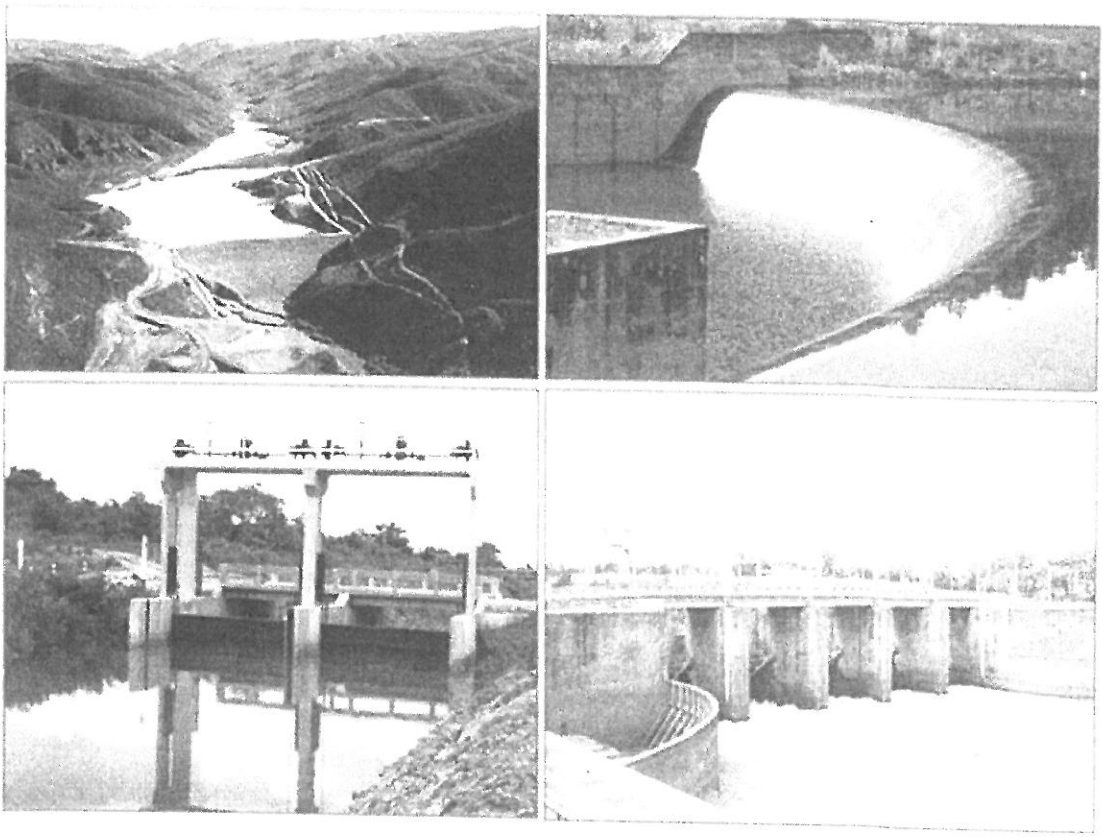
เอกสารประกอบการฝึกอบรม

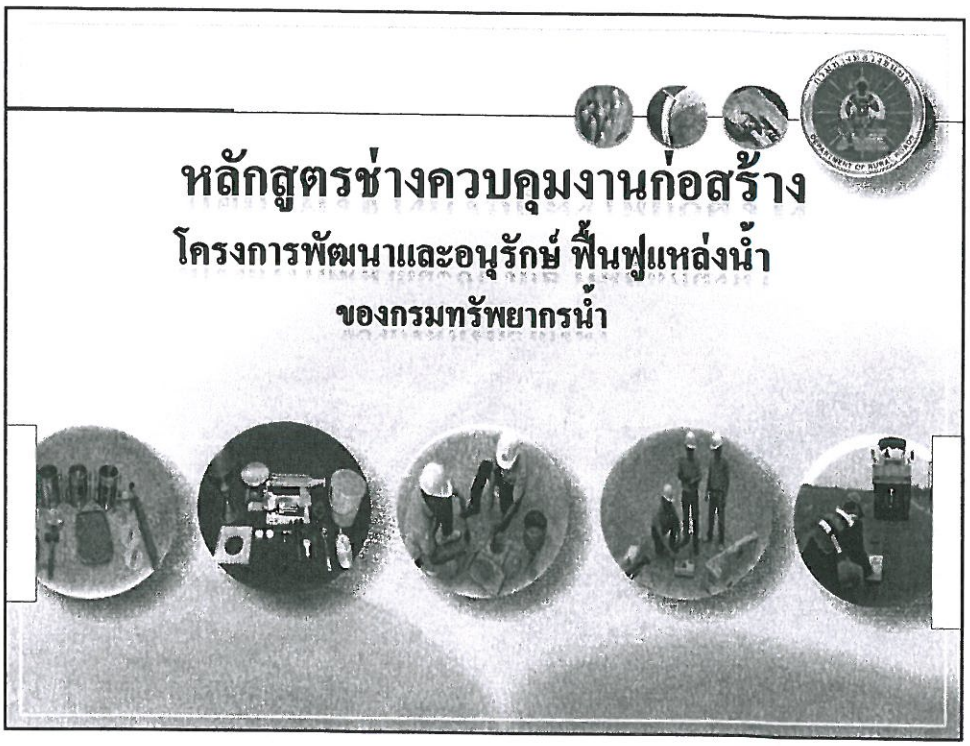
หลักสูตรช่างควบคุมงานก่อสร้างโครงการพัฒนาและอนุรักษ์ฟื้นฟูแหล่งน้ำ

POWERPOINT

วิชาข้อกำหนดและการทดสอบวัสดุ



โดยนายวีรศักดิ์ จันทรา
ผู้อำนวยการกลุ่มพัฒนามาตรฐาน
กรมทางหลวงชนบท


หลักสูตรช่างควบคุมงานก่อสร้าง
โครงการพัฒนาและอนุรักษ์ ฟื้นฟูแหล่งน้ำ
ของกรมทรัพยากรน้ำ

ห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุ

หัวข้อบรรยาย

1. วัสดุและรายการทดสอบ
2. ปริมาณและการเก็บตัวอย่างวัสดุที่จะทดสอบ
3. การนำส่งตัวอย่างวัสดุ
4. การทดสอบ/วิธีการพิจารณาผล

หัวข้อบรรยาย

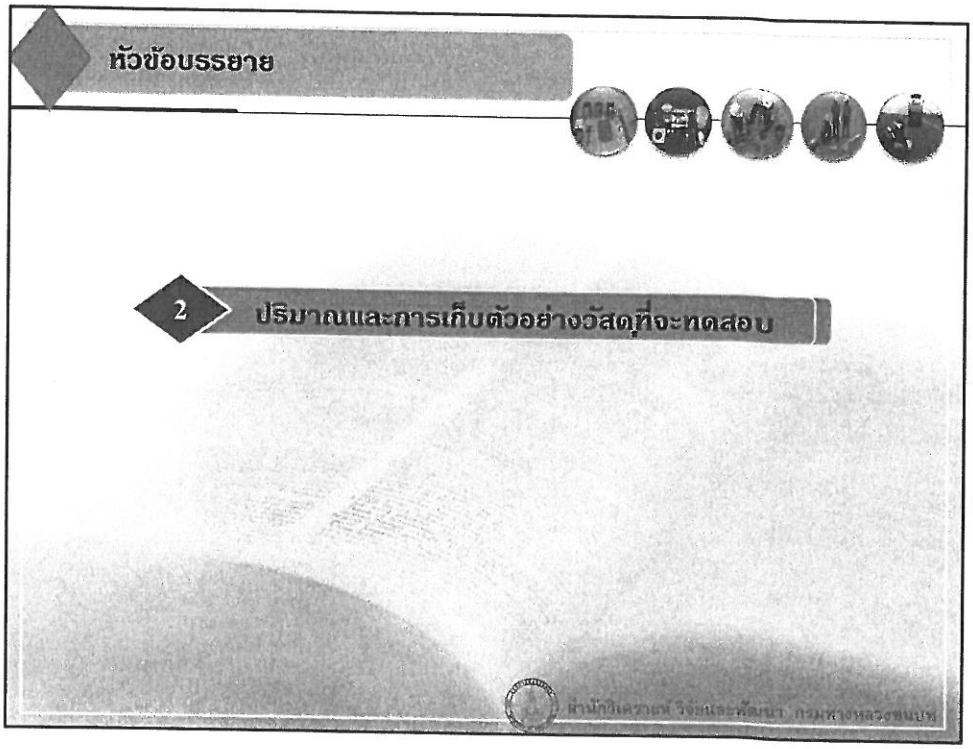
1. วัสดุและรายการทดสอบ

การทดสอบวัสดุในห้องปฏิบัติการ
รายการทดสอบวัสดุชั้นดินเดิม/ดินถม/ลูกรัง
ดินเดิม
ดินถม
ลูกรัง
Compaction
Field Density
95 % Standard
Proctor
Compaction
C.B.R
Swelling
Field Density
95 % Standard
Proctor
Compaction
Gradation
C.B.R
Swelling
Atterberg's Limit
Loss
Field Density
95 % Modified
AASHTO

การทดสอบวัสดุในห้องปฏิบัติการ
รายการทดสอบวัสดุงานคอนกรีต
ทราย
หิน/กรวด
MIX DESIGN
Gradation
Organic
Impurities
Soundness
Gradation
Soundness
Loss
W/C
Gradation
Fineness Modulus
Compressive
Strength

การทดสอบวัสดุในห้องปฏิบัติการ
รายการทดสอบวัสดุงานคอนกรีต
เหล็กเสริมคอนกรีต
วัสดุกรองหิน/ทราย
แผ่นใยสังเคราะห์ RUBBER WATER STOP
ขนาด
แรงดึง
เปอร์เซ็นต์ยืด
ขนาดคละ
มอก.

