่าวคือ ยิ่งถ้าต้องการให้มีการตกผลึกส่วนเกินให้เห็นด้วยแล้ว ก็ควรเพิ่มเกลือผลึกเป็นไม่น้อยกว่า 1,400 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร

2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ.มถ.(ท) 515-2550 : การทดสอบหาค่าความคงทน

2.4 การเตรียมตัวอย่าง

2.4.1 มวลรวมเม็ดละเอียด สำหรับมวลรวมเม็ดละเอียดที่จะนำมาใช้ในการทดสอบจะต้องผ่านตะแกรงขนาด 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) ทั้งหมด นำมวลรวมเม็ดละเอียดดังกล่าวมาร่อนผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามตารางที่ 2 จากผลการทดสอบ การแบ่งขนาดส่วนของมวลรวมเม็ดละเอียดที่จะนำมาใช้ในการทดสอบหาค่าความคงทน จะต้องมีปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป และมวลที่ใช้ในการทดสอบ แต่ละช่วงขนาดตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 จะต้องไม่น้อยกว่า 100 กรัม

ตารางที่ 2 ขนาดตะแกรงและมวลของมวลรวมเม็ดละเอียดที่ใช้ในการทดสอบ

ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร		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

2.4.2 มวลรวมเม็ดหยาบ สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบที่จะนำมาใช้ในการทดสอบจะต้องร่อนเอาส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) ออกให้หมด นำมวลรวมเม็ดหยาบดังกล่าวมาร่อนผ่านตะแกรงต่าง ๆ ตามตารางที่ 3 จากผลการทดสอบการแบ่งขนาดส่วนของมวลรวมเม็ดหยาบที่จะนำมาใช้ในการทดสอบหาค่าความคงทน จะต้องมีปริมาณในแต่ละช่วงขนาดที่ใช้ทดสอบตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป และมวลที่ใช้ในการทดสอบแต่ละช่วงขนาดตามตารางที่ 3

2.4.3 เมื่อมวลรวมที่จะใช้ทดสอบประกอบด้วยมวลรวมเม็ดละเอียด และมวลรวมเม็ดหยาบ โดยที่มีส่วนค้างตะแกรงขนาด 9.5มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) มากกว่าร้อยละ 10 โดยมวล และมีส่วนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4)มากกว่าร้อยละ 10 โดยมวล แล้ว ให้แบ่งตัวอย่างออกเป็นส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) และทดสอบตามวิธีการทดสอบมวลรวมเม็ดหยาบกับส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) ตามลำดับ การรายงานผลให้แยกรายงานค่าส่วนที่ไม่คงทนของส่วนละเอียดและส่วนหยาบ และรายงานร้อยละของส่วนละเอียดและส่วนหยาบที่มีอยู่ในมวลรวมทั้งหมดด้วย

ตารางที่ 3 มวลของมวลรวมเม็ดหยาบที่ใช้ในการทดสอบ

ขนาดที่ใช้ทดสอบ มิลลิเมตร	ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร		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
			670±10
37.5(1 1/2 ") – 19.0 (3/4") ประกอบด้วย	25.0(1")	19.0 (3/4")	1500±50
	37.5(1 1/2 ")	25.0 (1")	500±30
			1000±50
63(2 1/2") – 37.5 (1 1/2 ") ประกอบด้วย	50 (2")	37.5 (1 1/2 ")	500±30
	63 (2 1/2 ")	50(2")	2000±200
			3000±300
ขนาดที่โตกว่านี้ให้แบ่งเป็นช่วง ช่วงละ 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) และใช้มวลในแต่ละช่วง			7000±1000

หมายเหตุ (1) ในกรณีของขนาดที่ใช้ทดสอบ ประกอบด้วยมวลรวมเม็ดหยาบ 2 ช่วง แต่ละมวลของช่วงหนึ่งช่วงใดขาดหายไปบ้าง โดยมวลไม่เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 3 ไม่ควรเอามวลของอีกขนาดหนึ่งมาทดแทนกัน ให้ดำเนินการขอตัวอย่างเพิ่มจนได้มวลตามที่กำหนด

(2) ในกรณีของขนาดที่ใช้ทดสอบอยู่ในช่วงที่ตารางที่ 3 กำหนดว่า ประกอบด้วยมวลรวมเม็ดหยาบ 2 ช่วงแล้ว แต่ขนาดของช่วงหนึ่งช่วงใดขาดหายไปหมด เช่น ในกรณีของวัสดุ Single Size อาจใช้มวลของขนาดที่มีอยู่มาทำการทดสอบแทนโดยอนุโลม

2.5 **การทดสอบ**

2.5.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบ

(1) สำหรับมวลรวมละเอียดให้ล้างตัวอย่างบนตะแกรงขนาด 0.30 มิลลิเมตร (เบอร์ 50) อบจนมวลคงที่ที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส แยกขนาดของวัสดุ โดยใช้ตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามตารางที่ 2 เลือกตัวอย่างให้มีเวลาเกินกว่า 100 กรัม บนแต่ละชั้นของตะแกรงไว้ทำการทดสอบ(โดยทั่วไปเตรียมไว้ประมาณ 110 กรัม) อย่านำวัสดุที่ติดค้างอยู่ระหว่างช่องตะแกรงมาทดสอบ ชั่งมวลของแต่ละตัวอย่างแยกจากกันให้ได้ตัวอย่างละ 105±5 กรัม แยกบรรจุลงในภาชนะตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้ใช้ในการทดสอบต่อไป

(2) สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบให้ล้างตัวอย่าง แล้วอบจนมีมวลคงที่ที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส แยกขนาดของวัสดุโดยใช้ตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามตารางที่ 3 แยกชั่งมวลของตัวอย่างที่ค้างอยู่บนแต่ละชั้นของตะแกรงให้ได้มวลตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 และถ้าขนาดที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยมวลรวม 2 ช่วงแล้ว

ให้รวมมวลกันให้ได้ตามที่กำหนดไว้จดบันทึกมวลที่ใช้ในการทดสอบ และมวลของส่วนประกอบแต่ละขนาดด้วย สำหรับตัวอย่างของวัสดุที่มีขนาดโตกว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) จะต้องนับจำนวนก้อนในแต่ละขนาดที่ใช้ทดสอบและจดบันทึกไว้ด้วย

2.5.2 การทดสอบ

(1) แช่ตัวอย่างลงในสารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟตเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 18 ชั่วโมง สารละลายจะต้องท่วมตัวอย่างอย่างน้อย 12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) ปิดฝาภาชนะบรรจุตัวอย่างที่กำลังทดสอบ เพื่อลดการระเหยของสารละลายและป้องกันสิ่งแปลกปลอมอื่นตกลงไปในสารละลาย และตลอดเวลาที่แช่ตัวอย่างทดสอบจะต้องรักษาและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่อุณหภูมิ 21$\pm$1 องศาเซลเซียส

สำหรับมวลรวมที่มีมวลเบามากเมื่อแช่ตัวอย่างลงในสารละลายขณะทำการทดสอบ อาจใช้ตะแกรงที่มีน้ำหนักเหมาะสมปิดทับเพื่อให้ตัวอย่างจมในสารละลาย

(2) หลังจากแช่จนได้กำหนดเวลาแล้ว ให้นำตัวอย่างมวลรวมออกจากสารละลาย ปล่อยทิ้งไว้อีก 15$\pm$5 นาที เพื่อให้สารละลายที่อาจมีติดค้างอยู่ตามเม็ดตัวอย่างไหลออกหมด แล้วนำไปเข้าเตาอบซึ่งได้ทำให้มีความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ที่ 110$\pm$5 องศาเซลเซียส อยู่ก่อนแล้ว อบตัวอย่างที่อุณหภูมินั้นจนตัวอย่างมีมวลคงที่ สำหรับระยะเวลาในการอบจนมีมวลคงที่นั้นให้ใช้เวลาที่ได้จากการทดสอบ โดยเอาตัวอย่างบรรจุจนเต็มเตาอบที่มีอุณหภูมิคงที่ 110$\pm$5 องศาเซลเซียส แล้วทำการตรวจสอบมวลที่หายไปของตัวอย่างโดยนำออกมาชั่งทั้งที่ยังร้อนอยู่ หลังจากอบไปแล้วทุกช่วง 2-4 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบหลายๆ ครั้ง จนแน่ใจว่าได้มวลที่คงที่แล้ว เวลาที่ใช้ในการอบจะขึ้นอยู่กับสภาพของตัวอย่างและตำแหน่งที่วาง ซึ่งควรจะเป็นไปตามข้อ 2.1.5 การพิจารณาว่ามวลคงที่จะคิดไว้เมื่อมวลมีการเปลี่ยนแปลงไปไม่เกิน ร้อยละ 0.1 ในช่วง 4 ชั่วโมง ของการอบ และเมื่อตัวอย่างมีมวลคงที่แล้วให้ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วดำเนินการตาม ข้อ 2.5.2 (1)

หมายเหตุ เวลาที่ใช้ในการอบเพื่อให้มวลของตัวอย่างที่จะต้องพิจารณาหลายๆ ด้าน ประสิทธิภาพของการอบจะลดลงเรื่อยๆ ตามจำนวนรอบในการทดสอบ ทั้งนี้เนื่องจากเกลือที่ติดที่ผิวของตัวอย่างและอาจจะเนื่องมาจากการเพิ่มพื้นที่ผิวที่แตกของตัวอย่าง ขนาดที่แตกต่างกันของเม็ดตัวอย่างก็ทำให้เวลาในการแห้งของตัวอย่างต่างกันไป ตัวอย่างเม็ดเล็กจะแห้งช้ากว่า เนื่องจากพื้นที่ที่ผิวที่มากกว่าและช่วงว่างระหว่างเม็ดมีจำกัดกว่า แต่ผลต่างๆ เหล่านี้ อาจเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากรูปร่างและขนาดของภาชนะบรรจุ

(2) จนกระทั่งครบ 5 รอบ หรือตามรอบที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของการใช้งานของวัสดุนั้น ๆ

(3) ให้ทำการทดสอบซ้ำโดยการแช่แล้วนำไปอบให้แห้งตามข้อ 2.5.2 (1) และข้อ 2.5.2

ในกรณีที่ทำการทดสอบคร่อมวันหยุดให้ทิ้งตัวอย่างที่อบแห้งและมีมวลคงที่แล้วที่อุณหภูมิห้องและให้เริ่มทำการทดสอบต่อไปในวันเปิดทำการ

(4) หลังจากการทดสอบรอบสุดท้ายเสร็จสิ้นและทิ้งตัวอย่างจนเย็นลงที่อุณหภูมิห้องแล้ว ให้ล้างด้วยน้ำจนปราศจากสารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟต ซึ่งจะทดสอบให้เห็นได้ว่าสะอาดจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากน้ำที่ล้างผสมแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$) วิธีการล้างให้ตัวอย่างในภาชนะและปล่อยให้น้ำล้นผ่านตัวอย่างจนสะอาด (โดยทั่วไปประมาณ 15 นาที) ให้ระหว่างการล้างตัวอย่างต้องไม่ถูกกระแทก หรือ เสียดสีกันจนเกิดการแตกขึ้น

(5) หลังจากล้างตัวอย่างจนสะอาดแล้ว ให้นำตัวอย่างไปอบจนมีมวลคงที่ที่อุณหภูมิ 110$\pm$5 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วไปร่อนตะแกรงสำหรับมวลรวมเม็ดละเอียดให้ใช้ตะแกรงที่มวลรวมค้างตามตารางที่ 2 ร่อน สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบให้ใช้ตะแกรงตามตารางที่ 4 ร่อน

วิธีการและช่วงเวลาของการร่อนมวลรวมเม็ดละเอียดพยายามให้ใกล้เคียงกับที่ใช้ในตอนร่อนเตรียมตัวอย่างทดสอบ สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบให้ทำการร่อนด้วยมือ ความแรงของการร่อนให้พอแน่ใจว่าตัวอย่างก้อนที่เล็กกว่าสามารถผ่านตะแกรงได้ โดยไม่มีการกระทำอื่นใดมาเสริมให้ผ่านตะแกรงหรือทำให้เกิดการแตก

ชั่งมวลของตัวอย่างที่ค้างอยู่บนแต่ละชั้นของตะแกรง บันทึก เปรียบเทียบกับมวลที่ชั่งไว้ก่อนแช่ในสารละลาย ค่าที่แตกต่างกัน คือ ค่าของส่วนที่ไม่คงทนที่เกิดขึ้นจากการทดสอบ ให้รายงานเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับมวลก่อนการทดสอบ

ตารางที่ 4 ขนาดของตะแกรงที่ใช้ร่อนหาส่วนที่ไม่คงทนของมวลรวมเม็ดหยาบ

ขนาดที่ใช้ทดสอบ มิลลิเมตร	**ขนาดตะแกรงที่ใช้ร่อน มิลลิเมตร**
63 (1 $^1/_2$ ") – 37.5 (1 $^1/_2$ ")	3.15 (1 $^1/_4$ ")
37.5 (1 $^1/_2$ ") -19.0 (3/4")	16.0 (5/8")
19.0 (3/4") – 9.5 (3/8")	8.0 (5/16")
9.5 (3/8") – 4.75 (เบอร์ 4)	4.0 (เบอร์ 5)

3. การคำนวณ

3.1 **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ** (Quantitative Examination)

3.1.1 คำนวณหามวลที่หายไปหลังจากการทดสอบ คือ การหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Actual Loss) จากแบบฟอร์มที่ บฟ.มถ.(ท) 515-2550 : การทดสอบหาค่าความคงทน ได้ดังนี้

Actual Loss (4) = Mass of Test Fraction Before Test (2) - Mass of Test Fraction After Test (3)

3.1.2 คำนวณหา Actual Percentage Loss

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

3.1.3 คำนวณหา Weighted Percentage Loss

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

3.1.4 คำนวณหา Total Percentage Loss

Total % Loss (6) = ผลบวกของ Weighted % Loss (6)

3.2 **การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ** (Qualitative Examination)

3.2.1 ให้นับตัวอย่างก้อนที่โตกว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ตามวิธีต่อไปนี้

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

ขณะที่มีการตรวจสอบตัวอย่างก้อนที่โตกว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) อยู่นั้น อาจจะต้องมีการตรวจสอบก้อนที่มีขนาดเล็กกว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ลงมาบ้าง ทั้งนี้จะได้รู้ถึงสภาพการแตกแยกที่อาจจะมีเพิ่มขึ้น

(2) นับชิ้นส่วนที่ถูกแยกออกในแต่ละกลุ่มมีการแตกเกิดขึ้น

(3) ร้อยละความไม่คงทนของแต่ละกลุ่มหาได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละความไม่คงทนของแต่ละกลุ่ม} = \frac{\text{จำนวนก้อนที่เปลี่ยนสภาพในแต่ละกลุ่ม}}{\text{จำนวนก้อนทั้งหมดก่อนการทดสอบ}} \times 100$$

4. การรายงาน

4.1 รายงานค่าส่วนที่ไม่คงทน (Total Percentage of Loss) เป็นร้อยละ โดยใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่งในแบบฟอร์มที่ บฟ.มถ.(ท) 515-2550 : การทดสอบหาค่าความคงทน

4.2 ค่าเฉลี่ย (Weighted Average) ซึ่งหาได้จากค่าร้อยละของส่วนที่ไม่คงทน (Loss) ของแต่ละขนาด ขึ้นอยู่กับขนาดคละ (Gradation) ของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ หรืออาจกล่าวได้ว่าขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของขนาดคละของวัสดุจากแต่ละขนาดของตัวอย่างที่ได้รับยกเว้น กรณีต่อไปนี้

4.2.1 สำหรับมวลรวมเม็ดละเอียด (ซึ่งมีขนาดโตกว่าตะแกรงขนาด 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) น้อยกว่าร้อยละ10) ให้ตั้งสมมุติฐานไว้ว่า ขนาดที่เล็กกว่าตะแกรงขนาด 0.30 มิลลิเมตร (เบอร์ 50) มีส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เท่ากับร้อยละศูนย์ (0%) และขนาดที่โตกว่าตะแกรงขนาด 9.5 มิลลิเมตร (3/8นิ้ว) มีส่วนที่ไม่คงทนเท่ากับขนาดที่ค้างตะแกรงขนาดเล็กกว่าขนาดถัดไปในรายงานผลการทดสอบและต้องมีค่าผลการทดสอบ

4.2.2 สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) น้อยกว่าร้อยละ 10)ให้ตั้งสมมุติฐานไว้ว่า ขนาดที่เล็กกว่าตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) มีส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เท่ากับขนาดที่ค้างตะแกรงขนาดถัดไปในรายงานผลการทดสอบ และต้องมีค่าผลการทดสอบด้วย

4.2.3 สำหรับมวลรวมที่ประกอบด้วย มวลรวมเม็ดหยาบให้แยกทดสอบเป็น 2 ชนิด ตามข้อ 2.4.3 ให้แยกคำนวณค่าเฉลี่ยของส่วนที่ไม่คงทน (Weighted Percentage Loss) สำหรับส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) โดยให้ทำขนาดคละ ของส่วนละเอียดเป็นร้อยละ 100 ก่อนการรายงานผลการทดสอบให้รายงานแยกจากกัน โดยรายงานเปอร์เซ็นต์ของวัสดุส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) และส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) จริง ๆ มาด้วย

4.2.4 สำหรับการคำนวณค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้ตามข้อ 2.4.1 และ 2.4.2 ถ้ามีขนาดที่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของตัวอย่าง ซึ่งไม่ได้นำไปทดสอบ ให้ถือว่ามีส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เท่ากับค่าเฉลี่ยของส่วนที่ไม่คงทนของขนาดที่โตกว่าขนาดถัดไป และขนาดที่เล็กกว่าขนาดถัดไป แต่ถ้าหากมีขนาดหนึ่งขนาดใดขาดหายไป ก็ให้ถือเอาค่าของขนาดถัดไปอันหนึ่งอันใด ไม่ว่าโตกว่าหรือเล็กกว่าที่มีค่าผลการทดสอบมาใช้เป็นส่วนที่ไม่คงทน

4.3 ในกรณีของก้อนที่มีขนาดโตกว่า 19.0 มิลลิเมตร (3.4นิ้ว) ก่อนการทดสอบให้รายงานจำนวนก้อนก่อนการทดสอบและจำนวนก้อนที่แตกตามสภาพต่าง ๆ หลังการทดสอบด้วย

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**แบบ บฟ.มถ.(ท) 515-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าคงทน (Soundness)ของมวลรวม**	ทะเบียนทดสอบ.....	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		อนุมัติ	

1. Quantitative Examination ☐ Coarse Aggregate Plus 4.75 mm. (# 4) .....% ☐ Fine Aggregate Minus 4.75 mm. (# 4) .....%

SIEVE		**% Retained of Original Sample**	**Mass of Test Fraction**		**Actual Loss**		**Weighted Loss**
			Before Test	**After Test**			(6)=(1)x(5)/100
		(1)	(2)	(3)	(4) = (2)-(3)	(5)=(4)/(2)x100	
mm.	in.	%	gm.	gm.	gm.	%	%
90.0-63.0	3 1/2" – 2 1/2"						
63.0-37.5	2 1/2" - 1 1/2"						
37.5-19.0	1 1/2" – 3/4"						
19.0-9.5	3/4" – 3/8"						
9.5-4.75	3/8" - # 4						
4.75-2.36	# 4 - # 8						
2.36-1.18	# 8 - # 16						
1.18-0.600	# 16 - # 30						
0.600-0.300	# 30 - # 50						
						Total % Loss	

2. Quantitative Examination of Aggregate Larger than 19.0 mm. (3/4")

SIEVE		**Particles Exhibiting of Distress**								**Total No of Particles Before Test**
		Splitting		**Crumbing**		**Cracking**		**Flaking**		
mm.	in.	No	%	No	%	No	%	No	%	
37.5 – 19.0	1 1/2" – 3/4"									

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

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

REMARKS : .....
.....

มถ.(ท)516-2550
มาตรฐานการทดสอบหาการหลุดลอก (Stripping) โดยวิธี Plate Test

1. ขอบข่าย

วิธีการทดสอบนี้ เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าร้อยละของการหลุดลอกระหว่างแอสฟัลต์กับวัสดุ Aggregate ซึ่งได้ปรับปรุงมาจากวิธีการทดสอบของ The Department of Main Roads, N.S.W. ประเทศออสเตรเลีย

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

เครื่องมือที่ทำการทดลองประกอบด้วย

2.1.1 ถาดสังกะสีหรือฝากระป๋อง ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร ขอบสูงประมาณ 1 เซนติเมตร จำนวน 2 ถาด

2.1.2 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 60 องศาเซลเซียส

2.1.3 อ่างน้ำชนิด Thermostatic Water Bath สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 50° ซ.

2.1.4 เทอร์โมมิเตอร์ ขนาด 0 - 100° ซ. จำนวน 2 อัน

2.1.5 คีมปากจิ้งจอก

2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ.มถ.(ท) 516-2550 : การทดสอบหารการหลุดลอก (Stripping) โดยวิธี Plate Test

2.4 การเตรียมตัวอย่าง

2.4.1 เลือกวัสดุ Aggregate ขนาดประมาณ 12.7 - 25.4 มิลลิเมตร (ห้ามทำการร่อน) ที่มีผิวหน้าใดหน้าหนึ่งเรียบ และความหนาพอที่จะจับถึงได้มา 50 ก้อน

2.4.2 ให้ความร้อนแอสฟัลต์ ตามอุณหภูมิของแอสฟัลต์แต่ละชนิดที่ใช้ทำการก่อสร้าง ตามตารางต่อไปนี้

ตารางอุณหภูมิของแอสฟัลต์ที่ใช้ทำการก่อสร้าง

ชนิดของแอสฟัลต์	อุณหภูมิที่ใช้ทำการก่อสร้าง (องศาเซลเซียส)
RC - 800	100 - 120
RC - 250	80 - 110
AC (120 - 150 pen.)	140 - 175
AC (80 - 100 pen.)	140 - 175
AC (60 - 70 pen.)	140 - 175
CRS - 2	60 - 80
CRS - 1	45 - 75
RC - 3000	120 - 160

2.5 การทดสอบ

2.5.1 เทแอสฟัลต์ที่ได้เตรียมไว้แล้ว ตามข้อ 2.4 ลงในถาดทั้งสอง โดยให้แอสฟัลต์มีความหนา ประมาณ 1 - 2 มิลลิเมตร หรือใช้น้ำหนักแอสฟัลต์ประมาณถาดละ 25 กรัม แล้วปล่อย ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิปกติ

2.5.2 นำวัสดุ Aggregate ตามข้อ 2.4 กดด้านที่เรียบลงบนผิวแอสฟัลต์เบาๆ ให้ผิวหน้าจมให้แอสฟัลต์ ถาดละ 25 ก้อน แล้วเอาเข้าอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สำหรับแอสฟัลต์ซีเมนต์ใช้เวลา 24 ชั่วโมง สำหรับ Cutback Asphalt และ Emulsified Asphalt ใช้เวลา 48 ชั่วโมง

2.5.3 หลังจากอบแล้ว ให้นำลงไปแช่น้ำในอ่างที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน แล้วเอาไปแช่น้ำที่อุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.5.4 นำเอาถาดขึ้นจากน้ำแล้วดึงเอาวัสดุ Aggregate ที่ได้ดึงออกมาและให้คะแนนแต่ละก้อนดังนี้

ก. ผิวหน้าของวัสดุ Aggregate ก้อนใดที่ไม่มี แอสฟัลต์เคลือบอยู่เลย ให้ 1 คะแนน

ข. ผิวหน้าของวัสดุ Aggregate ก้อนใดที่มี แอสฟัลต์เคลือบอยู่น้อยกว่าครึ่งหน้าให้ 0.75 คะแนน

ค. ผิวหน้าของวัสดุ Aggregate ก้อนใดที่มี แอสฟัลต์เคลือบอยู่ครึ่งหน้าให้ 0.50 คะแนน

ง. ผิวหน้าของวัสดุ Aggregate ก้อนใดที่มี แอสฟัลต์เคลือบอยู่มากกว่าครึ่งหน้า ให้ 0.25 คะแนน

จ. ผิวหน้าของวัสดุ Aggregate ก้อนใดที่มี แอสฟัลต์เคลือบเต็มหน้า ให้ 0 คะแนน

3. **การคำนวณ**

$$\text{ค่าร้อยละการหลุดลอก} = \frac{\text{ผลบวกของคะแนนทั้งหมด (ตามข้อ 2.5.5)}}{\text{จำนวนก้อนวัสดุ Aggregate ทั้งหมด}} \times 100\%$$

