



คู่มือปฏิบัติงานทดลอง

: งานคอนกรีต



กลุ่มงานตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทาง
สำนักวิศวกรรมและตรวจสอบ กรมทางหลวง

ธันวาคม 2555

คำนำ

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

คณะผู้จัดทำ

รายชื่อคณะกรรมการจัดทำสื่อการสอนวิธีการทดลองคุณภาพวัสดุ

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



สารบัญ

วิธีการทดลองที่	เรื่อง	หน้า
ทล.-ท. 201/2515	วิธีการทดลองหาค่า Organic Impurities ในทรายสำหรับคอนกรีต	1
ทล.-ท. 203/2515	วิธีการทดลองหาค่า Sand Equivalent	8
ทล.-ท. 210/2518	วิธีการทดลองหาค่าดัชนีความแบน (Flakiness Index)	21
ทล.-ท. 211/2518	วิธีการทดลองหาค่าดัชนีความยาว (Elongation Index)	32
ทล.-ท. 214/2546	วิธีการทดลองหาปริมาณวัสดุขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) ในวัสดุผสมรวมโดยการล้าง	42
ทล.-ท. 215/2546	วิธีการทดลองหาปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่าย ในวัสดุผสมรวม	52
ทล.-ท. 302/2531	วิธีการทดลองหาค่าแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก และรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์	68
ทล.-ท. 304/2532	วิธีการทดลองหาความยุบตัวของคอนกรีต	81
ทล.-ท. 305/2548	วิธีการทดลองหาค่ากำลังรับแรงดัดของคอนกรีตรูปคานโดยวิธี Third – Point - Loading	85

การทดลองที่ ทล. - ท. 201/2515

วิธีการทดลองหาค่า Organic Impurities ในทรายสำหรับคอนกรีต



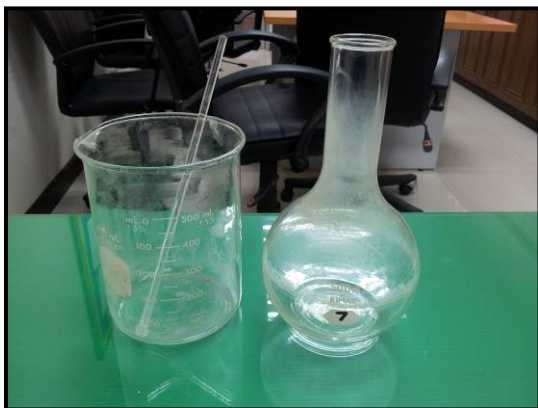
ทล. – ท. 201/2515

วิธีการทดลองหา Organic Impurities ในทรายสำหรับคอนกรีต

1. ขอบข่าย

เป็นวิธีการทดลองเพื่อหาสารอินทรีย์ (Organic Matter) โดยประมาณ ที่มีปะปนอยู่ในทรายธรรมชาติ เพื่อพิจารณาว่าเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานคอนกรีตหรือไม่

2. เครื่องมือ



2.1 ขวดแก้วใส ขนาดประมาณ 350 มิลลิลิตร (12 ออนซ์) มีขีดแสดงความจุเป็นออนซ์ หรือขีดเครื่องหมายที่ขวดแก้วแทนก็ได้

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง



3.1 สายละลาย Sodium Hydroxide เข้มข้น 3 % เตรียมโดยชั่งสาร Sodium Hydroxide 30 กรัม ผสมกับน้ำสะอาดจนได้ปริมาตร 1 ลิตร (ข้อควรระวัง Sodium Hydroxide เป็นสารที่มีพิษ ถ้าถูกต้องสารนี้ ให้รีบล้างบริเวณที่ถูกสารด้วยน้ำสะอาด แล้วทาด้วยน้ำส้มสายชู)



3.2 Color Glass Standard

Gardner (1933) Color Standard No.	Organic Plate No.
5	1
8	2
11	3 (มาตรฐาน)
14	4
16	5



4. แบบฟอร์ม

ร่วมใช้แบบฟอร์มที่ ว. 2 - 01 ของการทดลองที่ ทล. - ท. 205/2517

ว.2-01

**สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ
กรมทางหลวง**

อันดับทดลองที่ _____ หนังสือที่ _____

หน่วยงาน _____

คู่สัญญา _____ สัญญาที่ _____

วันที่รับหนังสือ _____ วันที่รับตัวอย่าง _____

เจ้าหน้าที่ทดลอง _____ วันที่ทดลอง _____

แผ่นที่ ของ แผ่น

SIEVE ANALYSIS

Material _____	Nominal Size _____	Standard _____	ทล. - ท. 205/2517
Source _____			

Sieve No.	Sieve Opening mm.	Wt. of Sieve gm.	Sieve + Soil gm.	Soil Retained gm.	% Soil Retained	Cumulative	% Finer
3/8"							
# 4							
# 8							
#16							
# 30							
# 50							
# 100							
pan							
total							

Fineness Modulus = _____

3/8" # 4 # 8 #16 # 30 # 50 # 100

Percent passing

Diameter in mm.

Grain size Distribution Curve

Organic Impurities _____

ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน.....บาท

ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบได้รับเท่านั้น



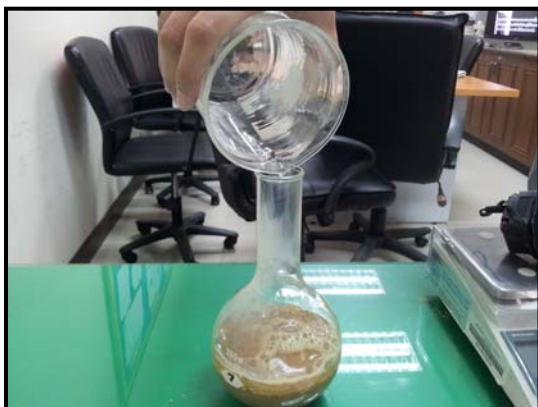
5. การเตรียมตัวอย่าง

นำทรายตากแห้ง (Air Dry) มาทำ Quartering หรือ Splitting ให้ได้มวลประมาณ 250 กรัม

6. การทดลอง



6.1 เททรายที่เตรียมไว้ลงในขวดแก้วทดลองจนได้ปริมาตร 130 มิลลิลิตร (4½ ออนซ์)



6.2 เติมสารละลาย Sodium Hydroxide เข้มข้น 3% ลงในขวดแก้วทดลองจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร (7 ออนซ์)



6.3 เอาจุกอุดปากขวดแก้วทดลอง แล้วเขย่าแรง ๆ จนเห็นว่าไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่ ตรวจสอบระดับสารละลายอีกครั้งถ้ามีปริมาตรไม่ถึง 200 มิลลิลิตร ให้เติมสารละลาย Sodium Hydroxide เข้มข้น 3% เพิ่มอีกจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร บันทึกวันและเวลา



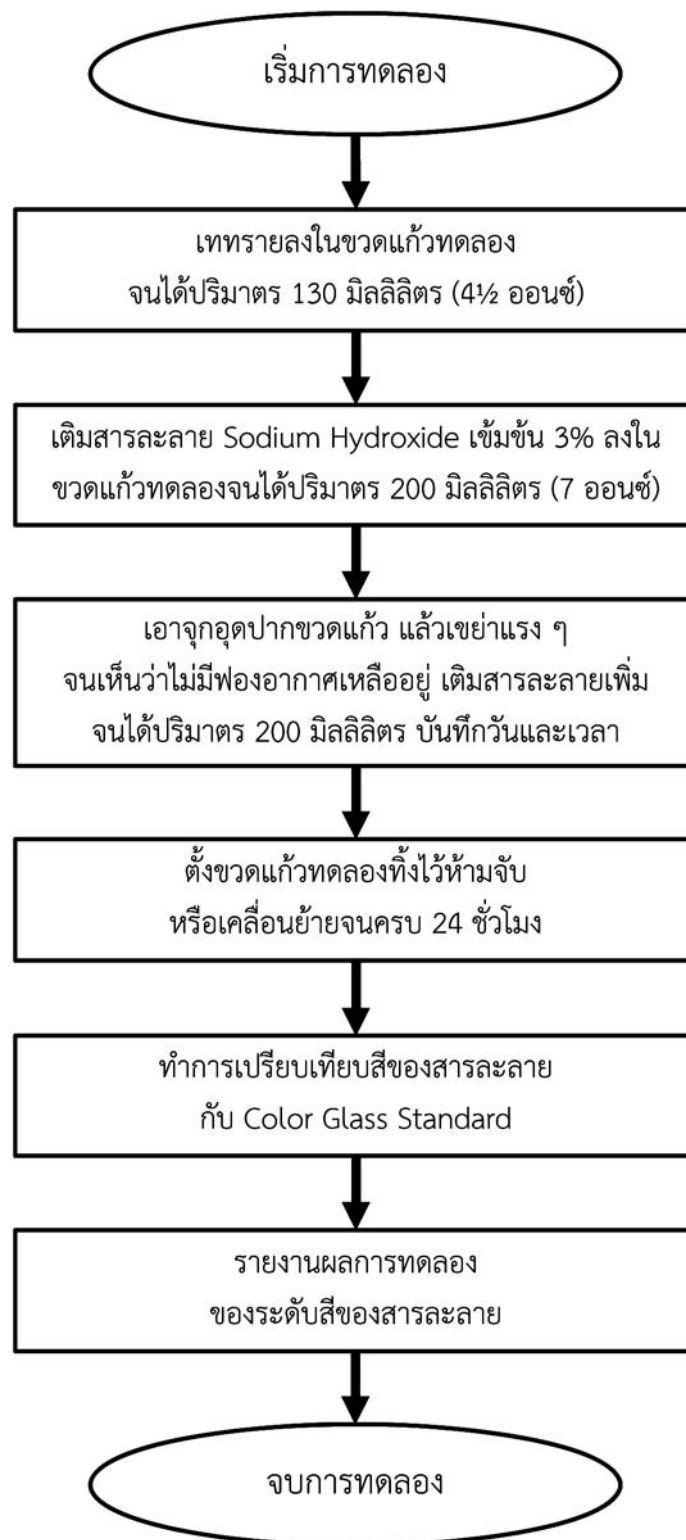
6.4 ตั้งขวดแก้วทดลองทิ้งไว้นิ่ง ๆ ห้ามจับ หรือเคลื่อนย้ายจนครบ 24 ชั่วโมง เพราะการกระทบกระเทือนจะทำให้ผงละเอียดลอยตัวขึ้นมา ซึ่งทำให้ได้สีไม่ถูกต้อง



6.5 เมื่อครบ 24 ชั่วโมงแล้ว ทำการเปรียบเทียบสีของสารละลาย กับ Color Glass Standard ในขั้นตอนการเทียบสีต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการกระทบกระเทือนขวดแก้วเช่นกัน



ผังขั้นตอนการทดลอง





7. การคำนวณ

ไม่มี

8. การรายงาน

รายงานผลการทดลองของระดับสีของสารละลายลงในแบบฟอร์ม ว. 2 – 01 โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

- 8.1 ถ้าสีของสารละลายที่ได้จากการทดลอง “อ่อนกว่า” สีของ Color Glass Standard เบอร์ 3 ให้รายงาน ว่า “สีอ่อนกว่าสีมาตรฐาน”
- 8.2 ถ้าสีของสารละลายที่ได้จากการทดลอง “แก่กว่า” สีของ Color Glass Standard เบอร์ 3 ให้รายงาน ว่า “สีแก่กว่าสีมาตรฐาน”
- 8.3 ถ้าสีของสารละลายที่ได้จากการทดลอง “ใกล้เคียง” สีของ Color Glass Standard เบอร์ 3 ให้ รายงานว่า “สีใกล้เคียงสีมาตรฐาน”



ว.2-01

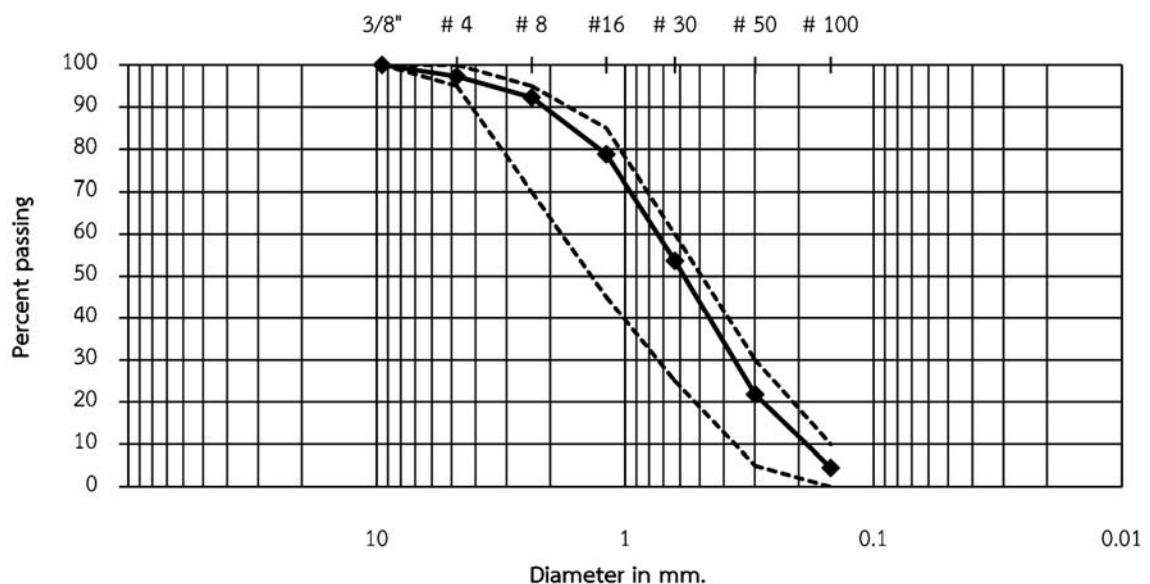
สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับทดลองที่	AG-3/2556	หนังสือที่	บท.ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง.1/พ/1774	ลว. 18 ตุลาคม 2555
หน่วยงาน	สำนักงานบำรุงทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง			
คู่สัญญา	บจก. บิลเลียนเมส อินเตอร์	สัญญาที่	บท.ท./71/2555	ลว. 21 สิงหาคม 2555
วันที่รับหนังสือ	22 ตุลาคม 2555	วันที่รับตัวอย่าง	22 ตุลาคม 2555	
เจ้าหน้าที่ทดลอง	นายธนัญชัย รัตนรัตน์	วันที่ทดลอง	25 ตุลาคม 2555	

แผ่นที่ 1.... ของ 1.... แผ่น

SIEVE ANALYSIS

Material	ทรายผสมคอนกรีต		Nominal Size	-	Standard	ทล. - ท. 205/2517	
Source	บ่อทราย บริษัท น้ำแข็งคอนกรีต (1922) จำกัด เลขที่ 104 ม.2 ต.สาวร้องไห้ อ.วิเศษชัยชาญ จ.อ่างทอง 14110						
Sieve No.	Sieve Opening mm.	Wt. of Sieve gm.	Sieve + Soil gm.	Soil Retained gm.	% Soil Retained	Cumulative	% Finer
3/8"	9.52			0	0	0.0	100.0
# 4	4.76			38.5	2.7	2.7	97.3
# 8	2.38			72.9	5.0	7.7	92.3
#16	1.19			195.1	13.5	21.2	78.8
# 30	0.63			364.1	25.2	46.3	53.7
# 50	0.30			461.3	31.9	78.2	21.8
# 100	0.15			250.2	17.3	95.5	4.5
pan				65.1	4.5	100.0	-
total				1447.2	100		

Fineness Modulus = $251.6 / 100 = 2.52$ 

Grain size Distribution Curve

Organic Impurities

สีใกล้เคียงสีมาตรฐาน

ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน.....บาท
ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบได้รับเท่านั้น

การทดลองที่ ทล. - ท. 203/2515

วิธีการทดลองหาค่า Sand Equivalent



ทล. – ท. 203/2515 วิธีการทดลองหาค่า Sand Equivalent

1. ขอบข่าย

การทดลองนี้ได้ปรับปรุงจาก AASHOT 176 – 70 เป็นการทดลองเพื่อหาค่าสัดส่วนระหว่างฝุ่น หรือวัสดุประเภทเหมือนดินเหนียวกับวัสดุเม็ดหยาบพวกกรวดหรือทราย

2. เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 กระจกบอกรวงพลาสติก ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 31.75 มิลลิเมตร (1 ¼ นิ้ว) สูง 431.80 มิลลิเมตร (17 นิ้ว)

2.2 Weighted Foot Assembly ซึ่งประกอบด้วย Sand Reading Indicator ติดอยู่กับแกนห่างจากตัว Foot 254 มิลลิเมตร (10 นิ้ว)



2.3 Siphon Assembly ประกอบด้วยขวดกลมซึ่งบรรจุสารละลาย Calcium Chloride 3.80 ลิตร (1 แกลลอน) ให้ขวดกลมวางสูงจากโต๊ะที่ทำการทดลอง 914 ± 25 มิลลิเมตร

2.4 Irrigator Tube



2.5 กระป๋องตวง (Measuring Can)



2.6 กรวยปากกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลางตรงปากกรวย
ขนาดประมาณ 100 มิลลิเมตร



2.7 นาฬิกาจับเวลา



2.8 เครื่องเขย่ากล (Mechanical Shaker)



3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

3.1 Stock Solution สารละลาย Calcium Chloride เตรียมได้จาก Anhydrous Calcium Chloride 454 กรัม , USP Glycerine 2,050 กรัม และ Formaldehyde 47 กรัม ละลาย Calcium Chloride ในน้ำกลั่น 1,900 มิลลิเมตร (½ แกลลอน) แล้วนำไปกรองผ่านกระดาษกรองแบบ Rapid Filtering Filter Paper หรือ Whatman No. 12 เติม Glycerine และ Formaldehyde ในสารละลาย ผสมจนเข้ากันดี เติมน้ำกลั่นลงไปอีกจนได้สารละลาย 3.80 ลิตร (1 แกลลอน)

3.2 Working Solution เตรียมได้จากการนำเอาสารละลายในข้อ 3.1 มาเติมกระป๋องตวง (85 ± 5 มิลลิลิตร) และเติมน้ำกลั่นให้ได้สารละลาย 3.80 ลิตร (1 แกลลอน)