การทดสอบวัสดุในห้องปฏิบัติการ
รายการทดสอบวัสดุงานคอนกรีต
ท่อ คสล.
หินใหญ่
ลวดตาข่าย
แรงกดสูงสุด
พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม
ความถ่วงจำเพาะ
ขนาดคละ
Soundness Loss
Tensile Strength
38 กก./ตร.มม.
อื่นๆ ตาม มอก.



ปริมาณตัวอย่างวัสดุที่จะทดสอบ

ลำดับที่	วัสดุ	การเก็บตัวอย่าง		หมายเหตุ
		ขนาด	จำนวน	
1	กรวด หิน ทราย	3/8"	50 กิโลกรัม	
	ใช้ผสมคอนกรีต	1/2"	50 กิโลกรัม	ตัวอย่างที่ผ่านกรรมวิธีแบ่งสี่ส่วน
		3/4"	50 กิโลกรัม	(Quartering) จากการเก็บที่แหล่งแล้ว
		1"	50 กิโลกรัม	
		1 1/2"	50 กิโลกรัม	
2	ลูกรัง หินคลุก ทรายถม	ทุกชนิด	50 กิโลกรัม	สุ่มเก็บใช้วิธีแบ่งสี่ส่วนจาก Stockpile
	ดินถม			หรือวิธีขุดเจาะจากแหล่ง

เกณฑ์และปริมาณตัวอย่างวัสดุที่จะทดสอบ

ลำดับที่	วัสดุ	การเก็บตัวอย่าง		หมายเหตุ
		ขนาด	จำนวน	
3	เหล็กเสริมคอนกรีต	ทุกขนาดเส้น	5 เส้น	สุ่มเก็บจากหลาย ๆ เส้น
		ละ 1.00 ม.		
4	คอนกรีตตัวอย่าง	ทุกรูปแบบ	3 ก้อน	สุ่มเก็บจากกลางโม่ ขณะเทคอนกรีต
5	Mixed Design :- กรวด หิน	ทุกชนิด	100 กิโลกรัม	เก็บโดยวิธีแบ่งสี่ส่วนจากกองวัสดุ
	ทราย		50 กิโลกรัม	
	ปูนซีเมนต์		1 ถุง	

สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท

เกณฑ์และปริมาณตัวอย่างวัสดุที่จะทดสอบ

ลำดับที่	วัสดุ	การเก็บตัวอย่าง	หมายเหตุ
6	ท่อ คสล.	200 ท่อน/1 ตย.	ตาม มอก. ไม่ถึง 200 ท่อนให้ถือเป็น 200 ท่อน เศษ 200 ท่อนไม่เกิน 50 ท่อน ให้ปัดทิ้ง
7	หินใหญ่	100 กิโลกรัม	ตามมาตรฐานหน่วยงาน
8	Rubber Water Stop	1 แผ่น ยาว 1.00 ม.	ตาม มอก./มาตรฐานหน่วยงาน
9	แผ่นใยสังเคราะห์	1 แผ่น ยาว 1.00 ม.	ตาม มอก./มาตรฐานหน่วยงาน
10	ลวดตาข่าย	1 แผ่น ยาว 1.00 ม.	ตาม มอก./มาตรฐานหน่วยงาน

หัวข้อบรรยาย

3 การนำส่งตัวอย่างวัสดุ

การนำส่งตัวอย่างวัสดุ

1 **หนังสือนำส่ง/ บันทึกการนำส่ง** : มีสาระสำคัญดังนี้

- ชื่อส่วนราชการ/ผู้ว่าจ้าง
- ชื่อโครงการ
- เลขที่สัญญา
- รายการวัสดุ/จำนวน
- ตำแหน่งชิ้นส่วน
- มาตรฐาน/ ข้อกำหนด คุณสมบัติ
- ชื่อผู้รับจ้าง

2 การทดสอบวัสดุ

การนำส่งตัวอย่างวัสดุ

2 **ใบกำกับวัสุที่นำส่ง** : ควรมีสาระสำคัญดังนี้

- ชื่อส่วนราชการ/ผู้ว่าจ้าง
- ชื่อโครงการ
- รายการวัสดุ/จำนวน
- ตำแหน่งชิ้นส่วน
- วัน เดือน ปี ที่เก็บ
- ชื่อผู้ควบคุมงาน/การเก็บ / การนำส่ง
- ชื่อผู้รับจ้าง

หัวข้อบรรยาย

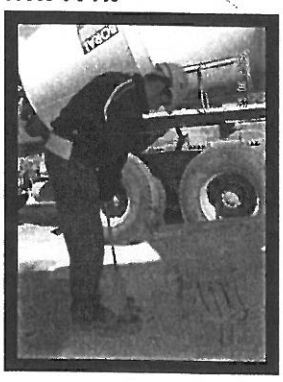
4 **การทดสอบ/วิธีการพิจารณาผล**

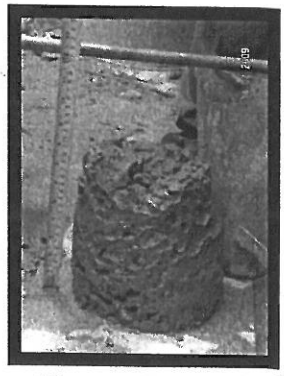
การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต

SLUMP TEST

SLUMP TEST

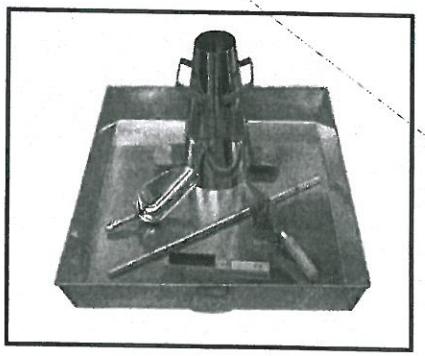
เป็นการทดสอบความข้นเหลวหรือความสามารถในการเทได้ (workability)ของคอนกรีตสด โดยใช้วิธีการทดสอบหาค่าการยุบตัว การทดสอบให้ดำเนินการทุกครั้งก่อนหล่อเก็บก้อนตัวอย่างส่วนผสมคอนกรีตหน้างาน





SLUMP TEST

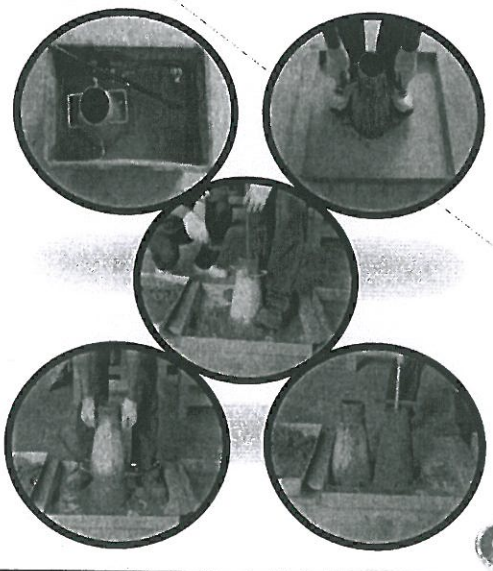
เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ



1. แบบ (MOLD) ทำด้วยโลหะที่ไม่ทำปฏิกริยากับปูนซีเมนต์ มีลักษณะเป็นรูปกรวยตัดมีความหนาไม่น้อยกว่า 1.14 มิลลิเมตร (0.045 นิ้ว) ความสูง 305±3 มิลลิเมตร (12±1/8 นิ้ว) ฐานแบบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 303±3 มิลลิเมตร (8±1/8 นิ้ว) และส่วนตัดตอนบนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 103±3 มิลลิเมตร (4±1/8 นิ้ว) สำหรับที่ฐาน ต้องมีแผ่นเหล็กสำหรับเหยียบทั้งสองข้าง
2. เหล็กกระทุ้ง (TAMPING ROD) เป็นแท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร (5/8 นิ้ว) ยาว 610 มิลลิเมตร (24 นิ้ว) ปลายด้านที่ใช้กระทุ้งมีลักษณะมน

SLUMP TEST

ขั้นตอนการทดสอบ



SLUMP TEST
ค่าการยุบตัวสำหรับงานก่อสร้างชนิดต่าง ๆ

ชนิดของการก่อสร้าง	สูงสุด	ต่ำสุด
ฐานราก	7.5	5
แผ่นพื้น คาน ผนัง คสล.	10	5
เสา	12.5	5
ครีบ คสล. และผนังเบา	15	5

SLUMP TEST
ข้อควรระวัง

1. การทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตจะไม่เหมาะกับการวัดผลค่ายุบตัวของคอนกรีต ในกรณีที่วัสดุผสมมวลหยาบที่ใช้มีขนาดเกิน 2 นิ้วขึ้นไป หรือกรณีที่คอนกรีตแห้งเกินไป