แล้วนำค่าของทั้งสองถาดมาเฉลี่ยเป็นค่าร้อยละการหลุดลอกของวัสดุ Aggregate นั้น

4. **การรายงาน**

ให้รายงานตามแบบฟอร์มในข้อ 2.3

5. **ข้อควรระวัง**

ในการเลือกวัสดุ Aggregate ห้ามทำการร่อน เพื่อป้องกันมิให้ฝุ่นที่จับก้อนวัสดุอยู่เดิมหลุดลอก

โครงการ..... ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้างหรือผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	แบบ บฟ.มถ.(ท) 516-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาการหลุดลอก** **(Stripping)** **โดยวิธี Plate Test**	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		อนุมัติ	

ถาดที่ 1				**ถาดที่ 2**			
ก้อนที่	**คะแนน (A)**	**ก้อนที่**	**คะแนน (B)**	**ก้อนที่**	**คะแนน (C)**	**ก้อนที่**	**คะแนน (D)**
1		14		1		14	
2		15		2		15	
3		16		3		16	
4		17		4		17	
5		18		5		18	
6		19		6		19	
7		20		7		20	
8		21		8		21	
9		22		9		22	
10		23		10		23	
11		24		11		24	
12		25		12		25	
13				13			
รวมคะแนนถาดที่ 1 (A+B)				**รวมคะแนนถาดที่ 2 (C+D)**			
% การหลุดลอก (A+B) x 100/25				**% การหลุดลอก (C+D) x 100/25**			
ค่าเฉลี่ย % การหลุดลอก (% การหลุดลอกถาดที่ 1 + % การหลุดลอกถาดที่ 2) / 2							

มถ.(ท) 601-2550
มาตรฐานการทดสอบการกลั่นวัสดุยางคัตแบกแอสฟัลต์
(Cut-Back Asphalt)

1. ขอบข่าย

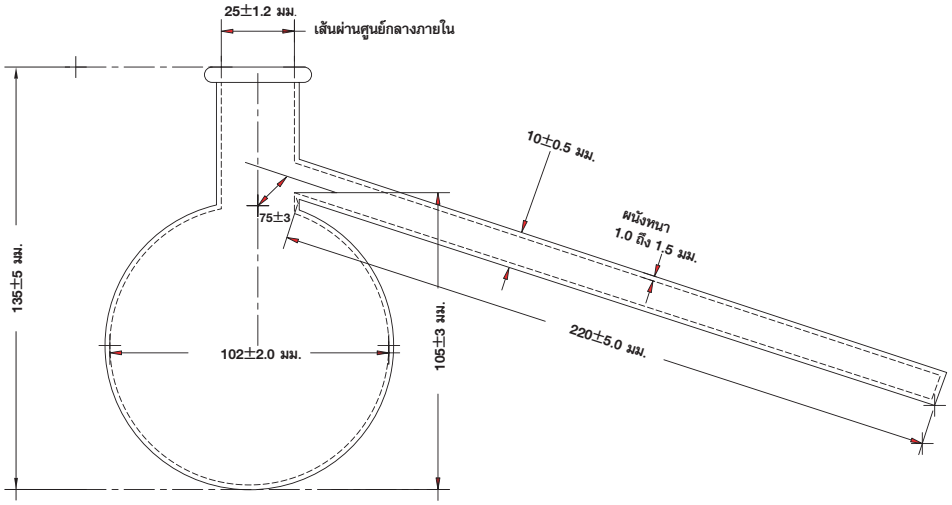
มาตรฐานการทดสอบนี้ เป็นการตรวจสอบวัสดุคัตแบกแอสฟัลต์โดยการกลั่น ซึ่งชนิดต่าง ๆ ของวัสดุยางคัตแบกแอสฟัลต์ : ชนิดบ่มช้า, ปานกลาง, และเร็ว

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

2.1.1 ขวดกลั่น เป็นขวดก้นกลม ขนาด 500 มิลลิเมตร มีหลอดแก้วต่อออกไปด้านข้างที่คอขวดดังแสดงไว้ใน รูปที่ 1 มีขนาดดังต่อไปนี้

1) เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของขวด	102±2.0	มม.
2) เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของขวด	25±1.2	มม.
3) เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของหลอดต่อด้านข้าง	10±0.5	มม.
4) ความสูงภายนอกของขวด	135±5	มม.
5) ระยะภายนอกจากก้นขวดถึงจุดต่อภายใน หลอดต่อด้านข้าง	105±3	มม.
6) ความยาวของหลอดต่อด้านข้าง	220±5	มม.
7) มุมที่หลอดต่อด้านข้างต่อกับขวด	75±3	มม.
8) ความหนาของหลอดต่อด้านข้าง	1.0 ถึง 1.5	มม.

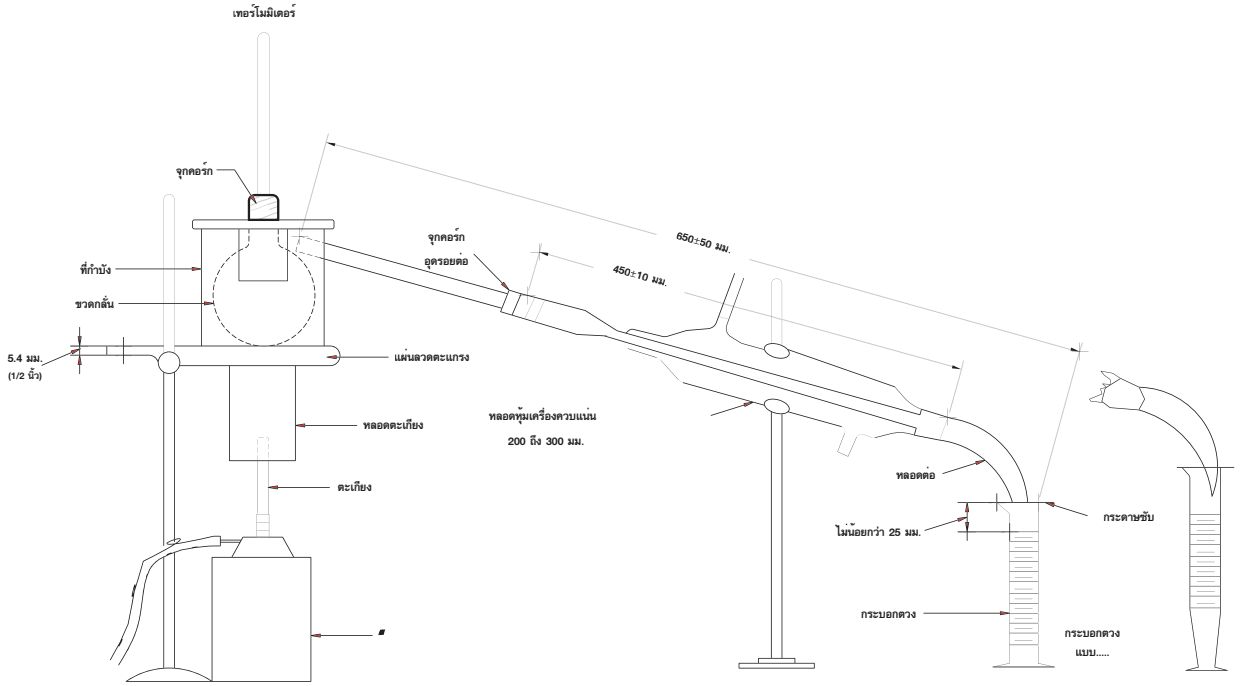


รูปที่ 1 ขวดกลั่น (Distillation Flask)

2.1.2 เครื่องควบแน่น (Condenser) ใช้เครื่องควบแน่นขนาด 200-300 มม. ส่วนหุ้มผนังภายนอกทำด้วยแก้ว มีขนาดดังต่อไปนี้

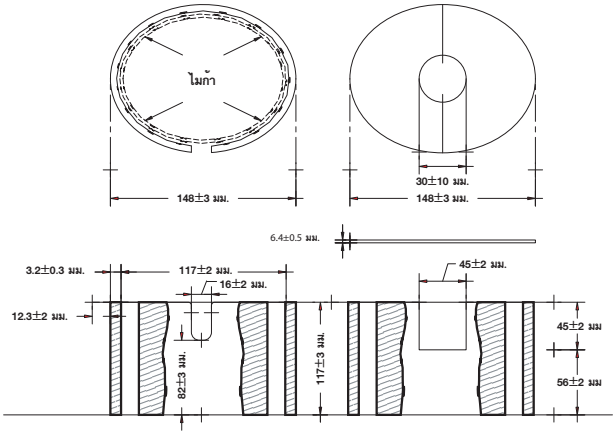
1) ความยาวของส่วนหุ้มไม่รวมคอ	200-300 มม.
2) ความยาวของหลอดควบแน่น	450±10 มม.
3) เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของหลอดควบแน่น	12.5±0.5 มม.
4) เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของปลายส่วนที่กว้าง ของหลอดควบแน่น	23±0.1 มม.
5) ความยาวของส่วนกว้างของหลอดควบแน่น	75±5 มม.

2.1.3 หลอดต่อ (Adapter) ทำด้วยแก้วหนา 1 มม. ลักษณะเป็นหลอดแก้วงอเป็นมุมประมาณ 105 องศา ปลายด้านหนึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 18 มม. และปลายอีกด้านหนึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายในประมาณ 5 มม. ผิวภายในด้านล่างจะต้องค่อย ๆ ลาดต่ำลงตามส่วนโค้งปลายของหลอดต่อ ต้องอยู่ในแนวดิ่งและปลายสุดส่วนที่ของเหลวจะไหลออก ต้องตัดหรือฝนให้เรียบเฉียง เป็นมุม 45±5 องศา ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 **อุปกรณ์สำหรับกลั่น** (Distillation Appalatus)

2.1.4 ที่ครอบขวดกลั่น ใช้ครอบขวดกลั่นเพื่อป้องกันลมและและการแผ่รังสีความร้อนทำด้วยเหล็กชุบสังกะสี ภายในบุด้วยแผ่นใยหิน (Asbestos) หนาประมาณ 3.2 มม. ที่ครอบนี้มีช่องปิดด้วยวัสดุใสให้มองผ่านได้ 2 ช่อง ฝาปิดด้านบนมีสองชิ้น ทำด้วย Transit Board หรือเหล็กชุบสังกะสีบุด้วยแผ่นใยหินหนาประมาณ 3.2 มม.ดังรูปที่ 3



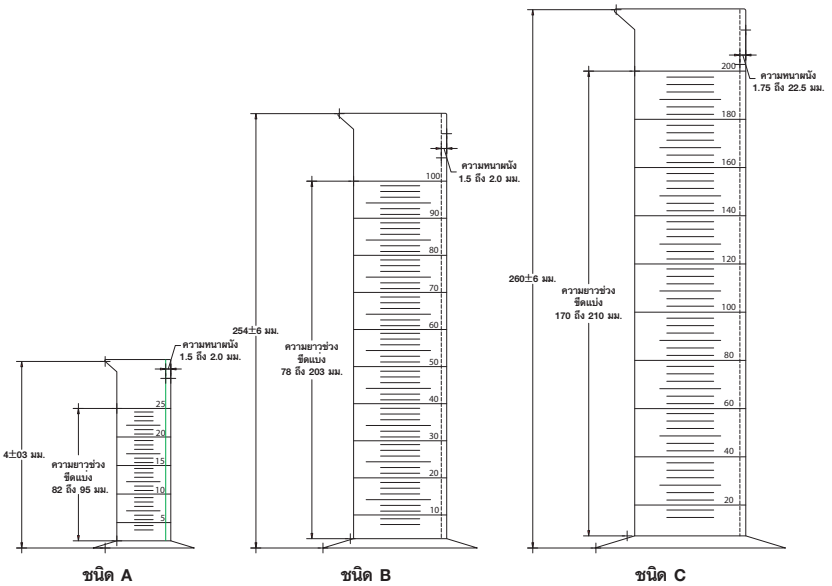
รูปที่ 3 ที่ครอบขวดกลั่น

2.1.5 ภาชนะรองรับของเหลวที่กลั่นได้ ใช้กระบอกตวงที่มีจงอยปาก สำหรับเทของเหลวออก และมีมาตรฐานตามตารางข้างล่างนี้

มาตรฐานกระบอกตวงที่ใช้รองรับของเหลวที่กลั่นได้

ชนิด	ความสูงของกระบอกตวง (มม.)	ความยาวช่วงขีดแบ่ง (มม.)	ขีดแบ่งปริมาตรทั้งหมด (มล.)	ขีดแบ่งย่อยทุกช่วงปริมาตร (มล.)	ความหนาผนังกระบอกตวง (มม.)
A	140 ± 3	82 ถึง 95	25±025	0.5	1.5 ถึง 2.0
B	254 ± 6	178 ถึง 203	100±1.0	1	1.5 ถึง 2.0
C	260 ± 6	170 ถึง 210	200±1.4	2	1.75 ถึง 2.25

หมายเหตุ ควรมีขีดยาวและตัวเลขกำกับทุกช่วง 5 มิลลิลิตร และ 10 มิลลิลิตร



รูปที่ 4 ภาชนะรองรับของเหลวที่กลั่นได้

2.1.6 ภาชนะใส่วัสดุที่เหลือจากการกลั่น ใช้กระป๋องดีบุก พร้อมฝาปิดขนาด 240 มล. (8 ออนซ์) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 75±5 มม. และสูง 55±5 มม.

2.1.7 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดมีช่วงระหว่าง 30 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง 760 องศาฟาเรนไฮต์ มีความละเอียดอ่านได้ถึง 2 องศาฟาเรนไฮต์ ความยาวประมาณ 380 มม. หรือใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดมีช่วงระหว่าง 2 องศาเซลเซียส ถึง 400 องศาเซลเซียส มีความละเอียดอ่านได้ถึง 1 องศาเซลเซียส ความยาวประมาณ 380 มม.

2.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

2.2.1 กวนและเขย่าตัวอย่างให้ทั่ว ถ้าตัวอย่างเหนียวมากก็ให้ความร้อนเล็กน้อย เพื่อให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน แบ่งตัวอย่างที่จะทดสอบประมาณ 300 มล.

2.2.2 ถ้าตัวอย่างมีน้ำมากกว่าร้อยละ 2 ต้องทำการกำจัดน้ำออกเสียก่อนตามวิธีการทดสอบ AASHTO T.83 - 70 “Dehydration of Oil-Type Preservatives”

2.2.3 คำนวณน้ำหนักของตัวอย่างซึ่งมีปริมาตร 200 มล. จากค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่าง แล้วชั่งตัวอย่างจำนวนนั้นในขวดกลั่น

2.2.4 ตั้งขวดกลั่นพร้อมที่ครอบบนวงแหวนซึ่งติดอยู่กับขาตั้ง (Stand) บนวงแหวนนี้ใช้แผ่นลวดตะแกรงทนความร้อน ขนาดตะแกรงเบอร์ 20 กว้างยาวด้านละ 150 มม. วางซ้อนกัน 2 แผ่น ใช้ที่บังที่เหมาะสมบังตะเกียง เพื่อป้องกันลมต่อเครื่องควบแน่นกับขวดกลั่น โดยใช้จุกไม้คอร์กที่แน่นพอดี หลอดควบแน่นจะต้องแห้งและสะอาด

2.2.5 นำจุกไม้คอร์ก ซึ่งมีเทอร์โมมิเตอร์เสียบอยู่เรียบร้อยแล้วปิดลงที่ปากขวดกลั่น จัดเทอร์โมมิเตอร์ให้ปลายกระเปาะอยู่สูงกว่าก้นขวดกลั่นประมาณ 6.5 มม. ขวดกลั่นและเทอร์โมมิเตอร์จะต้องตั้งตรง

2.2.6 สวมหลอดต่อที่ปลายเครื่องควบแน่น เพื่อให้ของเหลวที่กลั่นได้ไหลผ่านลงสู่กระบอกตวงระยะจากคอขวดกลั่นจนถึงปลายสุดของหลอดต่อจะต้องไม่มากกว่า 700 มม. และไม่น้อยกว่า 600 มม.

2.2.7 วางกระบอกตวงที่ปลายหลอดต่อ โดยให้ปลายหลอดต่ออยู่ต่ำลงไปในกระบอกตวงอย่างน้อย 25.4 มม. แต่จะต้องไม่ต่ำถึงขีด 100 มล.

การประกอบเครื่องมือทดสอบแสดงไว้ในรูปที่ 2

2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 601-2550 : การทดสอบการกลั่นวัสดุยางคัตแบกแอสฟัลต์

2.4 การทดสอบ

2.4.1 จุดตะเกียงให้ความร้อนกับตัวอย่าง โดยให้มีของเหลวหยดแรกเกิดขึ้นที่ปลายหลอดด้านข้างของขวดกลั่นภายในเวลา 5 ถึง 10 นาที ให้รายงานด้วยว่าของเหลวหยดแรกนี้เป็นน้ำหรือน้ำมัน

2.4.2 ดำเนินการกลั่นต่อไปโดยรับเปลวไฟ เพื่อทำให้มีของเหลวที่กลั่นได้ในอัตราต่อไปนี้

1) จำนวน 50 ถึง 70 หยดต่อนาทีจนอุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส (500 องศาฟาเรนไฮต์)

2) จำนวน 20 ถึง 70 หยดต่อนาทีจากอุณหภูมิ 260 ถึง 316 องศาเซลเซียส (500 ถึง 600 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วเร่งไฟให้อุณหภูมิเพิ่มจาก 316 ถึง 360 องศาเซลเซียส (600 ถึง 680 องศาฟาเรนไฮต์) ภายในเวลาไม่เกิน 10 นาที จำนวนหยดในการควบคุมอัตราการกลั่นให้นับที่ปลายหลอดต่อ

2.4.3 จดบันทึกปริมาตรของของเหลวที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิ 225, 260 และ 316 องศาเซลเซียส (437, 500 และ 600 องศาฟาเรนไฮต์) ตามลำดับ

2.4.4 ถ้าตัวอย่างเริ่มเป็นฟองให้ลดไฟลง แต่ต้องกลับมาใช้ไฟแรง เพื่อให้อัตราการกลั่นเท่าเดิม โดยเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ ถ้ายังคงมีฟองมากขึ้นเรื่อย ๆ ให้ใช้ไฟเผารอบขวดกลั่นแทนที่จะตั้งไว้ตรงกลาง

2.4.5 เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 360 องศาเซลเซียส (680 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วรีบดับไฟทันที เปิดฝาที่ครอบขวดกลั่นออก แล้วยกขวดกลั่นออกมา เทของที่เหลืออยู่ในขวดกลั่นลงสู่กระป๋องดีบุกขนาด 240 มล. กระป๋องนี้ต้องวางอยู่บนฝาปิดของมัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุที่ก้นกระป๋องเย็นเร็วเกินไปและต้องวางไว้ในที่ซึ่งไม่มีลมพัด ระยะเวลาทั้งหมดตั้งแต่ดับไฟจนเริ่มต้นเทของที่เหลือออกจากขวดกลั่น จะต้องไม่เกิน 10 นาที เทของเหลวที่เหลือค้างอยู่ในเครื่องควบแน่นลงในกระบอกตวงให้หมด แล้วบันทึกปริมาตรของของเหลวที่ได้

2.4.6 ทิ้งให้วัสดุในกระป๋องดีบุกเย็นลงจนไม่มีควัน กวนให้ทั่วจนแน่ใจเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงเทวัสดุนี้ลงในภาชนะหรือเครื่องมือ เพื่อจะทำการทดสอบคุณภาพอย่างอื่นต่อไป

3. การคำนวณ

3.1 ปริมาตรของของเหลวกลั่นได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เทียบกับปริมาณของของเหลวที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิ 360 องศาเซลเซียส (680 องศาฟาเรนไฮต์)

3.1.1 ปริมาณร้อยละของของเหลวที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิ 225 องศาเซลเซียส (437 องศาฟาเรนไฮต์)

$= A/D \times 100$

3.1.2 ปริมาณร้อยละของของเหลวที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส (500 องศาฟาเรนไฮต์)

$= B/D \times 100$

3.1.3 ปริมาณร้อยละของของเหลวที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิ 316 องศาเซลเซียส (600 องศาฟาเรนไฮต์)

$= C/D \times 100$

เมื่อ A = ปริมาตรของของเหลวที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิ 225 องศาเซลเซียส (437 องศาฟาเรนไฮต์) มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

B = ปริมาตรของของเหลวที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส (500 องศาฟาเรนไฮต์) มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

C = ปริมาตรของของเหลวที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิ 316 องศาเซลเซียส (600 องศาฟาเรนไฮต์) มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

D = ปริมาตรของของเหลวที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิ 360 องศาเซลเซียส (680 องศาฟาเรนไฮต์) มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

3.2 ปริมาณของของเหลวที่กลั่นได้เมื่อเทียบกับปริมาณตัวอย่างที่ใช้

3.2.1 ปริมาณร้อยละของของเหลวที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 175 องศาเซลเซียส (347 องศาฟาเรนไฮต์)

= E/F x 100

3.2.2 ปริมาณร้อยละของของเหลวที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 175 องศาเซลเซียส (347 องศาฟาเรนไฮต์)

= G/F x 100

เมื่อ E = ปริมาตรของของเหลวที่กลั่นได้ ณ อุณหภูมิใดๆ ที่ต่ำกว่า 175 องศาเซลเซียส (347 องศาฟาเรนไฮต์) มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

F = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (200 มิลลิลิตร)

G = ปริมาตรของของเหลวที่กลั่นได้ ณ อุณหภูมิใดๆ ที่สูงกว่า 175 องศาเซลเซียส (347 องศาฟาเรนไฮต์)

3.3 ปริมาณร้อยละของสิ่งที่เหลือจากการกลั่นที่อุณหภูมิ 360 องศาเซลเซียส (680 องศาฟาเรนไฮต์)

= F- D/F x 100

4. **การรายงาน** ให้รายงานตามแบบฟอร์มใน ข้อ 2.3

5. **เกณฑ์ตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้**

5.1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากผู้ทดสอบ ผลการทดสอบ 2 ครั้ง โดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน ตัวอย่างเดียวกันห้องทดสอบและเครื่องทดสอบเดียวกัน จะต้องต่างกันไม่เกินร้อยละ 1 ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้

5.2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเครื่องมือทดสอบ ผลการทดสอบจากห้องทดสอบต่างกัน ตัวอย่างเดียวกันจะต้องต่างกันไม่เกินค่าต่อไปนี้

5.2.1 ผลการทดสอบที่คำนวณได้จาก ข้อ 3.2.1 ต้องต่างกันไม่เกินร้อยละ 3.5

5.2.2 ผลการทดสอบที่คำนวณได้จาก ข้อ 3.2.2 ต้องต่างกันไม่เกินร้อยละ 2.0

5.2.3 ผลการทดสอบที่คำนวณได้จาก ข้อ 3.3 ต้องต่างกันไม่เกินร้อยละ 2.0

6. **ข้อควรระวัง**

6.1 เวลาเทของที่เหลือจากการกลั่นออกจากขวดกลั่น ต้องระวังให้หลอดต่อด้านข้างของขวดกลั่นอยู่ในแนวราบ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันที่ค้างอยู่ในหลอดนี้ไหลกลับลงไปในขวดกลั่นอีก

6.2 ในระยะแรกของการกลั่นไม่ควรเร่งไฟจนแรงเกินไป เพราะจะทำให้ตัวอย่างเดือดจนล้นออกมาทางเครื่องควบแน่น

6.3 ในระหว่างการกลั่นห้ามมิให้เคลื่อนเทอร์โมมิเตอร์

7. **หนังสืออ้างอิง**

7.1 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS " STANDARD SPECIFICATION FOR TRANSPORTATION MATERIALS AND METHOD OF SAMPLING AND TESTING " PART II AASHTO T. 78 - 78

7.2 STANDARD SPECIFICATION FOR DISTILLATION EQUIPMENT : ASTM DESIGNATION : E133-86

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้าง..... ผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ.มถ(ท) 601-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบการกลั่นวัสดุยาง คัตแบกแอสฟัลต์ (Cut-Back Asphalt)** **ชั้นคุณภาพ.....**	**ทะเบียนทดสอบ.....** **ผู้ทดสอบ** **ผู้ตรวจสอบ** **ผู้รับรอง**

การทดสอบครั้งที่ 1

อุณหภูมิ (°ซ)	ปริมาณตัวอย่างที่กลั่นได้ (มล.)	ปริมาณที่กลั่นได้เป็นร้อยละเทียบกับปริมาณทั้งหมด	ปริมาณที่เหลือเป็นร้อยละเทียบกับปริมาณทั้งหมด
175			
225			
260			
316			
360			

การทดสอบครั้งที่ 2

อุณหภูมิ (°ซ)	ปริมาณตัวอย่างที่กลั่นได้ (มล.)	ปริมาณที่กลั่นได้เป็นร้อยละเทียบกับปริมาณทั้งหมด	ปริมาณที่เหลือเป็นร้อยละเทียบกับปริมาณทั้งหมด
175			
225			
260			
316			
360			