ผังขั้นตอนการเตรียมวัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง (Working Solution)





4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 8 - 10

ว. 8 - 10

สำนักวิศวกรและตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ _____

เจ้าของตัวอย่าง _____ วันที่รับหนังสือ _____

หนังสือที่ _____ วันที่รับตัวอย่าง _____

ทางสาย _____

เจ้าหน้าที่ทดลอง _____ วันที่ทดลอง _____

Sand Equivalent Test

Material _____

Source _____

Sample No.	Source	Sand Reading	Clay Reading	S.E. = $\frac{\text{Sand Reading} \times 100}{\text{Clay Reading}}$
1				S.E. = _____ x 100 = _____
2				S.E. = _____ x 100 = _____
				AVG. = _____

REMARKS _____

ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน _____ บาท

ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำนักวิศวกรและตรวจสอบได้รับเท่านั้น



5. การเตรียมตัวอย่าง

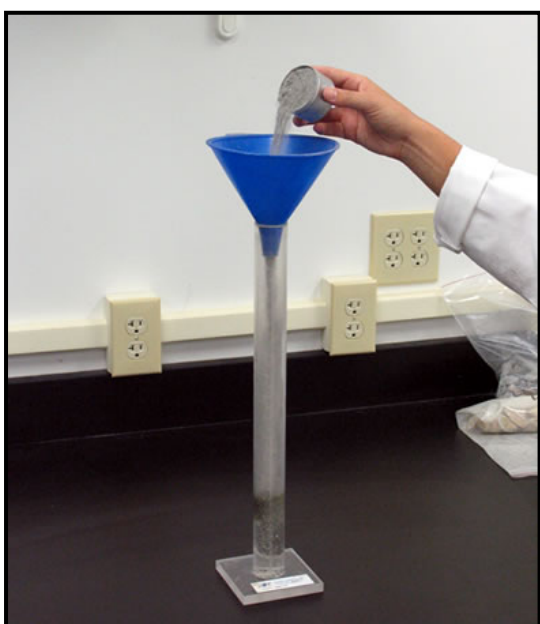


5.1 นำตัวอย่างตากให้แห้ง และร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.76 มิลลิเมตร) จากนั้นเตรียมตัวอย่าง 1 กระป๋อง โดยวิธี Quartering หรือใช้ Riffle Splitter ให้เคาะกระป๋องเพื่อให้ได้ตัวอย่างเรียงตัวอยู่ในกระป๋องมากที่สุด ใช้ที่ปาดดินปาดวัสดุที่ขอบบนของกระป๋องตวงให้ตัวอย่างเต็มกระป๋องตวง

6. การทดลอง



6.1 เติมสารละลายที่เตรียมไว้จากข้อ 3.2 ลงไปในกระบอกตวงพลาสติกให้สูง 4 ± 0.1 นิ้ว โดยผ่าน Irrigator Tube



6.2 วางกรวยปากกลมบนปากกระบอกตวง แล้วเทตัวอย่างจากข้อ 5.1 ลงในกระบอกตวง



6.3 ใส่ฟองอากาศโดยใช้ก้นกระบอกตวงกระแทกกับฝ่ามือจนตัวอย่างเปียกโดยทั่วถึงกัน



6.4 ปล่อยให้วัสดุตัวอย่างแช่ทิ้งไว้โดยไม่ถูกรบกวนเป็นเวลา 10 ± 1 นาที แล้วปิดกระบอกตวงด้วยจุกยาง พลิกกระบอกตวงคว่ำไปมาพร้อมทั้งเขย่า



6.5 การเขย่ากระบอกตวงสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

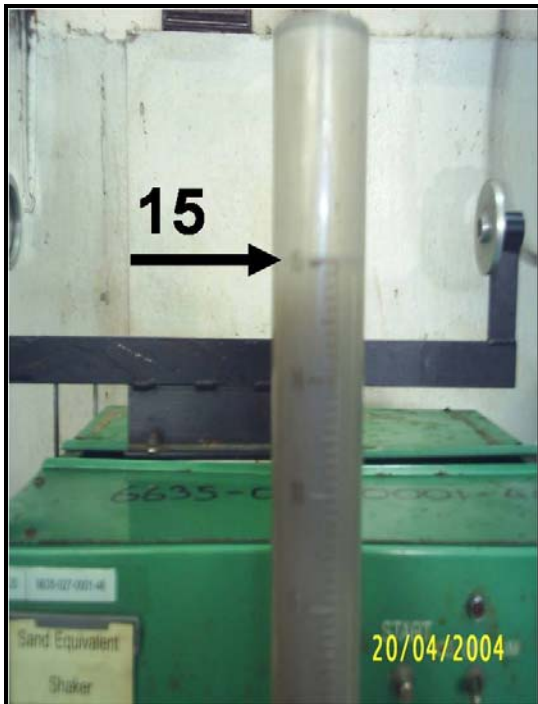
6.5.1 เขย่าด้วยเครื่องเขย่ากล ซึ่งการเขย่าด้วยเครื่องจะต้องนำกระบอกตวงพลาสติกปิดด้วยจุกยางนำไปวางในแนวราบของเครื่องเขย่าในลักษณะติดแน่นกับเครื่องเขย่า ใช้เวลาในการเขย่าประมาณ 45 ± 1 วินาที



6.5.2 ใช้มือเขย่า โดยใช้ฝ่ามือจับกระบอกตวงทั้งสองข้าง และเขย่าในแนวราบ ให้ระยะทางเขย่าในแนวราบยาว 228 ± 25 และให้เขย่า 90 รอบในเวลาประมาณ 30 วินาที(การเขย่าไปกลับนับเป็น 1 รอบ)



6.6 หลังจากเขย่าแล้วนำกระบอกตวงพลาสติกมาตั้งไว้บนโต๊ะ หย่อนปลาย Irrigator Tube ลงไปในกระบอกตวง ล้างวัสดุที่ติดอยู่ข้างๆ กระบอกตวง จากขอบบนลงไปค่อยๆ หมุนและดัน Irrigator Tube ผ่านชั้นวัสดุเม็ดหยาบลงไปจนถึงก้นกระบอก เมื่อวัสดุเม็ดละเอียดลอยตัวขึ้นมาเป็นของผสมอยู่เหนือวัสดุเม็ดหยาบ ค่อยๆ ยก Irrigator Tube ขึ้น แต่ยังปล่อยให้สารละลายไหลออกเรื่อยๆ จนยก Irrigator Tube ออกจากกระบอกตวง ระดับของผสมในกระบอกตวงต้องอยู่ในระดับขีดที่ 15 นิ้ว





6.7 ตั้งกระบอกตวงทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที นับเวลาหลังจากเอา Irrigator Tube ออก จะเห็นดินเหนียวลอยอยู่โดยแยกเป็นชั้นอย่างชัดเจน อ่านค่าระดับชั้นบนสุดของชั้นดินเหนียวเป็นค่า “Clay Reading” ถ้าในระยะเวลา 20 นาที ดินเหนียวยังมีการตกตะกอนอยู่โดยไม่สามารถเห็นเป็นชั้นแยกได้ให้ต่อเวลาออกไปแต่ไม่เกิน 30 นาที ถ้าต่อเวลาภายใน 30 นาทีแล้วยังแยกชั้นไม่ได้ ให้ทำการทดลองใหม่

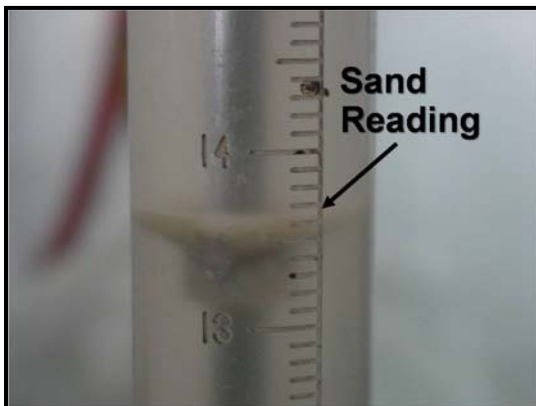




6.8 หาค่า “Sand Reading” ได้จากการนำเอา Weighted Foot Assembly ค่อยๆหย่อนลงในกระบอกตวง ไปวางบนวัสดุหยาบหรือทราย อ่านค่าบนกระบอกตวงระดับ บนสุดของ Indicator แล้วลบด้วย 10 จะได้ค่า “Sand Reading”

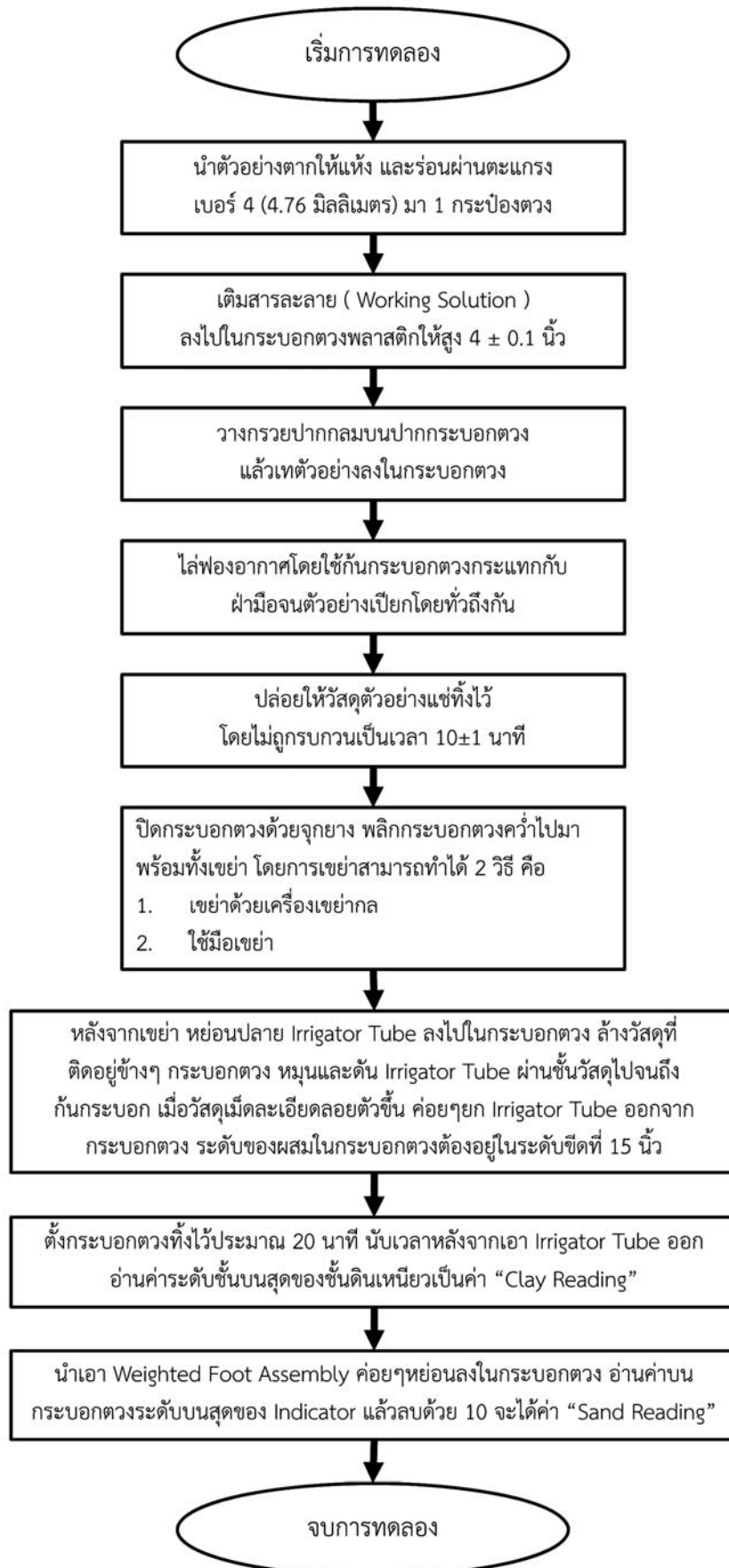
หมายเหตุ

ค่าของ “Clay Reading” และ “Sand Reading” ให้ใช้ ทศนิยม 1 ตำแหน่งเท่านั้น





ผังขั้นตอนการทดลอง





7. การคำนวณ

7.1 หาค่า Sand Equivalent (S.E.) ได้จากสูตร

$$S.E. = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100$$

โดยให้ค่า S.E. เป็นเลขจำนวนเต็มทั้งหมด เช่น ค่า S.E. ได้เท่ากับ 41.25 ให้ใช้ค่า S.E. เท่ากับ 42

7.2 ตัวอย่างการคำนวณ (จากแบบฟอร์มที่ ว. 8 - 10)

Sample No. 1

Sand Reading	=	3.6
Clay Reading	=	4.6
S.E.	=	(3.6 / 4.6) × 100
	=	78.3 %

Sample No. 2

Sand Reading	=	3.8
Clay Reading	=	4.9
S.E.	=	(3.8 / 4.9) × 100
	=	77.6 %

S.E. (AVERAGE)	=	(78.3 + 77.6) / 2
	=	78.0 %

8. การรายงาน

ให้รายงานผลการทดลองลงในแบบฟอร์มที่ ว. 8 - 10



ว. 8 - 10

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ AC. - 117 / 1 / 50

เจ้าของตัวอย่าง	บริษัท เทิดไท้เทรดดิ้ง จำกัด	วันที่รับหนังสือ	11 ธ.ค. 50
หนังสือที่	สท.1.3/สท.1/1/50/356/2550	วันที่รับตัวอย่าง	11 ธ.ค. 50
ทางสาย	สุโขทัย-ตาก ตอน 2		
เจ้าหน้าที่ทดลอง	จตุพร	วันที่ทดลอง	14 ธ.ค. 50

Sand Equivalent Test

Material COLD BIN (หินฝุ่น) ชั้น Binder Course

Source หินฝุ่น , หิน3/8" , หิน3/4" จากโรงโม่สุวรรณ จำกัด ในทล.1327 ลานหอย-ทุ่งเสลี่ยม

หิน1" จากโรงโม่ศิลาคำคอนสตรัคชั่น อ.บ้านด่านลานหอย จ.สุโขทัย

Sample No.	Source	Sand Reading	Clay Reading	S.E. = $\frac{\text{Sand Reading} \times 100}{\text{Clay Reading}}$
1	หินฝุ่น , หิน3/8" , หิน3/4" จากโรงโม่สุวรรณ จำกัด ในทล.1327 ลานหอย-ทุ่งเสลี่ยม หิน1" จากโรงโม่ศิลาคำคอนสตรัคชั่น อ.บ้านด่านลานหอย จ.สุโขทัย	3.6	4.6	S.E. = $\frac{3.6}{4.6} \times 100 = 78.3\%$
2	หินฝุ่น , หิน3/8" , หิน3/4" จากโรงโม่สุวรรณ จำกัด ในทล.1327 ลานหอย-ทุ่งเสลี่ยม หิน1" จากโรงโม่ศิลาคำคอนสตรัคชั่น อ.บ้านด่านลานหอย จ.สุโขทัย	3.8	4.9	S.E. = $\frac{3.8}{4.9} \times 100 = 77.6\%$
				AVG. = <u>78.0%</u>

REMARKS

ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน บาท

ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบได้รับเท่านั้น



9. ข้อควรระวัง

- 9.1 สถานที่ใช้ในการทดลองจะต้องเป็นพื้นที่ที่ไม่มีความสั่นสะเทือน ซึ่งจะทำให้การตกตะกอนผิดไป
- 9.2 ไม่ควรวางกระบอกตวงพลาสติกตากแดด
- 9.3 ระวังไม่ให้ทรายหรือดินไปอุดตันที่ปลาย Irrigator Tube

การทดลองที่ ทล. - ท. 210/2518

วิธีการทดลองหาค่าดัชนีความแบน (Flakiness Index)



ทล. – ท. 210/2518

วิธีการทดลองหาค่าดัชนีความแบน (Flakiness Index)

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นวิธีการหาค่าดัชนีความแบนของวัสดุเม็ดหยาบ (Coarse Aggregate) โดยหามวลของวัสดุที่มีความหนาของด้านแบน น้อยกว่า $3/5$ เท่าของขนาดเฉลี่ยของวัสดุนั้น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับมวลของวัสดุที่นำมาทดลอง วิธีการทดลองนี้ได้ปรับปรุงมาจาก BS. 812 : 1967

2. เครื่องมือทดลอง

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 ช่องวัดความหนา (Thickness Gauge or Slot Sieve) ประกอบด้วยช่องขนาดต่าง ๆ หลายขนาด แต่ละช่องมีตัวเลขกำกับอยู่ 2 ตัว ตัวเลขมากหมายถึง ส่วนของตะแกรงที่วัสดุนั้นผ่าน ส่วนตัวเลขน้อยเป็นส่วนของตะแกรงที่วัสดุนั้นค้างอยู่



2.2 ตะแกรงร่อนขนาดต่างๆ



2.3 เครื่องเขย่าตะแกรง



2.4 ภาชนะสำหรับใส่วัสดุ



2.5 เครื่องแบ่งตัวอย่าง



2.6 เครื่องชั่ง ชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม



2.7 ตู้อบ

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

-



4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว.3 - 14

ทล.-ท. 210

ว. 3-14

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ หนังสือที่

เจ้าของตัวอย่าง วันที่รับหนังสือ

ทางสาย

วันที่ทดลอง วันที่รับตัวอย่าง เจ้าหน้าที่ทดลอง

ดัชนีความแบน (Flakiness Index)

ชนิดของวัสดุ

แหล่ง

Sieve Size U.S. Standard Square Opening (mm.)	Width of Slot sieve (mm.)	Mass Retained X (gm.)	Mass Passing Y (gm.)	Total Mass X+Y (gm.)	Flakiness Index %
63.5-50.8 (2 1/2" - 2")	34.29 (1.350")				
50.8-38.1 (2" - 1 1/2")	26.67 (1.050")				
38.1-25.4 (1 1/2" - 1")	19.05 (0.750")				
25.4-19.05 (1" - 3/4")	13.34 (0.525")				
19.05-12.7 (3/4" - 1/2")	9.35 (0.375")				
12.7-9.52 (1/2" - 3/8")	6.68 (0.263")				
9.52 - 4.76 (3/8" - #4)	4.29 (0.169")				
Total					

$$\begin{aligned}
 \text{ดัชนีความแบน (FI)} &= \frac{\text{Total mass passing slot sieve (gm.)}}{\text{Total mass (gm.)}} \times 100\% \\
 &= \frac{Y}{X+Y} \times 100
 \end{aligned}$$