2. ในการกระทุ้งคอนกรีตทดสอบในแบบนั้น ควรกระทุ้งให้ทั่วบริเวณที่หน้าตัด และควรกระทุ้งบริเวณขอบของแบบให้เบากว่าภายใน เพื่อป้องกันมิให้แบบเสียหายเนื่องจากกระแทกกับเหล็กกระทุ้ง

มาตรฐานอ้างอิง

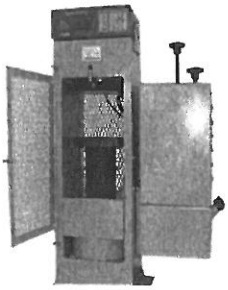
1. ASTM : C 143-78
2. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 213-2520 : คอนกรีตผสมเสร็จ

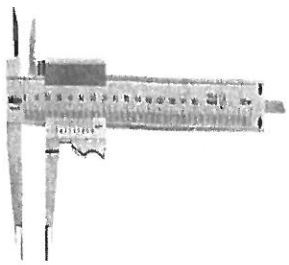
วิธีการทดลองหาค่าแรงอัดของแท่งคอนกรีต และการเก็บตัวอย่างหน้างาน

วัตถุประสงค์

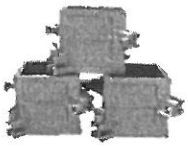
เพื่อต้องการหากำลังอัดคอนกรีตตามที่กำหนดไว้

เครื่องมือ / อุปกรณ์





เครื่องมือ / อุปกรณ์



การเก็บตัวอย่างหน้างานและเตรียมตัวอย่างก่อนการทดสอบ

1. เก็บก้อนตัวอย่างส่วนผสมคอนกรีตหน้างาน จากการผสมก่อนที่จะทำการเท 3 ตัวอย่างทุกๆ ปริมาตรคอนกรีต 50 ลบ.ม.หรือทุกชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เท แล้วนำไปกดเพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างให้ได้กำลังที่ 28 วัน
2. เก็บตัวอย่างทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงแหล่งวัสดุ
3. สำหรับคอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) การเก็บให้เก็บที่ปาก กลาง และก้นโม่ จำนวนตัวอย่างกำหนด

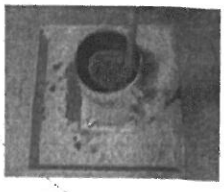
การเตรียมตัวอย่างก่อนการทดสอบ

- **ทรงลูกบาศก์**
    1. **ก่อนการหล่อให้เคลือบผิวแบบก่อน ด้วยน้ำมันหล่อลื่นเพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตติด**
    2. ตักคอนกรีตใส่แบบชั้นละ 5 ซม. 3 ชั้น กระทุ้งด้วยเหล็กชั้นละ 35 ครั้ง
    3. เมื่อเทครบ 3 ชั้นให้ใช้ค้อนยางเคาะข้างแบบเพื่อไล่ฟองอากาศออกแล้วปาดผิวหน้าให้เรียบ

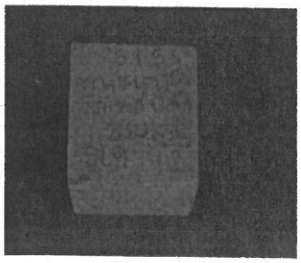
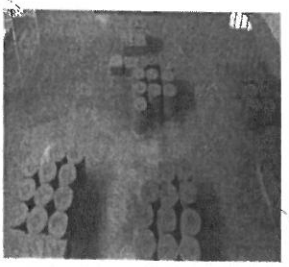
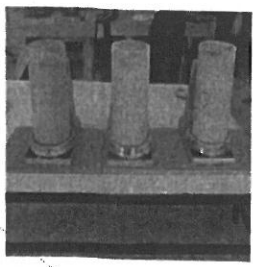
การเตรียมตัวอย่างก่อนการทดสอบ

- ทรงกระบอก

1. ก่อนการหล่อให้เคลือบผิวแบบก่อน ด้วยน้ำมันหล่อลื่นเพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตติด
2. ตักคอนกรีตใส่แบบชั้นละ 10 ซม. 3 ชั้น กระทุ้งด้วยเหล็กชั้นละ 25 ครั้ง
3. เมื่อเทครบ 3 ชั้นให้ใช้ค้อนยางเคาะข้างแบบเพื่อไล่ฟองอากาศออกแล้วปาดผิวหน้าให้เรียบ

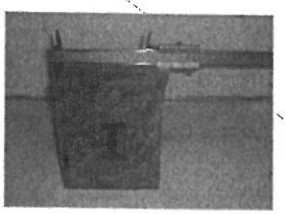
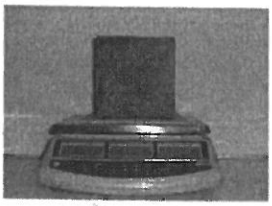


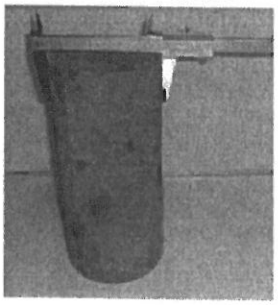
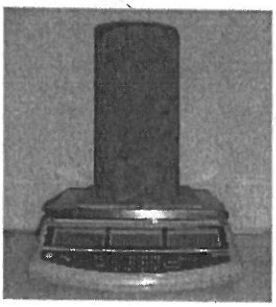
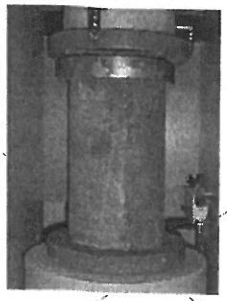
- การบ่มคอนกรีต เมื่อผิวหน้าคอนกรีตแห้งหมาด ๆ ป้องกันแท่งทดสอบไม่ให้มีการสั่นสะเทือนและการระเหยของน้ำ โดยนำกระสอบป่านชุบน้ำคลุมพื้นผิวด้านบนจนครบอายุ 24 ชั่วโมง ทำการแกะคอนครีตออกจากแบบหล่อแล้วนำแท่งทดสอบไปแช่น้ำ จนอายุครบ 28 วัน

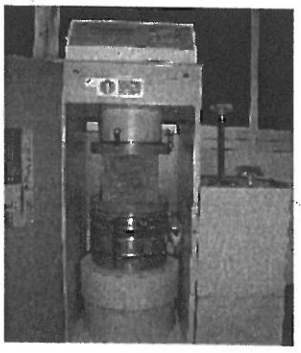
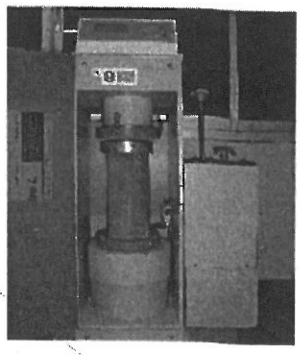
เมื่อแท่งคอนกรีตอายุครบ 28 วัน นำแท่งทดสอบขึ้นจากน้ำ นำผ้าแห้งเช็ดผิวแท่งทดสอบให้แห้ง นำไปทดสอบแรงอัดคอนกรีตภายใน 1 ชั่วโมง

ขั้นตอนทดสอบ

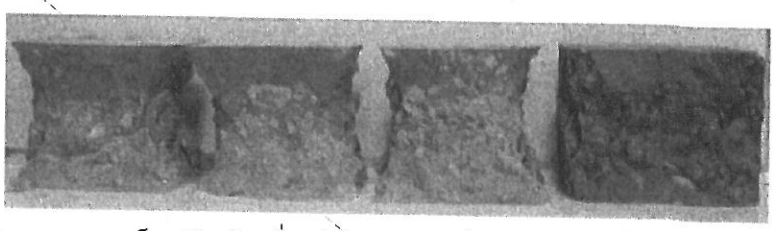




ขั้นตอนทดสอบ

ตำแหน่งของแนวแกนของแท่งทดสอบต้องตรงกับแนวศูนย์กลางของน้ำหนักกดและผิวแท่นธารต้องสัมผัสกับแท่งทดสอบแนบสนิท

ลักษณะแท่งคอนกรีตหลังการทดสอบ

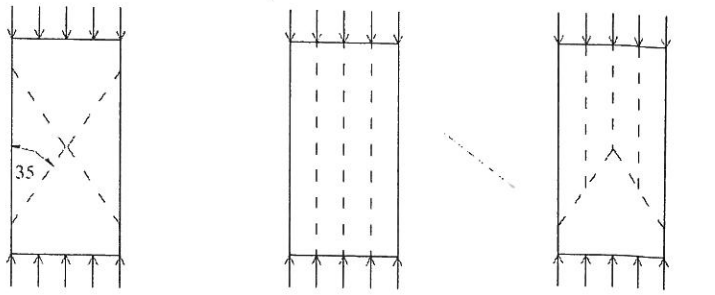


1.ลักษณะการแตกเป็นรูปปิรามิด เมื่อแท่งทดสอบคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์รับแรงอัดสูงสุด จะเกิดรอยแตกเกิดขึ้นประมาณ 45 องศา กับแนวแรง เป็นลักษณะการแตกที่ถูกต้อง