สรุปผลการทดสอบ

อุณหภูมิ (°ซ.)	ปริมาณตัวอย่างที่กลั่นได้ (มล.)			ปริมาณเฉลี่ยที่กลั่นได้เป็นร้อยละเทียบกับปริมาณเฉลี่ยที่กลั่นได้ที่ 360 °ซ.
	การทดสอบ 1	การทดสอบ 2	ค่าเฉลี่ย	
175				
225				
260				
316				
360				

มถ.(ท) 602-2550
มาตรฐานการทดสอบหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟโดยถ้วยเปิดคลีฟแลนด์ (Cleveland Open Cup)

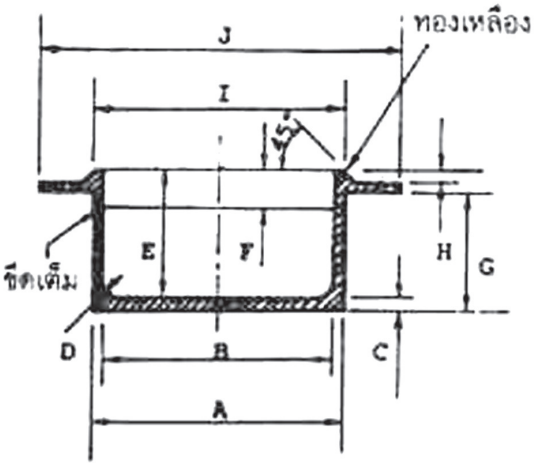
1. ขอบข่าย

มาตรฐานวิธีการทดสอบการหาจุดวาบไฟ (Flash Point) และติดไฟ (Fire Point) นี้หาโดยถ้วยเปิดคลีฟแลนด์ ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมและของเหลวทุกชนิด ยกเว้นน้ำมันเชื้อเพลิง และสารอื่นที่มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 79 องศาเซลเซียส

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

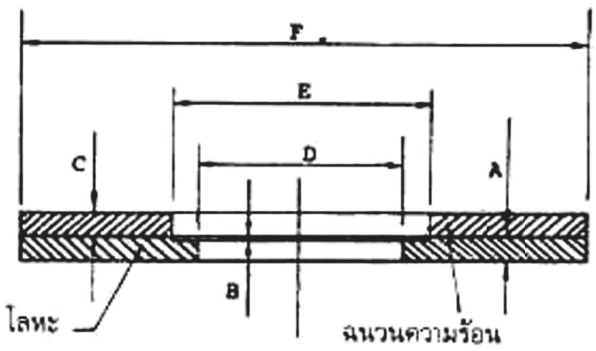
2.1.1 ถ้วยทดสอบทำด้วยทองเหลืองมีขนาดตามรูปที่ 1 ซึ่งอาจมีที่จับหรือไม่มีก็ได้



	มิลลิเมตร		นิ้ว	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
A	67.5	96	2.658	2.717
B	63	64	2.480	2.520
C	2.8	3.5	0.110	0.138
D-รัศมี	4	ระบุ	0.157	ระบุ
E	32.5	34	1.280	1.339
F	9	10	0.354	0.394
G	31	32.5	1.221	1.280
H	2.8	3.5	0.110	0.138
I	67	70	2.638	2.756
J	97	100	3.819	3.937

รูปที่ 1 **ถ้วยทดสอบคลีฟแลนด์** (Cleveland Open Cup)

2.1.2 ที่รองรับถ้วยทดสอบ (Heating Plate) เป็นแผ่นโลหะ เช่น ทองเหลือง เหล็กหล่อ เหล็กเหนียว หรือเหล็กกล้า มีรูตรงกลาง รอบรูนี้มีที่วางถ้วยลดระดับลงประมาณ 0.8 มม. รอบนอกบริเวณที่วางถ้วยทดสอบ มีแผ่นฉนวนความร้อน ปิดบนแผ่นโลหะอีกชั้นหนึ่ง ขนาดของที่รองรับถ้วยทดสอบนี้แสดงไว้ในรูปที่ 2 ลักษณะของแผ่นโลหะอาจเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสหรือแผ่นกลมก็ได้ แผ่นโลหะนี้อาจมีขนาดใหญ่กว่าที่กำหนดเพื่อติดตั้งที่จุดเปลวไฟทดสอบที่จับเทอร์โมมิเตอร์ และปุ่มโลหะสำหรับใช้เปรียบเทียบขนาดของเปลวไฟทดสอบ



	มิลลิเมตร		นิ้ว	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
A	6	7	0.260	0.276
B	0.5	1.0	0.020	0.039
C	6	7	0.236	2.276
D-เส้นผ่านศูนย์กลาง	55	56	2.165	2.205
E-เส้นผ่านศูนย์กลาง	69.5	70.5	2.736	2.776
F-เส้นผ่านศูนย์กลาง	146	159	5.748	6.260

รูปที่ 2 ที่รองรับถ้วยทดสอบ (Heating Plate)

2.1.3 ที่จุดเปลวไฟทดสอบ อาจเป็นแบบใดก็ได้ที่เหมาะสม ตรงปลายควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.6 มม. และมีรูกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.8 มม. ที่จุดเปลวไฟนี้อาจติดตั้งในลักษณะที่สามารถจะแกว่งไปมาได้ จุดศูนย์กลางของรูในตำแหน่งที่จุดเปลวไฟ จะต้องอยู่ในระดับที่สูงกว่าขอบของถ้วยทดสอบไม่เกิน 2 มม. ควรมีปุ่มโลหะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2-4.8 มม. ติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อใช้เปรียบเทียบขนาดของเปลวไฟทดสอบ

2.1.4 เครื่องให้ความร้อนควรใช้เตาไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้ อาจใช้เตาแก๊ส หรือตะเกียงแอลกอฮอล์หรืออย่างอื่นได้ แต่จะต้องไม่มีการลุกไหม้หรือไม่มีเปลวไฟเกิดขึ้นรอบ ๆ ถ้วยทดสอบ จุดให้ความร้อนจะต้องอยู่ตรงกึ่งกลางของถ้วยทดสอบถ้าใช้เครื่องให้ความร้อนแบบมีเปลวไฟ ต้องป้องกันการแผ่รังสีความร้อนและลม โดยใช้ที่บังที่เหมาะสม แต่จะต้องไม่ยื่นขึ้นมาเหนือระดับผิวบนของแผ่นฉนวนความร้อน

2.1.5 ที่จับเทอร์โมมิเตอร์ ต้องสามารถยึดเทอร์โมมิเตอร์ให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการได้ในระหว่างการทดสอบและสามารถนำออกจากถ้วยทดสอบได้โดยง่าย

2.1.6 ขาตั้งที่รองรับถ้วยทดสอบต้องสามารถยึดที่รองรับให้มีระดับคงที่และมั่นคงได้ตลอดการทดสอบ

2.1.7 ที่บังแสงและลม ใช้บังสามด้าน กว้างยาวประมาณด้านละ 500 มม. สูงประมาณ 600 มม. ส่วนหน้าและส่วนบนเปิด

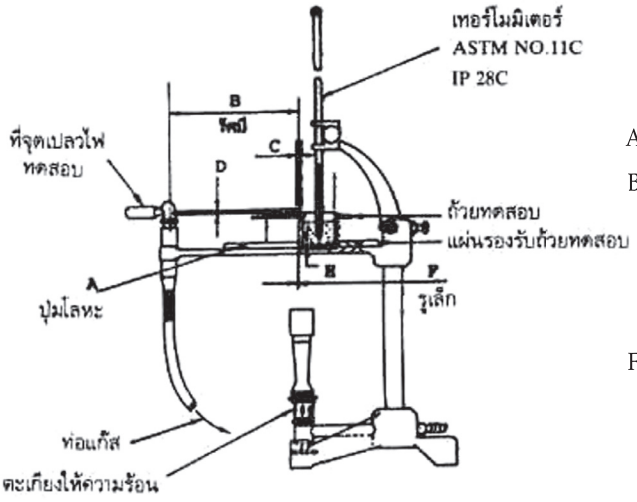
2.1.8 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 องศาเซลเซียส และวัดได้สูงสุดถึง 400 องศาเซลเซียส

2.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

2.2.1 ตั้งเครื่องมือบนโต๊ะที่มั่นคง และไม่มีลมพัดผ่าน บังส่วนบนของเครื่องมือด้วยที่บัง เพื่อไม่ให้มีแสงสว่างมากเกินไปในเวลาที่สังเกตจุดวาบไฟ

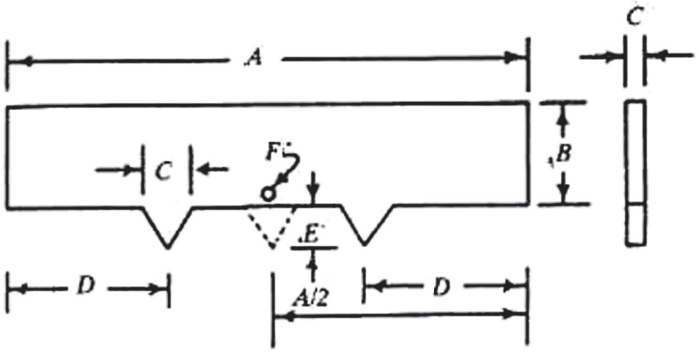
2.2.2 ใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม เช่นน้ำมันเบนซินหรือไตรคลอโรเอทเธอรีนล้างถ้วยทดสอบเมื่อกำจัดน้ำมัน วัสดุยางแอสฟัลต์ หรือสิ่งที่ติดค้างอยู่ในถ้วยทดสอบจากการทดสอบครั้งก่อน ถ้ามีพวกคาร์บอนติดอยู่ต้องใช้ฝอยโลหะถูออก และใช้น้ำเย็นล้างถ้วยทดสอบเสียก่อน จึงนำไปลนไฟหรือให้ความร้อน เพื่อให้ตัวทำละลายและน้ำที่ค้างอยู่ระเหยไปให้หมด ปล่อยให้ถ้วยทดสอบเย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดวาบไฟที่คาดไว้ไม่น้อยกว่า 60 องศาเซลเซียส จึงนำไปใช้ทำการทดสอบได้

2.2.3 เสียบเทอร์โมมิเตอร์กับที่ยึดในแนวดิ่ง ให้อยู่ในด้านตรงข้ามกับที่จุดเปลวไฟทดสอบปลายกระเปาะของเทอร์มิเตอร์อยู่ในถ้วยเหนือก้นถ้วยทดสอบ 6.0 มม. ตำแหน่งของเทอร์โมมิเตอร์อยู่ห่างจากขอบถ้วย 1 ใน 4 ของเส้นผ่านศูนย์กลางถ้วย (ดูรูปที่ 3)



	มิลลิเมตร		นิ้ว	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
A-เส้นผ่านศูนย์กลาง	3.2	4.8	0.126	0.189
B-เส้นผ่านศูนย์กลาง	152	ระบุ	6	ระบุ
C	1.6	ระบุ	0.063	ระบุ
D		2		0.078
E	6	7	0.236	0.276
F-เส้นผ่านศูนย์กลาง	0.8	ระบุ	0.031	ระบุ

อุปกรณ์ถ้วยทดสอบคลีฟแลนด์ (Cleveland Open Cup Appalatus)



	มิลลิเมตร	นิ้ว
A	101.6	4
B	19	3/4
C	3.2	1/8
D	32	1 1/2
E	9-10	0.354-0.394
F-รัศมี	0.8	1/32
G	9.5	3/8

เกจวัดระดับตัวอย่าง (Filling Level Gauge)

รูปที่ 3 **อุปกรณ์ถ้วยทดสอบคลีฟแลนด์ และเกจวัดระดับตัวอย่าง**

2.2.4 ถ้าตัวอย่างเหนียวมากต้องอุ่นให้เหลวพอที่จะเทได้สะดวก แต่อุณหภูมิที่ใช้ในการอุ่นจะต้องต่ำกว่าจุดวาบไฟไม่น้อยกว่า 60 องศาเซลเซียส

2.2.5 เทตัวอย่างลงในถ้วยทดสอบจนถึงขีดกำหนดถ้าตัวอย่างมากเกินให้ใช้บีเปต หรือเครื่องมืออื่นดูดส่วนที่เกินออก แต่ถ้าตัวอย่างไหลออกมาเลอะเทอะด้านนอกของถ้วยต้องทำความสะอาดถ้วยตามข้อ 2.2.2 แล้วบรรจุตัวอย่างใหม่

2.2.6 ไล่ฟองอากาศที่ผิวหน้าของตัวอย่างโดยใช้เปลวไฟจากตะเกียงบนเส้นผ่านผิวหน้าของตัวอย่างจนไม่เห็นฟองอากาศ (ประมาณ 2-3 ครั้ง)

2.3 **แบบฟอร์ม**

ใช้แบบฟอร์ม ที่ บฟ.มถ.(ท) 602-2550 : การทดสอบหาจุดวาบไฟโดยถ้วยเปิดคลีฟแลนด์

2.4 **การทดสอบ**

2.4.1 จุดไฟที่จุดเปลวไฟทดสอบ และปรับให้เปลวไฟนั้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.2-4.8 มม. โดยเปรียบเทียบกับปุ่มโลหะที่ติดอยู่บนเครื่องมือ

2.4.2 ให้ความร้อนกับตัวอย่าง ในระยะแรกให้มีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 14-15 องศาเซลเซียส ต่อนาที และเมื่อตัวอย่างมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวาบไฟที่คาดไว้ประมาณ 60 องศาเซลเซียส ให้ลดความร้อนลง เพื่อให้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิลดลงเป็น 5-6 องศาเซลเซียส ต่อนาที จนกระทั่งตัวอย่างมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวาบไฟประมาณ 30 องศาเซลเซียส

2.4.3 เมื่อตัวอย่างมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดวาบไฟประมาณ 30 องศาเซลเซียสแล้ว เริ่มต้นใช้เปลวไฟเคลื่อนที่ผ่านถ้วยทดสอบ และให้เปลวไฟผ่านทุกครั้งที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส การผ่านเปลวไฟให้ผ่านข้ามจุดศูนย์กลางของถ้วยทดสอบ และให้ก้านของที่จุดเปลวไฟอยู่ในแนวราบเสมอ การเคลื่อนที่ของเปลวไฟผ่านถ้วยทดสอบจะต้องมีความเร็วสม่ำเสมอ จะเป็นแนวเส้นตรงหรือเส้นโค้งของวงกลมที่มีรัศมีอย่างน้อย 150 มม. ก็ได้ จุดศูนย์กลางของเปลวไฟที่เคลื่อนผ่านถ้วยทดสอบจะต้องอยู่ในระดับที่สูงกว่าขอบของถ้วยไม่เกิน 2 มม. และให้ผ่านไปทางหนึ่งก่อนแล้วผ่านกลับมา ระยะเวลาที่เปลวไฟผ่านถ้วยทดสอบประมาณ 1 วินาที

2.4.4 เมื่อเกิดไฟวาบขึ้นที่จุดหนึ่งจุดใดบนผิวหน้าของตัวอย่าง อ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์แล้วบันทึกเป็นจุดวาบไฟแต่ต้องแน่ใจว่าไม่ใช่ไฟวาบที่เกิดขึ้นจากรอบนอกของเปลวไฟที่ใช้ทดสอบ

2.4.5 ถ้าต้องการหาจุดติดไฟ ให้ความร้อนตัวอย่างต่อไปโดยให้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 5-6 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตัวอย่างติดไฟและเกิดการลุกไหม้อยู่นานอย่างน้อย 5 วินาที อุณหภูมิที่จุดนี้ คือ จุดติดไฟ

3. **การรายงาน** ให้รายงานตามแบบฟอร์มใน ข้อ 2.3

4 เกณฑ์ตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

4.1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากผู้ทดสอบ ผลการทดสอบ 2 ครั้ง โดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน ด้วยตัวอย่างเดียวกัน ห้องทดสอบและเครื่องทดสอบเดียวกัน จะเชื่อถือได้เมื่อผลการทดสอบนั้นแตกต่างกันไม่เกินค่าดังต่อไปนี้

4.1.1 จุดวาบไฟ 8 องศาเซลเซียส

4.1.2 จุดติดไฟ 8 องศาเซลเซียส

4.2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเครื่องมือทดสอบ ผลการทดสอบจากห้องทดสอบต่างกัน จะเชื่อถือได้ เมื่อผลการทดสอบนั้นแตกต่างกันไม่เกินค่าต่อไปนี้

4.2.1 จุดวาบไฟ 16 องศาเซลเซียส

4.2.2 จุดติดไฟ 14 องศาเซลเซียส

5. ข้อควรระวัง

5.1 ในการเทตัวอย่างลงถ้วยทดสอบ ต้องระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศ โดยการเทตัวอย่างช้า ๆ อย่างสม่ำเสมอให้ค่อย ๆ เพิ่มระดับขึ้นมาจนถึงขีดเต็ม

5.2 ในการทดสอบขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดที่ต่ำกว่าจุดวาบไฟประมาณ 20 องศาเซลเซียส จะต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการรบกวนต่อไอของตัวอย่างในถ้วยทดสอบ โดยการกระทบกระเทือนหรือจากลมหายใจใกล้ถ้วยทดสอบ

6 หนังสืออ้างอิง

6.1 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. "STANDARD SPECIFICATION FOR HIGHWAY MATERIALS AND METHOD OF SAMPLING AND TESTING" PART II AASHTO T. 48

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... .... ผู้รับจ้าง..... ผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	**บฟ.มถ(ท) 602-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาจุดวาบไฟ และ** **จุดติดไฟโดยใช้วิธีถ้วยเปิดคลิฟแลนด์** **(Cleveland Open Cup)** **ชั้นคุณภาพ.....**	**ทะเบียนทดสอบ.....** **ผู้ทดสอบ** **ผู้ตรวจสอบ** **ผู้รับรอง**

ลำดับ	รายละเอียด	ค่าที่ได้	หมายเหตุ
1	จุดวาบไฟ (FLASH POINT) °ซ.		
2	จุดติดไฟ (FIRE POINT) °ซ.		

มถ.(ท) 603-2550
มาตรฐานการทดสอบค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมโดยวิธีเซย์โบลต์ (Saybolt)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบค่าความหนืดนี้ ครอบคลุมถึงการวัดค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม โดยวิธีเซย์โบลต์ (Saybolt) ที่อุณหภูมิกำหนดให้ระหว่าง 21.1 องศาเซลเซียส ถึง 98.9 องศาเซลเซียส (70 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง 210 องศาฟาเรนไฮต์)

2. วิธีทำ

2.1 ความหนืด เซย์โบลต์ ยูนิเวอร์แซล (Saybolt Universal : SU.) หมายถึงเวลาเป็นวินาทีที่ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม 60 มิลลิลิตร ไหลผ่านรูกลม (Orifice) ตามขนาดของยูนิเวอร์แซล ซึ่งได้สอบเทียบ (Calibrated) ไว้แล้วภายใต้สภาวะที่กำหนด

2.2 ความหนืด เซย์โบลต์ ฟูรอล (Saybolt Furol : SF.) หมายถึงเวลาเป็นวินาทีที่ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม 60 มิลลิลิตร ไหลผ่านรูกลมตามขนาดของฟูรอล (Furol Orifice) ซึ่งได้สอบเทียบไว้แล้วภายใต้สภาวะที่กำหนด

ความหนืด เซย์โบลต์ ฟูรอล มีค่าประมาณ 1 ใน 10 ของความหนืด เซย์โบลต์ ยูนิเวอร์แซลสำหรับวัสดุของแอสฟัลต์ ซึ่งมีความหนืด เซย์โบลต์ ยูนิเวอร์แซล มากกว่า 1000 วินาที ควรทำการทดสอบ เซย์โบลต์ ฟูรอล

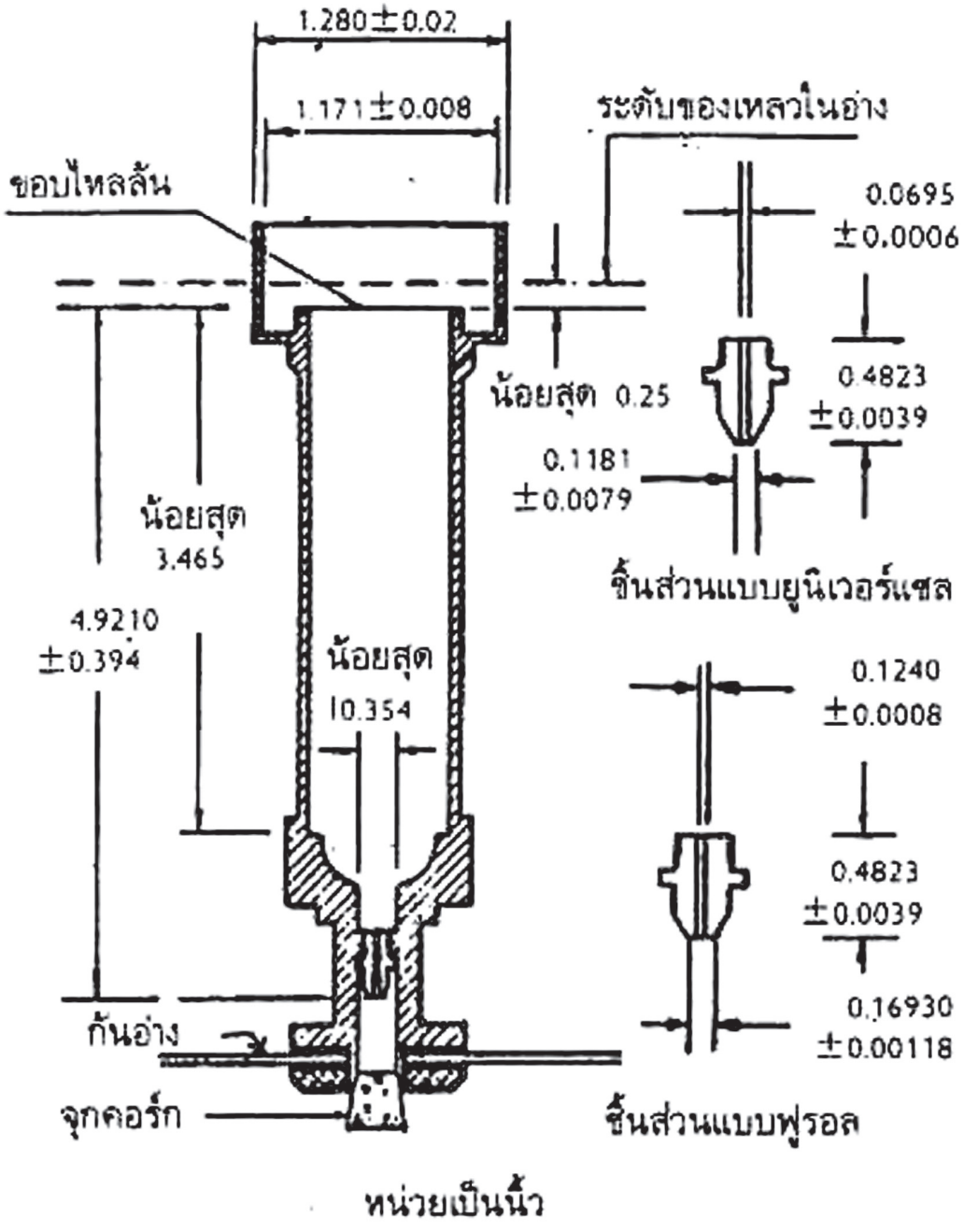
3. วิธีทำ

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

3.1.1 เครื่องมือหาความหนืด เซย์โบลต์ และอ่างควบคุมอุณหภูมิ

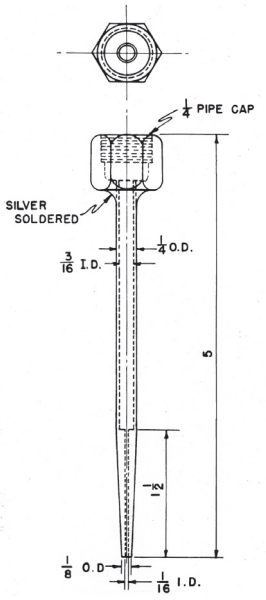
3.1.1.1 เครื่องมือหาความหนืด ทำด้วยโลหะผิวเรียบ มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนมีรูปร่าง และขนาดดังแสดงในรูปที่ 1 ตรงส่วนบนมี 2 ชั้น ขอบบนของชั้นในเป็นขีดกำหนดในการบรรจุตัวอย่าง ส่วนผนังชั้นนอกใช้สำหรับกันตัวอย่างที่ล้นออกมา เครื่องมือนี้ประกอบติดกับก้นอ่างควบคุมอุณหภูมิในลักษณะตั้งตรงและขอบบนอยู่ในแนวระดับ ส่วนล่างของเครื่องมือมีเกลียวสำหรับใส่ชิ้นส่วนที่มีรูกลม (Orifice Tip) ซึ่งสามารถเปลี่ยนใส่ได้ทั้งแบบ ยูนิเวอร์แซลและฟูรอล ที่ส่วนล่างสุดของช่องสำหรับใส่จุกไม้คอร์ก เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างไหลออกมาก่อนการทดสอบ และที่จุกไม้คอร์กต้องมีโซ่เล็ก ๆ หรือเชือกติดไว้ เพื่อสะดวกในการดึงจุดไม้คอร์กออกในขณะทำการทดสอบ