5. การเตรียมตัวอย่าง



5.1 นำตัวอย่างวัสดุเม็ดหยาบทั้งหมดมาคลุกเคล้ากันให้ทั่ว แล้วทำการแบ่งโดยใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง



5.2 ถ้าวัสดุเม็ดหยาบชื้นหรือเปียก ให้นำไปอบที่อุณหภูมิ $110 \pm 5^\circ \text{C}$ จนแห้ง แล้วทิ้งให้เย็นก่อนทำการทดลอง



5.3 ในกรณีวัสดุเม็ดหยาบเป็นวัสดุชนิดขนาดเดียวกัน (Single Size) ให้เตรียมตัวอย่างไว้ไม่น้อยกว่า 200 ก้อน



5.4 ในกรณีวัสดุเม็ดหยาบมีหลายขนาดคละกัน ให้ทำการ ร้อนผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ โดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที และปริมาณวัสดุที่ใช้ ให้ใช้ตามตารางที่ 1 ตามวิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง (การทดลองที่ ทล.-ท. 204/2516)

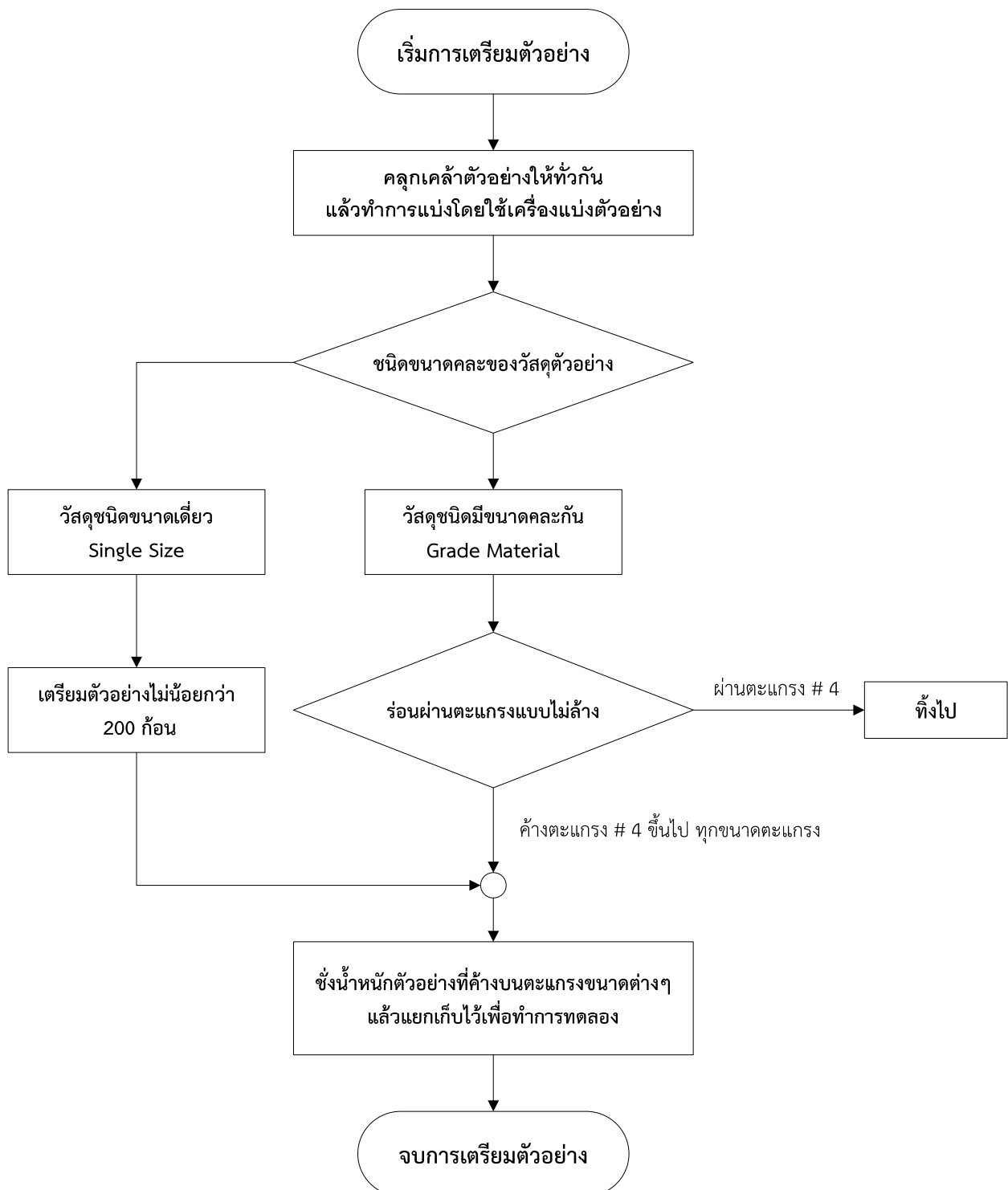


5.5 นำวัสดุขนาดต่างๆ ที่ผ่านการร้อนตะแกรงแล้วไปชั่ง น้ำหนัก เพื่อเตรียมทำการทดลอง สำหรับวัสดุที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร) ให้ทิ้งไป

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



ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง





6. การทดลอง



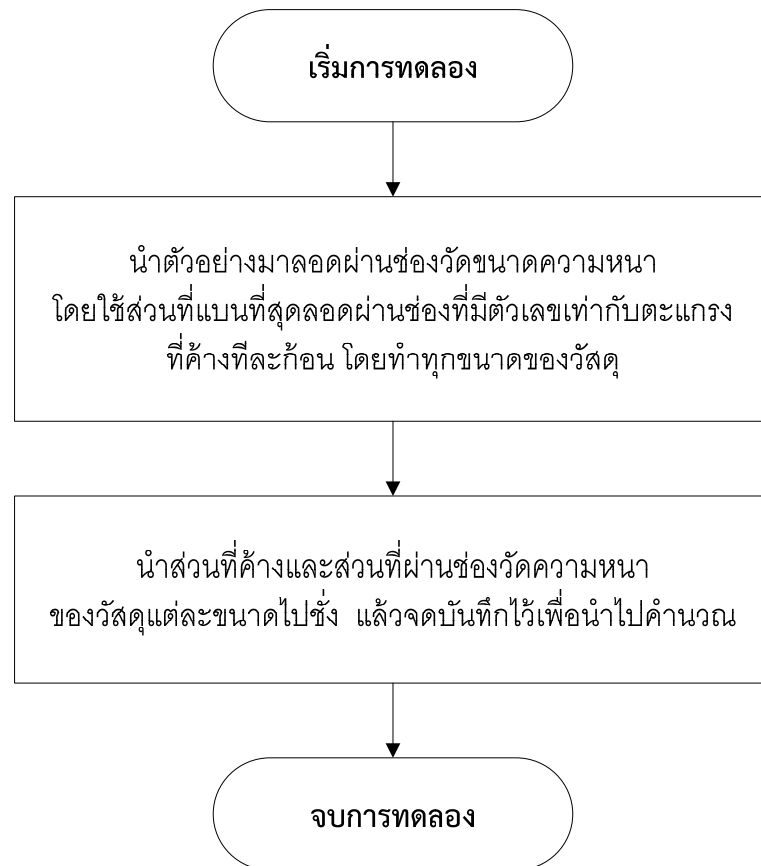
6.1 นำตัวอย่างที่ค้ำบนแต่ละตะแกรง มาทดลองลอดผ่านช่องวัดขนาดความหนา โดยใช้ส่วนที่แบนที่สุดลอดผ่านช่องที่มีตัวเลขเท่ากับตะแกรงที่ค้ำนั้นทีละก้อน ให้ทำทุกๆ ขนาดของวัสดุ



6.2 นำส่วนที่ค้ำและส่วนที่ผ่านช่องวัดความหนาของวัสดุแต่ละขนาดไปชั่ง แล้วจดบันทึกไว้



ผังขั้นตอนการทดลอง



7. การคำนวณ

การคำนวณหาอัตราความแบน หาได้จากสูตร

$$\begin{aligned}\text{อัตราความแบน (FI)} &= \frac{\text{มวลของตัวอย่างทุกขนาดที่ลอดผ่านช่องวัดความหนา}}{\text{มวลรวมของตัวอย่างส่วนที่ผ่านและส่วนที่ค้ำงทั้งหมด}} \times 100 \\ &= \frac{Y}{X+Y} \times 100\end{aligned}$$

เมื่อ Y = มวลรวมของตัวอย่างส่วนที่ลอดผ่านช่องวัดความหนาทุกช่องมีหน่วยเป็นกรัม
 X = มวลรวมของตัวอย่างส่วนที่ค้ำงช่องวัดความหนาทุกช่องมีหน่วยเป็นกรัม



8. การรายงาน

ให้รายงานค่าของเปอร์เซ็นต์ครรชนีความแบนเป็นเลขจำนวนเต็ม ตามแบบฟอร์มในข้อ 4 ว.3 - 14

ทล.-ท. 210

ว. 3-14

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ หนังสือที่

เจ้าของตัวอย่าง วันที่รับหนังสือ

ทางสาย

วันที่ทดลอง วันที่รับตัวอย่าง เจ้าหน้าที่ทดลอง

ครรชนีความแบน (Flakiness Index)

ชนิดของวัสดุ หินผสมคอนกรีต 1" - # 4

แหล่ง

Sieve Size U.S. Standard Square Opening (mm.)	Width of Slot sieve (mm.)	Mass Retained X (gm.)	Mass Passing Y (gm.)	Total Mass X+Y (gm.)	Flakiness Index %
63.5-50.8 (2 1/2" - 2")	34.29 (1.350")				
50.8-38.1 (2" - 1 1/2")	26.67 (1.050")				
38.1-25.4 (1 1/2" - 1")	19.05 (0.750")	93.6	80.0	173.6	
25.4-19.05 (1" - 3/4")	13.34 (0.525")	2,467.6	497.0	2,964.6	
19.05-12.7 (3/4" - 1/2")	9.35 (0.375")	3,485.0	788.0	4,273.0	
12.7-9.52 (1/2" - 3/8")	6.68 (0.263")	1,088.4	277.0	1,365.4	
9.52 - 4.76 (3/8" - #4)	4.29 (0.169")	926.8	309.0	1,235.8	
Total		8,061.4	1,951.0	10,012.4	19

$$\text{ดัชนีความแบน (FI)} = \frac{\text{Total mass passing slot sieve (gm.)}}{\text{Total mass (gm.)}} \times 100\%$$

$$= \frac{Y}{X+Y} \times 100$$



9. ข้อควรระวัง

การทดลองลอดวัสดุผ่านช่องวัดความหนา ห้ามไม่ให้กดวัสดุเพื่อบังคับให้วัสดุผ่านช่อง

การทดลองที่ ทล. - ท. 211/2518

วิธีการทดลองหาค่าดัชนีความยาว (Elongation Index)



ทล. – ท. 211/2518

วิธีการทดลองหาค่าดัชนีความยาว (Elongation Index)

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นวิธีการหาค่าดัชนีความยาวของวัสดุเม็ดหยาบ (Coarse Aggregate) โดยหามวลของวัสดุที่มีความยาวของส่วนยาวมากกว่า 1.8 เท่าของขนาดเฉลี่ยของวัสดุนั้น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เทียบกับมวลของวัสดุที่นำมาทดลอง วิธีการทดลองนี้ได้ปรับปรุงมาจาก BS. 812 : 1967

2. เครื่องมือทดลอง

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 ซองวัดความยาว (Length Guage) ประกอบด้วยช่องขนาดต่าง ๆ หลายขนาด แต่ละช่องมีตัวเลขกำกับอยู่ 2 ตัว ตัวเลขมากหมายถึงส่วนของตะแกรงที่วัสดุนั้นผ่าน ส่วนตัวเลขน้อยเป็นส่วนของตะแกรงที่วัสดุนั้น ๆ ค้างอยู่



2.2 ตะแกรงร่อนขนาดต่างๆ



2.3 เครื่องเขย่าตะแกรง



2.4 ภาชนะสำหรับใส่วัสดุ



2.5 เครื่องแบ่งตัวอย่าง



2.6 เครื่องชั่ง ชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม



2.7 ตู้อบ

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

-

4. แบบฟอร์ม ใช้แบบฟอร์มที่ ว.3 – 15



ทล.-ท. 211

ว. 3-15

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ หนังสือที่

เจ้าของตัวอย่าง วันที่รับหนังสือ

ทางสาย

วันที่ทดลอง วันที่รับตัวอย่าง เจ้าหน้าที่ทดลอง

ดัชนีความยาว (Elongation Index)

ชนิดของวัสดุ

แหล่ง

Sieve Size U.S. Standard Square Opening (mm.)	Gauge length (mm.)	Mass Passing X (gm.)	Mass Retained 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					

$$\begin{aligned}
 \text{ดัชนีความยาว (EI)} &= \frac{\text{Total mass retained}}{\text{Total mass (gm.)}} \times 100\% \\
 &= \frac{Y}{X+Y} \times 100
 \end{aligned}$$



5. การเตรียมตัวอย่าง



5.1 นำตัวอย่างวัสดุเม็ดหยาบทั้งหมดมาคลุกเคล้ากันให้ทั่ว แล้วทำการแบ่งโดยใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง



5.2 ถ้าวัสดุเม็ดหยาบชื้นหรือเปียก ให้นำไปอบที่อุณหภูมิ $110 \pm 5^\circ \text{C}$ จนแห้ง แล้วทิ้งให้เย็นก่อนทำการทดลอง



5.3 ในกรณีวัสดุเม็ดหยาบเป็นวัสดุชนิดขนาดเดียวกัน (Single Size) ให้เตรียมตัวอย่างไว้ไม่น้อยกว่า 200 ก้อน



5.4 ในกรณีวัสดุเม็ดหยาบมีอยู่หลายขนาดปนกัน ให้ทำการ ร้อนด้วยเครื่องเขย่าผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ โดยใช้เวลา 15 นาที ปริมาณของวัสดุเม็ดหยาบที่ใช้ร้อนผ่านตะแกรงต่าง ๆ ให้ ใช้ตามตารางที่ 1 ของวิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุ โดยผ่าน ตะแกรงแบบไม้ล้าง (การทดลองที่ ทล. – ท. 204 / 2516)

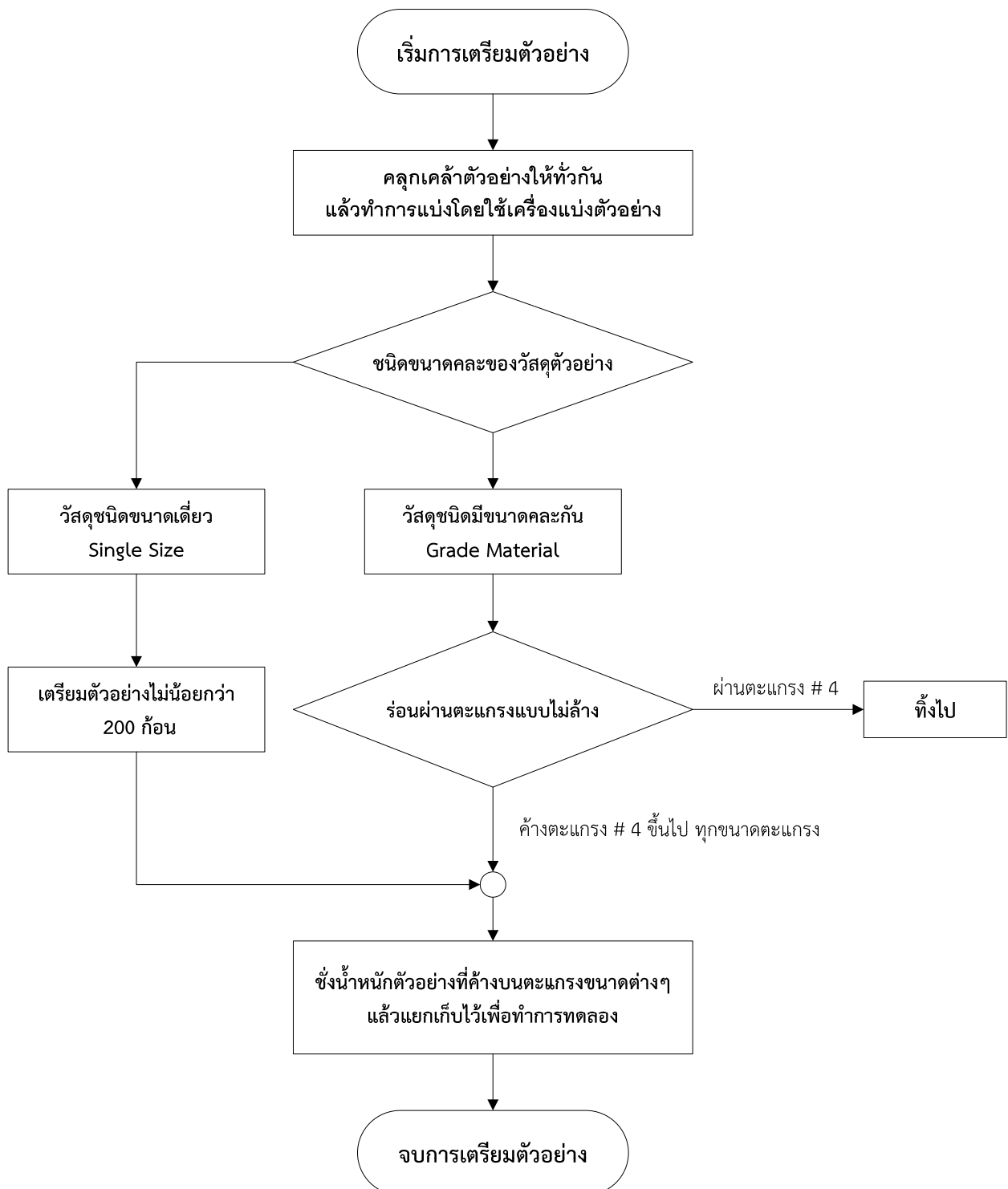


5.5 นำวัสดุเม็ดหยาบขนาดต่าง ๆ ที่ร้อนแล้วไปชั่ง แล้วแยก เก็บไว้เพื่อทำการทดลอง ส่วนวัสดุที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร) ให้ทิ้งไป