2.ลักษณะการแตกนอกนี้ เนื่องจากในเนื้อคอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์ มวลผสมละเอียด มวลผสมหยาบ น้ำ และสารเคมีผสมเพิ่ม ผสมคลุกเคล้ากันเป็นเนื้อคอนกรีตจึงมีค่าความหนาแน่นแต่ละจุดแตกต่างกัน เมื่อแท่งทดสอบคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์รับแรงอัดสูงสุดจะเกิดการขยายตัวออกทางด้านข้างบริเวณเนื้อคอนกรีตที่ความแข็งน้อยที่สุด จนเกิดรอยแตกที่เกิดขึ้นน้อยกว่า 45 องศา

ลักษณะแท่งคอนกรีตหลังการทดสอบ

ลักษณะการแตกจากการถูกเฉือนในระนาบที่เอียงกับแรงกดอันเนื่องมาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมวลผสมและความเสียดทานภายใน เป็นระนาบของความเสียหายของตัวอย่างคอนกรีตประมาณ 5 องศา



(ก) การแตกจากการถูกเฉือน (ข) การแตกแบบแยกออก (ค) การแตกจากการถูกเฉือนและแบบแยกออก

การคำนวณ

การทดสอบแรงอัดคอนกรีตเพื่อพิจารณาคุณสมบัติความแข็งแกร่งของคอนกรีต โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคำนวณหาค่าหน่วยแรงอัดคอนกรีตและหน่วยน้ำหนักคอนกรีต โดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

หน่วยแรงอัดคอนกรีต

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

เมื่อ σ_c คือ หน่วยแรงอัดคอนกรีต **(กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)**

P คือ น้ำหนักกดสูงสุด **(กิโลกรัม)**

A คือ พื้นหน้าที่ตัดของแท่งทดสอบ **(ตารางเซนติเมตร)**

การคำนวณ

หน่วยน้ำหนักคอนกรีต

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

เมื่อ γ คือ หน่วยแรงอัดคอนกรีต **(กิโลกรัมต่อลูกบาศก์)**

W คือ น้ำหนักของแท่งทดสอบ **(กิโลกรัม)**

V คือ ปริมาตรของแท่งทดสอบ **(ลูกบาศก์)**

ข้อควรระวัง

- ในกรณีที่ทดสอบแท่งทดสอบที่บ่มชื้น หากเป็นแท่งทดสอบรูปลูกบาศก์ต้องเช็ดผิวให้แห้งและทดสอบภายใน 1 ชั่วโมง และหากเป็นแท่งทดสอบรูปทรงกระบอกต้องเช็ดผิวให้แห้ง และเคลือบผิวหน้าแท่งทดสอบทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงแล้วทดสอบภายใน 1 ชั่วโมง
- 6.2 สำหรับแท่งทดสอบที่ได้จากการเจาะ นำมาแช่ในน้ำปูนขาวอิ่มตัวที่อุณหภูมิห้อง ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง แล้วจงเช็ดผิวให้แห้งเคลือบผิวหน้าแท่งทดสอบทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง แล้วทดสอบภายใน 1 ชั่วโมง
- 6.3 การชั่งน้ำหนักเพื่อหาความหนาแน่นของแท่งทดสอบ ให้ชั่งน้ำหนักเฉพาะแท่งทดสอบไม่รวมน้ำหนักของวัสดุที่เคลือบผิวหน้า
- 6.4 ควรมีการตรวจสอบเครื่องกดที่ใช้งานประจำสม่ำเสมอ ปีละครั้ง และเมื่อสงสัยว่าเครื่องทดสอบอาจให้ผลทดสอบไม่ถูกต้อง หรือหลังจากการซ่อม หรือประกอบใหม่ให้ทำการตรวจสอบทุกครั้ง

การรายงานผล

ให้รายงานผลการทดสอบ โดยมีรายละเอียดตามรายการดังต่อไปนี้

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

สาเหตุที่กำลังอัดของคอนกรีตไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

- ใช้สัดส่วนที่ไม่เหมาะสม
- ควบคุมปริมาณน้ำไม่ดีพอ
- ควบคุมปริมาณฟองอากาศไม่ดีพอ
- การผสมไม่ดีพอ
- มีสารอินทรีย์ต่าง ๆ มากเกินข้อกำหนด
- ใช้ทรายที่สกปรก
- ใช้น้ำยาผสมคอนกรีตที่ไม่มีประสิทธิภาพ
- ไม่ได้ปรับความชื้นในมวลรวม
- การอัดแน่นไม่ถูกต้อง
- การบ่มไม่เพียงพอ
- การลำเลียงและการทดสอบไม่ถูกต้อง
- อุณหภูมิผันแปรไป

มาตรฐานอ้างอิง

◉ การทดสอบแรงอัดคอนกรีต ปฏิบัติตามมาตรฐานการทดสอบของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1.ASTM C31

2.ASTM C39

3.ASTM C42

4.ASTM C192

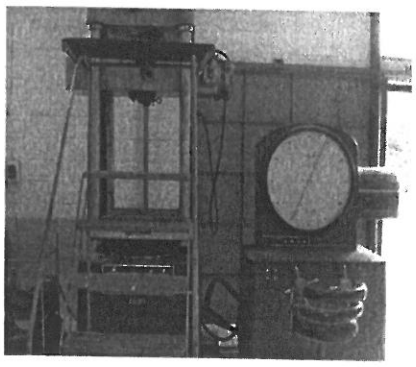
5.มอก. 409-2525

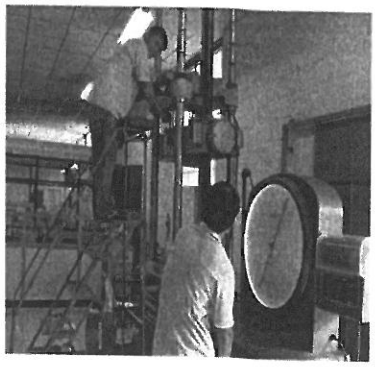
การทดสอบแรงดึงเหล็กเสริมคอนกรีต

Tension of Reinforcing Steel

การทดสอบแรงดึงเหล็กเส้น

เครื่องมือทดสอบ





วัตถุประสงค์

1. **เพื่อทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงที่จุดคราก จุดประลัย และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของเหล็กเสริม**
2. **เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของเหล็กว่าได้ตามมาตรฐาน และถูกต้องตามข้อกำหนดที่ออกแบบหรือไม่**
   - **แรงคลาก** (yield stress) แรงดึงที่จุดยืดที่ชิ้นส่วนเริ่มยืด โดยที่ยังไม่มีการเพิ่มแรง
   - **แรงประลัย** (maximum tensile stress) แรงดึงที่มีค่าสูงสุดที่ได้จากการดึงชิ้นส่วนทดสอบนั้นๆ จนขาด
   - **ความยืด** (elongation) ความยาวที่เพิ่มขึ้นจากจุดพิกัดชิ้นส่วน คิดเป็นร้อยละของความยาวเดิม

เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (reinforcing steel) แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. เหล็กเส้นกลม สัญลักษณ์ **RB.** เป็นเหล็กกลมผิวเรียบ

ชื่อขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm.)	พื้นที่หน้าตัดขวาง (cm^2)	มวล (kg/m)
RB 6	6	0.28	0.222
RB 9	9	0.63	0.499
RB 12	12	1.13	0.888
RB 15	15	1.76	1.387
RB 19	19	2.83	2.226
RB 22	22	3.80	2.984
RB 25	25	4.91	3.853
RB 28	28	6.15	4.834

มาตรฐานการรับแรง

Dia Ø mm	หน่วยแรงดราก (kg/cm^2)	หน่วยแรงดึงประลัย (kg/cm^2)	การยืดตัว (%)
RB 6-9	2400	3900	ไม่น้อยกว่า 21 %
RB > 12	2400		

การตรวจสอบขนาด

ชื่อขนาด	Ø มม.	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน มวลต่อเมตร
RB6	6	±5
RB9 -34	9 -34	±3.5

2. **เหล็กข้ออ้อย** สัญลักษณ์ **DB.** เป็นเหล็กเส้นผิวมีบั้งเป็นระยะๆ เท่าๆ กันตลอดทั้งเส้น

ชื่อขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	พื้นที่หน้าตัดขวาง (ต ร.ซม.)	มวล (kg/m)
DB 10	10	0.78	0.617
DB 12	12	1.13	0.888
DB 16	16	2.01	1.578
DB 20	20	3.14	2.468
DB 22	22	3.80	2.984
DB 25	25	4.19	3.858
DB 28	28	6.16	4.834
DB 32	32	8.04	6.316

มาตรฐานการรับแรง

ชั้นคุณภาพ	หน่วยแรงคราก (kg/cm^2)	หน่วยแรงดึงประลัย (kg/cm^2)	การยืดตัว (%)
SD30	3000	4900	ไม่น้อยกว่า 17 %
SD40	4000	5700	ไม่น้อยกว่า 15%
SD50	5000	6300	ไม่น้อยกว่า 13%