3.1.1.2 อ่างควบคุมอุณหภูมิ ใช้บรรจุของเหลวซึ่งเป็นตัวกลางในการควบคุมอุณหภูมิ ภายในอ่างประกอบด้วยขดลวดให้ความร้อน (ซึ่งควรจะอยู่ห่างจากเครื่องมือหาความหนืดอย่างน้อย 30 มม.) เครื่องอัตโนมัติในการควบคุมอุณหภูมิ และใบพัดสำหรับกวนของเหลว เพื่อทำให้อุณหภูมิสม่ำเสมอ



รูปที่ 1 เครื่องมือหาความหนืด เซย์โบลต์ รูกลมแบบ ยูนิเวอร์แซล และรูกลมแบบ ฟูรอล

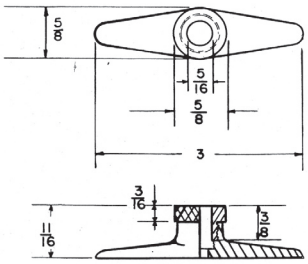
3.1.2 หลอดดูดตัวอย่างซึ่งอาจใช้บีเปตแทนกันได้ มีลักษณะดังแสดงใน รูปที่ 2



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 หลอดดูดตัวอย่าง (Withdrawal Tube)

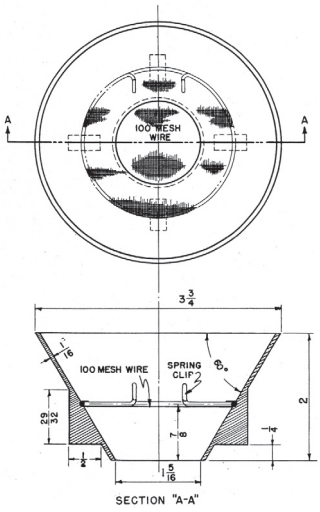
3.1.3 ที่จับเทอร์โมมิเตอร์ มีลักษณะดังแสดงใน รูปที่ 3



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 3 ที่จับเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer Support)

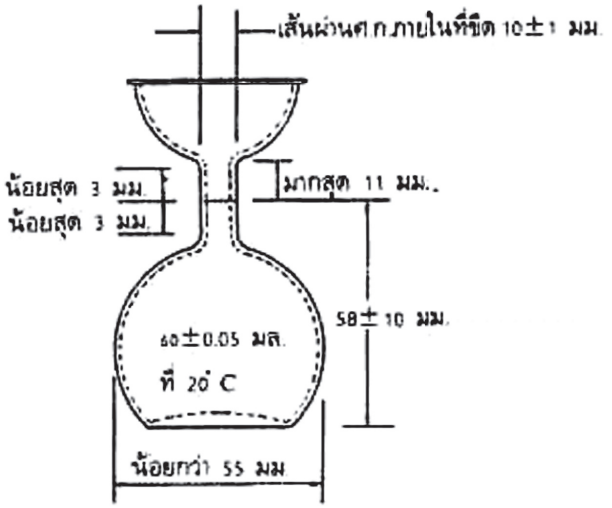
3.1.4 กรวยกรองตัวอย่าง มีรูปร่างและขนาดดังแสดงใน รูปที่ 4



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 4 กรวยกรองตัวอย่าง

3.1.5 ถ้วยรองรับตัวอย่าง มีรูปร่างและขนาดดังแสดงใน รูปที่ 5



รูปที่ 5 ถ้วยรองรับตัวอย่าง

3.1.6 นาฬิกาจับเวลา ชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 วินาที

3.1.7 เทอร์โมมิเตอร์ ใช้จำนวน 2 อัน สำหรับอันแรกใช้วัดอุณหภูมิของตัวอย่างในเครื่องมือหาความหนืด และอันที่สองใช้สำหรับอุณหภูมิในอ่างควบคุมอุณหภูมิ เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้มีช่วงวัดอุณหภูมิที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่กำหนดในการทดลองดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ช่วงอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์

อุณหภูมิที่กำหนด		**เทอร์โมมิเตอร์**			
		ช่วงอุณหภูมิ		**ความละเอียด**	
^{o}C	^{o}F	^{o}C	^{o}F	^{o}C	^{o}F
21.1	70	19-27	66-80	0.1	0.2
25	77	19-27	66-80	0.1	0.2
37.8	100	34-42	94-108	0.1	0.2
50	122	49-57	120-134	0.1	0.2
54.4	130	29-57	120-134	0.1	0.2
98.9	210	95-103	204-218	0.1	0.2

3.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

3.2.1 ตั้งเครื่องมือในที่ไม่มีลมพัด และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว

3.2.2 บรรจุของเหลว ที่ใช้เป็นตัวกลางลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยให้ระดับของเหลวนั้นอยู่สูงกว่าขอบบนชั้นในของเครื่องมือหาความหนืด อย่างน้อย 6.5 มม. ตัวกลางที่ใช้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่กำหนดในการทดสอบดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ของเหลวที่ใช้เป็นกลางควบคุมอุณหภูมิ

อุณหภูมิที่กำหนด		ของเหลวที่ใช้เป็นตัวกลาง	อุณหภูมิแตกต่างสูงสุดระหว่างอ่างควบคุมอุณหภูมิกับตัวอย่าง		อุณหภูมิแตกต่างที่เหมาะสมระหว่างอ่างควบคุมอุณหภูมิกับตัวอย่าง	
°C	°F		°C	°F	°C	°F
21.1	70	น้ำ	±0.06	±0.1	±0.03	±0.05
25	77	น้ำ	±0.06	±0.1	±0.03	±0.05
37.8	100	น้ำหรือน้ำมันที่มีค่าความหนืดแบบ เซย์โบลต์ ยูนิเวอร์แซล(SU) ที่ 100°ฟ เท่ากับ 50-70 วินาที	±0.14	±0.25	±0.03	±0.05
50	122	น้ำหรือน้ำมันที่มีค่าความหนืดแบบ เซย์โบลต์ ยูนิเวอร์แซล(SU) ที่ 100°ฟ เท่ากับ 120-150 วินาที	±0.28	±0.5	±0.03	±0.05
54.4	130	น้ำหรือน้ำมันที่มีค่าความหนืดแบบ เซย์โบลต์ ยูนิเวอร์แซล(SU) ที่ 100°ฟ เท่ากับ 120-150 วินาที	±0.28	±0.5	±0.03	±0.05
60	140	น้ำหรือน้ำมันที่มีค่าความหนืดแบบ เซย์โบลต์ ยูนิเวอร์แซล(SU) ที่ 100°ฟ เท่ากับ 120-150 วินาที	±0.56	±1.0	±0.06	±0.1
82.2	180	น้ำหรือน้ำมันที่มีค่าความหนืดแบบ เซย์โบลต์ ยูนิเวอร์แซล(SU) ที่ 100°ฟ เท่ากับ 330-370 วินาที	±0.83	±1.5	±0.06	±0.1
98.9	210	น้ำมันที่มีค่าความหนืดแบบ เซย์โบลต์ ยูนิเวอร์แซล (SU) เท่ากับ 330-370 วินาที	±1.11	±2.0	±0.06	±0.1

3.2.3 ใส่ชิ้นส่วนที่มีรูปกลม ที่ส่วนของเครื่องมือ ถ้าตัวอย่างที่จะทดสอบเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงหรือน้ำมันหล่อลื่นใช้ชิ้นส่วนที่มีรูปกลมแบบ ยูนิเวอร์แซล แต่ถ้าเป็นตัวอย่างวัสดุแอสฟัลต์ หรืออย่างอื่นที่ใช้เวลาในการไหลผ่านชิ้นส่วนที่มีรูกลมแบบ ยูนิเวอร์แซล มากกว่า 1000 วินาที ให้ใช้ชิ้นส่วนที่มีรูกลมแบบ ฟูรอล

3.2.4 ใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมล้างเครื่องมือหาความหนืด แล้วปล่อยให้แห้ง

3.2.5 เปิดสวิตช์ให้เครื่องทำความร้อนและเครื่องกวนทำงาน ปรับอุณหภูมิในอ่างควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามที่กำหนด ในการทดสอบอุณหภูมิของตัวอย่างจะคลาดเคลื่อนจากที่กำหนดได้ไม่เกิน 0.03 องศาเซลเซียส

3.2.6 ใส่จุกไม้คอร์กตามข้อ 3.1.1.1 ที่ช่องส่วนล่างสุดของเครื่องมือจะต้องปิดด้วยจุกไม้คอร์กให้แน่นพอดีไม่ให้ตัวอย่างไหลซึมออกมา

3.2.7 ถ้าอุณหภูมิที่กำหนดในการทดสอบสูงกว่าอุณหภูมิห้อง ให้อุ่นตัวอย่างก่อนประมาณ 100 มิลลิลิตร โดยอุณหภูมิของตัวอย่างจะสูงกว่าอุณหภูมิที่กำหนดได้ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และจะต้องต่ำกว่าจุดวาบไฟไม่น้อยกว่า 27 องศาเซลเซียส สำหรับวัสดุยางแอสฟัลต์ที่มีส่วนผสมของน้ำมันประเภทแข็งตัวเร็ว (RC) และประเภทแข็งตัวเร็วปานกลาง (MC) ให้เทตัวอย่างลงในเครื่องมือหาค่าความหนืดที่อุณหภูมิห้อง ห้ามอุ่นตัวอย่างในภาชนะเปิด แต่ถ้าตัวอย่างเทไม่สะดวกเนื่องจากมีความหนืดสูง ให้นำตัวอย่าง ซึ่งอยู่ในภาชนะบรรจุตัวอย่างที่ปิดฝาไปแช่ในอ่างน้ำอุ่น ที่มีอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 นาที แล้วจึงเทตัวอย่างลงในเครื่องมือหาค่าความหนืด

3.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 603-2550 : การทดสอบค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมโดยวิธีเซย์โบลต์

3.4 การทดสอบ

3.4.1 เทตัวอย่างที่เตรียมไว้ผ่านกรวยกรองลงสู่เครื่องหาค่าความหนืดจนเต็มถึงขอบบนชั้นใน ซึ่งเป็นขีดกำหนดในการบรรจุตัวอย่าง

3.4.2 กวนตัวอย่างด้วยความเร็ว 30-50 รอบต่อนาที จนตัวอย่างมีอุณหภูมิคงที่ตามกำหนด และมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 0.03 องศาเซลเซียส ต้องกวนตัวอย่างติดต่อกันอย่างน้อย 1 นาที ห้ามปรับอุณหภูมิของตัวอย่างในเครื่องมือหาค่าความหนืด โดยการจุ่มวัสดุที่เย็น หรือร้อนลงไป

3.4.3 นำเอาเทอร์โมมิเตอร์ ออกจากตัวอย่างแล้วรีบใช้หลอดดูดตัวอย่างบีเปตดูดตัวอย่างที่ล้นออกมาอยู่ที่ชั้นนอกของเครื่องมือ จนมีระดับต่ำกว่าขอบบนชั้นใน การดูดตัวอย่างอย่าให้ปลายของหลอดดูดตัวอย่างหรือบีเปตสัมผัสกับขอบบนชั้นใน เพราะจะทำให้ระดับของตัวอย่างในเครื่องมือลดลง

3.4.4 วางถ้วยรองรับตัวอย่างที่ใต้เครื่องหาค่าความหนืดให้อยู่ในตำแหน่งที่ตัวอย่างไหลลงมากระทบกับคอถ้วยพอดี ขีดกำหนดของถ้วยรองรับตัวอย่างต้องอยู่ต่ำกว่าส่วนล่างสุดของเครื่องมือ 100-130 มม.

3.4.5 ดึงโซ่ให้จุกไม้คอร์กหลุดออก ในขณะเดียวกันก็เริ่มจับเวลา เมื่อตัวอย่างไหลลงสู่ถ้วยรองรับจนถึงขีดกำหนด แล้วบันทึกเวลาการไหลของตัวอย่างเป็นวินาที ระดับของตัวอย่างในภาชนะรองรับนี้ให้ดูที่โค้งส่วนล่าง

4 การคำนวณ

4.1 การสอบเทียบเครื่องมือก่อนที่จะใช้เครื่องมือหาค่าความหนืดของตัวอย่างให้สอบเทียบเครื่องมือ โดยวิธีดังต่อไปนี้

4.1.1 การสอบเทียบเครื่องมือหาค่าความหนืด ให้ใช้ชิ้นส่วนที่มีรูกลมแบบ ยูนิเวอร์แซล หาเวลาการไหลของน้ำมันมาตรฐาน ตามตารางที่ 3 ซึ่งรู้ค่าความหนืดแน่นอนที่อุณหภูมิ 378 องศาเซลเซียส (100 องศาฟาเรนไฮต์) และที่ 98.9 องศาเซลเซียส (210 องศาฟาเรนไฮต์) โดยดำเนินวิธีการตามข้อ 3.2 และ 3.4

4.1.2 การสอบเทียบเครื่องมือหาค่าความหนืดให้ใช้ชิ้นส่วนที่มีรูกลมแบบ ฟูรอล หาเวลาการไหลของน้ำมันมาตรฐานตามตารางที่ 3 ซึ่งรู้ค่าความหนืดแน่นอนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (122 องศาฟาเรนไฮต์) และมีเวลาการไหลอย่างน้อย 60 วินาที โดยดำเนินวิธีการทดสอบตามข้อ 3.2 และ 3.4

ตารางที่ 3 น้ำมันมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบเครื่องมือหาความหนืด

ชนิดของน้ำมันมาตรฐาน มาตรฐาน ASTM.	**ค่าความหนืด ยูนิเวอร์แซล (วินาที)**		**ค่าความหนืด ฟูรอล (วินาที)**
	ที่ 37.8°ซ	ที่ 98.9°ซ	ที่ 50°ซ
S 3	36	-	-
S 6	45	-	-
S 20	100	-	-
S 60	290	-	-
S 200	930	-	-
S 600	-	150	120

4.1.3 เวลาในการไหลที่หาได้จะเท่ากับค่าความหนืด ยูนิเวอร์แซล ของน้ำมันมาตรฐานนั้น แต่ถ้าแตกต่างกันมาก กว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ ให้คำนวณตัวแก้ความคลาดเคลื่อนของเครื่องนั้นจากสูตร

$$F = V/T$$

เมื่อ F = ตัวแก้ความคลาดเคลื่อน

V = ความหนืด เซย์โบลต์ ของน้ำมันมาตรฐาน เป็นวินาที

T = เวลาในการไหลที่วัดได้ เป็นวินาที

4.2 **การคำนวณผลการทดสอบ**

ค่าความหนืด เซย์โบลต์ (วินาที) = เวลาในการไหลของตัวอย่าง คูณด้วยค่าของ F

5 **การรายงาน**

5.1 ให้รายงานตามแบบฟอร์ม ตามข้อ 3.3

5.2 ให้รายงานค่าที่แก้ความคลาดเคลื่อน โดยระบุว่าเป็นค่าความหนืด เซย์โบลต์ ยูนิเวอร์แซล หรือค่าความหนืด เซย์โบลต์ ฟูรอล และระบุอุณหภูมิที่ทำการทดสอบด้วย

5.3 ค่าความหนืดที่ต่ำกว่า 200 วินาที ให้รายงานเป็นจำนวนเต็ม

6 **ข้อควรระวัง**

6.1 เครื่องมือหาความหนืด ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า ร้อยละ 1 ห้ามนำมาใช้ในการทดสอบ

6.2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่นำมาใช้ในการทดสอบต้องกรองให้สะอาดเสียก่อน

7 **หนังสืออ้างอิง**

7.1 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. “STANDARD SPECIFICATION FOR TRANSPORTATION MATERIALS AND METHOD OF SAMPLING AND TESTING” PART II AASHTO T. 72-78

7.2 หนังสือวิธีการทดสอบวัสดุก่อสร้างเล่มที่ 3 กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

7.3 THE AMERICAN SOCIETY OF TESTING METERIALS ASTM. D 88-56 (1973)

โครงการ..... **สถานที่ก่อสร้าง.....** **ผู้รับจ้าง.....** **ผู้นำส่ง.....** **ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....** **ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....**	**บฟ.มถ.(ท) 603-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าความหนืด** **ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม** **โดยวิธีเซย์โบลต์ (Saybolt)** **ชั้นคุณภาพ.....**	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		ผู้รับรอง	

การทดสอบความหนืดแบบ.....

ค่าที่ใช้แก้ความคลาดเคลื่อน (F) = ...

การทดสอบที่	**ปริมาตรของตัวอย่าง (มล.)**	**อุณหภูมิของตัวอย่าง (^{o}ซ)**	**เวลา (วินาที)**	**หมายเหตุ**

สรุปผลการทดสอบ

ค่าความหนืดแบบเซย์โบลต์ = ... วินาที

มถ.(ท) 604-2550
มาตรฐานการทดสอบค่าความหนืดของวัสดุยางแอสฟัลต์อิมัลชัน (Asphalt Emulsion) โดยวิธีเซย์โบลต์

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาค่าความหนืด ของวัสดุยางแอสฟัลต์ อิมัลชัน โดยวิธีเซย์โบลต์ (Saybolt) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (77 องศาฟาเรนไฮต์) และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (112 องศาฟาเรนไฮต์)

2. นิยาม

วัสดุยางแอสฟัลต์ อิมัลชันนี้ หมายถึงวัสดุยางแคตอิออนิกแอสฟัลต์ อิมัลชัน ที่แตกตัวเป็นอนุภาคเล็ก ๆ กระจายอยู่ในสารละลาย ซึ่งประกอบด้วยน้ำ อิมัลซิไฟอิงเอเจนต์และอื่น ๆ ซึ่งอนุภาคของวัสดุยางแอสฟัลต์ มีประจุไฟฟ้าบวก

3. วิธีการ

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

3.1.1 เครื่องมือหาความหนืดแบบเซย์โบลต์ (Saybolt) ตามที่กำหนดไว้ในวิธีการทดสอบค่าความหนืด มถ.(ท) 603 : มาตรฐานการทดสอบค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมโดยวิธี เซย์โบลต์

3.1.2 ตะแกรง หรือแผ่นกรองเบอร์ 20 (0.850 มม.) ที่ทำด้วยโลหะ

3.1.3 เทอร์โมมิเตอร์

3.1.3.1 ในกรณีทดสอบที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 องศาเซลเซียส ในช่วง 19 องศาเซลเซียส ถึง 27 องศาเซลเซียส

3.1.3.2 ในกรณีทดสอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 องศาเซลเซียส ในช่วง 49 องศาเซลเซียส ถึง 57 องศาเซลเซียส

3.1.4 อ่างน้ำที่สามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ได้ตามต้องการ

3.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

3.2.1 เตรียมเครื่องมือหาค่าความหนืดเช่นเดียวกับในวิธีการทดสอบค่าความหนืด มถ. (ท) 603 : มาตรฐานการทดสอบค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมโดยวิธีเซย์โบลต์

3.2.2 การทดสอบที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

กวนตัวอย่างให้ทั่วโดยไม่ให้เกิดฟอง แล้วเทตัวอย่างลงในขวด ขนาด 100 มิลลิลิตร นำขวดที่บรรจุตัวอย่างนี้ไปแช่ในอ่างน้ำ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิของน้ำได้คงที่ 25

องศาเซลเซียส โดยมีความคลาดเคลื่อนในทางบวกหรือลบไม่เกิน 0.2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วกลับขวดคว่ำขึ้นลงช้า ๆ หลาย ๆ ครั้งเพื่อให้อุณหภูมิตัวอย่างเท่ากันตลอด ระวังอย่าให้เกิดฟอง เทตัวอย่างผ่านตะแกรง หรือแผ่นกรองเบอร์ 20 ลงในเครื่องหาค่าความหนืด ซึ่งได้ปรับอุณหภูมิให้คงที่ตามที่กำหนดแล้วปล่อยให้ตัวอย่างไหลผ่านเครื่องออกมาเล็กน้อยจึงปิดด้วยจุกไม้คอร์กที่ช่องตรงส่วนล่างสุดของเครื่องเติมตัวอย่างให้เต็มถึงขอบบน

3.2.3 การทดสอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

กวนตัวอย่างให้ทั่ว ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศแล้วเทตัวอย่างประมาณ 100 มิลลิลิตร ลงในบีเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร นำบีเกอร์นี้ไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิของน้ำ ซึ่งมีอุณหภูมิ 70$\pm$3 องศาเซลเซียส ให้บีเกอร์อยู่ลึกในน้ำประมาณ 50 มม. จับบีเกอร์ให้ตั้งตรง ใช้เทอร์โมมิเตอร์กวนตัวอย่างเป็นวงด้วยอัตราประมาณ 60 รอบต่อนาที เพื่อให้อุณหภูมิของตัวอย่างเท่ากันตลอดระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ เมื่อตัวอย่างมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 51$\pm$0.3 องศาเซลเซียส รีบเทตัวอย่างผ่านตะแกรง หรือแผนกรองเบอร์ 20 ลงสู่เครื่องหาค่าความหนืด ซึ่งอุดด้วยจุกคอร์กที่ช่องตรงล่างสุดของเครื่องมือหาค่าความหนืดไว้แล้วจนเต็มถึงขอบบน ให้กวนตัวอย่างด้วยอัตราประมาณ 60 รอบต่อนาที ระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศเมื่อตัวอย่างมีอุณหภูมิคงที่ ที่ 50$\pm$0.05 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที เอาเทอร์โมมิเตอร์ออกจากตัวอย่าง แล้วรีบใช้หลอดดูดหรือบีเปตดูดตัวอย่างที่ล้นออกมาอยู่ที่ชั้นนอกของเครื่องมือออก

3.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ มถ.(ท) 604-2550 : การทดสอบค่าความหนืดของวัสดุแอสฟัลต์ฯ

3.4 การทดสอบ

3.4.1 ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบค่าความหนืด มถ.(ท) 603 : มาตรฐานการทดสอบค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมโดยวิธีเซย์โบลต์

4. การคำนวณ

4.1. ทำการคำนวณตามวิธีเดียวกับมาตรฐานการทดสอบค่าความหนืด มถ.(ท) 603 : มาตรฐานการทดสอบค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมโดยวิธีเซย์โบลต์

5. การรายงาน

ให้ทำรายงานตามแบบฟอร์ม ในข้อ 3.3

6. เกณฑ์ตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

6.1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากผู้ทดสอบ ผลการทดสอบหลาย ๆ ครั้งโดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน ห้องทดสอบและเครื่องทดสอบเดียวกัน จะต้องแตกต่างกันไม่เกินข้อกำหนดต่อไปนี้

อุณหภูมิที่ทดสอบ (องศาเซลเซียส)	ค่าความหนืด (วินาที)	ค่าแตกต่างที่ยอมให้ ไม่มากกว่า
25	20 ถึง 100	ร้อยละ 5 ของตัวกลาง (Mean)
50	75 ถึง 400	ร้อยละ 9.6 ของตัวกลาง (Mean)

6.2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเครื่องมือทดสอบ ผลการทดสอบจากห้องทดสอบต่างกันจะต้องแตกต่างกันไม่เกินค่าดังต่อไปนี้

อุณหภูมิที่ทดสอบ (องศาเซลเซียส)	ค่าความหนืด (วินาที)	ค่าแตกต่างที่ยอมให้ ไม่มากกว่า
25	20 ถึง 100	ร้อยละ 15 ของตัวกลาง (Mean)
50	75 ถึง 400	ร้อยละ 21 ของตัวกลาง (Mean)

7. หนังสืออ้างอิง

7.1 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS “STANDARD SPECIFICATION FOR HIGHWAY MATERIALS AND METHOD OF SAMPLING AND TESTING” PART II AASHTO T. 59-78

7.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 371 แคตอิออนิกแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับถนน

7.3 วิธีการทดสอบวัสดุก่อสร้าง เล่มที่ 3 เดือนสิงหาคม 2524 กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

โครงการ..... **สถานที่ก่อสร้าง.....** **ผู้รับจ้าง.....** **ผู้นำส่ง.....** **ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....** **ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....**	**บฟ.มถ.(ท) 604-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าความหนืด** **ของวัสดุยางแอสฟัลต์ อิมัลชัน** **โดยวิธีเซย์โบลต์ (Saybolt)** ชั้นคุณภาพ.....	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		ผู้รับรอง	

การทดสอบความหนืดแบบ.....