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



ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง





6. การทดลอง



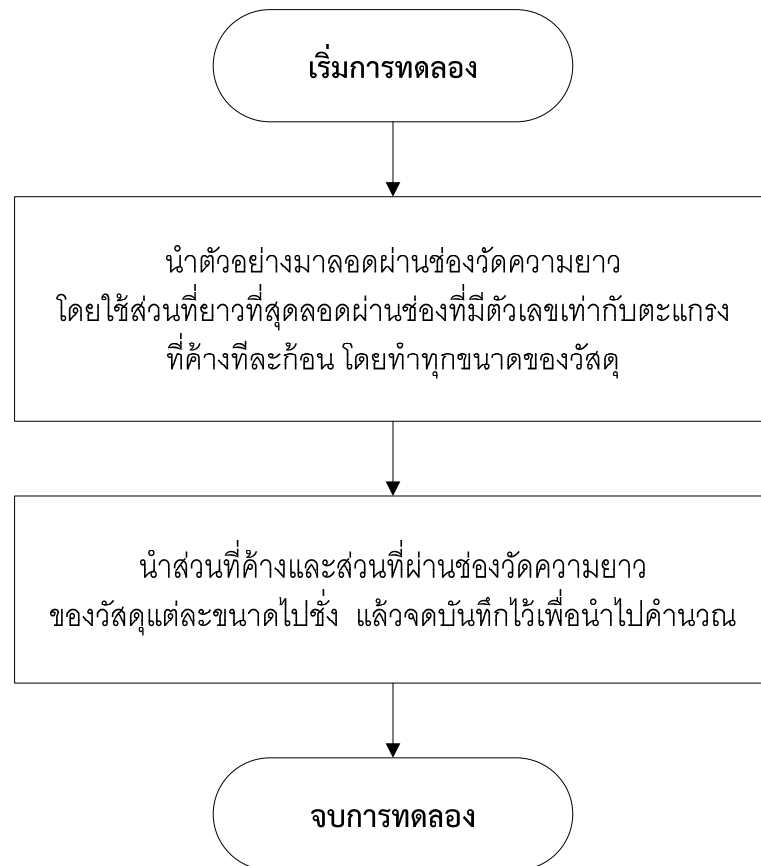
6.1 นำตัวอย่างที่ค้ำบนแต่ละตะแกรง มาทดลองลอดผ่านช่องวัดขนาดความยาว โดยใช้ส่วนที่ยาวที่สุดลอดผ่านช่องที่มีตัวเลขเท่ากับตะแกรงที่ค้ำนั้นที่ละก้อน ให้ทำทุก ๆ ขนาดของวัสดุ



6.2 นำส่วนที่ค้ำและส่วนที่ผ่านช่องวัดความยาว ของวัสดุแต่ละขนาดไปชั่ง แล้วจดบันทึกไว้



ผังขั้นตอนการทดลอง



7. การคำนวณ

การคำนวณหาตรรชนีความยาว หาได้จากสูตร

$$\begin{aligned}\text{ตรรชนีความยาว (EI)} &= \frac{\text{มวลของตัวอย่างทุกขนาดที่ค้ำช่องวัดความยาว}}{\text{มวลรวมของตัวอย่างส่วนที่ผ่านและส่วนที่ค้ำทั้งหมด}} \times 100 \\ &= \frac{Y}{X+Y} \times 100\end{aligned}$$

เมื่อ X = มวลรวมของตัวอย่างส่วนที่ลอดช่องวัดความยาวทุกช่องมีหน่วยเป็นกรัม
Y = มวลรวมของตัวอย่างส่วนที่ค้ำช่องวัดความยาวทุกช่องมีหน่วยเป็นกรัม

8. การรายงาน

ให้รายงานค่าของเปอร์เซ็นต์ตรรชนีความยาวเป็นเลขจำนวนเต็ม ตามแบบฟอร์มในข้อ 4 ว.3 – 15



ทล.-ท. 211

ว. 3-15

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ หนังสือที่

เจ้าของตัวอย่าง วันที่รับหนังสือ

ทางสาย

วันที่ทดลอง วันที่รับตัวอย่าง เจ้าหน้าที่ทดลอง

ดัชนีความยาว (Elongation Index)

ชนิดของวัสดุ หินผสมคอนกรีต 1" - # 4

แหล่ง

Sieve Size U.S. Standard Square Opening (mm.)	Gauge length (mm.)	Mass Passing X (gm.)	Mass Retained 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")	133.6	40.0	173.6	
25.4-19.05 (1" - 3/4")	40.01 (1.575")	2,579.6	385.0	2,964.6	
19.05-12.7 (3/4" - 1/2")	28.58 (1.125")	3,183.0	1,090.0	4,273.0	
12.7-9.52 (1/2" - 3/8")	20.02 (0.788")	980.4	385.0	1,365.4	
9.52 - 4.76 (3/8" - #4)	12.85 (0.506")	621.6	614.2	1,235.8	
Total		7,498.2	2,514.2	10,012.4	25

$$\begin{aligned}
 \text{ดัชนีความยาว (EI)} &= \frac{\text{Total mass retained}}{\text{Total mass (gm.)}} \times 100\% \\
 &= \frac{Y}{X+Y} \times 100
 \end{aligned}$$

9. ข้อควรระวัง

9.1 การทดลองลอดวัสดุผ่านช่องวัดความยาว ห้ามไม่ให้กดวัสดุเพื่อบังคับให้วัสดุผ่านช่อง

9.2 การทดลองลอดวัสดุผ่านช่องวัดความยาวทุกครั้ง ต้องให้แกนตามความยาวของวัสดุขนานกับด้านยาวของช่อง ห้ามไม่ให้เอียงวัสดุเพื่อลอดผ่านช่อง

การทดลองที่ ทล. - ท. 214/2546

วิธีการทดลองหาปริมาณวัสดุขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร
(ตะแกรงเบอร์ 200) ในวัสดุมวลรวมโดยการล้าง



ทล.- ท. 214/2546

วิธีการทดลองหาปริมาณวัสดุขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) ในวัสดุมวลรวมโดยการล้าง

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาปริมาณวัสดุขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) ในวัสดุมวลรวมโดยการล้าง ส่วนที่เป็นดินเหนียวหรือวัสดุอื่นใดที่กระจายตัวในน้ำรวมทั้งวัสดุอื่นใดที่มีคุณสมบัติละลายในน้ำได้จะถูกชะล้างออกจากวัสดุมวลรวมในระหว่างการทดลอง

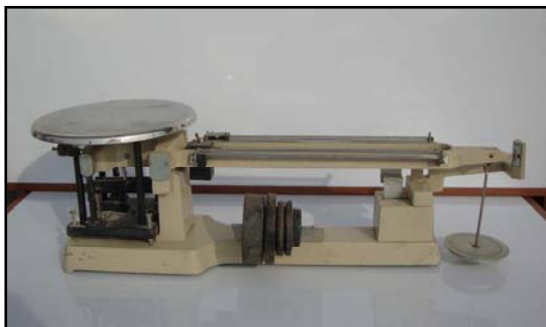
วิธีการทดลองมีอยู่ 2 วิธี

- วิธี ก. การล้างด้วยน้ำ
- วิธี ข. การล้างด้วยน้ำผสมน้ำยาล้าง (Wetting Agent)

หมายเหตุ ถ้าไม่ระบุวิธีใดให้ใช้วิธี “ก”

2. เครื่องมือทดลอง

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 เครื่องชั่งแบบ Scale หรือแบบ Balance มีขีด

ความสามารถชั่งได้ละเอียดถึงร้อยละ 0.1 ของตัวอย่างทดลองทั้งหมด



2.2 ตะแกรงร่อน ช่องผ่านเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาดดังนี้

ตะแกรงขนาด 2.36 มิลลิเมตร (เบอร์ 8) หรือ ขนาด 2.00 มิลลิเมตร (เบอร์ 10) หรือ ขนาด 1.18 มิลลิเมตร (เบอร์ 16) และขนาด 0.075 มิลลิเมตร (เบอร์ 200)



2.3 ภาชนะบรรจุ ที่มีขนาดใหญ่พอที่จะแช่ตัวอย่างและกวนตัวอย่างในน้ำตามวิธีทดลอง



2.4 เตาอบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ 110 ± 5 องศาเซลเซียส สำหรับอบดินตัวอย่าง

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

3.1 น้ำสะอาด

3.2 น้ำยาล้าง (Wetting Agent) เช่น น้ำยาล้างจาน น้ำยาซักผ้า ผงซักฟอก หรือสารอื่นใด

4. แบบฟอร์ม ใช้แบบฟอร์ม

ว.214 สำหรับการทดลองหาปริมาณวัสดุขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200)
ในวัสดุมวลรวมโดยการล้าง

ว.2-12 สำหรับสรุปคุณภาพวัสดุ



ว.214

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่..... วันที่รับตัวอย่าง..... วันที่ทดลอง.....
เจ้าของตัวอย่าง..... หนังสือที่.....
ทางสาย..... เจ้าหน้าที่ทดลอง.....

ปริมาณวัสดุขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) ในวัสดุมวลรวมโดยการล้าง

วัสดุ..... ขนาดระบุใหญ่สุด.....
แหล่งวัสดุ.....

มวลเริ่มต้นของการทดลอง (B) = ... กรัม

มวลสุดท้ายของการทดลอง (C) = ... กรัม

ปริมาณร้อยละของวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) โดยการล้าง (A)

$$A = \frac{B-C}{B} \times 100$$

หมายเหตุ

.....



สำนักวิจัยเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

สรุปคุณภาพวัสดุ

[illegible]

.....Material Engineer



5. การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน ในขณะที่ตัวอย่างมีความชื้นเพื่อลดการแยกตัว แล้วแบ่งตัวอย่างด้วยวิธีแบ่งสี่ หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง ให้ได้ตัวอย่างเมื่อแห้งตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณตัวอย่างทดลอง

ขนาดระบุใหญ่สุด (Nominal Maximum Size)	ปริมาณตัวอย่างไม่น้อยกว่า (กรัม)
37.5 มิลลิเมตร (1 ½ นิ้ว) หรือใหญ่กว่า	5000
19.0 มิลลิเมตร (¾ นิ้ว)	2500
9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)	1000
4.75 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 4) หรือเล็กกว่า	300

6. การทดลอง

6.1 วิธี ก. การล้างด้วยน้ำ



6.1.1 นำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งหามวลให้ได้ความละเอียดร้อยละ 0.1 ของมวลตัวอย่างทดลอง บันทึกเป็นมวลเริ่มต้นของการทดลอง



6.1.2 นำตัวอย่างตามข้อ 6.1.1 ใส่ภาชนะที่เตรียมไว้ เติมน้ำลงในภาชนะจนท่วมตัวอย่าง ทำการกวนตัวอย่างโดยใช้ข้อขนาดใหญ่หรือเครื่องมือคล้ายๆกัน เพื่อให้วัสดุส่วนละเอียดที่มีขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) แยกตัวอย่างออกจากวัสดุส่วนหยาบ รินน้ำที่มีวัสดุส่วนละเอียดแขวนลอยปะปนให้ผ่านชุดตะแกรงที่เตรียมไว้ทันที



6.1.3 ทำการล้างตามวิธีการในข้อ 6.1.2 หลายๆครั้งจนน้ำใส



6.1.4 ล้างวัสดุที่ค้างบนตะแกรงใส่กลับลงในภาชนะ อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส เมื่อได้มวลคงที่แล้วนำไปชั่งหามวลให้ได้ความละเอียดร้อยละ 0.1 บันทึกเป็นมวลสุดท้ายของการทดลอง

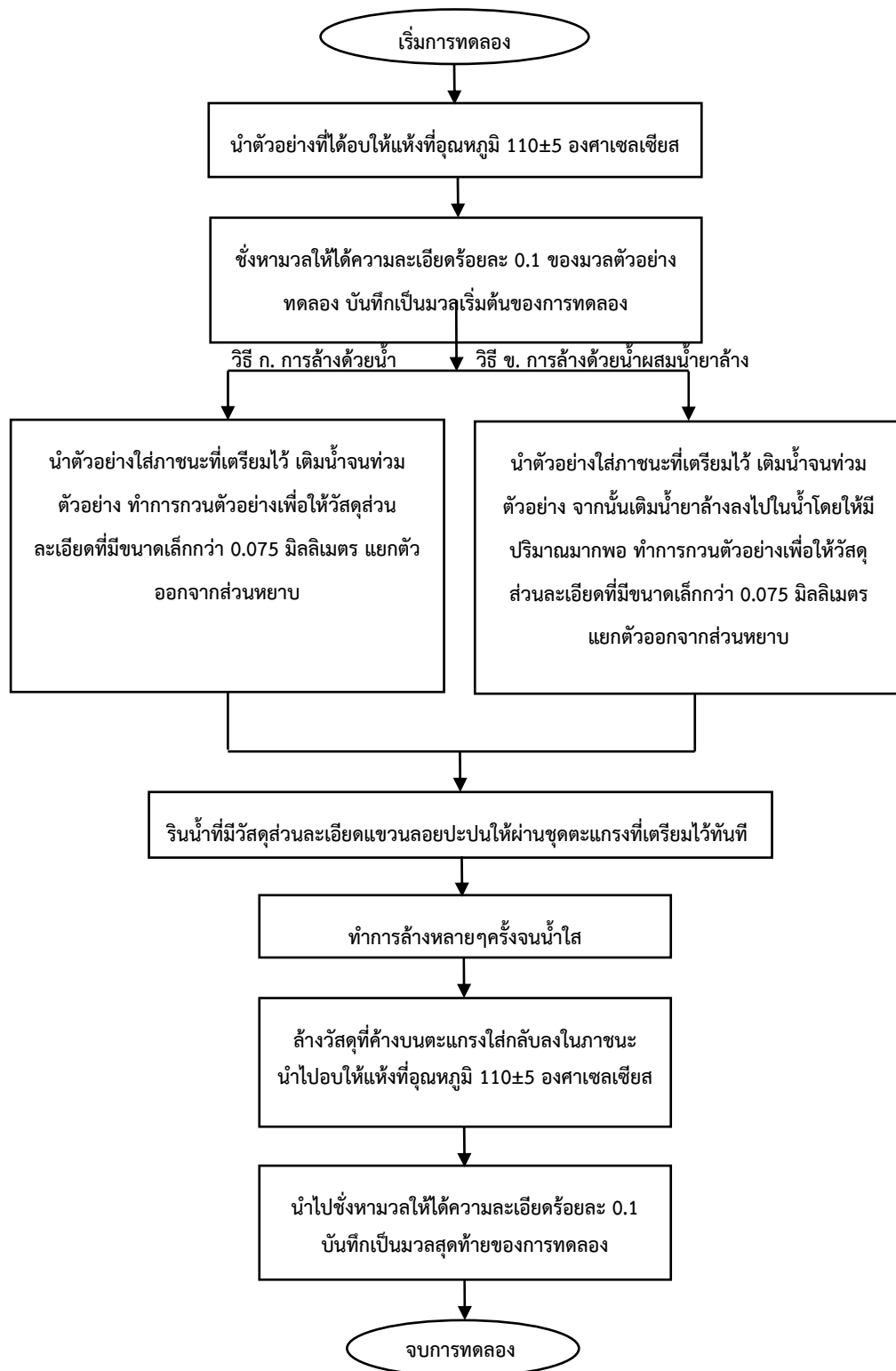
หมายเหตุ : - กรณีที่คราบดินเหนียว หรือคราบวัสดุอื่นๆติดแน่นกับวัสดุส่วนหยาบ ควรพิจารณาใช้วิธี ข.

- การทดลองวิธี ข. การล้างด้วยน้ำผสมน้ำยาล้าง เมื่อเติมน้ำลงในภาชนะจนท่วมตัวอย่างแล้วให้น้ำยาล้างลงไปให้น้ำโดยให้มีปริมาณมากพอ และทำการกวนตัวอย่างตามข้อ 6.1.2 ต่อไป



ผังขั้นตอนการทดลองหาปริมาณวัสดุ

ขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) ในวัสดุมวลรวมโดยการล้าง





7. การคำนวณ

7.1 สูตรการคำนวณ

คำนวณหาปริมาณวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) โดยการล้างได้ดังนี้

$$A = \frac{(B - C)}{B} \times 100$$

เมื่อ A = ปริมาณร้อยละของวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร
(ตะแกรงเบอร์ 200) โดยการล้าง

B = มวลเริ่มต้นของการทดลอง , กรัม

C = มวลสุดท้ายของการทดลอง , กรัม

7.2 ตัวอย่างการคำนวณ (จากแบบฟอร์มที่ ว. 214 ตามเอกสารแนบท้ายเรื่อง)

มวลเริ่มต้นของการทดลอง (B) = 12,782 กรัม

มวลสุดท้ายของการทดลอง (C) = 12,695 กรัม

ปริมาณร้อยละของวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร = $\frac{12,782 - 12,695}{12,782} \times 100$

(ตะแกรงเบอร์ 200) โดยการล้าง (A) 12,782

= 0.7 %



8. การรายงาน

8.1 รายงานปริมาณร้อยละของวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) โดยการล้างให้ใช้ทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง

8.2 กรณีใช้วิธี ข. ให้ระบุในรายงานการทดลอง

ว.214

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่.....1..... วันที่รับตัวอย่าง..... วันที่ทดลอง..... 24.ก.ย. 53.....
เจ้าของตัวอย่าง..... บริษัท แสงชัยโชค จำกัด..... หนังสือที่.....
ทางสาย..... ทางหลวงหมายเลข 3422 (อ.สองพี่น้อง) ตอนที่ 2 ส่วนที่ 2..... เจ้าหน้าที่ทดลอง..... อภิชาติ

ปริมาณวัสดุขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) ในวัสดุรวมรวมโดยการล้าง

วัสดุ..... หินผสมคอนกรีต ขนาด 3/4”..... ขนาดระบุใหญ่สุด..... 3/4”.....
แหล่งวัสดุ..... โรงโมหินศิลาพัฒนา 513 หมู่ 3 ต.จรเข้สามพัน อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี.....