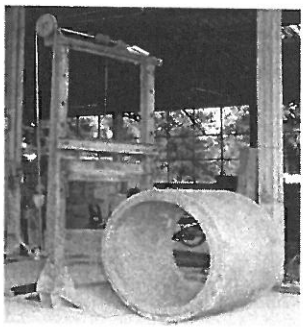
การตรวจสอบขนาด

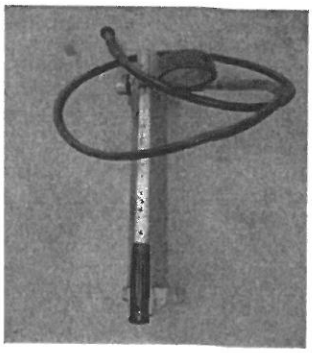
ชื่อขนาด	มม.	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน มวลต่อเมตร
DB 10-16	10-16	±3.5
DB20 -25	DB20-25	±3.5
DB 28-32	28-32	±3.5

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของท่อระบายน้ำ

Three-Edge Bearing

เครื่องมือและอุปกรณ์

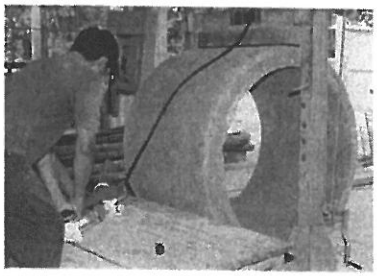




วัตถุประสงค์

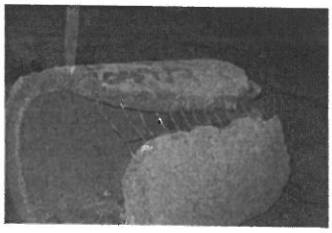
เพื่อหากำลังรับแรงของท่อคอนกรีต โดยวิธี Three-Edge Bearing

การทดสอบ



1. กดท่อด้วยแรงกดตามอัตรากำหนดจนกระทั่งเกิดรอยแตกกว้าง 0.30 มิลลิเมตร

2. แรงกดที่รอยแตกกว้าง 0.30 มิลลิเมตร คือ แรงกดสูงสุดที่ใช้กดท่อคอนกรีต



3. ทุบท่อวัดขนาดเหล็กเพื่อนำไปคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม

ข้อกำหนดมาตรฐาน

ท่อ คสล. 2

ขนาด	ความหนา	ความยาว	พท.เหล็กวงใน	พท.เหล็กวงนอก	แรงกดต่ำสุดมาตรฐานที่ทำให้ท่อเกิดรอยแตก 0.03 ซม. (กิโลกรัม/เมตร)	ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ (กก./ม.)
30	5.22	100	1.515		1989	1400
40	6.25	100	1.768		2652	1600
60	7.65	100	4.125		3978	2500
80	9.65	100	4.452	6.36	5304	3300
100	11.25	100	6.996	5.724	6630	4100
120	12.7	100	8.904	6.996	7956	5000

ข้อกำหนดมาตรฐาน

ท่อ คสล. 3

ขนาด	ความหนา	ความยาว	พท.เหล็กวงใน	พท.เหล็กวงนอก	แรงกดต่ำสุดมาตรฐานที่ทำให้ท่อเกิดรอยแตก 0.03 ซม. (กิโลกรัม/เมตร)	ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ (กก./ม.)
20	4.13	100	1.243		1318	1200
30	5.22	100	1.515		1989	1400
40	6.27	100	1.692		2652	1600
60	7.67	100	1.813		3978	2500
80	9.68	100	4.289		5304	3200
100	11.28	100	4.385	3.76	6630	4100
120	12.7	100	5.256	4.185	7956	5000
120	12.7	100	5.256	4.185	7956	5000

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต
MIX DESIGN

คุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

ในการหาสัดส่วนผสมของคอนกรีตตามมาตรฐานอเมริกัน จำเป็นต้องทราบคุณสมบัติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ปูนซีเมนต์ ใช้ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 3.15 สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทั่วไป
2. มวลรวม
   - ขนาดคละ ควรมีส่วนคละตาม มาตรฐาน ASTM C 33
   - ค่าการสึกหรอของวัสดุมวลรวมหยาบ ตามมาตรฐาน ASTM C 131 C 535

คุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาออกแบบส่วนผสมคอนกรีต(ต่อ)

- ความถ่วงจำเพาะวัสดุละเอียด ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 128
- ความถ่วงจำเพาะวัสดุหยาบ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 127
- ความชื้น ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 70 และ ASTM C 556
- โมดูลัสความละเอียดของทราย (FM) กำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 2.30 – 3.10

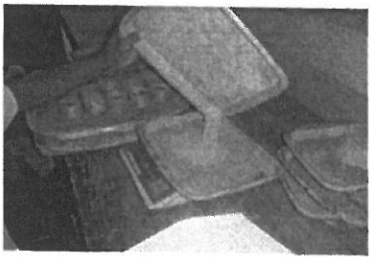
คุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาออกแบบส่วนผสมคอนกรีต(ต่อ)

- ทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปน (ORGANIC IMPURITIES) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 40 - 84
- ทดสอบความคงทนของมวลรวม (SOUNDNEES) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 88

ทดสอบหาการเรียงเม็ดของวัสดุหยาบ

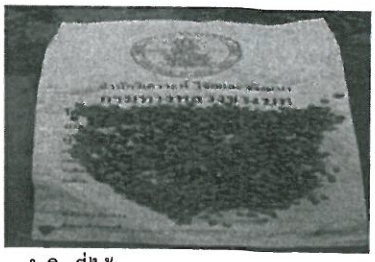
1.คัดแยกวัสดุที่จะทดสอบโดยวิธีแบ่งสี่ ใส่ถาดโดยประมาณ
2.ร่อนผ่านตะแกรงตามาตรฐานแต่ละขนาด ประมาณ 15 นาที
3.นำวัสดุที่ค้างตะแกรงแต่ละขนาดไปชั่ง บันทึกผล

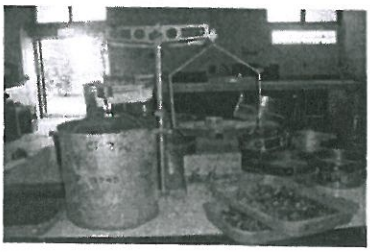
ทดสอบหาการเรียงเม็ดของวัสดุละเอียด



1.คัดแยกวัสดุที่จะทดสอบโดยวิธีแบ่งสี่ ใส่ถาดประมาณ 1,000 กรัม
2.ร่อนผ่านตะแกรงตามาตรฐานแต่ละขนาด ประมาณ 15 นาที
3.นำวัสดุที่ค้างตะแกรงแต่ละขนาดไปชั่ง บันทึกผล

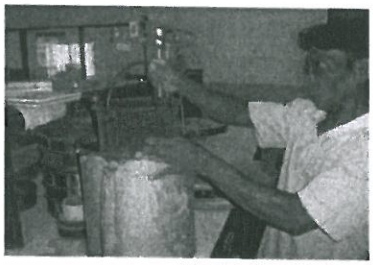
ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของวัสดุหยาบ

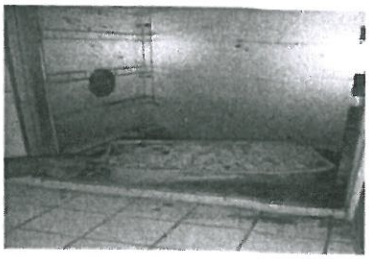




1.นำหินที่ได้จากทดสอบหาขนาดคละมวลรวม ค้างตั้งแต่เบอร์ 4 ขึ้นตามลำดับตะแกรงไปแช่น้ำ 24 ชั่วโมง
2.นำหินที่แช่น้ำผึ่งแดดให้อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง
3.นำวัสดุอิ่มตัวผิวแห้งชั่งในอากาศ 2,500 กรัม
4.นำวัสดุอิ่มตัวผิวแห้งชั่งในน้ำ บันทึกผล

ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของวัสดุหยาบ



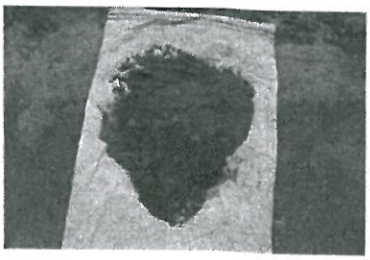


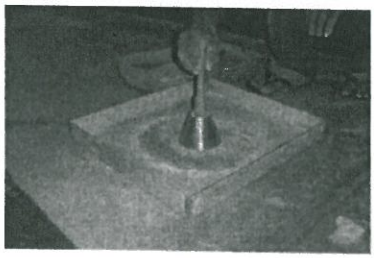
5. นำวัสดุที่ชั่งในน้ำไปอบที่อุณหภูมิ 110 +/- 5 องศาเซลเซียส
6.ทิ้งไว้ให้เย็นด้วยอุณหภูมิห้อง
7.นำไปชั่ง บันทึกผล(วัสดุแห้ง)

ทดสอบหาปริมาณความชื้นของวัสดุหยาบ

1.นำหินที่ได้จากทดสอบหาขนาดคละมวลรวม ค้างตั้งแต่เบอร์ 4 ขึ้นไปแช่น้ำ 24 ชั่วโมง
2.นำหินที่แช่น้ำผึ่งให้อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวชื้น
3.นำวัสดุอิ่มตัวผิวชื้นชั่งในอากาศ 2,500 กรัม
4.นำวัสดุอิ่มตัวผิวแห้งชั่งในน้ำ บันทึกผล