ค่าที่ใช้แก้ความคลาดเคลื่อน (F) = ...

การทดสอบที่	**ปริมาตรของตัวอย่าง (มล.)**	**อุณหภูมิของตัวอย่าง (°ซ)**	**เวลา (วินาที)**	**หมายเหตุ**

สรุปผลการทดสอบ

ค่าความหนืดแบบเซย์โบลต์ที่อุณหภูมิ 25° ซ = ...วินาที

ค่าความหนืดแบบเซย์โบลต์ที่อุณหภูมิ 50° ซ = ...วินาที

มถ.(ท) 605-2550
มาตรฐานการทดสอบประจุไฟฟ้าของวัสดุยางแอสฟัลต์ อิมัลชัน (Asphalt Emulsion)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการตรวจสอบประจุไฟฟ้าบวกของวัสดุยางแคตอีออนิกแอสฟัลต์ อิมัลชัน

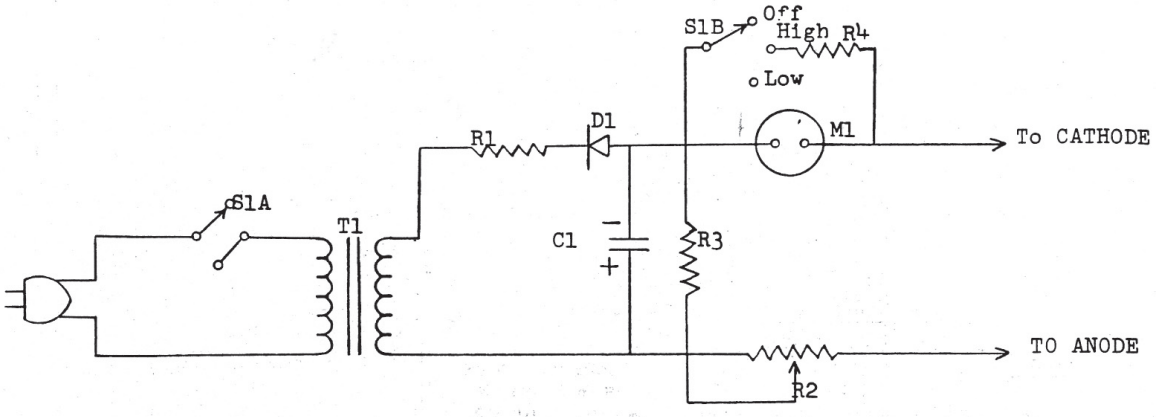
2. นิยาม

วัสดุยางแอสฟัลต์ อิมัลชันนี้ หมายถึง วัสดุยางแคตอีออนิกแอสฟัลต์ อิมัลชัน ที่แตกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ กระจายอยู่ในสารละลาย ซึ่งประกอบด้วยน้ำ อิมัลซีไฟอิงเอเจนต์ และอื่นๆ ซึ่งอนุภาคของยางแอสฟัลต์ มีประจุไฟฟ้าบวก

3. วิธีทำ

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

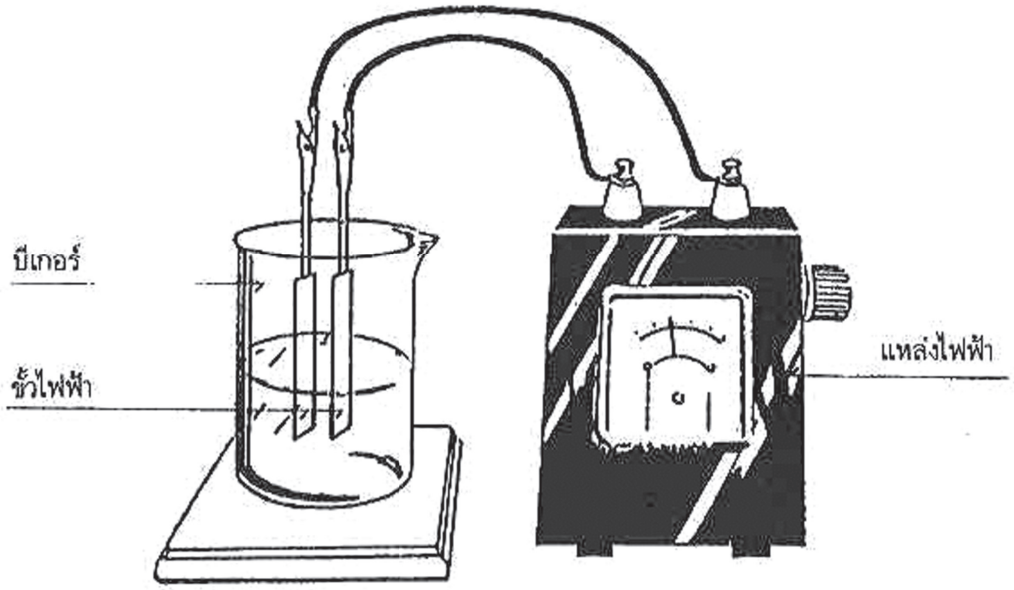
3.1.1 แหล่งไฟฟ้ากระแสไฟตรง 12 โวลต์ มิลลิแอมป์มิเตอร์ และตัวต้านทานปรับค่าได้ตามวงจรไฟฟ้าใน รูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพวงจรเครื่องทดสอบประจุอนุภาค

3.1.2 ขั้วไฟฟ้า เป็นแผ่นเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) ขนาด 25.4x101.6 มม. จำนวน 2 แผ่น ฉนวนแยกจากกัน วางขนานห่างกัน 12.7 มม.

3.1.3 บีเกอร์ (Beaker) ขนาด 150 หรือ 250 มิลลิลิตร



รูปที่ 2 เครื่องมือทดสอบประจุอนุภาคของอิมัลชีไฟต์แอสฟัลต์

3.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

3.2.1 เทยางแอสฟัลต์อิมัลชันลงในบีเกอร์ ให้มีปริมาณมากพอที่จะจุ่มแผ่นขั้วลงไปได้ลึกประมาณ 25.4 มม. (1 นิ้ว)

3.2.2 ทำความสะอาดขั้วไฟฟ้าแล้วเช็ดให้แห้ง ต่อสายเข้ากับแหล่งไฟฟ้า

3.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ มถ.(ท) 605-2550 : การทดสอบประจุไฟฟ้าของวัสดุยางแอสฟัลต์

3.4 การทดสอบ

3.4.1 จุ่มขั้วไฟฟ้าลงในตัวอย่างให้ลึกประมาณ 25.4 มม. (1 นิ้ว) แล้วปรับกระแสไฟฟ้าให้ได้อย่างน้อย 8 มิลลิแอมป์ และเริ่มต้นจับเวลาเป็นวินาที กระแสไฟฟ้า 8 มิลลิแอมป์ นี้เป็นค่ากระแสที่ต่ำสุด อาจจะกำหนดให้ใช้กระแสไฟฟ้าที่สูงกว่านี้ได้ ให้บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าไว้ด้วย

3.4.2 เมื่อกระแสไฟฟ้าตกลงถึง 2 มิลลิแอมป์ หรือเมื่อครบเวลา 30 นาที แล้วแต่อย่างไหนจะถึงก่อนให้ตัดกระแสไฟฟ้าออก นำขั้วไฟฟ้าไปล้างโดยวิธีให้น้ำไหลผ่านเบา ๆ

3.4.3 สังเกตยางแอสฟัลต์ที่เกาะขั้วไฟฟ้า ถ้ายางแอสฟัลต์จับอยู่ที่ขั่วไฟฟ้าบวกสะอาดไม่มีแอสฟัลต์เกาะอยู่จะเป็นยางแคตอิออนิกแอสฟัลต์ อิมัลชัน

4. การรายงาน

ให้รายงานผลการทดสอบ ตามแบบฟอร์มใน ข้อ 3.3

5. **หนังสืออ้างอิง**

5.1 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS "STANDARD SPECIFICATION FOR HIGHWAY MATERIALS AND METHOD OF SAMPLING AND TESTING" PART II AASHTO T. 59-78

5.2 วิธีการทดสอบวัสดุก่อสร้าง เล่มที่ 3 กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

โครงการ.....	**บฟ. มถ.(ท) 605-2550**	**ทะเบียนทดสอบ**.....	
สถานที่ก่อสร้าง.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)	**ผู้ทดสอบ**	
ผู้รับจ้าง.....	**การทดสอบหาประจุไฟฟ้า**		
ผู้นำส่ง.....	**ของวัสดุยางแอสฟัลต์ อิมัลชัน**	**ผู้ตรวจสอบ**	
ชนิดตัวอย่าง.....**ทดสอบครั้งที่**.....			
ทดสอบวันที่.....**แผ่นที่**.....	ชั้นคุณภาพ.....	**ผู้รับรอง**	

☐ เป็นวัสดุยางแคตอิออนิกแอสฟัลต์ อิมัลชัน

☐ ไม่เป็นวัสดุยางแคตอิออนิกแอสฟัลต์ อิมัลชัน

มถ.(ท) 606-2550
มาตรฐานการทดสอบปริมาณน้ำในวัสดุยางแอสฟัลต์ อิมัลชัน (Asphalt Emulsion)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาปริมาณน้ำ ที่ผสมอยู่ในวัสดุยางแอสฟัลต์อิมัลชัน

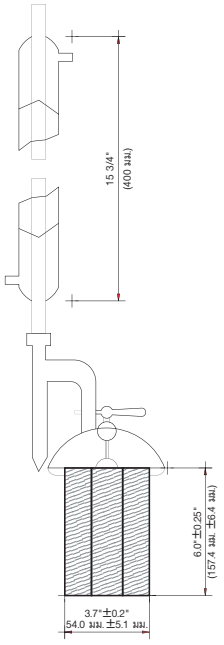
2. นิยาม

วัสดุยางแอสฟัลต์ อิมัลชันนี้ หมายถึงวัสดุยางแคตอิออนิกแอสฟัลต์ อิมัลชัน ที่แตกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ กระจายอยู่ในสารละลาย ซึ่งประกอบด้วยน้ำ อิมัลซีไฟอิงเอเจนต์ และอื่นๆ ซึ่งอนุภาคของวัสดุยางแอสฟัลต์ มีประจุไฟฟ้าบวก

3. วิธีทำ

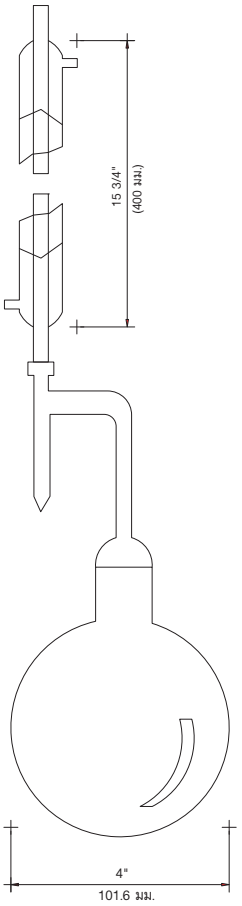
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

3.1.1 หม้อกลั่นชนิดโลหะ เป็นรูปทรงกระบอกตั้งตรง ส่วนใหญ่ทำด้วยทองแดง ตอนบนมีขอบยื่นออกมา เพื่อให้ฝาปิดได้สนิท พร้อมทั้งมีตัวยึดฝาปิด ฝาปิดทำด้วยโลหะอาจจะเป็น ทองเหลืองหรือทองแดง มีรูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 25.4 มิลลิเมตร ขนาดและลักษณะของหม้อกลั่นแสดงไว้ใน รูปที่ 1

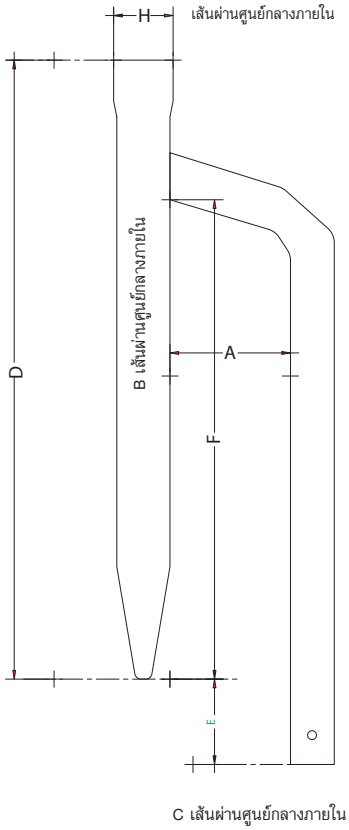


รูปที่ 1 หม้อกลั่นชนิดโลหะ

3.1.2 หม้อกลั่นชนิดแก้ว เป็นขวดแก้วก้นกลม คอสั้น ทำด้วยแก้วทนไฟ ขนาดความจุประมาณ 500 มิลลิลิตร ดังแสดงไว้ใน รูปที่ 2



รูปที่ 2 หม้อกลั่นชนิดแก้ว



A = 45 ถึง 55 มม.
B = 14 ถึง 16 มม.
C = 12 ถึง 16 มม.
D = 235 ถึง 255 มม.
E = 25 ถึง 38 มม.
F = 186 ถึง 194 มม.
H = 18 ถึง 19 มม.

รูปที่ 3 ที่กักน้ำ

3.1.3 เครื่องควบแน่น (Condenser) เป็นแบบหลอดแก้วใช้น้ำเย็นผ่านหลอดแก้ว หุ้มชั้นนอกยาวไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร หลอดควบแน่นชั้นในมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 9.5 ถึง 12.7 มิลลิเมตร และปลายหลอดต้องตัดหรือฝนให้เรียบ เฉียงทำมุม 30$\pm$5 องศา กับแกนตั้งของเครื่องควบแน่น

3.1.4 ที่กักน้ำ ทำด้วยแก้วทนไฟ มีขนาดและรูปร่างตามรูปที่ 3 มีขีดแบ่งในช่อง 0 ถึง 1 มิลลิลิตร อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิลิตร และในช่วง 1 ถึง 20 มิลลิลิตร อ่านได้ละเอียด ถึง 0.2 มิลลิลิตร

3.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดสอบ

ใช้ Xylene เป็นตัวทำละลาย หรือจะใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมอื่น ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติกล่าวคือ กลั่นที่อุณหภูมิ 120-250 องศาเซลเซียส ได้ร้อยละ 98 การกลั่นให้เป็นไปตามวิธีการกลั่นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม AASHTO T. 115

3.3 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

3.3.1 ถ้าตัวอย่างที่จะทดสอบมีน้ำน้อยกว่าร้อยละ 25 ให้ใช้ตัวอย่างหนัก 100±0.1 กรัมถ้าตัวอย่างมีน้ำมากกว่าร้อยละ 25 ให้ใช้ตัวอย่าง 50±0.1 กรัม ชั่งตัวอย่างใส่ในหม้อกลั่นแล้วเติมตัวทำละลายปริมาณเท่ากับตัวอย่างลงไปกวนให้เข้ากัน โดยระวังไม่ให้เกิดการสูญหายของตัวอย่าง

3.3.2 นำหม้อกลั่นที่กักน้ำและเครื่องควบแน่นมาประกอบเข้าด้วยกัน โดยใช้จุกไม้คอร์กที่แน่นพอดี ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1 หรือ 2 ถ้าใช้หม้อกลั่นชนิดโลหะให้ใช้กระดานหนารูปวงแหวน ซึ่งทำให้ชื้นด้วยตัวทำละลายสอดไว้ระหว่างฝาปิดกับขอบที่ยื่นออกมา ก่อนจะขันเกลียวฝาปิด ใช้ก้อนสำลีอุดไว้ที่ปลายบนของหลอดควบแน่น ทั้งนี้เพื่อป้องกันการควบแน่นของความชื้นในอากาศ

3.4 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 606-2550 : การทดสอบหาปริมาณน้ำในยางแอสฟัลต์ อิมัลชัน

3.5 การทดสอบ

ถ้าใช้หม้อกลั่นชนิดโลหะ ตั้งตะเกียงวงแหวนให้อยู่สูงจากส่วนล่างสุดของหม้อกลั่นประมาณ 72 มิลลิเมตร แล้วค่อย ๆ เลื่อนตะเกียงวงแหวนนี้ลงทีละน้อย ในขณะที่ทำการกลั่นพร้อมทั้งปรับความร้อนให้เกิดการควบแน่นที่ปลายหลอดควบแน่น ในอัตรา 2 ถึง 5 หยดต่อวินาที ดำเนินการกลั่นตามอัตราที่กำหนดนี้ จนกระทั่งมองไม่เห็นน้ำในเครื่องควบแน่นและปริมาตรของน้ำในที่กักน้ำคงที่กำจัดน้ำที่อาจค้างอยู่ในหลอดควบแน่นออก โดยการเร่งอัตราการกลั่นเป็นเวลาประมาณ 2-3 นาที

ถ้าใช้หม้อกลั่นชนิดแก้ว ให้ดำเนินการกลั่นโดยปรับความร้อนให้เกิดการควบแน่น ในอัตราเช่นเดียวกับหม้อกลั่นชนิดโลหะ

4. การคำนวณ

จำนวนปริมาณน้ำหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณน้ำเป็นร้อยละ} = (A/B) \times 100$$

เมื่อ A = ปริมาณน้ำในที่กักน้ำเป็นมิลลิลิตร

B = น้ำหนักของตัวอย่างเป็นกรัม

5. การรายงาน

ให้รายงานปริมาณน้ำเป็นร้อยละ ในแบบฟอร์มใน ข้อ 3.4

6. **เกณฑ์ตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้**

6.1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากผู้ทดสอบ ผลการทดสอบ 2 ครั้ง โดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน สำหรับตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำร้อยละ 30-50 จะต้องแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 0.8

6.2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเครื่องมือทดสอบ ผลการทดสอบจากห้องทดสอบต่างกัน สำหรับตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำร้อยละ 30-50 จะต้องแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 2.0

7. **หนังสืออ้างอิง**

7.1 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS “STANDARD SPECIFICATION FOR HIGHWAY MATERIALS AND METHOD OF SAMPLING AND TESTING” PART II AASHTO T. 59-78

7.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 371 แคตอิออนิกแอสฟัลต์อิมัลชัน สำหรับถนน

7.3 วิธีการทดสอบวัสดุก่อสร้าง เล่มที่ 3 เดือนสิงหาคม 2524 กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

โครงการ.....	**บฟ. มถ.(ท) 606-2550**	**ทะเบียนทดสอบ**.....	
สถานที่ก่อสร้าง.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)	**ผู้ทดสอบ**	
ผู้รับจ้าง.....	**การทดสอบหาปริมาณน้ำ**		
ผู้นำส่ง.....	**ในวัสดุยางแอสฟัลต์ อิมัลชัน**	**ผู้ตรวจสอบ**	
ชนิดตัวอย่าง.....**ทดสอบครั้งที่**.....			
ทดสอบวันที่.....**แผ่นที่**.....	ชั้นคุณภาพ.....	**ผู้รับรอง**	

ปริมาณน้ำเป็นร้อยละ = ...

มถ.(ท) 607-2550
มาตรฐานการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall)

1. **ขอบข่าย**

มาตรฐานการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตนี้ครอบคลุมถึงการหาคุณภาพของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต ที่ใช้เป็นผิวทางหรือพื้นทางแบบ แอสฟัลต์คอนกรีต

2. **นิยาม**

แอสฟัลต์คอนกรีต หมายถึง ส่วนผสมของวัสดุยางแอสฟัลต์ กับวัสดุมวลรวม (Aggregate) ที่ใช้ทำผิวจราจร โดยมีมาตรฐานตาม มถ. 203 : มาตรฐานวัสดุพื้นทางหินคลุก

3. **วิธีทำ**

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

3.1.1 กะละมังเคลือบหรือภาชนะโลหะที่มีขอบสูงประมาณ 7 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างขอบประมาณ 25 เซนติเมตร ใช้สำหรับใส่วัสดุมวลรวม

3.1.2 ภาชนะโลหะมีขอบสูงประมาณ 15 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของขอบประมาณ 30 เซนติเมตร สำหรับใช้ผสมวัสดุมวลรวมกับวัสดุยางแอสฟัลต์

3.1.3 เตาอบที่สามารถให้อุณหภูมิสูงถึง 150 องศาเซลเซียส ใช้สำหรับอบวัสดุมวลรวม

3.1.4 เตาแบบ Hot Plate ที่สามารถให้อุณหภูมิได้สูงถึง 200 องศาเซลเซียส ใช้สำหรับให้ความร้อนยางแอสฟัลต์ และเครื่องมือที่ใช้ในการบดทับ

3.1.5 หม้อโลหะสำหรับใส่ยางแอสฟัลต์ เพื่อให้ความร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร

3.1.6 เกรียงใช้ผสมวัสดุมวลรวมกับยางแอสฟัลต์

3.1.7 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดมีก้านเป็นโลหะ สามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 250 องศาเซลเซียส

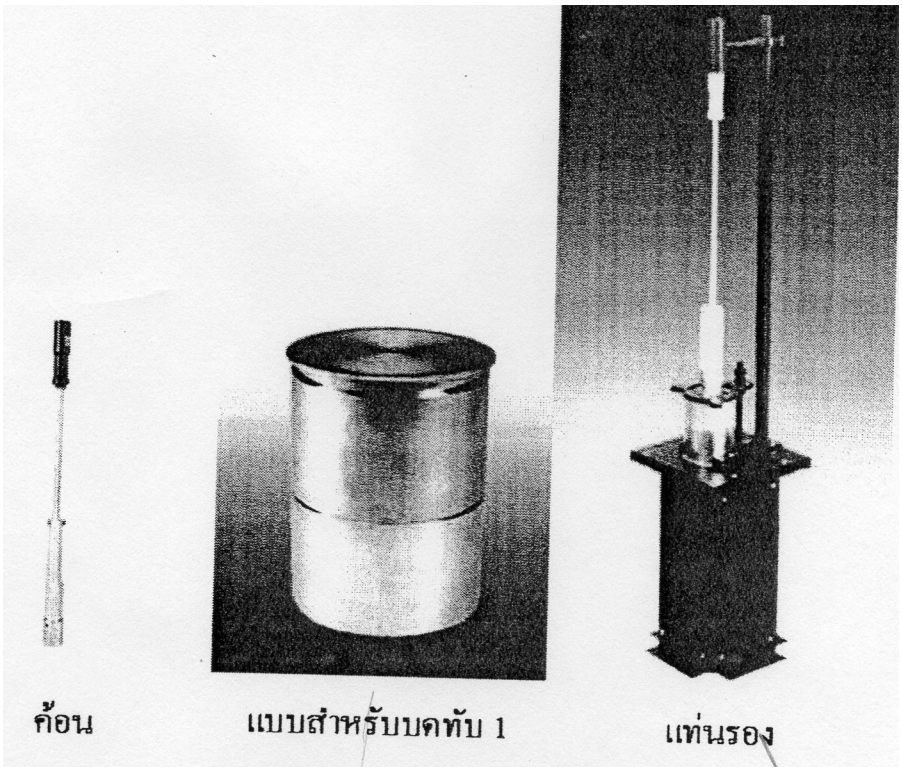
3.1.8 เครื่องชั่ง สามารถชั่งน้ำหนักได้ 5 กิโลกรัม มีความละเอียด 1 กรัม ใช้สำหรับวัสดุมวลรวมและยางแอสฟัลต์

3.1.9 เครื่องชั่ง สามารถชั่งน้ำหนักได้ 2 กิโลกรัม มีความละเอียด 0.1 กรัม ใช้สำหรับวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต ที่บดทับแล้ว

3.1.10 อ่างต้มน้ำ (Boiling Water Bath) มีตะแกรงลวดสำหรับวางวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต ที่บดทับแล้ว สามารถควบคุมอุณหภูมิตามที่ต้องการได้

3.1.11 แท่นรอง (Compaction Pedestal) ประกอบด้วยฐานไม้ขนาดประมาณ 20x20x45 เซนติเมตร (8x8x18 นิ้ว) มีแผ่นโลหะขนาดประมาณ 30x30x2.5 เซนติเมตร (12x12x1 นิ้ว) ติดอยู่ที่ขอบบนของฐานไม้ ฐานไม้ควรเป็นไม้ที่มีความแน่นแห้งประมาณ 0.65-0.80 กรัมต่อมิลลิลิตร (42-48 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต) แผ่นเหล็กจะต้องยึดแน่นกับฐานไม้ ดังรูปที่ 1

3.1.12 แบบสำหรับบดทับ (Compaction Mold) ประกอบด้วยแผ่นฐาน (Base Plate) แบบ (Mold) และปลอก (Collar Extension Mold) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10.16 เซนติเมตร (4 นิ้ว) สูง 7.62 เซนติเมตร (3 นิ้ว) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบสำหรับบดทับ ค้อน และท่อนรอง