มวลเริ่มต้นของการทดลอง (B) = ...12782..... กรัม

มวลสุดท้ายของการทดลอง (C) = ...12695..... กรัม

ปริมาณร้อยละของวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) โดยการล้าง (A)

$$\begin{aligned} A &= \frac{B-C}{B} \times 100 \\ &= \frac{12782 - 12695}{12782} \times 100 \\ &= 0.7\% \end{aligned}$$

หมายเหตุ

.....



9. ข้อควรระวัง

- 9.1 ขั้นตอนการกวนตัวอย่างต้องระวังไม่ให้เกิดการสูญหายของน้ำและตัวอย่างจากภาชนะ
- 9.2 การใช้เครื่องกวนตัวอย่างอาจทำให้เกิดการแตกสลาย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้อาจมีค่ามากผิดปกติ

การทดลองที่ ทล. - ท. 215/2546

วิธีการทดลองหาปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่าย
ในวัสดุมวลรวม



ทล.-ท.215/2546

วิธีการทดลองหาปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวม

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวม

2. เครื่องมือทดลอง

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 เครื่องชั่ง สามารถชั่งได้ละเอียดถึงร้อยละ 0.1 ของตัวอย่างทดลองทั้งหมด



2.2 ตะแกรง ช่องผ่านเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด ดังนี้

- 1 ½ นิ้ว (37.5 มิลลิเมตร)
- ¾ นิ้ว (19.0 มิลลิเมตร)
- ½ นิ้ว (9.5 มิลลิเมตร)
- ตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร)
- ตะแกรงเบอร์ 16 (1.18 มิลลิเมตร)



2.3 ภาชนะบรรจุ มีขนาดใหญ่และแข็งแรงพอที่จะแช่ตัวอย่างทดลองและเกลี่ยตัวอย่างทดลองทั้งหมดเป็นชั้นบางๆได้



2.4 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110 ± 5 องศาเซลเซียส

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

น้ำสะอาด

4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 215-1 สำหรับวัสดุมวลรวมละเอียด

ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 215-2 สำหรับวัสดุมวลรวมหยาบ



ว. 215 - 1

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่..... วันที่รับตัวอย่าง..... วันที่ทดลอง.....
เจ้าของตัวอย่าง..... หนังสือที่.....
สายทาง..... เจ้าหน้าที่ทดลอง.....

ปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่าย ในวัสดุมวลรวมละเอียด

วัสดุ..... มวลตัวอย่าง.....
แหล่งวัสดุ.....

มวลเริ่มต้นของการทดลอง (M) =..... กรัม

มวลสุดท้ายของการทดลอง (R) =..... กรัม

ปริมาณร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวมละเอียด

$$P = \left(\frac{M-R}{M} \right) \times 100$$

หมายเหตุ.....



ว. 215 - 2

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่..... วันที่รับตัวอย่าง..... วันที่ทดลอง.....
 เจ้าของตัวอย่าง..... หนังสือที่.....
 สายทาง..... เจ้าหน้าที่ทดลอง.....

ปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่าย ในวัสดุมวลรวมหยาบ

วัสดุ..... มวลตัวอย่าง.....
 แหล่งวัสดุ.....

ขนาดผละของมวลรวมหยาบ

ขนาดวัสดุ	มวลของวัสดุแต่ละขนาด	
	กรัม (W_i)	ร้อยละ (A_i)
ขนาดใหญ่กว่า 37.5 มิลลิเมตร (1 1/2 นิ้ว)		
37.5 มิลลิเมตร ถึง 19.0 มิลลิเมตร (1 1/2 นิ้ว ถึง 3/4 นิ้ว)		
19.0 มิลลิเมตร ถึง 9.5 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว ถึง 3/8 นิ้ว)		
9.5 มิลลิเมตร ถึง 4.75 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว ถึง เบอร์ 4)		
Pan		
รวม (W)		

$$A_i = \frac{W_i}{W} \times 100$$

$$P_i = \left(\frac{M_i - R_i}{M_i} \right) \times 100$$

$$P_{wi} = \frac{P_i \times A_i}{100}$$

$$P = \sum P_{wi}$$

ปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวม

ขนาดวัสดุ	มวลเริ่มต้น ของการ ทดลอง, กรัม (M_i)	มวลเริ่มต้น ของการ ทดลอง, กรัม (R_i)	ร้อยละ ปริมาณก้อน ดินเหนียว และวัสดุที่ แตกร่วนง่าย (P_i)	ร้อยละ (ถ่วง น้ำหนัก) ปริมาณก้อน ดินเหนียว และวัสดุที่ แตกร่วนง่าย (P_{wi})
ขนาดใหญ่กว่า 37.5 มิลลิเมตร (1 1/2 นิ้ว)				
37.5 มิลลิเมตร ถึง 19.0 มิลลิเมตร (1 1/2 นิ้ว ถึง 3/4 นิ้ว)				
19.0 มิลลิเมตร ถึง 9.5 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว ถึง 3/8 นิ้ว)				
9.5 มิลลิเมตร ถึง 4.75 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว ถึง เบอร์ 4)				
			ปริมาณรวม (P)	

หมายเหตุ.....



5. การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างทดลองนี้จะต้องเป็นวัสดุมวลรวมส่วนที่ผ่านการล้างตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.214 “วิธีการทดลองหาปริมาณวัสดุขนาดเล็กลงกว่า 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) ในวัสดุมวลรวมโดยการล้าง” แล้ว

5.1 วัสดุมวลรวมละเอียด

ให้นำส่วนที่ค้างตะแกรงขนาดช่องผ่าน 1.18 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 16) มาใช้ในการทดลอง และต้องมีมวลไม่น้อยกว่า 100 กรัม

5.2 วัสดุมวลรวมหยาบ

ให้ทำการคัดแยกตามขนาดด้วยระแกรงขนาดช่องผ่าน 37.5 มิลลิเมตร (ตะแกรงขนาด 1 ½ นิ้ว) 19.0 มิลลิเมตร (ตะแกรงขนาด ¾ นิ้ว) 9.50 มิลลิเมตร (ตะแกรงขนาด ⅜ นิ้ว) และ 4.75 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 4)

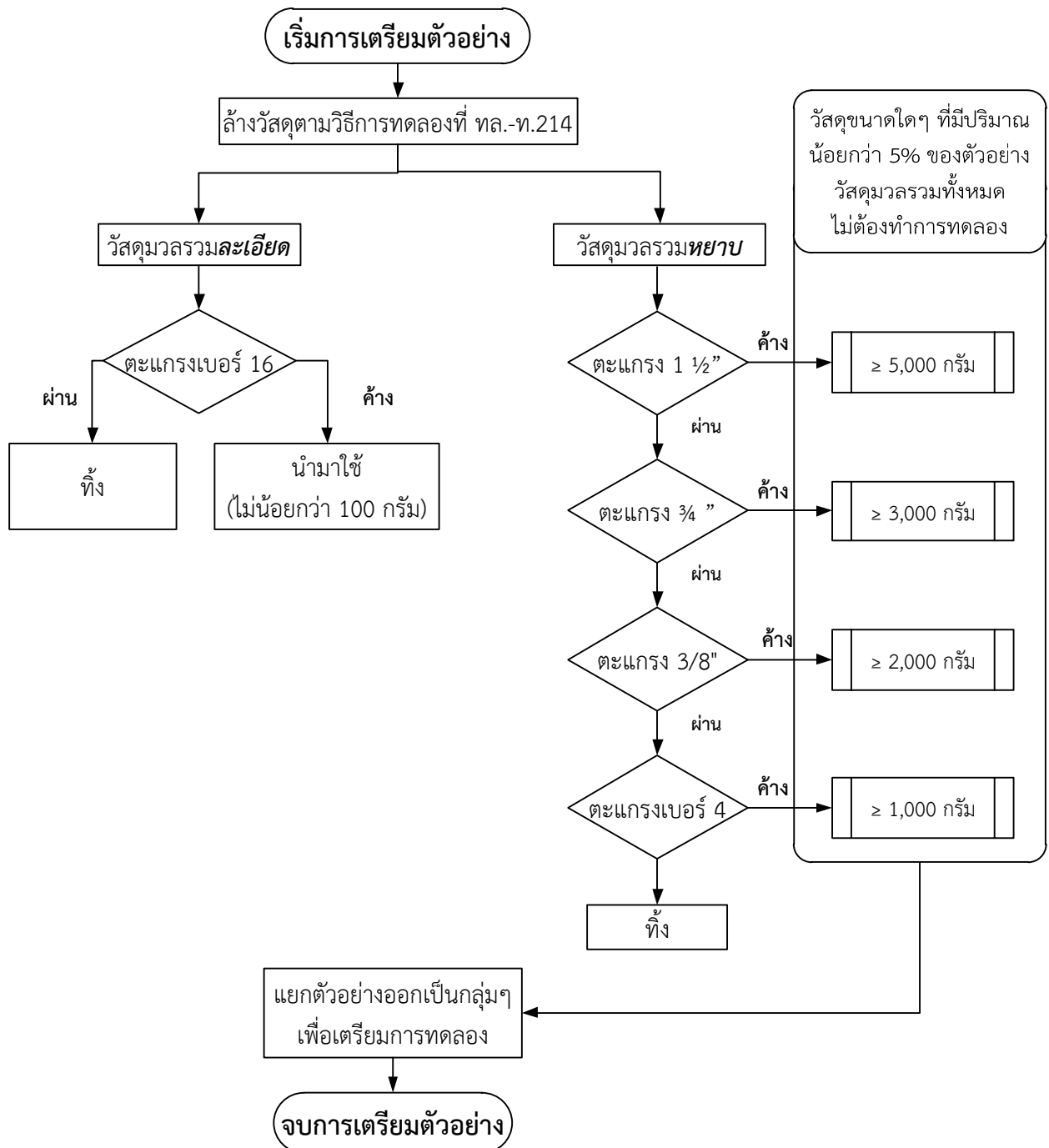
นำวัสดุมวลรวมหยาบที่ค้างบนแต่ละตะแกรงข้างต้นจัดทำเป็นตัวอย่างทดลองของวัสดุมวลรวมหยาบตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณตัวอย่างทดลอง

ขนาดของวัสดุ	ปริมาณตัวอย่างไม่น้อยกว่า, กรัม
ขนาดใหญ่กว่า 37.5 มิลลิเมตร (1 ½ นิ้ว)	5,000
37.5 มิลลิเมตร ถึง 19.0 มิลลิเมตร (1 ½ ถึง ¾ นิ้ว)	3,000
19.0 มิลลิเมตร ถึง 9.5 มิลลิเมตร (¾ นิ้ว ถึง ⅜ นิ้ว)	2,000
9.5 มิลลิเมตร ถึง 4.75 มิลลิเมตร (⅜ นิ้ว ถึง เบอร์ 4)	1,000



ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง





6. การทดลอง



6.1 อบตัวอย่างทดลองให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส



6.2 ชั่งหามวลให้ได้ความละเอียดร้อยละ 0.1 ของตัวอย่างทดลอง บันทึกเป็นมวลเริ่มต้นของการทดลอง



6.3 นำตัวอย่างตามข้อ 6.2 ใส่ภาชนะที่เตรียมไว้และเกลี่ยให้เป็นชั้นบางๆ จากนั้นเติมน้ำลงในภาชนะจนท่วมตัวอย่าง แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ± 4 ชั่วโมง



6.4 ใช้นิ้วมือบีบเม็ดวัสดุของตัวอย่างทดลองให้ทั่วถึง เพื่อให้แตกเป็นเม็ดเล็กๆ โดยห้ามใช้เล็บจิกหรือกดเม็ดวัสดุลงบนวัสดุอื่นที่แข็งกว่าหรือกระทบกันเองเพื่อให้แตก



6.5 ล้างวัสดุตัวอย่างผ่านตะแกรงตามขนาดที่ระบุในตารางที่ 2



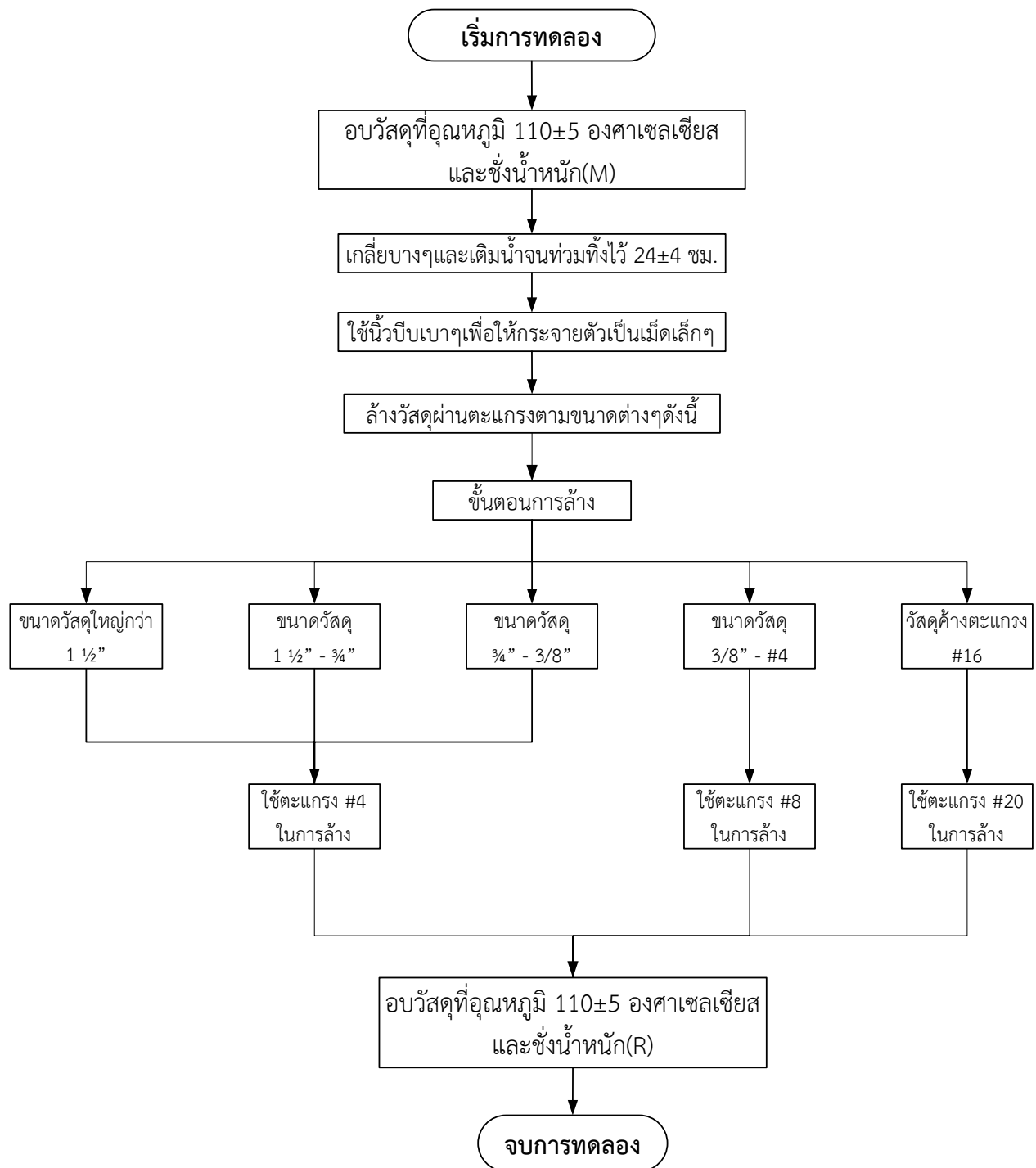
6.6 อบตัวอย่างที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาดตามข้อ 2.5.4 ให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส



6.7 นำไปชั่งหามวลให้ได้ความละเอียดร้อยละ 0.1 บันทึกเป็นมวลสุดท้ายของการทดลอง



ผังขั้นตอนการทดลอง





7. การคำนวณ

7.1 สูตรการคำนวณ

7.1.1 คำนวณหาปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวมได้ดังนี้

$$P = \left(\frac{M - R}{M} \right) \times 100$$

.....(1)

เมื่อ P = ปริมาณร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวม

M = มวลเริ่มต้นของการทดลอง

R = มวลสุดท้ายของการทดลอง

7.1.1.1 กรณีที่เป็นวัสดุมวลรวมละเอียด ค่าที่คำนวณได้จากสมการ (1) จะเป็นปริมาณร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวมละเอียด

7.1.1.2 กรณีที่เป็นวัสดุมวลรวมหยาบ มีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

$$A = \left(\frac{W_i}{W} \right) \times 100$$

.....(2)

เมื่อ A_i = ปริมาณร้อยละของวัสดุที่ค้ำตะแกรงแต่ละขนาด

W_i = มวลของวัสดุที่ค้ำตะแกรงแต่ละขนาด

W = มวลของตัวอย่างทั้งหมด

1. หาปริมาณร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุแต่ละขนาด (P_i) ตามสมการ (1)

2. หาปริมาณถ่วงน้ำหนักเป็นร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุแต่ละขนาด (P_{wi}) ได้ดังนี้

$$P_{wi} = \left(\frac{P_i \times A_i}{100} \right)$$

.....(3)



เมื่อ P_{wi} = ปริมาณถ่วงน้ำหนักเป็นร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุแต่ละขนาด

P_i = ปริมาณร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุแต่ละขนาด

A_i = ปริมาณร้อยละของวัสดุที่ค้ำตะแกรงแต่ละขนาด

- นำค่าที่ได้ใน 3.2.3 ของวัสดุแต่ละขนาดมารวมกันเป็นปริมาณร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวมหยาบ ตามสมการได้ดังนี้

$$P = \sum P_{wi}$$

.....(4)

- กรณีที่ A_i น้อยกว่าร้อยละ 5 ให้นำค่า P_i ของตะแกรงขนาดข้างเคียงที่มีค่าสูงมาใช้ในการคำนวณ P_{wi}

7.2 ตัวอย่างการคำนวณ

7.2.1 การคำนวณหาปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวมละเอียด

มวลเริ่มต้นการทดลอง (M_i) = 206 กรัม

มวลสุดท้ายของการทดลอง (R_i) = 201.2 กรัม

ปริมาณร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวมละเอียด

$$\begin{aligned} P_i &= \left(\frac{M - R}{M} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{206 - 201.2}{206} \right) \times 100 \end{aligned}$$

7.2.2 การคำนวณหาปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวมหยาบ

ขนาดคละของมวลรวมหยาบ

มวลรวมของวัสดุทุกขนาด = 12,000 กรัม

วัสดุขนาดใหญ่กว่า 37.5 มม. = - กรัม

วัสดุขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. แต่เล็กกว่า 37.5 มม.