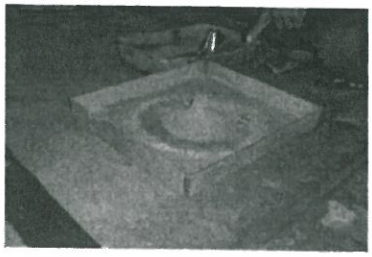
ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของวัสดุละเอียด





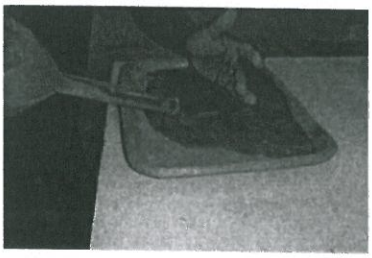
1.แบ่งตัวอย่างทรายที่จะทดสอบด้วยวิธแยกวัสดุ
2.ก่อนทดสอบร่อนทรายผ่านตะแกรงเบอร์ 4
3.นำทรายที่เตรียมไว้แช่น้ำให้อิ่มตัว 24 ชั่วโมง
4. นำทรายที่แช่น้ำผึ่งแดดให้อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง แล้วมาชั่งประมาณ 450 กรัม

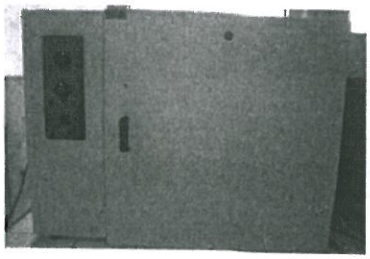
ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของวัสดุละเอียด (ต่อ)

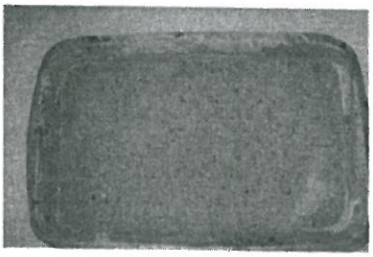


5. ชั่งขวดทดสอบแล้วนำทรายใส่ในขวด
6.เติมน้ำให้ถึงขีดแล้วไล่ฟองอากาศออกให้หมด
7.ทิ้งให้ตกตะกอนแล้วนำไปชั่ง บันทึกผล

ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของวัสดุละเอียด (ต่อ)

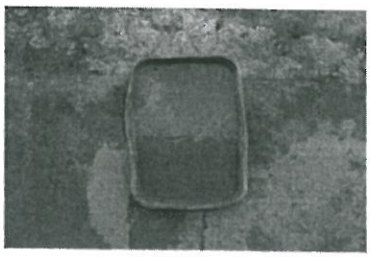






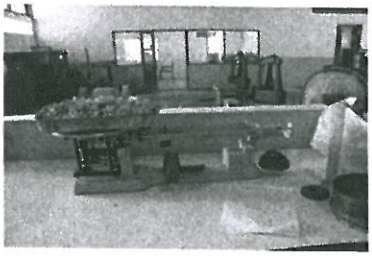
8.ชั่งน้ำหนักถาด แล้วเทวัสดุในขวดทดสอบใส่ถาดให้หมด
9.นำวัสดุพร้อมถาดเข้าเตาอบ 110±5 องศาเซลเซียส
10.ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก
11.บันทึกผล น้ำหนักวัสดุแห้ง

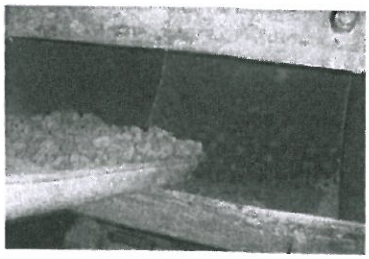
ทดสอบหาปริมาณความชื้นของวัสดุละเอียด



1.นำทรายที่ได้จากการแช่น้ำมาผึ่งให้อยู่ในลักษณะอิ่มตัวผิวชื้น
2.ชั่งขวดทดสอบพร้อมนำวัสดุใส่ประมาณ 200 กรัม ใส่น้ำให้ถึงขีด ไล่ฟองอากาศออก
3.นำวัสดุ+ขวด+น้ำ ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

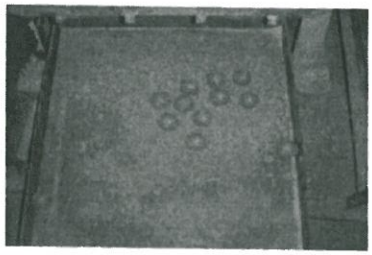
ทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ

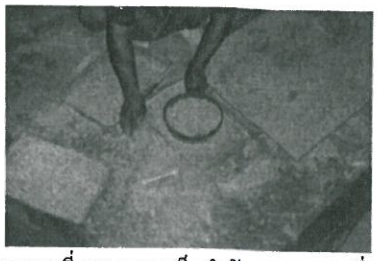




1.ตรวจสอบดูว่าหินที่จะทดสอบอยู่ในช่วงเกรดใด สังเกตุได้จากการทดสอบหาจำนวนคละของวัสดุ
2.เปิดตารางทดสอบการหาความสึกหรอของวัสดุ
3.เข้าเกรดใดให้ร่อนวัสดุ น้ำหนักตามตารางและลูกเหล็กตามตาราง
4.นำวัสดุที่เตรียมไว้พร้อมลูกเหล็กเข้าเครื่องทดสอบ

ทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การสึกหรอ (ต่อ)

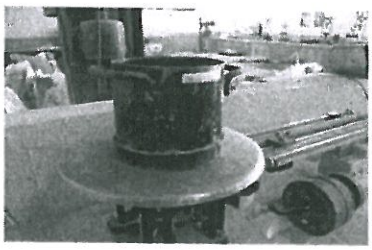




5.ทดสอบที่ 100 รอบ เสร็จนำวัสดุออกจากเครื่องมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 12 (แบบไม่ล้าง) นำส่วนที่ค้างชั่งน้ำหนัก บันทึกผลที่ 100 รอบ

6.นำทั้งหมดเทลงเครื่องทดสอบ ทดสอบที่ 500 รอบ เสร็จนำวัสดุออกจากเครื่องมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 12 (แบบไม่ล้าง) นำส่วนที่ค้างชั่งน้ำหนัก บันทึกผลที่ 500 รอบ คำนวณส่วนที่สึกหรอ

ทดสอบหาน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของวัสดุหยาบในสภาพแห้งด้วยอากาศ



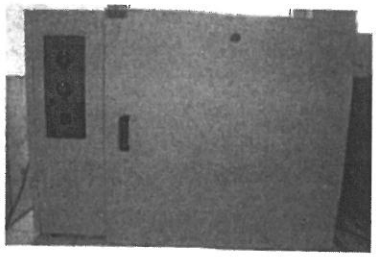
1.ชั่งน้ำหนักโมลและวัดขนาดโมลที่ใช้ทดสอบ

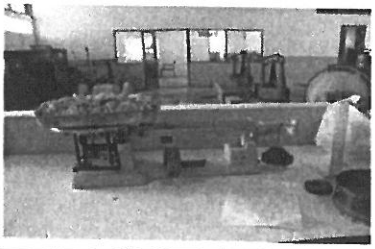
2.นำวัสดุที่เตรียมไว้ โดยวิธีแบ่งวัสดุใส่ในโมล

3.ใส่ 3 ชั้น ตำชั้นละ 25 ครั้ง

4.แต่งผิวหน้าให้เรียบ แล้วชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

ทดสอบหาน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของวัสดุหยาบในสภาพแห้งด้วยอากาศ (ต่อ)



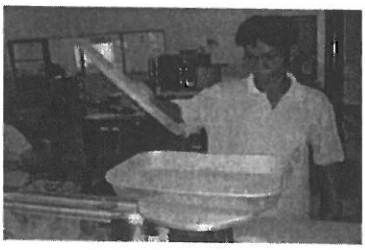


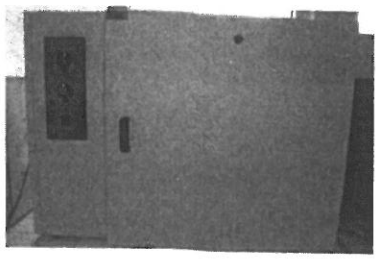
1.นำวัสดุในสภาพแห้งด้วยอากาศชั่ง 2,500 กรัม
2.นำไปเข้าเตาอบอุณหภูมิ 110 +/- 5 องศาเซลเซียส
3.ทิ้งไว้ในเย็น ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

ทดสอบหาน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของวัสดุละเอียดในสภาพแห้งด้วยอากาศ

1.ชั่งน้ำหนักโมลและวัดขนาดโมลที่ใช้ทดสอบ
2.นำวัสดุที่เตรียมไว้ โดยวิธีแบ่งวัสดุใส่ในโมล
3.ใส่ 3 ชั้น ตำชั้นละ 25 ครั้ง
4.แต่งผิวหน้าให้เรียบ แล้วชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

ทดสอบหาน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของวัสดุละเอียดในสภาพแห้งด้วยอากาศ (ต่อ)





1.นำวัสดุในสภาพแห้งด้วยอากาศชั่ง 2,500 กรัม
2.นำไปเข้าเตาอบอุณหภูมิ 110 +/- 5 องศา
เซลเซียส
3.ทิ้งไว้ในเย็น ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