3.1.13 ค้อน (Compaction Hammer) ประกอบด้วยแผ่นเหล็กกลมหนา 1.27 เซนติเมตร (0.5 นิ้ว) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.842 เซนติเมตร (3.875 นิ้ว) ติดกับก้านเหล็ก ซึ่งมีแท่นเหล็กหนัก 4,536 กรัม (10 ปอนด์) เลื่อนขึ้นลงได้อิสระสำหรับทิ้งน้ำหนักลงบนแผ่นเหล็กกลม ในขณะบดอัด ระยะตกกระทบของแท่งน้ำหนักเท่ากับ 45.72 เซนติเมตร (18 นิ้ว) ดังรูปที่ 1

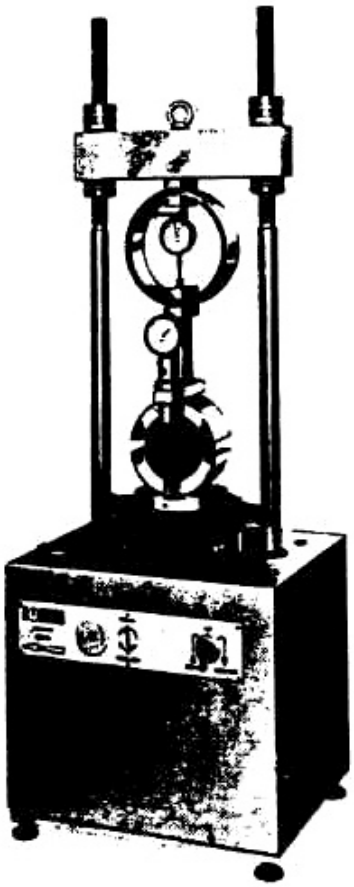
3.1.14 ที่จับแบบ (Mold Holder) ใช้สำหรับบังคับให้แบบบดทับอยู่กับที่ ดังรูปที่ 1

3.1.15 เครื่องดันตัวอย่าง (Sample Extruder)

3.1.16 ถุงมือกันความร้อน ใช้สำหรับหยิบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ร้อน

3.1.17 ถุงมือชนิดหนังหรือยาง สำหรับหยิบตัวอย่างที่แช่ในน้ำ

3.1.18 เครื่องทดสอบ มาร์แชลล์ (Marshall Testing Machine) ใช้สำหรับทดสอบหาค่าเสถียรภาพ (Stability) เป็นเครื่องกดที่สามารถรับแรงกดได้ไม่น้อยกว่า 3,000 กิโลกรัม (6,000ปอนด์) เป็นแบบฉุดด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า อัตราเร็วของมอเตอร์ที่หมุนฉุดต้องทำให้ฐานหรือท่อนกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 5 เซนติเมตรต่อนาที (2 นิ้วต่อนาที) เครื่องกดนี้จะต้องมี Proving Ring อ่านค่าแรงกด หรือแรงกดอื่นใดที่มีคุณสมบัติเทียบเท่า ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องทดสอบมาร์แชลล์

3.1.19 แบบทดสอบ เสถียรภาพ (Stability Mold) ใช้สำหรับใส่ตัวอย่างทดสอบหาค่าเสถียรภาพ ดังรูปที่ 2

3.1.20 เครื่องวัดการไหล (Flow Meter) ใช้สำหรับทดสอบหาค่าการไหลของตัวอย่างระหว่างกด อ่านค่าได้เป็น 0.25 มิลลิเมตร (0.01 นิ้ว) ดังรูปที่ 2

3.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ ดำเนินการดังนี้

3.2.1 ทดสอบหาขนาดวัสดุชนิดเม็ดหยาบ โดยวิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง ตาม มถ.(ท) 508 : มาตรฐานการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ

3.2.2 ทดสอบหาขนาดวัสดุชนิดเม็ดละเอียด โดยวิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง ตาม มถ.(ท) 508 : มาตรฐานทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ

3.2.3 ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลหยาบ โดยวิธีการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลหยาบ ตาม มถ.(ท) 101.4 : มาตรฐานทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมหยาบ

3.2.4 ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลละเอียด โดยวิธีการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะวัสดุมวลละเอียด ตาม มถ.(ท) 101.5 : มาตรฐานทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมละเอียด

3.2.5 หาอัตราส่วนผสมของวัสดุชนิดเม็ด เมื่อรวมกันแล้วได้ขนาดตามที่ต้องการ

3.2.6 นำวัสดุชนิดเม็ด ตามอัตราส่วนที่หาได้จากข้อ 3.2.5 หนัก 1,200 กรัม เมื่อบดทับแล้วตัวอย่างจะหนาประมาณ 6.35 เซนติเมตร หรือประมาณ 2.5 นิ้ว ใส่ในกะละมังเคลือบ นำไปอบในเตา อบให้ได้อุณหภูมิสูงถึง 160$\pm$5 องศาเซลเซียส

3.2.7 นำแบบสำหรับบดทับและค้อนไปวางบนแผ่นให้ความร้อน ที่มีอุณหภูมิระหว่าง 90 ถึง 150 องศาเซลเซียส

3.2.8 นำวัสดุยางแอสฟัลต์ที่จะใช้ผสมไปให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิที่ทำให้ยางแอสฟัลต์ มีค่าความหนืด (Viscosity) เท่ากับ 85$\pm$10 วินาที เซย์โบลต์ฟูรอล (สำหรับยางแอสฟัลต์ AC. 80-100 ต้องให้ความร้อนถึง 145$\pm$5 องศาเซลเซียส)

3.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ มถ.(ท) 607-2550 : การทดสอบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์

3.4 การทดสอบ

3.4.1 นำกะละมังใส่ตัวอย่างวัสดุมวลรวมจากข้อ 3.2.6 ออกจากเตาอบแล้วเทลงในภาชนะโลหะสำหรับผสมวัสดุมวลรวมกับยางแอสฟัลต์ ใช้เกรียงผสมให้วัสดุมวลรวมแต่ละขนาดคละกันให้ทั่ว ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลง ถึง 145$\pm$5 องศาเซลเซียส (เมื่อใช้ยางแอสฟัลต์ AC. 80-100) ใช้เกรียงเกลี่ยตรงกลางวัสดุให้เป็นแอ่ง แล้วเทแอสฟัลต์ที่เตรียมไว้ใน ข้อ 3.2.8 ตามปริมาณที่ต้องการลงในแอ่งตัวอย่างดังกล่าว

3.4.2 นำภาชนะโลหะที่ได้จาก ข้อ 3.4.1 ขึ้นตั้งบนแผ่นให้ความร้อน ใช้เกรียงผสมวัสดุมวลรวมและยางแอสฟัลต์ให้เข้ากันโดยเร็วที่สุดโดยปกติประมาณ 1 นาที พยายามให้ยางแอสฟัลต์เคลือบวัสดุทุกเม็ด

3.4.3 นำแบบสำหรับบดทับจาก ข้อ 3.2.7 มาประกอบเข้าที่

3.4.4 เทตัวอย่างวัสดุผสมลงในแบบที่ประกอบแล้ว ใช้เกรียงแซะรอบ ๆ ตัวอย่างด้านในแบบประมาณ 15 ครั้ง และแซะเข้าไปในตัวอย่างอีก 10 ครั้ง ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของตัวอย่างลดลง จนแอสฟัลต์ มีความหนืดเท่ากับ 140$\pm$15 วินาที เซย์โบลต์ฟูรอล (สำหรับยาง

แอสฟัลต์ AC 80-100 ให้ทิ้งตัวอย่างไว้ จนอุณหภูมิลดลงถึง 140±5 องศาเซลเซียส)

3.4.5 วางค้อนลงบนตัวอย่างในแบบ ทำการบดทับตัวอย่างโดยการยกน้ำหนักและปล่อยให้น้ำหนักตกลงบนแผ่นเหล็ก จำนวนครั้งขึ้นอยู่กับการออกแบบซึ่งแบ่งออกเป็น

3.4.5.1 แอสฟัลต์ติกคอนกรีตสำหรับถนนที่มีการจราจรน้อย (Light Traffic) และปานกลาง (Medium Traffic) ให้ใช้การปล่อยน้ำหนักมาตรฐาน 50 ครั้ง

3.4.5.2 แอสฟัลต์คอนกรีต สำหรับถนนที่มีการจราจรหนาแน่น (Heavy Traffic) และคับคั่ง (Very Heavy Traffic) ให้ใช้การปล่อยน้ำหนักมาตรฐาน 75 ครั้ง

3.4.6 เมื่อครบจำนวนการบดทับแล้ว ทำการกลับตัวอย่างโดยการกลับแบบ เอาด้านล่างขึ้นด้านบน แล้วทำการบดทับเช่นเดียวกับ ข้อ 3.4.5

3.4.7 ทิ้งตัวอย่างบดทับเรียบร้อยแล้วไว้ในแบบ จนกระทั่งอุณหภูมิของตัวอย่างลดลงต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส จึงนำตัวอย่างออกจากแบบ โดยการใช้เครื่องดันตัวอย่าง ทิ้งตัวอย่างไว้ในบรรยากาศปกติ ไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง จึงนำไปทำการทดสอบขั้นต่อไป

3.4.8 ในปริมาณของการผสมโดยใช้ยางแอสฟัลต์เปอร์เซ็นต์อันหนึ่งอันใด ให้เตรียมตัวอย่างอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง สำหรับการออกแบบให้ใช้ตัวอย่างแต่ละเปอร์เซ็นต์ ของยางแอสฟัลต์ อย่างน้อย 5 ค่า และแต่ละค่าต่างกัน ร้อยละ 0.5

3.4.9 ทำการทดลองหาความแน่นของตัวอย่างโดยวิธี

3.4.9.1 นำตัวอย่างไปชั่งหาน้ำหนักในอากาศ (d) และ

3.4.9.2 นำตัวอย่างไปแช่ในน้ำธรรมดาประมาณ 5 นาที นำตัวอย่างขึ้นเช็ดผิวให้แห้ง ชั่งหาน้ำหนักในอากาศ (d1) และ

3.4.9.3 นำตัวอย่างจาก ข้อ 3.4.9.2 ไปชั่งหาน้ำหนักในน้ำ (e)

3.4.10 ทำการทดสอบหาค่า เสถียรภาพ และการไหล

3.4.10.1 นำตัวอย่างที่เสร็จจากการทดสอบแล้วตามข้อ 3.4.9 ไปแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 60±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในอ่างต้มน้ำ

3.4.10.2 เมื่อนำตัวอย่างต้มน้ำครบ 30 นาที แล้วนำตัวอย่างขึ้นเช็ดให้แห้ง แล้วนำไปใส่ในแบบทดสอบ เสถียรภาพ เพื่อไปกดหาค่า เสถียรภาพ และค่าการไหล

3.4.10.3 นำแบบทดสอบเสถียรภาพ ที่ได้จากข้อ 3.4.9.2 ไปวางบนเครื่องทดสอบมาร์แชลล์ ให้แบบทดสอบเสถียรภาพ อยู่ใต้กระบอกกด (Piston) ซึ่งติดกับ Proving Ring สำหรับอ่านน้ำหนักกด

3.4.10.4 เดินเครื่องให้แบบทดสอบ เสถียรภาพ เคลื่อนไปสัมผัสกับกระบอกกดจนกระทั่งเข็มของ Dial Gauge ที่ติดกับ Proving Ring ขยับตัว หยุดเครื่องแล้วทำการตั้งเข็มของ Dial Gauge ให้อยู่ ณ เลข 0

3.4.10.5 นำเครื่องวัดการไหล ไปวางบนแกนที่สำหรับทดสอบหาค่าการไหล ซึ่งติดกับแบบทดสอบเสถียรภาพ ตั้งเข็ม Dial Gauge ของเครื่องวัดการไหล ให้อยู่ ณ เลข 0 ใช้มือจับเครื่องวัดการไหล ให้นิ่งอยู่กับที่

3.4.10.6 เดินเครื่องทดสอบหาค่าเสถียรภาพ โดยอ่านค่าน้ำหนักสูงสุดที่กดจาก Proving Ring เป็นค่าที่อ่านได้ (Measure) ซึ่งต้องปรับค่า (Adjust) สำหรับตัวอย่างมาตรฐานที่หนา 6.35 เซนติเมตร (2.5 นิ้ว) ตามตารางที่ 1

3.4.10.7 ขณะที่ทำการทดสอบหาค่า เสถียรภาพ เข็ม Dial Gauge ของเครื่องวัดการไหลจะเคลื่อนที่อ่านค่าการไหล จาก Dial Gauge ที่น้ำหนักกดสูงสุด

4. การคำนวณ

คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะรวม (Bulk Specific Gravity), V.M.A. (Voids in Mineral AggregaTE), ช่องว่างอากาศ (Air Voids), และช่องว่างที่บรรจุบิทูเมน (Voids Filled with Bitumen) ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

4.1 คำนวณหาปริมาณแอสฟัลต์ประสิทธิผล (Effective Asphalt by Weight of Mix)

สูตร $b_1 = b - [x\ (100-b) / 100]$

เมื่อ b_1 = แอสฟัลต์ประสิทธิผล (เป็นร้อยละ)
b = ร้อยละ แอสฟัลต์โดยน้ำหนักของส่วนผสม
x = แอสฟัลต์ที่ถูกดูดซึมโดยมวลรวม
(1 กรัมของแอสฟัลต์ /100 กรัมของมวลรวม)

4.2 คำนวณหาความถ่วงจำเพาะรวมของก้อนตัวอย่าง (Bulk Specific Gravity of Specimen)

สูตร $g = d / (d_1 - e)$

เมื่อ g = ความถ่วงจำเพาะรวมของก้อนตัวอย่าง
d = น้ำหนักของก้อนตัวอย่างชั่งในอากาศ (กรัม)
d_1 = น้ำหนักของก้อนตัวอย่างสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (กรัม)
e = น้ำหนักของก้อนตัวอย่างสภาพอิ่มตัวชั่งในน้ำ (กรัม)

4.3 คำนวณหาร้อยละปริมาตรของแอสฟัลต์ประสิทธิผล (Percent Total Volume of Effective Asphalt)

สูตร $i = b_1 g / G_{ac}$

เมื่อ i = ปริมาตรของแอสฟัลต์ประสิทธิผล (เป็นร้อยละ)

G_{ac} = ความถ่วงจำเพาะรวมของแอสฟัลต์

4.4 คำนวณหาร้อยละของมวลรวมในก้อนตัวอย่าง

สูตร $j = (100-b)g / G_{ag}$

เมื่อ j = ร้อยละของมวลรวมในก้อนตัวอย่าง

G_{ag} = ความถ่วงจำเพาะรวมของมวลรวม

4.5 คำนวณหาค่าร้อยละช่องว่างอากาศในก้อนตัวอย่าง

สูตร Air Voids = $100 - i - j$

4.6 คำนวณหา V.M.A. (Voids in Mineral Aggregate)

สูตร V.M.A. = $100 - j = 1$

4.7 คำนวณหา สูตร V.F.B. (Voids Filled with Bitumen)

สูตร V.F.B. = $100\frac{i}{1}$

4.8 นำค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้

4.8.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง เสถียรภาพกับ ร้อยละ แอสฟัลต์โดยน้ำหนักของมวลรวม

4.8.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง การไหลกับ ร้อยละ แอสฟัลต์โดยน้ำหนักของมวลรวม

4.8.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาแน่นของส่วนผสมกับ ร้อยละ แอสฟัลต์โดยน้ำหนักของมวลรวม

4.8.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละ ช่องว่างอากาศกับ ร้อยละ แอสฟัลต์โดยน้ำหนักของมวลรวม

4.8.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละ V.M.A. กับ ร้อยละ แอสฟัลต์โดยน้ำหนักของมวลรวม

4.8.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละ V.F.B. กับ ร้อยละ แอสฟัลต์โดยน้ำหนักของมวลรวม

5. **การรายงาน**

ให้รายงานตามแบบฟอร์มใน ข้อ 3.3 และ Curve แสดงความสัมพันธ์ ตามข้อ 4.8

6. **ข้อควรระวัง**

6.1 อุณหภูมิของวัสดุผสมตาม ข้อ 3.4.8 ที่ถูกต้องมีดังนี้

6.1.1 ถ้าต่ำกว่าให้เพิ่มความร้อนให้ได้ตามที่กำหนด (145±5 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ยางแอสฟัลต์ AC. 80-100)

6.1.2 ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าให้ทิ้งไว้ให้ได้อุณหภูมิตามที่กำหนด (145±5 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ยางแอสฟัลต์ AC. 80-100)

6.2 เวลาที่ทำการทดสอบตามข้อ 3.4.10 ต้องไม่เกิน 40 นาที เพื่อกันมิให้อุณหภูมิของตัวอย่างต่ำกว่าที่ต้องการ

7. **หนังสืออ้างอิง**

7.1 AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS ASTM. STANDARD D. 1559

7.2 THE ASPHALT INSTITUTE "MIX DESIGN METHODS FOR ASPHALT CONCRETE AND THE HOT-MIX TYPES" MANUAL SERIES NO. 2 (MS-2)

ตารางที่ 1 Stability Correlation Ratio

ปริมาตรของตัวอย่าง (cc.)	ความหนาของตัวอย่าง (ประมาณ) (cm.)	(Correlation Ratio)
200 – 213	2.54	5.56
214 – 225	2.70	5.00
226 – 237	2.85	4.55
238 – 250	3.01	4.17
251 – 264	3.18	3.85
265 – 276	3.33	3.57
277 – 283	3.49	3.33
290 – 301	3.65	3.03
302 – 316	3.81	2.78
317 - 328	3.97	2.50
329 – 340	4.13	2.27
341 – 353	4.29	2.08
354 – 367	4.45	1.92
368 – 379	4.60	1.79
380 - 392	4.76	1.67
393 – 405	4.92	1.56
406 – 420	5.08	1.47
421 – 431	5.24	1.39
432 – 443	5.40	1.32
444 – 456	5.56	1.25
457 – 470	5.71	1.19
471 – 482	5.87	1.14
483 – 495	6.03	1.09
496 – 508	6.19	1.04
509 - 522	6.35	1.00*
523 – 535	6.51	0.96
536 – 546	6.67	0.93
547 – 559	6.83	0.89
560 – 573	6.98	0.86
574 - 585	7.14	0.83
586 – 598	7.30	0.81
599 – 610	7.46	0.78
611 - 625	7.62	0.76

หมายเหตุ

1. ค่า Stability ที่อ่านได้ตามข้อ 3.4.10 คูณด้วย Correlation Ratio สำหรับความหนาหรือปริมาตรของตัวอย่าง คือ ค่าที่ได้แก้ไขสำหรับตัวอย่างมาตรฐาน หนา 6.3 เซนติเมตร (2 $^{1}/_{2}$ นิ้ว)
2. ความเกี่ยวข้องระหว่างความหนาและปริมาตรตามตารางข้างบนนี้ ใช้สำหรับตัวอย่างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.16 เซนติเมตร (4 นิ้ว)

หมายเหตุ

1. ค่า Stability ที่อ่านได้ตามข้อ 3.4.10 คูณด้วย Correlation Ratios สำหรับความหนาหรือปริมาตรของตัวอย่าง คือ ค่าที่ได้แก้ไขสำหรับตัวอย่างมาตรฐาน หนา 6.3 เซนติเมตร (2 $^{1}/_{2}$ นิ้ว)
2. ความเกี่ยวข้องระหว่างความหนาและปริมาตรตามตารางข้างบนนี้ ใช้สำหรับตัวอย่างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.16 เซนติเมตร (4 นิ้ว)

โครงการ.....	บฟ. มถ.(ท) 607-2550	ทะเบียนทดสอบ.....	
สถานที่ก่อสร้าง.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ)	ผู้ทดสอบ	
ผู้รับจ้าง.....	การทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีต		
ผู้นำส่ง.....	โดยวิธีมาร์แชลล์	ผู้ตรวจสอบ	
ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....			
ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	ชั้นคุณภาพ.....	ผู้รับรอง	

% AC. Spec. No.	% AC. Spec. No.		Spec Hgt. cm.	Weight – grams			Bulk Vol. cc.	Density		Volume-% Total			Voids-%			Unit Wgt. gm/cc.	Stability-Lbs.		
				In air	Sat.. Sur. Dry	In water		Bulk	Max. Theor.	AC.	Agg.	Void	Agg.	Filled	Total		Meas.	Adjust	Flow 1/10 mm.
a	b	b_1	c	d	d_1	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	O	p	q	r
% AC. by Wgt. Of Agg.	% AC. by Wgt. of Mix.	% Eff. by Wgt. of Mix.					d_1-e	d/f		$\frac{(b_1-g)}{G_{ac.}}$	$\frac{(100-b)g}{G_{ag.}}$	100-i-j	100-j	i/j	$\frac{100-(100g)}{h}$	G		*	

* ดูตารางที่ 1 %Effective A.C. = b-[x(100-b)]/100

where x = bitumen absorption. 1 kg. Of AC./100. kg. Of Agg.

มถ.(ท) 608-2550
มาตรฐานการทดสอบค่าสูญเสียของวัสดุยางแอสฟัลต์เมื่อให้ความร้อน (Loss on Heating)

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบค่าสูญเสียของวัสดุยางแอสฟัลต์เมื่อให้ความร้อน เป็นวิธีการทดสอบน้ำหนักที่หายไป ในสารประกอบยางแอสฟัลต์เมื่อทำให้ร้อน ทั้งนี้ไม่รวมน้ำหนักของน้ำที่หายไป

2. นิยาม

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

2.1.1 เตาอบต้องมีผนัง 2 ชั้น ให้ความร้อนด้วยระบบไฟฟ้ามีขนาดภายในดังนี้ สูงไม่น้อยกว่า 290 มิลลิเมตร (ไม่รวมส่วนที่ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับทำให้เกิดความร้อน) กว้าง และลึกไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร มีประตูด้านหน้าปิดได้สนิทแน่น ที่ประตูนี้มีช่องกระจกใสสี่เหลี่ยมขนาดกว้างยาวด้านละ 100 มิลลิเมตร เป็นอย่างน้อย ช่องกระจกดังกล่าวประกอบด้วยกระจกใส 2 แผ่น ประกบด้านนอกและด้านในของประตูระหว่างกระจกสองแผ่นเป็นช่องว่าง ช่องกระจกนี้สำหรับอ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งเสียบไว้ในเตาอบได้โดยไม่ต้องเปิดประตู หรือประตูของเตาอบอาจจะมี 2 ชั้น โดยที่ประตูชั้นในเป็นกระจกเพื่อที่จะอ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ได้โดยเปิดเฉพาะประตูชั้นนอก

ในเตาอบจะต้องมีช่องให้อากาศเข้า และช่องสำหรับอากาศร้อนและไอน้ำผ่านออกได้ เพื่อทำให้เกิดการระบายโดยการหมุนเวียนของอากาศ ช่องสำหรับให้อากาศเข้าอยู่ที่ผนังด้านในด้านล่าง หรือด้านข้างส่วนล่างของเตาอบ ในตำแหน่งที่จะทำให้อากาศที่เข้าไปหมุนเวียนผ่านอุปกรณ์กำเนิดความร้อนด้วย ช่องทางเดินของอากาศนี้จะต้องมีพื้นที่ทั้งหมดไม่น้อยกว่า 1.3 ตารางเซนติเมตร ส่วนช่องระบายอากาศร้อนและไอน้ำต้องอยู่ที่ผนังด้านใน และต้องอยู่ด้านบน หรือด้านข้างส่วนบนของเตาอบจะต้องมีพื้นที่ทั้งหมดไม่น้อยกว่า 1.3 ตารางเซนติเมตร และไม่มากกว่า 12 ตารางเซนติเมตร

ภายในเตาอบมีชั้นสำหรับวางตัวอย่าง ทำด้วยแผ่นโลหะกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 250 มิลลิเมตร เจาะเป็นรูกลมเล็ก ๆ โดยรอบ ชั้นสำหรับวางตัวอย่างนี้ติดตั้งไว้ตรงกลางเตาอบ โดยยึดแขวนไว้ด้วยแกนโลหะ ซึ่งสามารถหมุนรอบตัวเองได้ในอัตรา 3 ถึง 6 รอบต่อนาที

2.1.2 เทอร์โมมิเตอร์ ชนิดมีช่วงที่สามารถอ่านได้ระหว่าง 155 -170 องศาเซลเซียส มีความละเอียดอ่านได้ถึง 1 องศาเซลเซียส

2.1.3 ในเตาอบมีที่จับเทอร์โมมิเตอร์ ยื่นออกมาจากแกนหมุนของชั้นวางตัวอย่าง เพื่อจับเทอร์โมมิเตอร์ให้ตั้งตรงอยู่ในแนวดิ่ง และอยู่ห่างจากขอบนอกของชั้นวางตัวอย่างเข้ามาข้างในประมาณ 20 มิลลิเมตร โดยให้ปลายกระเปาะอยู่สูงจากชั้นวางตัวอย่างประมาณ 6 มิลลิเมตร