= 6,226 กรัม (W_2)

= (6,226 × 100)/12,000

= 51.88 % (A_i)



วัสดุขนาดใหญ่กว่า 9.5 มม. แต่เล็กกว่า 19.0 มม.

$$= 2,627 \text{ กรัม } (W_1)$$

$$= (2,627 \times 100)/12,000$$

$$= 21.89 \% (A_1)$$

วัสดุขนาดใหญ่กว่า 4.75 มม. แต่เล็กกว่า 9.5 มม.

$$= 2,420 \text{ กรัม } (W_2)$$

$$= (2,420 \times 100)/12,000$$

$$= 20.17 \% (A_2)$$

วัสดุขนาดเล็กกว่า 4.75 มม. (ตะแกรงเบอร์ 4) = 727 กรัม

ปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวม

วัสดุขนาดใหญ่กว่า 37.5 มม. = - กรัม

วัสดุขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. แต่เล็กกว่า 37.5 มม.

มวลเริ่มต้นของการทดลอง (M_i) = 6,226 กรัม

มวลสุดท้ายของการทดลอง (R_i) = 6,062 กรัม

ร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่าย

$$= ((6,226 - 6,062) \times 100)/6,226$$

$$= 2.63 \%$$

ร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่าย (ถ่วงน้ำหนัก) P_{wt}

$$P_{wt} = \frac{P_t \times A_t}{100}$$

$$= (2.63 \times 51.88)/100$$

$$= 1.37 \% \dots\dots\dots(1)$$

วัสดุขนาดใหญ่กว่า 9.5 มม. แต่เล็กกว่า 19.0 มม.

มวลเริ่มต้นของการทดลอง (M_i) = 2,627 กรัม

มวลสุดท้ายของการทดลอง (R_i) = 2,420 กรัม

ร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่าย

$$= ((2,627 - 2,420) \times 100)/2,627$$

$$= 7.88 \%$$



ร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่าย (ถ่วงน้ำหนัก) P_{wt}

$$\begin{aligned} P_{wt} &= \frac{P_t \times A_t}{100} \\ &= (7.88 \times 21.89)/100 \\ &= 1.73 \% \quad \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

วัสดุขนาดใหญ่กว่า 4.75 มม. แต่เล็กกว่า 9.5 มม.

มวลเริ่มต้นของการทดลอง (M_i) = 2,420 กรัม

มวลสุดท้ายของการทดลอง (R_i) = 2,390 กรัม

ร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่าย

$$\begin{aligned} &= ((2,420 - 2,390) \times 100)/2,420 \\ &= 1.24 \% \end{aligned}$$

ร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่าย (ถ่วงน้ำหนัก) P_{wt}

$$\begin{aligned} P_{wt} &= \frac{P_t \times A_t}{100} \\ &= (1.24 \times 20.17)/100 \\ &= 0.25 \% \quad \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

∴ ปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุรวมหยาบ ร้อยละ(P)

$$\begin{aligned} P &= \sum P_{wt} \\ &= (1) + (2) + (3) \\ &= 1.37 + 1.73 + 0.25 \\ &= 3.34 \% \end{aligned}$$

8. การรายงาน

ในการทำ Compaction Test แบบมาตรฐานให้รายงานดังนี้

รายงานการทดลองหาปริมาณร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายให้ใกล้เคียงร้อยละ 0.1 มากที่สุด กรณีผลลัพธ์ที่ได้มากกว่าร้อยละ 10 ให้รายงานเป็นจำนวนเต็ม



ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ ว. 215 – 1

ว. 215 - 1

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ ค - 215/46

วันที่รับตัวอย่าง 9 ตุลาคม 2555 วันที่ทดลอง 10 ตุลาคม 2555

เจ้าของตัวอย่าง บริษัท####

หนังสือที่ คค ####

สายทาง โครงการ.....

เจ้าหน้าที่ทดลอง วุฒิชัย, วรชัย, ทศพล, เจษฎา

ปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่าย ในวัสดุมวลรวมละเอียด

วัสดุ.....หินผสมคอนกรีต.....มวลตัวอย่าง.....1,200 กรัม.....

แหล่งวัสดุ.....Plant Alfa Concrete กม. 2+500 RT ทางเลี่ยงเมืองขอนแก่น - อุดรธานี.....

มวลเริ่มต้นของการทดลอง (M) =.....206..... กรัม

มวลสุดท้ายของการทดลอง (R) =.....201.2..... กรัม

ปริมาณร้อยละของก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวมละเอียด

$$\begin{aligned} P &= \left(\frac{M-R}{M} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{206 - 201.2}{206} \right) \times 100 \\ &= 2.33\% \end{aligned}$$

หมายเหตุ.....



ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ ว. 215 - 2

ว. 215 - 2

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ ค - 215/46

วันที่รับตัวอย่าง 9 ตุลาคม 2555 วันที่ทดลอง 10 ตุลาคม 2555

เจ้าของตัวอย่าง บริษัท####

หนังสือที่ คค ####

สายทาง โครงการ.....

เจ้าหน้าที่ทดลอง วุฒิชัย, วรชัย, ทศพล, เกษฎา

ปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่าย ในวัสดุมวลรวมหยาบ

วัสดุ.....หินผสมคอนกรีต.....มวลตัวอย่าง...12,000 กรัม....

แหล่งวัสดุ.....Plant Alfa Concrete กม. 2+500 RT ทางเลี่ยงเมืองขอนแก่น - อุดรธานี.....

ขนาดผลของมวลรวมหยาบ

ขนาดวัสดุ	มวลของวัสดุแต่ละขนาด	
	กรัม (W_i)	ร้อยละ (A_i)
ขนาดใหญ่กว่า 37.5 มิลลิเมตร (1 1/2 นิ้ว)	-	-
37.5 มิลลิเมตร ถึง 19.0 มิลลิเมตร (1 1/2 นิ้ว ถึง 3/4 นิ้ว)	6,226	51.88
19.0 มิลลิเมตร ถึง 9.5 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว ถึง 3/8 นิ้ว)	2,627	21.89
9.5 มิลลิเมตร ถึง 4.75 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว ถึง เบอร์ 4)	2,420	20.17
Pan	727	-
รวม (W)	12,000	-

$$A_i = \frac{W_i}{W} \times 100$$

$$P_i = \left(\frac{M_i - R_i}{M_i} \right) \times 100$$

$$P_{wi} = \frac{P_i \times A_i}{100}$$

$$P = \sum P_{wi}$$

ปริมาณก้อนดินเหนียวและวัสดุที่แตกร่วนง่ายในวัสดุมวลรวม

ขนาดวัสดุ	มวลเริ่มต้น ของการ ทดลอง, กรัม (M_i)	มวลสุดท้าย ของการ ทดลอง, กรัม (R_i)	ร้อยละ ปริมาณก้อน ดินเหนียว และวัสดุที่ แตกร่วนง่าย (P_i)	ร้อยละ (ถ่วง น้ำหนัก) ปริมาณก้อน ดินเหนียว และวัสดุที่ แตกร่วนง่าย (P_{wi})
ขนาดใหญ่กว่า 37.5 มิลลิเมตร (1 1/2 นิ้ว)	-	-	-	-
37.5 มิลลิเมตร ถึง 19.0 มิลลิเมตร (1 1/2 นิ้ว ถึง 3/4 นิ้ว)	6,226	6,062	2.63	1.37
19.0 มิลลิเมตร ถึง 9.5 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว ถึง 3/8 นิ้ว)	2,627	2,420	7.88	1.73
9.5 มิลลิเมตร ถึง 4.75 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว ถึง เบอร์ 4)	2,420	2,390	1.24	0.25
			ปริมาณรวม (P)	3.34

หมายเหตุ.....



9. ข้อควรระวัง

ในขั้นตอนการล้างตัวอย่างผ่านตะแกรงจะต้องระวังไม่ให้เกิดการสูญเสียของน้ำและตัวอย่าง เนื่องจากจะทำให้มวลของก้อนดินและวัสดุที่แตกร่วนง่ายที่ได้ผลิตพลาคไป

การทดลองที่ ทล. - ท. 302/2531

วิธีการทดลองหาค่าแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก
และรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์



ทล. – ท. 302/2531

วิธีการทดลองหาค่าแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก และรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้ เป็นวิธีการทดลองหาค่าแรงอัด (Compressive Strength) ของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก และรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

2. เครื่องมือ



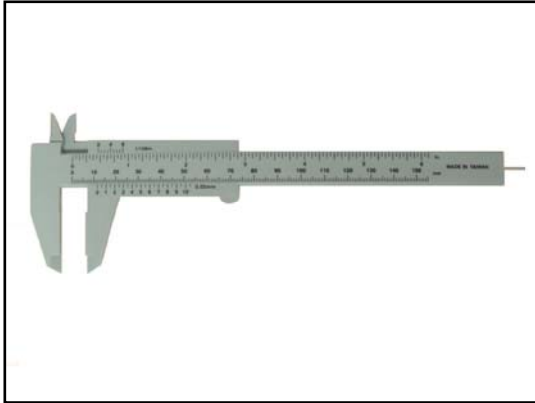
2.1 เครื่องทดลอง

สามารถให้น้ำหนักกดได้สูงเพียงพอ และให้น้ำหนักกดในอัตราคงที่ อยู่ในเกณฑ์ 1.4 – 2.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที

ส่วนที่ใช้กดของเครื่องทดลองจะต้องประกอบด้วยแผ่นแบริงเหล็ก 2 แผ่น ที่มีพื้นหน้าแข็ง เรียบและเคลื่อนตัวไม่ได้

ขนาดพื้นหน้าแบริงของแผ่นแบริงอันบนที่ใช้ ในการทดลอง จะต้องมีความใหญ่ที่สุดไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้

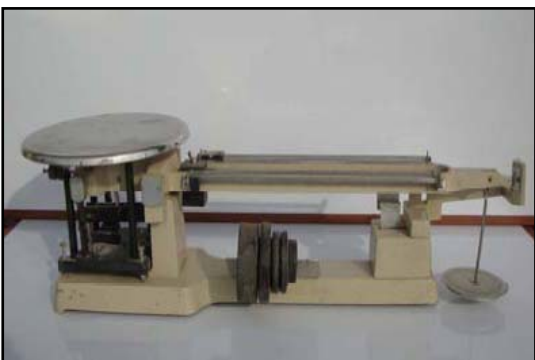
เส้นผ่านศูนย์กลางหรือขนาดสี่เหลี่ยมจัตุรัสของแท่งตัวอย่างทดลอง มิลลิเมตร (นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลางหรือขนาดสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ใหญ่ที่สุดของพื้นหน้าแบริง มิลลิเมตร (นิ้ว)
51 (2)	102 (4)
76 (3)	127 (5)
102 (4)	165 (6 1/2)
152 (6)	254 (10)
202 (8)	279 (11)



2.2 Vernier Caliper ใช้วัดขนาดของแท่งตัวอย่างชนิด
อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร



2.3 เครื่องชั่ง สามารถวัดค่าความละเอียดได้ถึง 1 กรัม



3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

วัสดุใช้น้ำมันรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง (Capping compound) ที่สามารถรับแรงอัดได้สูงกว่าแรงอัด
ของแท่งตัวอย่าง

4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์ม ว. 4-01 และ ว. 4-02

[illegible]



ว. 4-02

อันดับทดลองที่ วันที่ได้รับตัวอย่าง วันที่รับหนังสือ
เจ้าของตัวอย่าง สัญญาที่ หนังสือที่ ลงวันที่ ของ
ทางสาย เจ้าหน้าที่ทดลอง (แผนที่.....ของ.....แผ่น)

สรุปรายงานการทดลองแรงอัดของแท่งคอนกรีต										
อันดับที่	แห่งที่	ส่วนของโครงสร้างที่นำมาหล่อ	ส่วนผสม	ชนิดซีเมนต์	ความยุบ(ชม.)	แรงอัดที่กำหนดในแบบ(กก./ซม. ²)	วันหล่อ	วันทดสอบ	อายุหน่วยแรงแฉด(กก./ซม. ²)	หมายเหตุ

ผลการวิเคราะห์ผู้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำคัญวิเคราะห์และตรวจได้รับเท่านั้น.



5. การเตรียมตัวอย่าง

- 5.1 วัดและบันทึกค่าความกว้าง ความยาว และความสูง ของแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ เพื่อหาพื้นที่หน้าตัด และปริมาตร ถ้าเป็นแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก ให้วัดและบันทึกค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง เพื่อหาพื้นที่หน้าตัดและปริมาตร



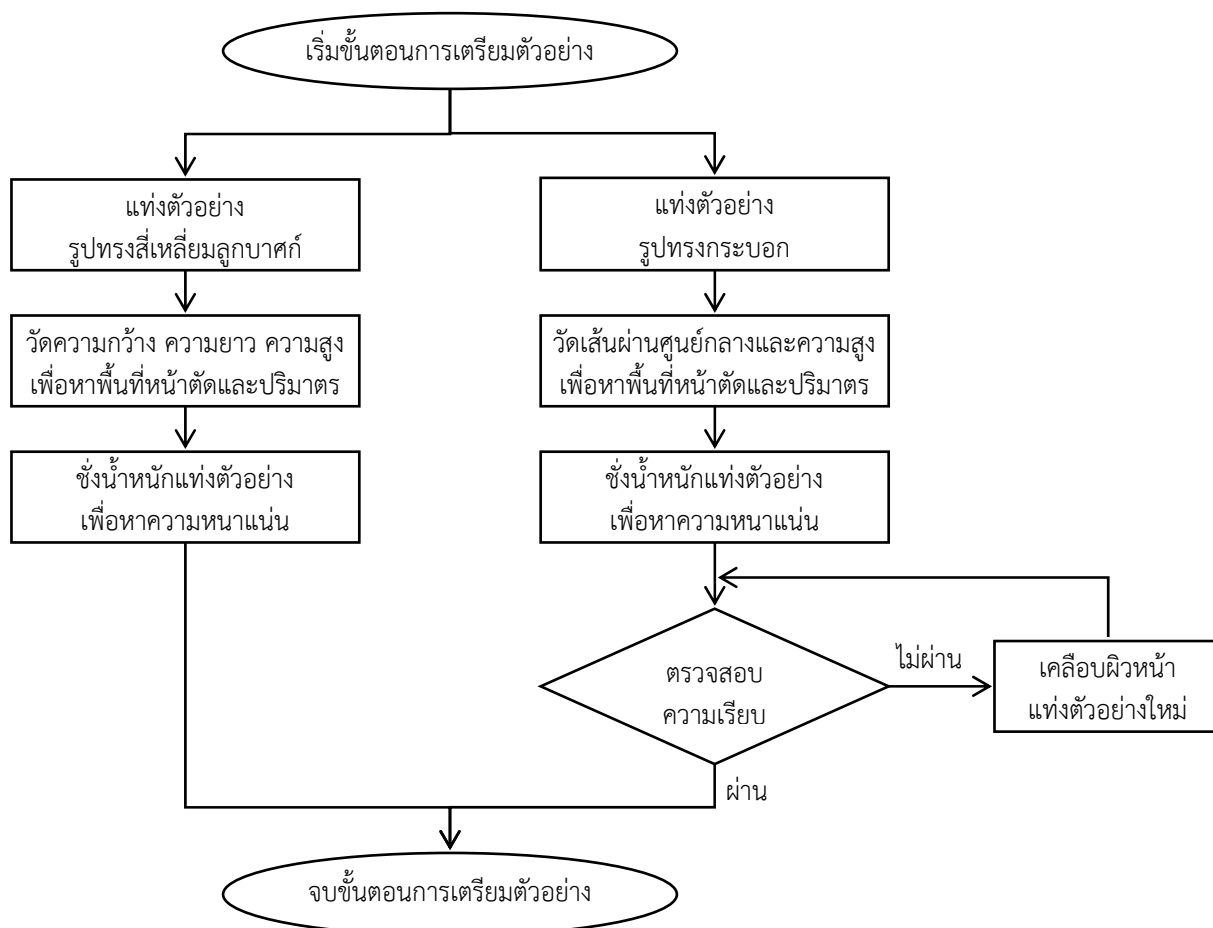
- 5.2 ชั่งน้ำหนักของแท่งตัวอย่าง เพื่อหาความหนาแน่นของแท่งคอนกรีต



5.3 ก่อนทำการทดสอบแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอก ปลายทั้งสองด้านจะต้องเรียบเป็นระนาบตั้งฉากกับแนวแกน กรณีที่ปลายของแท่งตัวอย่างไม่เรียบ จะต้องทำการตัดหรือเคลือบผิวหน้า แท่งตัวอย่างทั้งสองด้านด้วยวัสดุเคลือบผิวที่สามารถรับแรงอัดได้สูงกว่าแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีต ส่วนแท่งตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ ไม่ต้องเคลือบผิว



ผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกและรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์





6. การทดลอง

- 6.1 วางแผ่นแปะรีดด้านล่างให้ตรงกับแผ่นด้านบน กวาดผิวหน้าแผ่นแปะรีดให้สะอาด จากนั้นนำแท่งตัวอย่างวางบนกึ่งกลางของแท่นทดสอบโดยจัดให้แกนของแท่งตัวอย่างอยู่ในแนวศูนย์กลางของแท่นกด