หลักการและขั้นตอน การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

ส่วนผสมคอนกรีตที่ดี

- ส่วนผสมคอนกรีตที่ดี จะใช้ปริมาณน้ำในส่วนผสมน้อยที่สุด โดยมีความสามารถเทได้เพียงพอกับลักษณะการทำงาน หรือโครงสร้างต่าง ๆ รวมทั้งมีคุณสมบัติอื่น ๆ ตามที่ต้องการ เช่น กำลังรับแรง ความคงทน ความทึบน้ำ เป็นต้น
- โดยปกติจะใช้กำลังอัดคอนกรีตเป็นข้อกำหนดในการคำนวณและออกแบบโครงคอนกรีต

กำลังอัดที่ออกแบบ

- *โดยทั่วไป* จะออกแบบให้มีกำลังอัดที่ทดสอบได้จากการเก็บตัวอย่างที่หน่วยงาน มีจำนวนตัวอย่างที่มีกำลังอัดต่ำกว่ากำลังอัดที่กำหนดไม่เกินร้อยละ 5
- *ดังนั้น* จึงออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้งานให้มีกำลังอัดที่ออกแบบสูงกว่ากำลังอัดที่กำหนด (Specified Compressive Strength, f_c') ด้วยค่าหนึ่ง เรียกว่า ส่วนเผื่อ (Margin)

มาตรฐานการออกแบบกำลังอัดคอนกรีต

$$f_{cr} = fc' + ks$$

f_{cr}	คือ	กำลังอัดที่ออกแบบ
fc'	คือ	กำลังอัดที่กำหนด
S	คือ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังอัดจากก้อนตัวอย่าง 30 ก้อน หรือมากกว่า
k	คือ	ค่าคงที่ ได้มาจากหลักวิชาสถิติในเรื่องเกี่ยวกับการแจกแจงความถี่มาตรฐาน

ส่วนเผื่อของกำลังอัดคอนกรีต : ค่าคงที่ k

ค่าร้อยละของกำลังอัดที่ต่ำกว่า fc'	ค่า k
20	0.842
10	1.282
5.0	1.645
2.5	1.960
2	2.054
1	2.326
0	3

ตามมาตรฐานทั่วไป ใช้ค่าร้อยละของกำลังอัดที่ต่ำกว่า fc' ไม่เกิน 5 (k = 1.645)

ส่วนเผื่อของกำลังอัดคอนกรีต : ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) จากก้อนตัวอย่าง 30 ตัวอย่าง ขึ้นไป

ที่ระดับมาตรฐานการควบคุมต่าง ๆ

มาตรฐานการควบคุม	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กก./ตร.ซม.)
พอใช้	42-49
ดี	35-42
ดีมาก	28-35

โดยทั่วไป ใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) = 40 (กก./ตร.ซม.)

ตัวอย่าง การหาส่วนเผื่อของกำลังอัดคอนกรีต

ต้องการกำลังอัดคอนกรีต (fc') 240 กก./ ตร.ซม. โดยทั่วไปคอนกรีตใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) 40 กก./ ตร.ซม. และค่ากำลังอัดเฉลี่ยต่ำกว่ากำลังอัดที่ออกแบบไว้ 5 % ค่า k = 1.645 จงหากำลังอัดเฉลี่ยที่ต้องผลิต

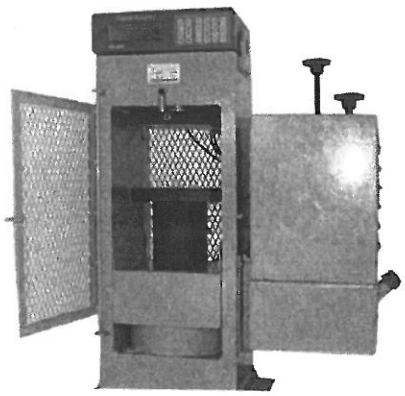
ค่าร้อยละของกำลังอัดที่ต่ำกว่า fc'	ส่วนเผื่อ ks กก. / ตร.ซม.	กำลังอัดเฉลี่ยที่ต้องผลิต กก. / ตร.ซม.
20	0.842*40 = 34	240+34 = 274
10	1.282*40 = 51	240+51 = 291
5.0	1.645*40 = 66	240+66 = 306
2.5	1.960*40 = 78	240+78 = 318
2	2.054*40 = 82	240+82 = 322
1	2.326*40 = 93	240+93 = 333
0	3.00*40 = 120	240+120 = 360

คำนวณหาอัตราส่วนผสมของคอนกรีต โดยวิธีของ ACI.

คอนกรีต 1 ลบ.ม. ประกอบด้วย

- ซีเมนต์	=	320	กก.
- น้ำ	=	195	ลิตร.
- ทราย	=	661.08	กก.
- หิน	=	1173.35	กก.

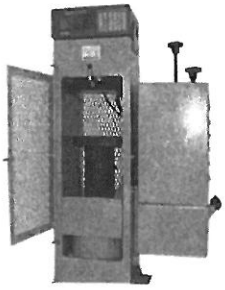
การทดสอบหาค่าแรงอัดของแท่งคอนกรีต

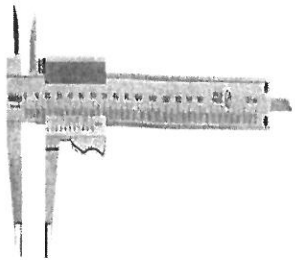


วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่ากำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีต

เครื่องมือ / อุปกรณ์





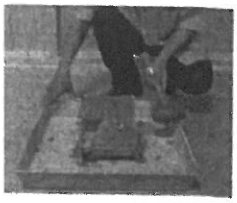
การเก็บตัว

1. เก็บวอย่างคอนกรีตจำนวน 3 ตัวอย่าง ทุกๆ ปริมาตรคอนกรีต 50 ลบ.ม.หรือทุกชิ้นส่วนของโครงสร้าง เพื่อนำไปทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน
2. เก็บตัวอย่างทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงแหล่งวัสดุ หรืออัตราส่วนผสม
3. การเก็บตัวอย่างคอนกรีตผสมเสร็จให้เก็บที่ปาก กลาง และก้นโม่

การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างทรงลูกบาศก์

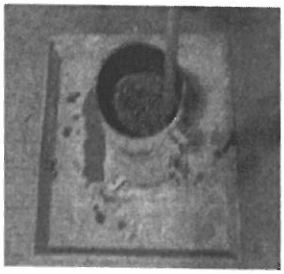
1. ก่อนการหล่อตัวอย่าง ให้เคลือบผิวแบบด้วยน้ำมันหล่อลื่นเพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตติด
2. ตักคอนกรีตใส่ลงในแบบ 3 ชั้น ๆ ละ 5 ซม. กระทุ้งด้วยเหล็กชั้นละ 35 ครั้ง
3. เมื่อครบ 3 ชั้นให้ใช้ค้อนยางเคาะข้างแบบเพื่อไล่ฟองอากาศออกแล้วปาดผิวหน้าให้เรียบ



การเตรียมตัวอย่าง

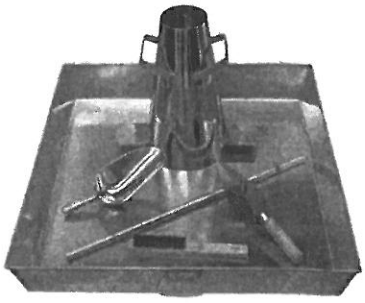
ตัวอย่างทรงกระบอก

1. ก่อนการหล่อตัวอย่าง ให้เคลือบผิวแบบด้วยน้ำมันหล่อลื่นเพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตติด
2. ตักคอนกรีตใส่แบบ 3 ชั้น ๆ ละ 10 ซม. กระทุ้งด้วยเหล็กชั้นละ 25 ครั้ง
3. เมื่อครบ 3 ชั้นให้ใช้ค้อนยางเคาะข้างแบบเพื่อไล่ฟองอากาศออกแล้วปาดผิวหน้าให้เรียบ



ทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตเพื่อหาค่าความข้นเหลวหรือความสามารถในการเทได้ของคอนกรีต

อุปกรณ์เครื่องมือ



1. แบบโลหะหนาไม่น้อยกว่า 1.14 มม. มีลักษณะเป็นรูปกรวยสูง 305±3 มม. ฐานแบบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 303±3 มม. ส่วนบนแบบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 103±3 มม.
2. เหล็กกระทุ้ง (TAMPING ROD) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ยาว 610 มมม. ปลายด้านที่ใช้กระทุ้งมีลักษณะมน

การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต

ตักคอนกรีตใส่แบบ 3 ชั้น ๆ ละ 10 ซม. กระทุ้งด้วยเหล็กชั้นละ 25 ครั้ง

ค่าการยุบตัวสำหรับงานก่อสร้างชนิดต่าง ๆ

ชนิดของการก่อสร้าง	สูงสุด	ต่ำสุด
ฐานราก	7.5	5
แผ่นพื้น คาน ผนัง คสล.	10	5
เสา	12.5	5
ครีบ คสล. และผนังเบา	15	5