2.1.4 ภาชนะบรรจุตัวอย่าง เป็นโลหะหรือแก้วรูปทรงกระบอกก้นแบนมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 55 มิลลิเมตร ลึก 35 มิลลิเมตร

2.1.5 เครื่องชั่ง อ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

2.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

นำตัวอย่างมาคนให้เข้ากัน ให้ความร้อนเล็กน้อยถ้าจำเป็น แล้วตรวจดูว่ามีน้ำหรือไม่ ถ้าพบว่ามีน้ำปนอยู่ในตัวอย่าง จะต้องทำการกำจัดน้ำออกเสียก่อนโดยวิธีที่เหมาะสม เช่นให้ความร้อนเพิ่มขึ้นจนน้ำระเหยไปหมด โดยไม่มีน้ำเดือดกระเด็นออกมาให้เห็น แล้วจึงนำตัวอย่างที่ปราศจากน้ำ มาทำการทดสอบหาค่าสูญเสียของวัสดุยางแอสฟัลต์เมื่อให้ความร้อนต่อไป

2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ มถ.(ท) 608-2550 : การทดสอบค่าสูญเสียของยางแอสฟัลต์

2.4 การทดสอบ

2.4.1 นำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้แล้ว ตามข้อ 2.2 ใส่ในภาชนะบรรจุตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง จะต้องปล่อยให้เย็นลงก่อนแล้วทำการชั่งให้ได้น้ำหนักของตัวอย่าง 50$\pm$0.50 กรัม

2.4.2 จัดเตรียมเตาอบให้มีอุณหภูมิ 163 องศาเซลเซียส แล้วนำภาชนะบรรจุตัวอย่างไปวางบนพื้นสำหรับวางตัวอย่างในเตาอบ โดยวางให้ชิดกับเส้นรอบวงด้านนอกของชั้นวางนั้น แต่ถ้าทำการทดสอบหลายตัวอย่างให้วางถัดเข้าไปด้านในของชั้นวางนั้นได้ เสร็จแล้วปิดประตูเตาอบเดินเครื่องให้ชั้นวางตัวอย่างหมุนรอบตัวเองในอัตรา 5 ถึง 6 รอบต่อนาที และชั้นนี้จะต้องหมุนอยู่ตลอดเวลาที่ทำการทดสอบตัวอย่างจะต้องอยู่ในเตาอบซึ่งมีอุณหภูมิคงที่ ที่ 163$\pm$1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยระยะเวลา 5 ชั่วโมงนี้ให้นับเวลาหลังจากที่นำตัวอย่างเข้าไปในเตาอบ และอุณหภูมิในเตาอบสูงขึ้นถึง 162 องศาเซลเซียส ไม่ว่ากรณีใด ๆ ตัวอย่างจะต้องอยู่ในเตาอบไม่เกิน 5 ชั่วโมง 15 นาที นับแต่เริ่มนำตัวอย่างเข้าเตาอบ ถ้าไม่เป็นไปตามนี้ให้ทำการทดสอบใหม่

2.4.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำตัวอย่างออกจากเตาอบ ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่ชั่งได้เป็นน้ำหนักภายหลังอบ

2.4.4 ถ้าต้องการหาเพนิเทรชัน หรือคุณสมบัติอื่นของตัวอย่างหลังจากที่อบแล้ว ส่วนที่เหลือในภาชนะจะต้องนำมาทำให้เหลวที่อุณหภูมิต่ำที่สุด เท่าที่สามารถจะคนให้เข้ากันได้ ระวังไม่ให้มีฟองอากาศอยู่ในตัวอย่าง หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างไปดำเนินการทดสอบตามวิธีการที่ต้องการต่อไป

3. **การคำนวณ**

ค่าสูญเสียของวัสดุยางแอสฟัลต์ เมื่อให้ความร้อนคิดเป็นร้อยละ

$$\frac{\text{(น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ -น้ำหนักของตัวอย่างภายหลังอบ)}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

4. **การรายงาน**

ให้รายงานตามแบบฟอร์มใน ข้อ 2.3

5. **เกณฑ์ตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้**

5.1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเครื่องมือทดสอบ ผลการทดสอบจากห้องทดสอบตัวอย่างเดียวกัน ต้องต่างกันไม่เกินค่าต่อไปนี้

ค่าสูญเสีย (ร้อยละ)	**ส่วนที่ต่างกัน**	**ค่าที่สูญเสียไปจริง (ร้อยละ)**
5.0	$\pm$ 0.50	4.50 - 5.50
5.5	$\pm$ 0.51	4.99 - 6.01
6.0	$\pm$ 0.52	5.48 - 6.52
10.0	$\pm$ 0.60	9.40 - 10.60
15.0	$\pm$ 0.70	14.30 - 15.70
25.0	$\pm$ 0.90	24.10 - 25.90
40.0	$\pm$ 1.20	38.80 - 41.20

5.1.1 ถ้าทดสอบแล้วค่าสูญเสียของวัสดุยางแอสฟัลต์ไม่เกินร้อยละ 5 ผลทดสอบที่ได้ต่างกันไม่เกิน 0.5 ถือว่าใช้ได้

5.1.2 ถ้าทดสอบแล้วค่าสูญเสียของวัสดุยางแอสฟัลต์เกินร้อยละ 5 ผลทดสอบที่ถือว่าใช้ได้ยอมให้คลาดเคลื่อนเพิ่ม 0.01 สำหรับทุก ๆ ค่าสูญเสียที่เพิ่มร้อยละ 0.5 ดังในตารางต่อไปนี้

6. **ข้อควรระวัง**

6.1 สำหรับตัวอย่างซึ่งมีอัตราการระเหยในสภาวะเดียวกัน ใกล้เคียงกันให้ทำการทดสอบพร้อมกันในเตาอบเดียวกันได้ แต่ตัวอย่างที่มีอัตราการระเหยต่างกันมาก ในสภาวะเดียวกันไม่ให้ทำการทดสอบพร้อมกัน ถ้าต้องการผลที่ถูกต้องแน่นอนแล้วควรจะแยกทำการทดสอบตัวอย่างแต่ละชนิดในการทดสอบแต่ละครั้งโดยใช้ 2 ตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

6.2 ในระหว่างการทดสอบ ถ้ามีฟองเกิดขึ้นในตัวอย่างมาก ผลการทดสอบนั้นถือว่าใช้ไม่ได้

7. **หนังสืออ้างอิง**

7.1 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICAIALS "STANDARD SPECIFICATION FOR HIGHWAY MATERIALS AND METHOD OF SAMPLING AND TESTING" PART II AASHTO T. 47

โครงการ..... **สถานที่ก่อสร้าง.....** **ผู้รับจ้าง.....** **ผู้นำส่ง.....** **ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....** **ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....**	**บฟ. มถ.(ท) 608-2550**	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าสูญเสียของ** **วัสดุยางแอสฟัลต์ เมื่อให้ความร้อน** **ชั้นคุณภาพ.....**	**ผู้ทดสอบ**	
		ผู้ตรวจสอบ	
		ผู้รับรอง	

ค่าสูญเสียของวัสดุยางแอสฟัลต์เมื่อให้ความร้อนคิดเป็นร้อยละ = ...


กลับรถ
U-TURN
ชิดขวา
KEEP RIGHT

มถ.(ท) 609-2550
มาตรฐานการทดสอบค่าเพนิเทรชันของวัสดุยางแอสฟัลต์

1. ขอบข่าย

มาตรฐานการทดสอบค่าเพนิเทรชัน (Penetration) ของวัสดุยางแอสฟัลต์นี้ครอบคลุมถึงการหาค่าระยะจมตัวตามแนวดิ่งของเข็มมาตรฐาน ที่จมลงในตัวอย่างวัสดุยางแอสฟัลต์ที่อยู่ในสภาพแข็ง (Solid) หรือกึ่งแข็ง (Semi Solid) ภายใต้น้ำหนักกด เวลา และอุณหภูมิที่กำหนด

2. นิยาม

2.1 วัสดุยางแอสฟัลต์ หมายถึงแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) ซึ่งมีคุณสมบัติตามมถ. 210 : มาตรฐานวัสดุมวลรวมสำหรับผิวจราจรแบบคอนกรีต

2.2 ค่าเพนิเทรชัน หมายถึงค่าจมตัวของเข็มมาตรฐานในวัสดุตัวอย่างยางแอสฟัลต์ โดย กำหนดให้ 1 เพนิเทรชัน เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร

3.วิธีทำ

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

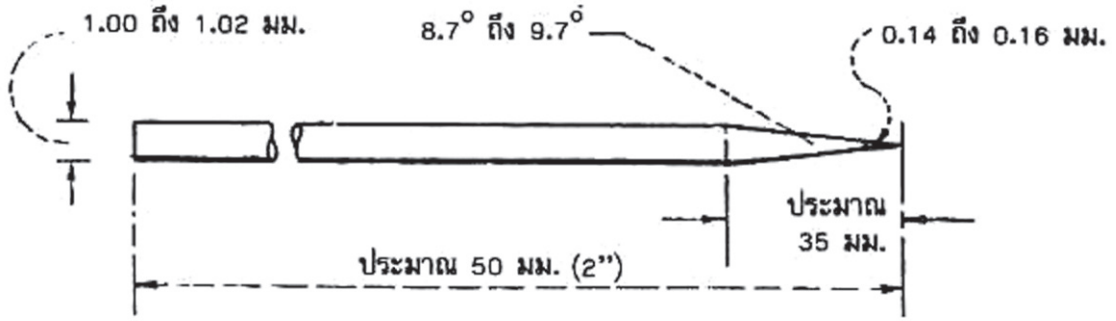
3.2.1 เครื่องทดสอบเพนิเทรชัน ประกอบด้วยแกนที่เคลื่อนขึ้นลง ได้ตามแนวดิ่ง โดยมีความเสียดทานน้อยที่สุด และอ่านค่าได้ละเอียดถึง 1 เพนิเทรชัน เข็มมาตรฐานจะประกอบติดกับแกน โดยมีปากจับ น้ำหนักของแกนเท่ากับ 47.50$\pm$0.05 กรัม เมื่อรวมน้ำหนักของเข็มมาตรฐานแล้วต้องหนัก 50.00$\pm$0.10 กรัม เครื่องทดสอบนี้ต้อง มีน้ำหนักถ่วง 50.00$\pm$0.50 กรัม และ 100.00$\pm$0.05 กรัม เพื่อให้ได้น้ำหนักกด 100 กรัม และ 200 กรัม ตามลำดับ

3.1.2 เข็มมาตรฐานประกอบด้วย เข็มดัง แสดง ไว้ตามรูปที่ 1 ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมชุบแข็ง มีค่า Rockwell Hardness จาก C 57 ถึง 60 ยาวประมาณ 50 มม. (2 นิ้ว) เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00-1.02 มม. ปลายข้างหนึ่งเสี้ยมแหลมเป็นรูปกรวย มีมุมแหลม 8.7 องศา ถึง 9.7 องศา ปลายกรวยแหลมนี้ตัดในแนวตั้งฉากกับแกนของเข็ม โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่มากกว่า 2 องศา ให้ปลายตัดนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.14-0.16 มม. มุมที่ปลายตัดต้องคมและปราศจากรอยบิ่นผิวของปลายตัดต้องมีความเรียบถึง 0.3 ไมโครเมตร ปลายอีกข้างหนึ่งของเข็มต้องยึดกับแท่งโลหะทรงกระบอกที่ทำด้วยทองเหลือง หรือเหล็กกล้าไร้สนิมแท่งทรงกระบอกนี้จะต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.18 มม. ยาว 38.1 มม. โดยประมาณ

เข็มกับแท่งกระบอกจะต้องยึดติดกันแน่นและอยู่ในแกนเดียวกันโดยเข็มโผล่ออกจากแท่งทรงกระบอก ยาวประมาณ 41.26 มม. น้ำหนักรวมของเข็มและแท่งทรงกระบอกเท่ากับ 2.5±0.05 กรัม (ในการควบคุมน้ำหนักให้ได้ตามระบุ อาจเจาะรูที่ปลายแท่งทรงกระบอกได้)

3.1.3 ภาชนะบรรจุตัวอย่างทำด้วยโลหะหรือแก้ว ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกแบน ถ้าใช้บรรจุวัสดุยาง แอสฟัลต์ที่มีค่าเพนิเทรชัน ไม่มากกว่า 200 จะต้องมีความจุ 90 มิลลิลิตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 55 มม. ลึก 35 มม. วัสดุยางแอสฟัลต์ ที่มีค่าเพนิเทรชันมากกว่า 200 จะต้องมีความจุ 175 มิลลิลิตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 70 มม. ลึก 45 มม.

3.1.4 อ่างน้ำปรับอุณหภูมิ เป็นอ่างน้ำที่สามารถปรับและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ โดยมีค่าอุณหภูมิของน้ำคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.1 องศาเซลเซียส มีความจุไม่น้อยกว่า 10 ลิตร มีชั้นโปร่งสำหรับวางภาชนะบรรจุตัวอย่าง สูง 50 มม. และต้องให้น้ำท่วมตัวอย่าง ได้ไม่น้อยกว่า 100 มม. น้ำที่ใช้จะต้องไม่มีน้ำมันหรือสิ่งสกปรกปะปน อาจใช้น้ำเกลือแทนน้ำได้ในกรณีที่ต้องการทดสอบที่อุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 1 เข็มสำหรับ การทดสอบเพนิเทรชัน

3.1.5 ภาชนะย้ายตัวอย่าง (Transfer Dish) ควรเป็นภาชนะทรงกระบอกก้นแบนทำด้วยแก้ว โลหะ หรือพลาสติก เส้นผ่านศูนย์กลางภายในไม่น้อยกว่า 90 มม. และลึกไม่น้อยกว่า 55 มม. ภาชนะนี้ต้องมี ที่กั้นเพื่อกันภาชนะบรรจุตัวอย่างเคลื่อนไปมาในเวลาทดสอบ

3.1.6 เทอร์โมมิเตอร์ ขนาดต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

3.1.6.1 ในกรณีที่ทดสอบที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 องศาเซลเซียส ในช่วง 19 องศาเซลเซียสถึง 27 องศาเซลเซียส และตัวเทอร์โมมิเตอร์ต้องจุ่มลงในน้ำ 150±15 มม.

3.1.6.2 ในกรณีที่ทดสอบที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ให้ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่อ่านได้ละเอียดถึง0.1 องศาเซลเซียส ในช่วง -8 องศาเซลเซียส ถึง +32 องศาเซลเซียส และตัวเทอร์โมมิเตอร์ต้องจุ่มลงในน้ำ 150±15 มม.

3.1.6.3 ในกรณีที่ทดสอบที่อุณหภูมิ 46.1 องศาเซลเซียส ให้ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 องศาเซลเซียส ในช่วง 25 องศาเซลเซียส ถึง 55 องศาเซลเซียส ต้องจุ่มลงในน้ำ 150±15 มม. เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อค่าเพนิเทรชันอย่างมากดังนั้นเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้จะต้องเป็นชนิดที่ได้สอบเทียบ (Calibrate) ไว้อย่างถูกต้องแล้ว

3.1.7 นาฬิกาจับเวลา ชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 วินาที

3.2 การเตรียมตัวอย่าง

3.2.1 ทำตัวอย่างให้เหลวโดยใช้ความร้อน การให้ความร้อนต้องคนตัวอย่างอย่างสม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้จุดหนึ่งจุดใดร้อนมากเกินไป จนตัวอย่างมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดอ่อนตัว (Softening Point) 80 องศาเซลเซียส ถึง 110 องศาเซลเซียสสำหรับตัวอย่างวัสดุยางแอสฟัลต์ และสำหรับตัวอย่าง Tar-Pitch สูงกว่าจุดอ่อนตัวไม่มากกว่า 56 องศาเซลเซียส เทตัวอย่างลงในภาชนะบรรจุตัวอย่างให้มีปริมาณมากพอที่เมื่อตัวอย่าง เย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่จะทดสอบแล้ว ความลึกของตัวอย่างในภาชนะจะต้องมากกว่าความลึกที่คาดว่าเข็มมาตรฐานจะแทรกลงไปอย่างน้อย 10 มม. สังเกตดูถ้ามีฟองอากาศปะปนอยู่ให้ความร้อนอีกเล็กน้อย แล้วคนไล่ฟองอากาศให้หมด

3.2.2 ปิดภาชนะบรรจุตัวอย่างเพื่อป้องกันฝุ่น แล้วปล่อยให้เย็นลงในบรรยากาศที่อุณหภูมิระหว่าง 20 องศาเซลเซียส ถึง 30 องศาเซลเซียส สำหรับตัวอย่างที่บรรจุในภาชนะขนาด 175 มิลลิลิตร ปล่อยให้เย็นลงในเวลาระหว่าง 1 1/2 ถึง 2 ชั่วโมง ส่วนตัวอย่างที่บรรจุในภาชนะขนาด 90 มิลลิลิตร ใช้เวลาระหว่าง 1 ถึง 1 1/2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างและภาชนะย้ายตัวอย่างไปแช่ในอ่างน้ำปรับอุณหภูมิซึ่งมีอุณหภูมิคงที่ ตามข้อกำหนดของการทดสอบ สำหรับตัวอย่างที่บรรจุในภาชนะขนาด 175 มิลลิลิตร ใช้เวลาแช่ระหว่าง 1 1/2 ถึง 2 ชั่วโมง ส่วนตัวอย่างที่บรรจุในภาชนะขนาด 90 มิลลิลิตร ใช้เวลาระหว่าง1 ถึง 1 1/2 ชั่วโมง

ในการทดสอบปกติ ซึ่งไม่ได้กำหนดเงื่อนไขใด ๆ ไว้ ให้ใช้อุณหภูมิทดสอบ ที่ 25 องศาเซลเซียส น้ำหนักลด 100 กรัม เวลา 5 วินาที เงื่อนไขที่กำหนดเป็นอย่างอื่นสำหรับการทดสอบพิเศษอาจเป็นได้ดังนี้

อุณหภูมิทดสอบ (^{o} ซ.)	**น้ำหนักกด (กรัม)**	**เวลา (วินาที)**
0	200	60
4	200	60
46.1	50	5

ถ้าเป็นกรณีดังกล่าวนี้ ต้องรายงานเงื่อนไขการทดสอบให้ชัดเจน

3.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ. มถ.(ท) 609-2550 : การทดสอบค่าเพนิเทรชัน ของวัสดุยางแอสฟัลต์

3.4 การทดสอบ

3.4.1 ถ้าไม่ได้กำหนดเงื่อนไขของการทดสอบไว้ ให้ใช้น้ำหนักถ่วง 50 กรัม ถ่วงบนแกนเพื่อให้ได้น้ำหนักกดรวม 100 กรัม การทดสอบทำได้ 2 วิธี คือ

3.4.1.1 ไม่ย้ายภาชนะบรรจุตัวอย่างออกจากอ่างน้ำปรับอุณหภูมิทำได้โดยตั้งเครื่องทดสอบ เพนิเทรชันไว้ในอ่างน้ำปรับอุณหภูมิแล้ววางภาชนะบรรจุตัวอย่าง ลงบนที่ตั้งของเครื่องมือที่จมอยู่ในน้ำ หรืออาจตั้งเครื่องทดสอบเพนิเทรชัน ไว้ในอ่างน้ำปรับอุณหภูมิแล้ววางภาชนะบรรจุตัวอย่างลงบนชั้น ซึ่งเตรียมไว้ในอ่างแล้ว และต้องอยู่ในตำแหน่งซึ่งจะทำการทดสอบได้ทั้งสอง กรณีดังกล่าวนี้ต้องให้ภาชนะบรรจุตัวอย่างจมอยู่ในน้ำตลอดเวลา

3.4.1.2 ย้ายภาชนะบรรจุตัวอย่างออกจากอ่างน้ำปรับอุณหภูมิโดยใช้ภาชนะย้ายตัวอย่าง ตั้งเครื่องทดสอบเพนิเทรชันไว้ภายนอกอ่างน้ำปรับอุณหภูมินำภาชนะบรรจุตัวอย่างใส่ลงในภาชนะย้ายตัวอย่างซึ่งบรรจุน้ำจากอ่างน้ำปรับอุณหภูมิอยู่เต็ม วางภาชนะย้ายตัวอย่างบนที่ตั้งของเครื่องมือ แล้วทำการทดสอบทันที

ในแต่ละวิธีดังกล่าวต้องปรับเครื่องให้เข็มมาตรฐานที่มีน้ำหนักกดตามระบุสัมผัสกับผิวของตัวอย่างพอดี ซึ่งอาจทำได้โดยการปรับปลายเข็มให้สัมผัสกับเงาของตัวเข็มซึ่งเกิดจากการสะท้อนมาจากผิวหน้าของตัวอย่าง โดยการตั้งเครื่องมือให้ได้รับแสงสว่างที่พอเหมาะตั้งหน้าปัทม์ให้อ่านค่าทดสอบที่ศูนย์ แล้วปล่อยเข็มให้แทรกลงบนตัวอย่างตามระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นปรับหน้าปัทม์ให้อ่านค่าระยะทางที่เข็มแทรกลงไปในตัวอย่าง ในระหว่างที่ปล่อยเข็มแทรกผ่านตัวอย่างถ้าภาชนะบรรจุตัวอย่างเกิดการเคลื่อนที่ให้ถือว่าการทดสอบนั้นใช้ไม่ได้

3.4.2 แต่ละตัวอย่างทำการทดลองอย่างน้อย 3 ครั้งโดยให้ตำแหน่งที่จะให้เข็มกดลงบนหน้าของตัวอย่างอยู่ห่างจากริมภาชนะไม่น้อยกว่า 10 มม. และจุดทดสอบแต่ละจุดอยู่ห่างกันอย่างน้อย 10 มม. ถ้าใช้ภาชนะย้ายตัวอย่างในการทดสอบให้เปลี่ยนน้ำในภาชนะย้ายตัวอย่างหลังการทดสอบแล้วทุกครั้งเพื่อควบคุมอุณหภูมิก่อนการทดสอบทุกครั้ง ให้ทำความสะอาดเข็มมาตรฐาน โดยใช้ผ้าสะอาดชุบคาร์บอนเตรตระคลอไรด์ เช็ดวัสดุยางแอสฟัลต์ที่ติดอยู่ออกให้หมดแล้วใช้ผ้าแห้ง สะอาดเช็ดอีกครั้งหนึ่ง การทดสอบวัสดุที่มีค่าเพนิเทรชัน มากกว่า 200 ให้ใช้เข็มอย่างน้อย 3 อัน โดยทิ้งเข็มไว้ในตัวอย่างหลังการทดสอบแต่ละจุด แล้วเริ่มทดสอบด้วยเข็มอันใหม่จนกว่าจะทดสอบเสร็จทุกจุด

4. **การรายงาน** ให้รายงานตามแบบฟอร์ม ตามข้อ 3.3

ให้รายงานค่าเฉลี่ยของการทดสอบอย่างน้อย 3 ครั้ง ความแตกต่างของค่าทดสอบจะต้องไม่เกินข้อกำหนด ดังนี้

ค่าเพนิเทรชั่น	**0 ถึง 49**	**50 ถึง 149**	**150 ถึง 249**	**250 ขึ้นไป**
ค่าแตกต่างระหว่างค่าทดสอบสูงสุดและต่ำสุด	2	4	6	8

5. **เกณฑ์ตัดสิน** และความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

5.1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากผู้ทดสอบผลการทดสอบ 2 ครั้งโดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน ตัวอย่างเดียวกัน ห้องทดสอบ และเครื่องทดสอบเดียวกัน จะต้องต่างกันไม่เกินค่าต่อไปนี้

วัสดุทดสอบที่ 25°ซ.	**เพนิเทรชั่น**	**ค่าแตกต่างที่ยอมให้**
วัสดุยางแอสฟัลต์	ต่ำกว่า 50	1 หน่วย
วัสดุยางแอสฟัลต์	50 และสูงกว่า	ร้อยละ 3 ของค่าเฉลี่ย

5.2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเครื่องมือทดสอบผลการทดสอบ จากห้องทดสอบต่างกัน ตัวอย่างเดียวกัน จะต้องต่างกันไม่เกินค่าต่อไปนี้

วัสดุทดสอบที่ 25°ซ.	**เพนิเทรชั่น**	**ค่าแตกต่างที่ยอมให้**
วัสดุยางแอสฟัลต์	ต่ำกว่า 50	4 หน่วย
วัสดุยางแอสฟัลต์	50 หรือมากกว่า	ร้อยละ 8 ของค่าเฉลี่ย

6 **ข้อควรระวัง**

6.1 ในการเตรียมตัวอย่างโดยการให้ความร้อนก่อนที่จะเทลงสู่ภาชนะบรรจุตัวอย่างนั้นควรให้ความร้อนอย่างสม่ำเสมอ เมื่อเทลงสู่ภาชนะบรรจุตัวอย่างแล้ว ต้องสังเกตดูถ้ามีฟองอากาศปะปนอยู่ก็ควรเพิ่มความร้อนอีกเล็กน้อย แล้วคนไล่ฟองอากาศให้หมด