- 6.2 เดินเครื่องทดสอบกำลังอัด ให้น้ำหนักกดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ โดยให้น้ำหนักกดด้วยอัตราคงที่ในช่วง 1.4 ถึง 2.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที ในการควบคุมเครื่องทดสอบในช่วงครึ่งแรกของน้ำหนักกดสูงสุดที่แท่งตัวอย่างจะรับได้ ยอมให้ใช้อัตราการกดสูงกว่ากำหนดได้ หลังจากนั้นให้ปรับน้ำหนักกดด้วยอัตราคงที่ตามที่กำหนดไว้

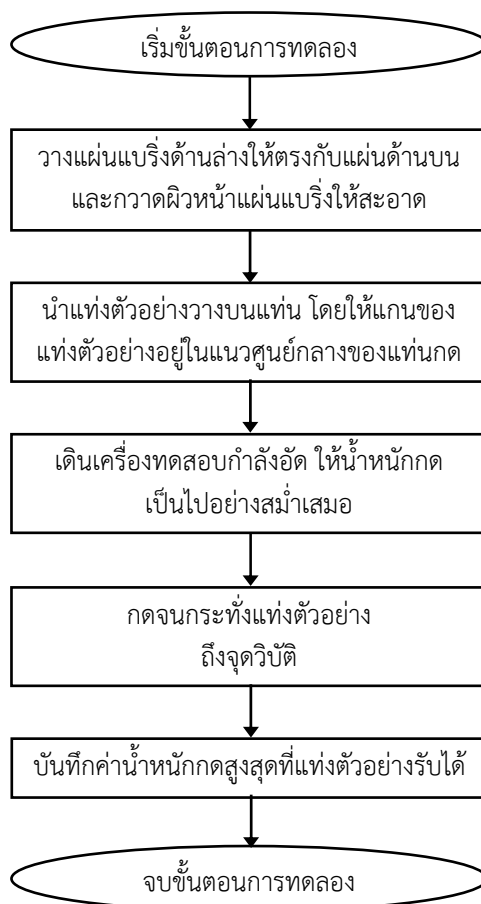




6.3 ทำการกดจนกระทั่งแท่งตัวอย่างถึงจุดวิบัติ บันทึกค่าแรงกดที่ได้แล้วนำค่าแรงกดและพื้นที่หน้าตัดที่ได้มาหาค่ากำลังอัดต่อไป



ผังขั้นตอนการทดลองหาค่าแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกและรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์





7. การคำนวณ

7.1 คำนวณหาแรงอัดของแท่งตัวอย่างจากสูตร :-

$$\text{แรงอัดสูงสุดของแท่งตัวอย่าง} = \frac{\text{น้ำหนักกดสูงสุดที่แท่งตัวอย่างรับได้ (กิโลกรัม)}}{\text{พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของแท่งตัวอย่าง (ตารางเซนติเมตร)}}$$

คำนวณแรงอัดสูงสุดของแท่งตัวอย่างเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

7.2 คำนวณหาความแน่นของแท่งตัวอย่างจากสูตร :-

$$\text{ความแน่นของแท่งตัวอย่าง} = \frac{\text{น้ำหนักของแท่งตัวอย่าง (กิโลกรัม)}}{\text{ปริมาตรของแท่งตัวอย่าง (ลูกบาศก์เมตร)}}$$

คำนวณความแน่นของแท่งตัวอย่างเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

7.3 การแปลงค่าจากหน่วยแรงกด

$$\text{น้ำหนักกดสูงสุด (กิโลกรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักกดสูงสุด (กิโลนิวตัน)} \times 1,000}{9.81}$$

7.4 ตัวอย่างการคำนวณ

7.4.1 สำหรับแท่งตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

7.4.1.1 การคำนวณหาแรงอัดสูงสุดของแท่งตัวอย่าง

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักกดสูงสุดที่แท่งตัวอย่างรับได้} &= 1,014 \quad \text{กิโลนิวตัน} \\ &= (1,014 \times 1,000) / 9.81 \\ &= 103,363.9 \quad \text{กิโลกรัม-แรง} \\ \text{พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของแท่งตัวอย่าง} &= 225 \quad \text{ตารางเซนติเมตร} \\ \text{แรงอัดสูงสุดของแท่งตัวอย่าง} &= 103,363.9 / 225 \\ &= 459.4 \quad \text{กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร} \end{aligned}$$

7.4.1.2 การคำนวณหาความแน่นของแท่งตัวอย่าง

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักของแท่งตัวอย่าง} &= 8.250 \quad \text{กิโลกรัม} \\ \text{ปริมาตรของแท่งตัวอย่าง} &= 0.003375 \quad \text{ลูกบาศก์เมตร} \\ \text{ความแน่นของแท่งตัวอย่าง} &= 8.250 / 0.003375 \\ &= 2,444.4 \quad \text{กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} \end{aligned}$$



7.4.2 สำหรับแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอก

7.4.2.1 การคำนวณหาแรงอัดสูงสุดของแท่งตัวอย่าง

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักกดสูงสุดที่แท่งตัวอย่างรับได้} &= 700 && \text{กิโลนิวตัน} \\
 &= (700 \times 1,000) / 9.81 \\
 &= 71,355.76 && \text{กิโลกรัม-แรง} \\
 \text{พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของแท่งตัวอย่าง} &= 176.72 && \text{ตารางเซนติเมตร} \\
 \text{แรงอัดสูงสุดของแท่งตัวอย่าง} &= 71,355.76 / 176.72 \\
 &= 403.8 && \text{กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร}
 \end{aligned}$$

7.4.2.2 การคำนวณหาความแน่นของแท่งตัวอย่าง

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักของแท่งตัวอย่าง} &= 12.750 && \text{กิโลกรัม} \\
 \text{ปริมาตรของแท่งตัวอย่าง} &= 0.0053 && \text{ลูกบาศก์เมตร} \\
 \text{ความแน่นของแท่งตัวอย่าง} &= 12.750 / 0.0053 \\
 &= 2,405.0 && \text{กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}
 \end{aligned}$$

8. การรายงาน

การรายงานให้ใช้แบบฟอร์ม ว. 4-01 และ ว.4-02 รายงานรายละเอียดต่างๆ และให้เพิ่มเติมถ้ามี

8.1 ข้อบกพร่องของแท่งตัวอย่าง หรือผิวฉาบหน้าแท่งตัวอย่าง (Caps)

8.2 ลักษณะของการแตกที่ไม่ใช่ลักษณะแตกเป็นรูปกรวย ซึ่งแตกตามปกติ



สำนักวิศวกรรมและตรวจสอบ		3.4-01	
อันดับโครงการที่ ๐๔-๑๐/๒๕๖๓	วันที่รับตัวอย่าง ๗/4/๖๓	วันที่รับหนังสือ 4/๖/๖๓	
เจ้าของตัวอักษร บ.วิชัยก่อสร้าง (1979) จำกัด สัญญาที่ สส.1/2553 ลง.29 ต.ค. 2552	หนังสือที่ VN/(สส.1/53)/CON / 021 /2553	ขอวันที่ 8/4/53	
โครงการ ก่อสร้างสะพานลอยที่จุดตัดทางหลวงหมายเลข 307 กับ 306 (แยกสวนสมเด็จฯ จ.ปทุมธานี)	เจ้าหน้าที่ทดลอง น.อ.ดิ.อิทธิ	ขอวันที่ 1 ขอบ 1 (แผ่น)	

อันดับที่	แท่งที่	ส่วนประกอบโครงสร้างที่นำมาหล่อ	ส่วนผสม	ชนิดซีเมนต์	ความสูง ซม.	แรงอัดที่กำหนด กก./ซม. ²	วันที่หล่อ	วันทดลอง	อายุวัน	ขนาด ซม. ³	น้ำหนักกรัม	ความหนาแน่น กก./ซม. ³	แรงกด KN	หน่วยแรงอัด กก./ซม. ²	หมายเหตุ
1	1	Mountable Curb & Gutter	350-79&1091	ทรายภูเขา	7.0	210	6/4/53	4/5/53	28	☒ 15 ³	81๗๖	๑4๐๙.๘	๘7๐	๓๓4.๖	ข้อทดสอบที่แจ้งก่อนเมื่อ พ.ย. 28 วัน
2	2	ทศ.307 มม. 0+030.000 - 0+059.000 Lt.	"	Type I	7.0	"	"	"	"	"	8187	๑4๔5.๘	๑๐๐	4๐7.๑	
3	3	"	"	บริพัตรสหประชาชาติ คอนกรีต อีเก็ด	7.0	"	"	"	"	"	819๐	๑4๐๘.๑	855	๓๓7.5	
											"ผอมลงจริง"				
											D.O.R				
											(นายภูริช ชัยเวียง) หน.คว. ประจำโครงการ				

ค่าธรรมเนียมนการจดทะเบียนเป็นเงิน.....บาท

ผลการวิเคราะห์รับรอง และพิจารณาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ได้รับเท่านั้น

3.4 - 02

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

อันดับทดลองที่ CSC-10/2553,CSC-12/2553,CSC-13/2553
วันที่รับตัวอย่าง วันที่รับหนังสือ

[illegible]

สะพานลอยจุดตัดทางหลวงหมายเลข 307 กับ 306 (แยกสวนสมเด็จฯ จ.ปทุมธานี)	เจ้าหน้าที่	ของ	1	แผ่น
ทางสาย	สะพานลอยจุดตัดทางหลวงหมายเลข 307 กับ 306 (แยกสวนสมเด็จฯ จ.ปทุมธานี)	เจ้าหน้าที่	ของ	1

* แรงผลักดัน

สรุปรายงานการทดลองแรงอัดของแท่งคอนกรีต

[illegible]

ค่าธรรมเนียมการวิเคราะห์เป็นเงิน บาท ผลการวิเคราะห์หรือรับรองเฉพาะตัวอย่างที่ส่งมาก็วิเคราะห์และตรวจสอปได้เช่นกัน



9. ข้อควรระวัง

- 9.1 ห้ามมิให้ทำการแก้ไขค่าน้ำหนักกดที่ได้จากการบ่งชี้ของเครื่องทดลอง ด้วยการคำนวณหรือการใช้ Calibration diagram เพื่อให้ได้ค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมให้คลาดเคลื่อนได้
- 9.2 การทดลองที่ระบุให้ทดลองแท่งตัวอย่างที่บ่มขึ้น จะต้องดำเนินการทดลองให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ หลังจากได้นำแท่งตัวอย่างออกมาจากที่เก็บ
- 9.3 การชั่งน้ำหนักแท่งตัวอย่าง เพื่อหาความแน่นของแท่งคอนกรีต ให้ชั่งน้ำหนักของแท่งคอนกรีตเท่านั้น ไม่รวมน้ำหนักของวัสดุที่ฉาบปิดหน้าแท่ง (Caps) ถ้ามี
- 9.4 ให้ทำการตรวจสอบเครื่องทดลองที่ใช้งานเป็นประจำปีละครั้ง ถ้าไม่คอยใช้งาน 2 หรือ 3 ปีต่อครั้ง และเมื่อสงสัยว่าเครื่องทดลองอาจให้ผลทดลองไม่ถูกต้อง หรือหลังจากซ่อมหรือประกอบใหม่ให้ทำการตรวจสอบทันที

การทดลองที่ ทล. - ท. 304/2532

วิธีการทดลองหาความยวบตัวของคอนกรีต



ทล. – ท. 304/2532

วิธีการทดสอบหาความยุบตัวของคอนกรีต

1. ขอบข่าย

เป็นวิธีการทดสอบหาความยุบตัวของคอนกรีตที่มีค่าความยุบตัวอยู่ระหว่าง 5 มิลลิเมตร ถึง 175 มิลลิเมตร และขนาดมวลรวมก้อนที่โตที่สุดไม่เกิน 37.5 มิลลิเมตร

2. เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย



2.1 แบบโลหะ ทำจากแผ่นโลหะที่มีความหนาต้านทานน้ำปูนซีเมนต์ และมีความหนาสม่ำเสมอไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร มีลักษณะเป็นรูปกรวยกลวงตัดปลายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่ส่วนฐาน 200 ± 3 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่ส่วนบนสุด 100 ± 3 มิลลิเมตร และสูง 300 ± 5 มิลลิเมตร โดยที่ส่วนฐานและส่วนบนสุดจะเปิด ที่ระยะจากส่วนบนสุดมาประมาณ 100 มิลลิเมตร มีที่จับและที่ส่วนฐานมีที่เหยียบยึดติดกับแบบ



2.2 แท่งกระทุ้ง ทำด้วยเหล็กกลมเรียบ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 600 มิลลิเมตร ปลายด้านที่กระทุ้งบนเป็นรูปครึ่งวงกลม



2.3 ตลับเมตร ภาดโลหะ เกรียง ช้อน และอื่นๆ

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

-

4. แบบฟอร์ม

-

5. การเตรียมตัวอย่าง



นำตัวอย่างทดสอบประมาณ 50 กิโลกรัม มาคลุกเคล้าให้ทั่ว โดยใช้พลั่วตักโรยกองเป็นรูปกรวยตั้งตรงแล้วตักพลิกโรยกองเป็นรูปกรวยใหม่ ทำเช่นนี้จนได้รูปกรวยครั้งที่ 3 ให้ใช้พลั่วตัดผ่ายอดในแนวดิ่งซ้ำหลายๆครั้ง จนรูปกรวยทะลายราบลง ทั้งนี้ต้องเตรียมให้เสร็จภายใน 5 นาที



6. การทดลอง



6.1 นำแบบโลหะตามข้อ 2.1 ที่สะอาดและทำผิวให้ขึ้น วางบนพื้นที่เรียบ มั่นคงและไม่ดูดซึมน้ำ

6.2 ใส่คอนกรีตที่ได้เตรียมไว้ตามข้อ 5 ลงไป 3 ชั้น ชั้นละเท่าๆกัน แล้วใช้แท่งกระทุ้งตามข้อ 2.2 กระทุ้งให้ทั่วอย่างสม่ำเสมอ ตลอดความหนาของคอนกรีต 25 ครั้ง ต่อชั้น ถ้าระหว่างการกระทุ้งระดับคอนกรีตต่ำกว่าขอบบนของแบบแล้ว ต้องเติมคอนกรีตลงไปให้ล้นแบบตลอดเวลา

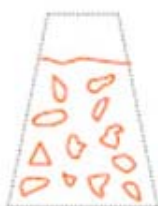


6.3 เสร็จแล้วใช้เหล็กกระทุ้งปาดขอบบนของแบบ(Sawing and Rolling Motion) ให้คอนกรีตส่วนที่เกินหลุดออกไป แล้วเอาแบบออกทันทีโดยยกขึ้นตรงๆ ช้าๆ ประมาณ 5 – 10 วินาทีระวังอย่าให้กระทบขอบคอนกรีตภายในแบบ กระบวนการทดลองนี้ตั้งแต่เริ่มต้นใส่คอนกรีตลงไปในแบบจนกระทั่งยกแบบออกจะต้องเสร็จสิ้นภายในเวลา 150 วินาที



6.4 ให้วัดค่าความยุบตัวทันทีหลังจากถอดแบบออกโดยวัดความสูงที่แตกต่างกันระหว่างแบบและคอนกรีต

หมายเหตุ ให้สังเกตรูปลักษณะของคอนกรีตเมื่อถอดแบบออก รูปร่างของคอนกรีตที่จะให้ค่าความยุบตัวถูกต้องยังคงรูปลักษณะของแบบไว้ตามรูปที่ 3 (ก) การยุบตัวจริง หากมีการยุบตัวในรูปลักษณะอื่นตามรูปที่ 3 (ข) การยุบตัวแบบเนียน และรูปที่ 3 (ค) การยุบตัวแบบพังทลาย ต้องนำคอนกรีตใหม่มาทดสอบซ้ำ



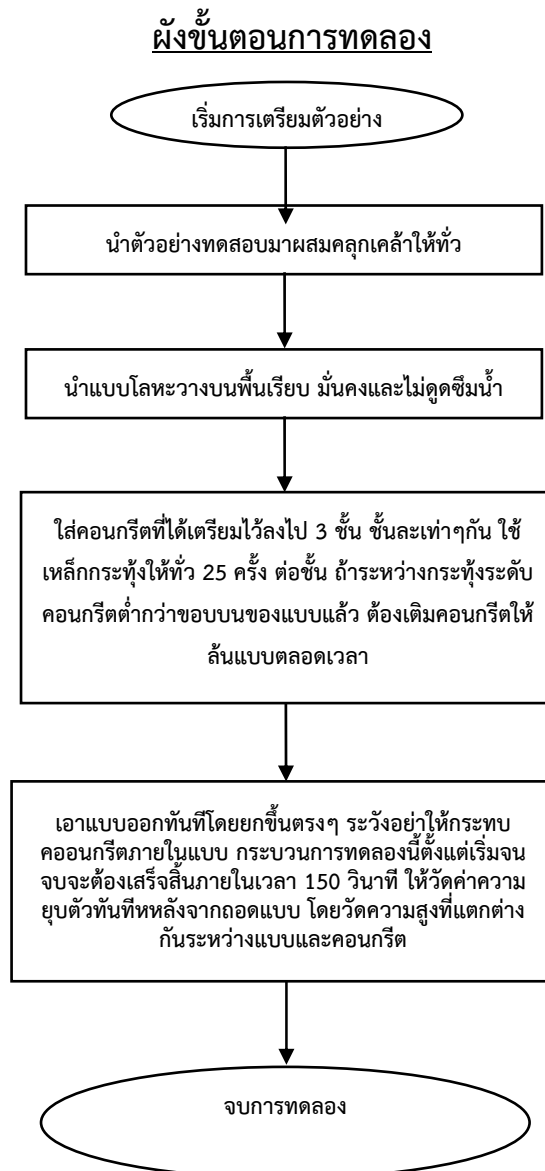
การยุบตัวจริง



การยุบตัวแบบเนียน



การยุบตัวแบบพังทลาย



7. การคำนวณ

คำนวณหาความยุบตัวได้ดังนี้

ค่าความยุบตัว = ความสูงของแบบ - ความสูงของคอนกรีตที่สูงที่สุดเมื่อถอดแบบออก

8. การรายงาน

รายงานค่าความยุบตัวให้ละเอียดถึง 5 มิลลิเมตร

9. ข้อควรระวัง

การทดลองที่ ทล. - ท. 305/2548

วิธีการทดลองหากล้างรับแรงดัดของคอนกรีตรูปคานโดยวิธี

Third – Point - Loading



ทล. – ท. 305/2548

วิธีการทดลองหาค่ารับแรงดัดของแท่งคอนกรีตรูปคานโดยวิธี Third-Point Loading

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาค่ารับแรงดัด (Flexural Strength) ของแท่งคอนกรีตรูปคาน โดยการทดลองให้น้ำหนักกระทำบนคานช่วงเดียว (Simple Beam) เป็นจุด ที่ระยะ $1/3$ ของความยาวช่วงคาน ประสิทธิภาพ

2. เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย

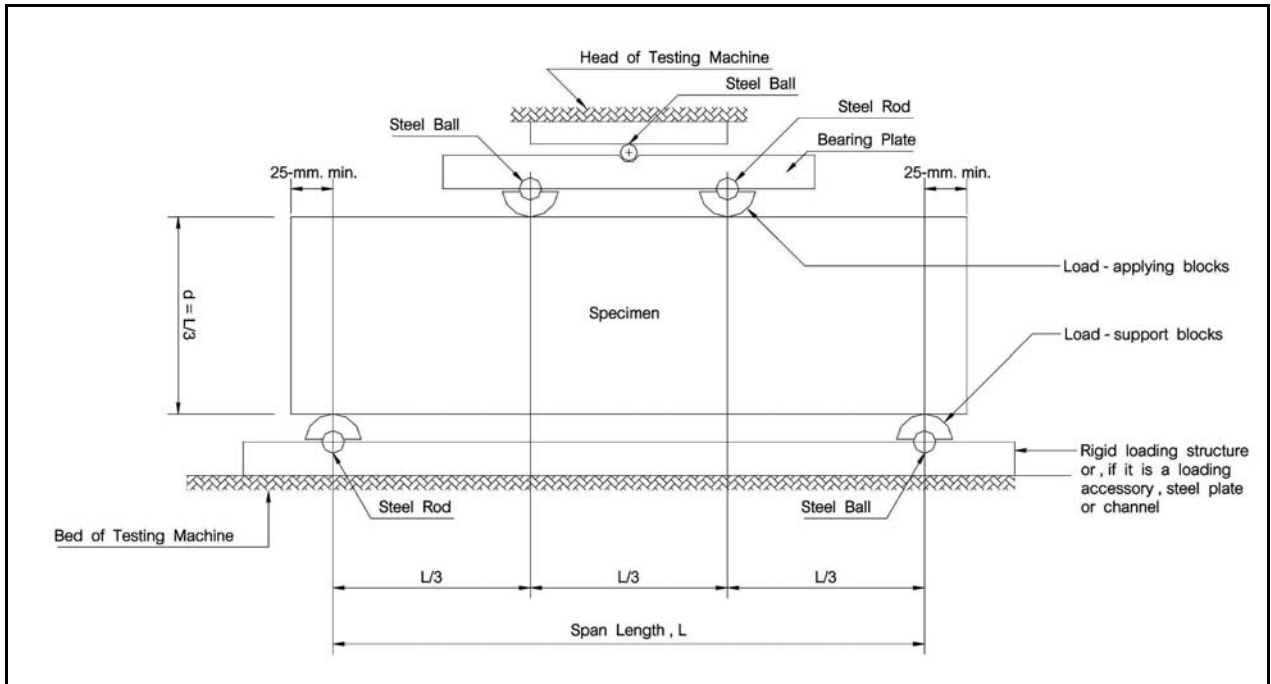


2.1 เครื่องทดลอง ให้ใช้เครื่องทดลองที่ใช้มอเตอร์ปั๊มที่สามารถให้แรงกดที่เพียงพอ สม่่าเสมอและต่อเนื่องในการกด 1 ครั้ง

2.2 อุปกรณ์ถ่ายแรง ต้องมีอุปกรณ์ที่สามารถถ่ายแรงในลักษณะที่ตั้งฉากกับผิวหน้าของคานทดลองได้โดยไม่มีการเอียงศูนย์ อุปกรณ์ถ่ายแรงต้องเป็นไปตามรูปที่ 1

อุปกรณ์ทุกชิ้นในการทดลองนี้ต้องสามารถคงตำแหน่งไว้ เพื่อให้ระยะระหว่างช่วงคานและระยะระหว่างแรงกระทำและฐานรองรับ ได้คงที่ โดยยอมให้มีความผิดพลาดในช่วง ± 1.3 มิลลิเมตร (± 0.05 นิ้ว)

แรงต้านทานที่ฐานรองรับต้องมีทิศทางขนานกับทิศทางของแรงกระทำตลอดเวลาที่ทำการทดลอง และอัตราส่วนของระยะทางระหว่างแรงกระทำและแรงต้านทานที่ฐานที่ใกล้ที่สุดต่อความลึกของคาน ต้องไม่น้อยกว่าหนึ่ง



รูปที่ 1 เครื่องมือทดลอง

หมายเหตุ เมื่อใช้อุปกรณ์ที่มีสัดส่วนตามแสดงในรูปที่ 1

2.2.1 แท่งกดแรง (Load-Applying Block) และแท่งรับแรง (Support Block) ต้องมีความสูงไม่มากกว่า 64 มิลลิเมตร (2.5 นิ้ว) วัดจากศูนย์กลางหรือแกนหมุน และต้องมีความยาวตลอดจนพื้นที่ความกว้างของคานทดลอง ผิวสัมผัสของแท่งแรงทุกตัวจะต้องแนบชิดกับคานทดลองและไม่ควรมีช่องว่างมากกว่า 0.05 มิลลิเมตร (0.002 นิ้ว) และเป็นส่วนของทรงกระบอก ซึ่งมีแกนอยู่ในแนวเดียวกับแกนของก้านเหล็กหรือลูกบอลเหล็กซึ่งเป็นจุดหมุนของแท่งแรง และมุมที่รองรับส่วนโค้งของพื้นผิวรูปทรงกระบอกนั้นควรมีค่าอย่างน้อย 45 องศา (0.79 เรเดียน)

2.2.2 แท่งกดแรงและแท่งรับแรงจะต้องอยู่ในแนวตั้ง และผิวสัมผัสของแท่งแรงจะต้องแนบชิดกับก้านเหล็กหรือลูกบอลเหล็กโดยใช้ตะปูเกลียวแบบสปริงกด (Spring-Loaded Screws) ซึ่งสามารถยึดแท่งแรงให้ติดอยู่กับก้านเหล็กหรือลูกบอลเหล็กที่เป็นจุดหมุนได้

2.2.3 แผ่นกดแรง (Bearing Plate) ที่รับแรงจากเครื่องทดลอง มีเขี้ยวรับลูกบอลเหล็กตามรูปที่ 1 แท่งกดแรงต้องเป็นแบบลูกบอลเหล็ก 1 ลูก และก้านเหล็ก 1 อัน (One Steel Ball and One Steel Rod)

3. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

- ไม่มี

4. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 305

[illegible]



5. การเตรียมตัวอย่าง

ดำเนินการตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 305 / 2532 “มาตรฐานการหล่อแท่งคอนกรีตรูปคาน”

6. การทดลอง



6.1 จัดวางคานทดลองให้ด้านข้างตามแบบหล่อของคานทดลอง วางบนแท่งรับแรง จัดวางระบบแรงให้อยู่กึ่งกลางของแรงกระทำ



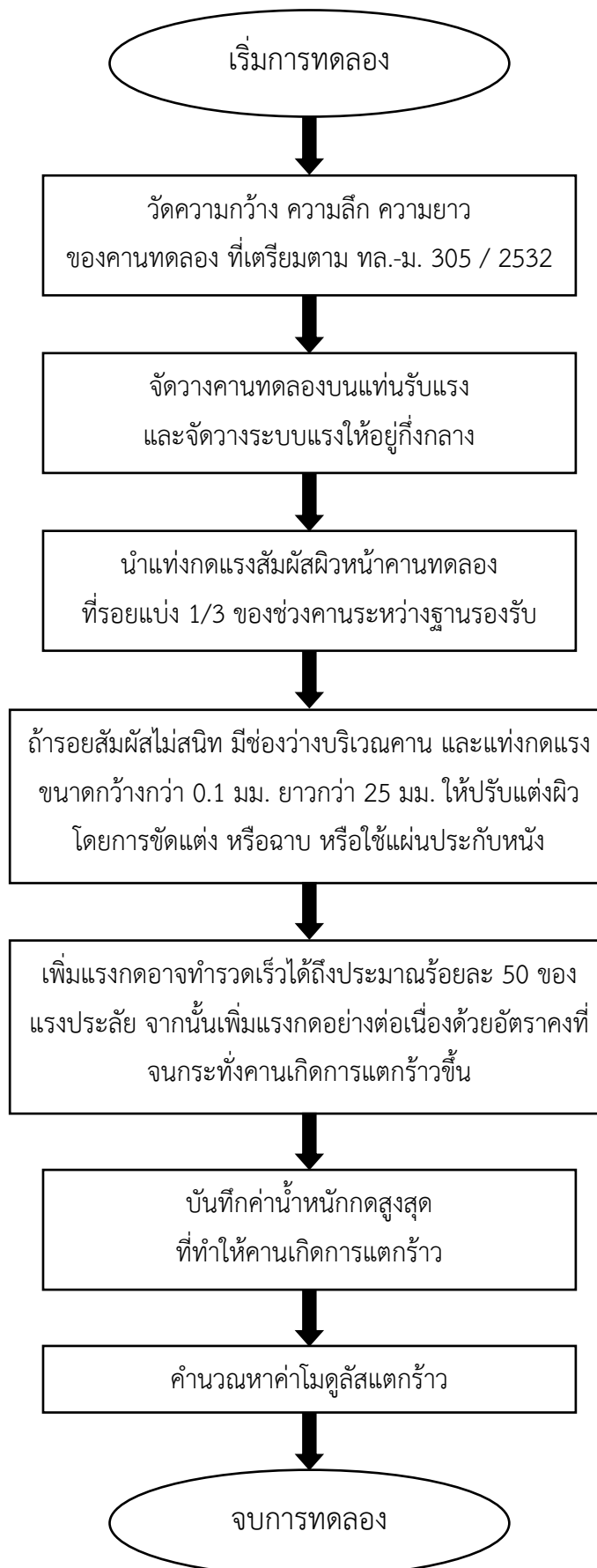
6.2 นำแท่งกดแรงสัมผัสกับผิวหน้าของคานทดลองที่ตำแหน่ง รอยแบ่ง $1/3$ ของช่วงคานระหว่างฐานรองรับ ถ้ารอยสัมผัสไม่ สนิท มีช่องว่างบริเวณคานทดลองและแท่งแรงขนาดกว้างกว่า 0.1 มิลลิเมตร (0.004 นิ้ว) ยาวกว่า 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) ให้ ปรับแต่งผิวสัมผัสให้เรียบโดยการขัดแต่งหรือฉาบหรือใช้แผ่น ประกับหนัง



6.3 การเพิ่มแรงกดอาจกระทำด้วยความรวดเร็วได้ถึงประมาณ ร้อยละ 50 ของแรงประลัย หลังจากนั้นเพิ่มแรงกดอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตราคงที่ ซึ่งทำให้ความเค้นที่ผิวนอกสุดของคานเพิ่มขึ้น ระหว่าง 861 – 1027 กิโลพาสคัล/นาที่ (เมื่อคำนวณความเค้น เช่นเดียวกับข้อ 7.1) จนกระทั่งเกิดการแตกร้าวขึ้น



ผังขั้นตอนการทดลอง





7. การคำนวณ

แบ่งการคำนวณออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

7.1 รอยแตกร้าวเกิดที่ผิวรับแรงดึงภายในส่วนกลางหนึ่งในสามของคานทดลอง ให้คำนวณโมดูลัสแตกร้าวดังสมการต่อไปนี้

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

เมื่อ	R	=	โมดูลัสแตกร้าว (เมกะพาสคัล)
	P	=	แรงกดสูงสุดตามที่ย่านได้จากเครื่องทดลอง (นิวตัน)
	L	=	ความยาวช่วงคานประสิทธิผล (มิลลิเมตร)
	b	=	ความกว้างเฉลี่ยของคานทดลอง (มิลลิเมตร)
	d	=	ความลึกเฉลี่ยของคานทดลอง (มิลลิเมตร)

7.1.1. ถ้ารอยแตกร้าวเกิดขึ้นในส่วนที่มีการฉาบเสริมความหนา ให้รวมเอาความหนาของส่วนที่ฉาบด้วย

7.1.2. น้ำหนักของคานทดลองไม่นำมาใช้ในการคำนวณข้างต้น

7.2 รอยแตกร้าวเกิดที่ผิวรับแรงดึงภายนอกส่วนกลางหนึ่งในสามของคานทดลองแต่ไม่เกิน 5% ของความยาวช่วงคานประสิทธิผล ให้คำนวณหาโมดูลัสแตกร้าวดังสมการต่อไปนี้

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

เมื่อ	a	=	ระยะเฉลี่ยระหว่างเส้นรอยแตกกับฐานรองรับที่ใกล้ที่สุดบนผิวรับแรงดึงของคานทดลอง (มิลลิเมตร)
-------	---	---	---

7.3 รอยแตกร้าวเกิดที่ผิวรับแรงดึงภายนอกส่วนกลางหนึ่งในสามของคานทดลองมากกว่า 5% ของความยาวช่วงคานประสิทธิผล ให้ถือว่าผลการทดลองไม่สามารถคำนวณหาโมดูลัสแตกร้าวได้



7.4 ตัวอย่างการคำนวณ (จากแบบฟอร์มที่ ว. 305)

แรงกดสูงสุดตามทีอ่านได้จากเครื่องทดลอง	=	33.38	กิโลนิวตัน
ความยาวช่วงคานประสิทธิผล	=	45	เซนติเมตร
ความกว้างเฉลี่ยของคานทดลอง	=	15	เซนติเมตร
ความลึกเฉลี่ยของคานทดลอง	=	15	เซนติเมตร
แรงกดสูงสุด (แปลงหน่วย)	=	$33.38 \times 1000 / 9.807$	
	=	3403.7	กิโลกรัม-แรง
ค่าโมดูลัสแตกร้าว	=	$(3403.7 \times 45) / (15 \times 15^2)$	
	=	45.4	กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

8. การรายงาน

รายงานผลการทดลองหาค่าโมดูลัสการแตกร้าวลงในแบบฟอร์มที่ ว. 305

อันดับทดลองที่	CO - 159/55	วันที่รับตัวอย่าง	วันที่รับหนังสือ	ว.305
เจ้าของตัวอย่าง	กอง สุวรรณกิจกำแพงก่อสร้าง	สัญญาที่	หนังสือที่	(แผ่นที่ ของ แผ่น)
ทางสาย	ซ่อมแซมและปรับปรุงถนนเข้า-ออก สถานีตรวจสอบน้ำฝนและซ่อมแซมบนคอนกรีตผิวจราจรหน้าถนนกม.พชร(เข้า)รางหลวงหมายเลข 1 ตอนแยกเข้าคลองแดง		เจ้าหน้าที่ทดลอง	
ประเภทงาน	☒ Mix Design ☐ Control Test			

กำลังรับแรงดัดของแท่งคอนกรีตรูปสามเหลี่ยม โดยวิธี Third - Point Loading											
แท่งที่	ส่วนผสม	ชนิดซีเมนต์	ความยุบตัว (ชม.)	ค่าโมดูลัส แตรกร้าวที่กำหนด (กก./ชม. ²)	วันที่หล่อ	วันที่ทดสอบ	อายุ (วัน)	ขนาด (ชม. ³)	แรงกดสูงสุด (KN)	ค่าโมดูลัส แตรกร้าว (กก./ชม. ²)	หมายเหตุ
1	350:792:970	ปอร์ตแลนด์	7.0	42	31 สค. 55	28 กย. 55	28	15 x 15 x 60	33.38	45.4	
2	MIX DESIGN	ประเภท 1	"	"	"	"	"	"	33.44	45.5	
3	งานถนนคอนกรีต	ตราช้าง	"	"	"	"	"	"	33.16	45.1	
4	BEAM	"	"	"	"	"	"	"	32.89	44.7	
5	"	"	"	"	"	"	"	"	32.94	44.8	
6	"	"	"	"	"	"	"	"	32.82	44.6	
7	"	"	"	"	"	"	"	"	33.14	45.1	
8	"	"	"	"	"	"	"	"	33.32	45.3	
9	"	"	"	"	"	"	"	"	33.24	45.2	
10	"	"	"	"	"	"	"	"	33.51	45.6	
11	"	"	"	"	"	"	"	"	33.48	45.5	
12	"	"	"	"	"	"	"	"	33.56	45.6	
13	"	"	"	"	"	"	"	"	33.20	45.1	
14	"	"	"	"	"	"	"	"	33.08	45.0	

คำธรรมเนียมการทดลอง - บาท ผลการวิเคราะห์นี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ส่งมาวิเคราะห์และตรวจสอบได้เท่านั้น



9. ข้อควรระวัง

- 9.1 การขัดแต่งผิวสัมผัสควรกระทำให้น้อยที่สุด เนื่องจากจะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของคานทดลองเปลี่ยนไป ซึ่งจะมีผลกระทบต่อผลการทดลอง
- 9.2 ในกรณีที่ใช้แผ่นประกบหนึ่งปรับแต่งผิวสัมผัสของคานทดลอง แผ่นประกบหนึ่งต้องยาวตลอดความกว้างของคานทดลอง มีความหนา 6.4 มิลลิเมตร (0.25 นิ้ว) และมีความกว้าง 25 มิลลิเมตร ถึง 50 มิลลิเมตร (1 ถึง 2 นิ้ว) ทั้งนี้ช่องว่างระหว่างผิวของคานทดลองกับแท่งแรงต้องไม่มากกว่า 0.38 มิลลิเมตร