6.2 ต้องตรวจสอบน้ำหนักของแกนเข็ม และน้ำหนักถ่วงรวมกันว่า ครบตามระบุ เช่น 100 กรัม หรือไม่ หากไม่ถูกต้อง ต้องทำการแก้ไข

7. **หนังสืออ้างอิง**

7.1 THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS "STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY MATERIALS AND METHOD OF SAMPLING AND TESTING" PART II AASHTO T. 49

7.2 THE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS ASTM D. 5-73

โครงการ..... **สถานที่ก่อสร้าง.....** **.....** **ผู้รับจ้าง.....** **ผู้นำส่ง.....** **ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่.....** **ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....**	**บฟ.มถ.(ท) 609-2550** (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าเพนิเทรชั่น ของวัสดุยางแอสฟัลต์** **ชั้นคุณภาพ.....**	**ทะเบียนทดสอบ.....**	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		ผู้รับรอง	

Penetrometer หมายเลข ..... ความละเอียด ..... มม. ต่อ 1 ช่องขีดแบ่ง

น้ำหนักกด ..... กรัม เวลา..... วินาที อุณหภูมิ..... องศาเซลเซียส

ตัวอย่างที่	**ค่าเพนิเทรชั่นที่อ่านได้**				**หมายเหตุ**
	ตำแหน่งที่ 1	**ตำแหน่งที่ 2**	**ตำแหน่งที่ 3**	**ค่าเฉลี่ย**	

มถ.(ท) 610-2550
มาตรฐานการทดสอบค่าการยืดตัว (Ductility) ของวัสดุยางแอสฟัลต์

1. ขอบข่าย

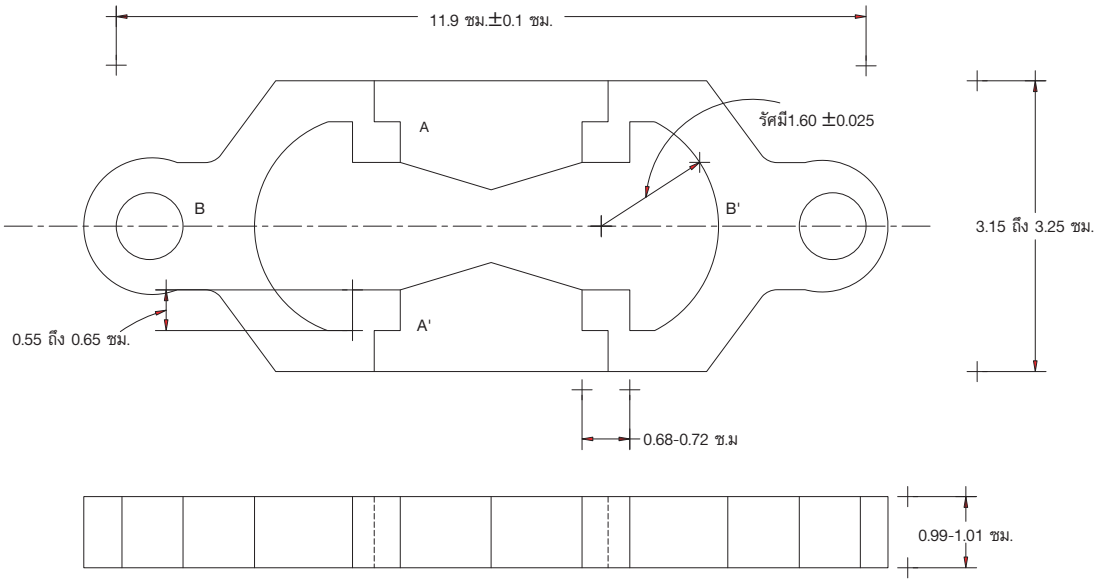
มาตรฐานการทดสอบค่าการยืดตัวของวัสดุยางแอสฟัลต์นี้ครอบคลุมถึงการวัดระยะที่แอสฟัลต์สามารถยืดออกไปได้ก่อนขาด โดยที่ปลายทั้งสองข้างของตัวอย่างนั้น ยึดอยู่ในแบบมาตรฐาน แล้วดึงให้ยืดออกด้วยอัตราความเร็วและอุณหภูมิที่กำหนด

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

2.1.1 แบบ (Mold) มีขนาดและลักษณะดังแสดงในรูปที่ 1 ทำด้วยทองเหลือง ส่วนปลาย B และ B‘ เรียกว่าตัวยึด (Clips) และ A และ A‘ เรียกว่าส่วนข้างของแบบ แบบนี้จะต้องมีขนาดที่จะทำให้ตัวอย่างยางแอสฟัลต์ที่หล่อออกมาจากแบบแล้ว มีขนาดดังต่อไปนี้

ความยาวทั้งหมด	75±0.5 มม.
ระยะห่างระหว่างตัวยึด	30±0.3 มม.
ความกว้างที่ปากตัวยึด	20±0.2 มม.
ความกว้างของส่วนที่แคบที่สุด (ณ ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างตัวยึด)	10±0.1 มม.
ความหนา	10±0.1 มม.



รูปที่ 1 **แบบสำหรับทดสอบค่าการยืดตัว**

2.1.2 อ่างน้ำปรับอุณหภูมิ เป็นอ่างน้ำที่สามารถปรับและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ โดยให้อุณหภูมิของน้ำคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.1 องศาเซลเซียส มีความจุไม่น้อยกว่า 10 ลิตร มีชั้นโปร่งสูง 50 มม. สำหรับวางตัวอย่าง และต้องให้น้ำท่วมตัวอย่างได้ไม่น้อยกว่า 100 มม. น้ำที่ใช้จะต้องไม่มีน้ำมันหรือสิ่งสกปรกปะปนในกรณีที่ต้องการทดสอบที่อุณหภูมิต่ำ อาจใช้น้ำเกลือแทนน้ำได้

2.1.3 เครื่องดึง สำหรับดึงตัวอย่างที่หล่อแล้ว อาจจะใช้เครื่องมือใดก็ได้ สามารถดึงให้ตัวยึดสองข้างแยกออกจากกัน ด้วยอัตราความเร็วสม่ำเสมอตามที่กำหนด โดยไม่มีการสั่นสะเทือน และในขณะทดสอบตัวอย่างจะต้องจมอยู่ในน้ำตลอดเวลา ตามที่กำหนดไว้ในข้อ 2.5

2.1.4 แผ่นทองเหลืองสำหรับวางแบบหล่อตัวอย่าง ต้องเป็นแผ่นแบน และเรียบสนิท เพื่อให้ด้านล่างของแบบเมื่อวางลงบนแผ่นทองเหลืองนี้แล้ว สัมผัสกับแผ่นทองเหลืองได้แนบสนิท

2.1.5 ตะแกรงเบอร์ 50

2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดสอบ

ใช้ปรอท หรือสบู่ กรดเกลือเจือจาง เกลือ และเมทิลแอลกอฮอล์

2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ บฟ มถ.(ท) 610-2550 : การทดสอบค่าการยืดตัว ของวัสดุยางแอสฟัลต์

2.4 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

2.4.1 ฉาบปรอททหรือทาสบู่บนแผ่นทองเหลือง และส่วนข้างของแบบ ทางด้านใน (A และ A1 รูปที่ 1) แล้วจึงประกอบแบบทั้งหมดลงบนแผ่นทองเหลือง (ก่อนฉาบปรอททหรือทาสบู่ ถ้าสังเกตเห็นแผ่นทองเหลืองและแบบสกปรกมากให้ใช้กรดเกลือเจือจางเช็ดให้สะอาดเสียก่อน)

2.4.2 ทำตัวอย่างให้เหลว โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำที่สุด (80 องศาเซลเซียส หรือ 145 องศาฟาเรนไฮต์) การให้ความร้อนต้องคนตัวอย่างโดยสม่ำเสมอ เพื่อให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน และเพื่อไม่ให้จุดหนึ่งจุดใดร้อนมากเกินไป นำตัวอย่างไปเทผ่านตะแกรงเบอร์ 50 คนตัวอย่างให้ทั่วอีกครั้งหนึ่ง แล้วเทตัวอย่างลงในแบบที่เตรียมไว้ การเทตัวอย่างให้เทลงเป็นสายเล็ก ๆ โดยเทจากปลายข้างหนึ่งไปถึงปลายอีกข้างหนึ่งของแบบ เทไปมาจนตัวอย่างเต็มล้นออกจากแบบเล็กน้อย ระหว่างเทตัวอย่างลงในแบบจะต้องระวังไม่ให้แต่ละส่วนของแบบเกิดการเคลื่อนที่

2.4.3 ปล่อยให้ตัวอย่างเย็นลง ที่อุณหภูมิห้องทดสอบ ระหว่าง 30-40 นาที แล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำปรับอุณหภูมิ ซึ่งมีอุณหภูมิคงที่ตามข้อกำหนดของการทดสอบ เป็นเวลาประมาณ 30 นาที นำส่วนทั้งหมดขึ้นจากน้ำ ใช้ที่ปาดตัวอย่าง (Spatula) เผาไฟให้ร้อนพอประมาณตัดปาดตัวอย่างส่วนที่เกินออกจากแบบ โดยให้ผิวหน้าของตัวอย่างในแบบมีระดับเรียบเต็มแบบพอดี

2.4.4 นำตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 2.4.3 ไปแช่ในอ่างน้ำปรับอุณหภูมิอีก โดยใช้เวลาประมาณ 90±5 นาที แล้วยกขึ้นจากน้ำ เอาแผ่นทองเหลืองและส่วนข้างทั้งสองของแบบออก จากนั้นนำไปทำการทดสอบทันที

2.5 การทดสอบ

2.5.1 การทดสอบ จะทำที่อุณหภูมิ 25±0.5 องศาเซลเซียส อัตราความเร็วในการดึงตัวอย่างเท่ากับ 5 ซม.. ต่อนาที ±5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าต้องการหาค่าการยืดตัวที่อุณหภูมิต่ำให้ทดสอบที่อุณหภูมิ 4±0.5 องศาเซลเซียส และอัตราความเร็วในการดึงตัวอย่างเท่ากับ 1 ซม.. ต่อนาที ±5 เปอร์เซ็นต์

2.5.2 เอาห่วงที่ปลายของตัวยึด ทั้งสองข้างใส่ลงในขอเกี่ยวของเครื่องดึงเสร็จแล้วเดินเครื่องเพื่อดึงตัวยืดออกจากกัน ด้วยอัตราความเร็วสม่ำเสมอ ตามที่กำหนดจนกระทั่งเส้นของตัวอย่างที่ยืดออก ขาดจากกัน อ่านระยะทางที่ยืดออกทันทีที่ตัวอย่างขาดเป็นเซนติเมตร คือ ค่าการยืดตัวของวัสดุยางแอสฟัลต์

2.5.3 ถ้าในระหว่างการทดสอบ เส้นของตัวอย่างที่ถูกดึงออกนั้นลอยขึ้นมาที่ผิวน้ำ หรือสัมผัสกับพื้นล่างของอ่าง จะต้องทำการปรับความถ่วงจำเพาะของน้ำในอ่าง ถ้าเส้นตัวอย่างลอยขึ้นมาที่ผิวน้ำ ให้เติมเมทิลแอลกอฮอล์ลงไปในน้ำ เพื่อทำให้น้ำมีความถ่วงจำเพาะน้อยลง แต่ถ้าเส้นตัวอย่างสัมผัสกับพื้นล่างของอ่างให้เติมเกลือลงไปในน้ำ เพื่อทำให้น้ำมีความถ่วงจำเพาะมากขึ้น ข้อสำคัญต้องให้เส้นตัวอย่างอยู่ในน้ำตลอดเวลาของการทดสอบ

3. การรายงาน

ให้รายงานตามแบบฟอร์มตาม ข้อ 2.3

4. เกณฑ์ตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

4.1 การทดสอบที่ถูกต้อง ตัวอย่างที่อยู่ระหว่างตัวยึดจะต้องถูกยืดออกจากกันเป็นเส้นซึ่งเล็กมากจนพื้นที่หน้าตัดวัดไม่ได้ แล้วเส้นนั้นจะขาดออกจากกัน ให้ทำการทดสอบ 3 ครั้ง แล้วรายงานค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบ 3 ครั้ง นั้น

4.2 ถ้าทำการทดสอบ 3 ครั้ง แล้วไม่เป็นไปตามข้อกำหนดดังกล่าว เช่น ตัวอย่างที่ถูกดึงออกไม่เป็นเส้นเล็กมาก ในขณะขาดออกจากกัน หรือไม่สามารถทำให้ตัวอย่างอยู่ในน้ำได้ตลอดเวลา ให้รายงานว่าทดสอบไม่ได้ พร้อมกับรายงานสภาวะในการทดสอบด้วย

5. **ข้อควรระวัง**

เพื่อป้องกันอันตรายซึ่งอาจจะเกิดจากพิษของปรอทที่ใช้ฉาบแผ่นทองเหลืองและแบบควรปฏิบัติดังนี้

5.1 เก็บปรอทไว้ในขวดที่ปิดสนิท และเก็บไว้ในที่เย็น

5.2 ระวังอย่าให้ปรอทหกออกจากขวด

5.3 ทำการฉาบปรอทในตู้ควัน เพื่อกำจัดไอของปรอท

5.4 แผ่นทองเหลือง หรือแบบที่ฉาบปรอทไว้แล้ว จะต้องไม่นำไปวางไว้ในที่ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องทดสอบ

6. **หนังสืออ้างอิง**

THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS "STANDARD SPECIFICATION FOR HIGHWAY MATERIALS AND METHOD OF SAMPLING AND TESTING" PART II AASHTO T. 51

โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ..... ผู้รับจ้าง..... ผู้นำส่ง..... ชนิดตัวอย่าง.....ทดสอบครั้งที่..... ทดสอบวันที่.....แผ่นที่.....	บฟ. มถ.(ท) 610-2550 (หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) **การทดสอบหาค่าการยืดตัว** **ของวัสดุยางแอสฟัลต์** **ชั้นคุณภาพ**.....	**ทะเบียนทดสอบ**.....	
		ผู้ทดสอบ	
		ผู้ตรวจสอบ	
		ผู้รับรอง	

ความเร็ว ..... **ชม. ต่อ นาที** **อุณหภูมิ** ..... **องศาเซลเซียส**

ตัวอย่างที่	**การทดสอบครั้งที่**			**ค่าเฉลี่ย**	**ค่าการยืดตัว (ซม.)**
	1	**2**	**3**		



คณะกรรมการจัดทำมาตรฐานทางหลวง
และงานทางสำหรับ อปท.





คำสั่งกรมทางหลวงชนบท

ที่ 931 / 2550

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดทำมาตรฐานทางหลวงและงานทางสำหรับ อปท.

ตามมาตรา 26 แห่ง พ.ร.บ. ทางหลวง พ.ศ. 2535 ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2549 กำหนดให้กรมทางหลวงชนบท มีอำนาจกำหนดมาตรฐานลักษณะของทางหลวง และงานทาง รวมทั้งกำหนดเขตทางหลวง ที่จอดรถ ระยะแนวต้นไม้ และเสาพาดสาย ตลอดจนควบคุมในทางวิชาการ และอบรมเจ้าหน้าที่เกี่ยวกับทางหลวงและงานทางนั้น

เพื่อให้การดำเนินงานด้านการกำหนดมาตรฐานเป็นไปตามกฎหมายทางหลวงกำหนดเห็นควรแต่งตั้งคณะกรรมการจัดทำมาตรฐานทางหลวงและงานทางสำหรับ อปท. ซึ่งประกอบด้วย

1. รองอธิบดี (นายพงษ์เดช หวังสิทธิเดช)	ประธานคณะกรรมการ
2. ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างทาง	รองประธานคณะกรรมการ
3. ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างสะพาน	คณะกรรมการ
4. ผู้อำนวยการสำนักสำรวจและออกแบบ	คณะกรรมการ
5. ผู้อำนวยการสำนักบำรุงรักษาและอำนวยความปลอดภัยฯ	คณะกรรมการ
6. ผู้อำนวยการสำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนา	คณะกรรมการ
7. ผู้อำนวยการสำนักวางแผน	คณะกรรมการ
8. ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 8 (นครสวรรค์)	คณะกรรมการ
9. ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่	คณะกรรมการ
10. นายอภิชัย ธีระรังสิกุล ทชจ. ปทุมธานี	คณะกรรมการ
11. นายนิวาศ หล่อวัฒนากูล ทชจ. อ่างทอง	คณะกรรมการ
12. นายสุพน เดชพลมาตย์ ผอ.กลุ่มมาตรฐานงานสะพาน	คณะกรรมการและเลขานุการ
13. นายทวี แสงสุวรรณโณ วิศวกรโยธา 7 วช.	คณะกรรมการ และผู้ช่วยเลขานุการ

โดยคณะกรรมการมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบ กลั่นกรอง และจัดทำมาตรฐานทางหลวงและงานทางสำหรับ อปท.

2. ดำเนินการให้ผู้เกี่ยวข้องหรือผู้มีส่วนได้เสีย เข้ามามีส่วนร่วมในการเสนอความเห็นต่อการจัดทำมาตรฐานทางหลวงและงานทางสำหรับ อปท.

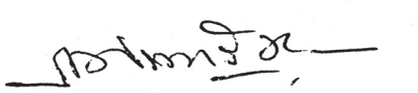
3. กำกับการดำเนินงานของคณะทำงานจัดทำคู่มือการใช้งานมาตรฐานทางหลวงและงานทางสำหรับ อปท.

4. ดำเนินการเสนอกรมทางหลวงชนบท เพื่อประกาศใช้มาตรฐานทางหลวงและงานทางสำหรับ อปท.

5. ปฏิบัติงานอื่นใดตามที่ได้รับมอบหมาย

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2550



(นายระพินทร์ จารุดุล)

อธิบดีกรมทางหลวงชนบท

โครงการประชุมสัมมนาเชิงปฏิบัติการ
“การจัดทำมาตรฐานทางหลวงและงานทาง
สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น”





คำสั่งกรมทางหลวงชนบท
ที่ 875 / 2550
เรื่อง ให้ข้าราชการเข้าร่วมโครงการประชุมสัมมนาเชิงปฏิบัติการ
“การจัดทำมาตรฐานทางหลวงและงานทางสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น”

ด้วยกรมทางหลวงชนบท กำหนดจัดการประชุมสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “การจัดทำมาตรฐานทางหลวงและงานทางสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาจัดทำมาตรฐานทางหลวงและงานทางสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยประกาศให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศ ระหว่างวันที่ 2-4 สิงหาคม พ.ศ. 2550 ณ โรงแรม เอส. เอส. บางแสนบีช อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี

เพื่อให้การจัดประชุมสัมมนาฯ ดังกล่าว เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุวัตถุประสงค์ จึงให้ข้าราชการลูกจ้าง และพนักงานราชการ เข้าร่วมประชุมสัมมนาตามวัน และสถานที่ดังกล่าว ดังรายชื่อต่อไปนี้

1. นายสุพน	เดชพลมาตย์	ผอ.กลุ่มมาตรฐานงานสะพาน	สวจ.
2. นายทวี	แสงสุวรรณโณ	วิศวกรโยธา 7 วช.	สวจ.
3. นายจักรพงศ์	วงค์คำจันทร์	วิศวกรโยธา 7 วช.	สวจ.
4. นายนิเวศ	ชาญประณีต	นายช่างโยธา 6	สวจ.
5. นางสาวชนิดา	ฆังคะจิตร	วิศวกรโยธา 5	สวจ.
6. นางสาววีรพร	ตั้งอยู่	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป	สวจ.
7. นางสาวมุทิตา	คนใจบุญ	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป	สวจ.
8. นางสาววาสนา	โยนกรอง	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป	สวจ.
9. นางสาวนภันต์ภัทร์ศัย	สุรเสวี	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป	สวจ.
10. นางสลักจิต	โรจนประดิษฐ	เจ้าพนักงานธุรการ (พร.)	สวจ.
11. นายพิสิฐ	ศรีวรานันท์	ผอ.กลุ่มออกแบบโครงสร้าง	สสอ.
12. นายอมร	จันทร์สกุล	วิศวกรวิชาชีพ 8 วช.	สสอ.
13. นายพิสุทธิ์	สุทธิพูน	วิศวกรโยธา 7 วช.	สสอ.
14. นายชูชัย	พนัสอัมพร	วิศวกรโยธา 7 วช.	สบร.
15. นายทินกร	คุณสมิตปัญญา	วิศวกรโยธา 7 วช.	สบร.

16. นายชาครีย์	บำรุงวงศ์	วิศวกรวิชาชีพ 7 วช.	สกส.
17. นายจุมพล	แม้นญาติ	วิศวกรโยธา 7 วช.	สกท.
18. นายศราวุธ	เริงฤทธิ์	วิศวกรโยธา 5	สกท.
19. นายณัฐวิทย์	เวียงยา	วิศวกรโยธา 5	สทช. ที่ 4
20. นายสนิท	รัตนศฤงค์	ทางหลวงชนบทจังหวัดชัยภูมิ	สทช. ที่ 5
21. นายกฤษดา	ธีระชวาลวงศ์	วิศวกรโยธา 8 วช.	สทช. ที่ 5

22. เจ้าหน้าที่ดำเนินการและผู้สังเกตการณ์

สั่ง ณ วันที่ 1 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2550

(นายพงษ์เดช หวังสิทธิเดช)
รองอธิบดีปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมทางหลวงชนบท

คณะที่ปรึกษา

นายระพินทร์	จารุดุล	อธิบดีกรมทางหลวงชนบท
นายวิชาญ	คุณากูลสวัสดิ์	รองอธิบดีกรมทางหลวงชนบท
นายอาทร	เทียนตระกูล	รองอธิบดีกรมทางหลวงชนบท
นายพงษ์เดช	หวังสิทธิเดช	รองอธิบดีกรมทางหลวงชนบท
นายธงชัย	เตชะเสน	วิศวกรใหญ่กรมทางหลวงชนบท
นายสุรพันธ์	ธีระภัทรานันท์	ผู้อำนวยการสำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนา
นายเทียม	เจนงามกุล	ผู้อำนวยการสำนักบำรุงรักษา และอำนวยความปลอดภัยงานทาง
นายสุรพล	ศรีเสาวชาติ	ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างสะพาน
นายชาติชาย	ทิพย์สุนาวี	ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างทาง
นายธวัช	กุลทนันท์	ผู้อำนวยการสำนักสำรวจและออกแบบ
นายสานิตย์	ศรีสุข	ผู้อำนวยการสำนักวางแผน
นายมานิตย์	เมฆประสาน	ผู้อำนวยการสำนักเครื่องกลและสื่อสาร
นายบัญชา	เรือนทิพย์	ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 1
นายประศักดิ์	บัณฑุนาค	ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 2
นายดรุณ	แสงฉาย	ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 3
นายชูศักดิ์	อัศวเมนะกุล	ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 4
นายวันชัย	อังก์กุล	ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 5
นายจำลอง	วรหาญ	ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 6
นายมานพ	สุสิงห์	ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 7
นายเจริญ	พยุงวิวัฒนกูล	ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 8
นายสมบูรณ์	ชัยศิรินิรันดร์	ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 9
นายอภินันท์	โปราณานนท์	ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 10
นายสมเกียรติ	ทองโต	ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 11
นายไกวัลย์	โรจนานุกูล	ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 12

คณะกรรมการประสานงานจัดทำมาตรฐานทางหลวงท้องถิ่น

1. นายทักษิณ	บุญต่อ	ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมการพัฒนาทางหลวงท้องถิ่น
2. นายสมบูรณ์	กนกนภากุล	ผู้อำนวยการสำนักอบรมและการมีส่วนร่วม
3. นายอาคม	ตันติพงศ์อาภา	ผอ.กลุ่มยุทธศาสตร์และมาตรฐานทางหลวงท้องถิ่น สำนักส่งเสริมการพัฒนาทางหลวงท้องถิ่น
4. นายภูมิรัฐ	ทองอุดม	ผอ.กลุ่มแผนยุทธศาสตร์และวิเคราะห์โครงการ สำนักอบรมและการมีส่วนร่วม
5. นายกล้าหาญ	ทารักษา	วิศวกรโยธา 7 วช. สำนักส่งเสริมการพัฒนาทางหลวงท้องถิ่น
6. ว่าที่ร.ต.จักรพงศ์	อึ้งตระกูล	นักพัฒนาทรัพยากรบุคคล 5 สำนักอบรมและการมีส่วนร่วม
7. นายสิทธิศักดิ์	จันทะคุณ	นักพัฒนาทรัพยากรบุคคล 4 สำนักอบรมและการมีส่วนร่วม