ข้อควรระวัง

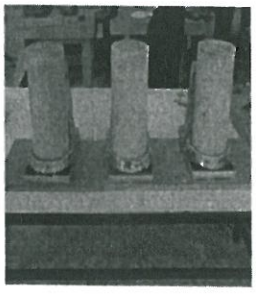
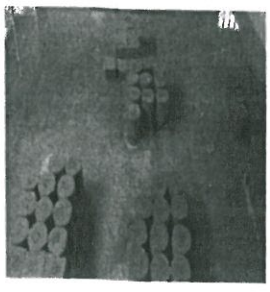
1. การทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตจะไม่เหมาะกับการวัดผลค่ายุบตัวของคอนกรีต ในกรณีที่วัสดุผสมมวลหยาบที่ใช้มีขนาดเกิน 2 นิ้วขึ้นไป หรือกรณีที่คอนกรีตแห้งเกินไป

2. ในการกระทุ้งคอนกรีตทดสอบในแบบนั้น ควรกระทุ้งให้ทั่วบริเวณที่หน้าตัด และควรกระทุ้งบริเวณขอบของแบบให้เบากว่าภายใน เพื่อป้องกันมิให้แบบเสียหายเนื่องจากกระแทกกับเหล็กกระทุ้ง

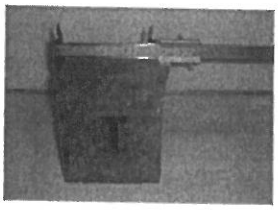
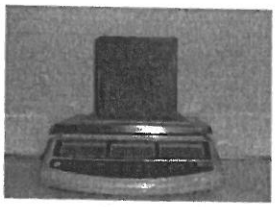
มาตรฐานอ้างอิง

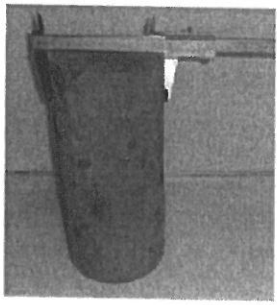
1. ASTM : C 143-78
2. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 213-2520 : คอนกรีตผสมเสร็จ

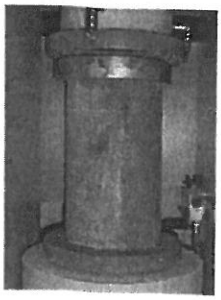
เมื่อหล่อตัวอย่างคอนกรีตแล้วปล่อยให้แห้งหมาด ๆ ป้องกันไม่ให้น้ำระเหยโดยการนำกระสอบป่านชุบน้ำคลุมผิวด้านบนจนครบ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างคอนครีตออกจากแบบหล่อแล้วนำไปแช่น้ำไว้ 28 วัน เมื่อครบกำหนดนำตัวอย่างคอนกรีตขึ้นจากน้ำเช็ดให้แห้งแล้วนำไปทดสอบภายใน 1 ชั่วโมง

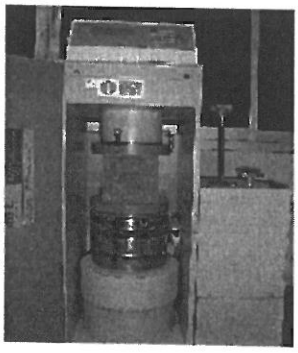
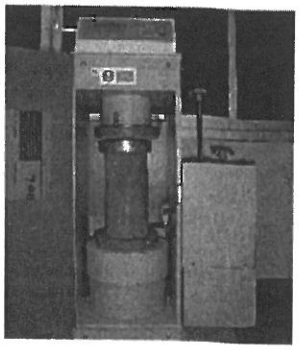
ขั้นตอนทดสอบ





ขั้นตอนทดสอบ

ตำแหน่งของแนวแกนของแท่งทดสอบต้องตรงกับแนวศูนย์กลางของน้ำหนักกดและผิวแท่นต้องสัมผัสกับแท่งทดสอบแนบสนิท

การคำนวณ

การทดสอบแรงอัดคอนกรีตเพื่อพิจารณาคุณสมบัติความแข็งแกร่งของคอนกรีต โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคำนวณหาค่าหน่วยแรงอัดคอนกรีตและหน่วยน้ำหนักคอนกรีต โดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

หน่วยแรงอัดคอนกรีต

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

เมื่อ σ_c คือ หน่วยแรงอัดคอนกรีต **(กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)**

P คือ น้ำหนักกดสูงสุด **(กิโลกรัม)**

A คือ พื้นหน้าที่ตัดของแท่งทดสอบ **(ตารางเซนติเมตร)**

การคำนวณ

หน่วยน้ำหนักคอนกรีต

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

เมื่อ γ คือ หน่วยแรงอัดคอนกรีต **(กิโลกรัมต่อลูกบาศก์)**

W คือ น้ำหนักของแท่งทดสอบ **(กิโลกรัม)**

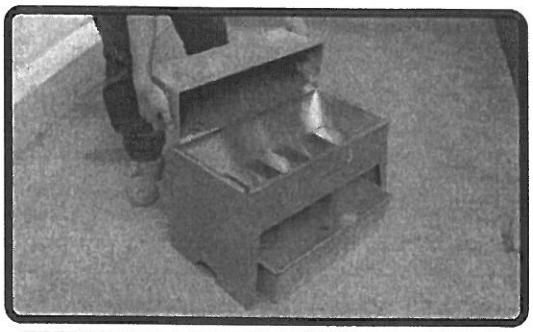
V คือ ปริมาตรของแท่งทดสอบ **(ลูกบาศก์)**

จบการนำเสนอ
YehYeh.com

การเตรียมตัวอย่าง

- การเตรียมตัวอย่างทดสอบแบบไม่ล้าง

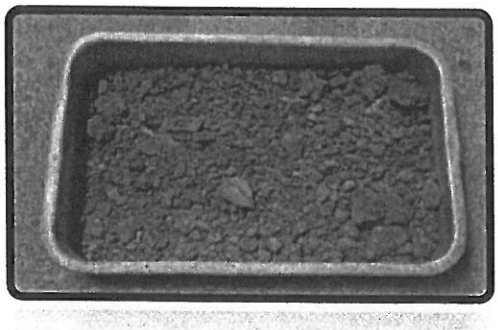
นำตัวอย่างมาคลุกให้เข้ากัน และแบ่งตัวอย่างโดยการแบ่งสี่หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างในขณะที่ตัวอย่างมีความชื้น เพื่อลดการแยกตัวของวัสดุ ถ้าตัวอย่างไม่มีส่วนละเอียดอาจจะแบ่งขณะที่ตัวอย่างแห้งก็ได้



การเตรียมตัวอย่าง

- การเตรียมตัวอย่างโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง

นำตัวอย่างที่จับกันเป็นก้อนไปแยกออกจากกันโดยใช้ค้อนยางทุบ แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อหาน้ำหนักตัวอย่างแห้ง



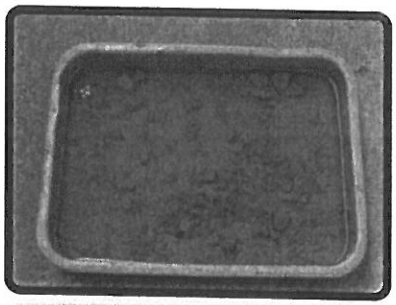
การทดสอบ

- นำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้มาใช้ในการทดสอบ โดยใช้น้ำหนักตัวอย่างแห้ง โดยประมาณตามตาราง

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 ½ นิ้ว)	15.0
50.0 มิลลิเมตร (2 นิ้ว)	20.0
63.0 มิลลิเมตร (2 ½ นิ้ว)	35.0
75.0 มิลลิเมตร (3 นิ้ว)	60.0
90.0 มิลลิเมตร (3 ½ นิ้ว)	100.0

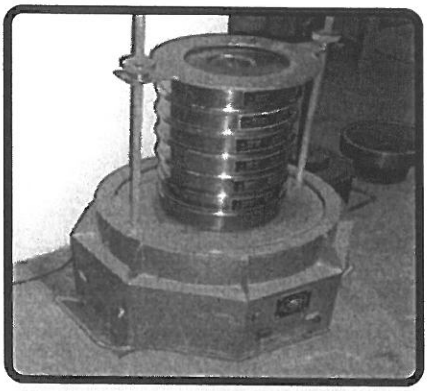
การทดสอบ

นำตัวอย่างใส่ลงในตะแกรงล้างเบอร์ 200 หากตัวอย่างมีเม็ดหยาบปนอยู่มากให้ใช้ตะแกรงขนาดใหญ่กว่า เบอร์ 200 ซ้อนไว้ข้างบน แล้วใช้น้ำล้างออกจนไม่มีวัสดุที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เหลืออยู่ จากนั้นนำตัวอย่างใส่ภาชนะแล้วอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส



การทดสอบ

- หลังจากอบตัวอย่างแห้งแล้ว นำตัวอย่างใส่ตะแกรงโดยเรียงตามขนาดที่ต้องการ แล้วนำเข้าเครื่องเขย่าโดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที นำตัวอย่างที่ค้างแต่ละขนาดไปชั่งน้ำหนัก



การคำนวณ

กำหนด A = น้ำหนักของตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ

B = น้ำหนักตัวอย่างที่ค้างตะแกรงแต่ละขนาด

C = ร้อยละของวัสดุที่ค้างตะแกรง

D = ร้อยละของวัสดุที่ค้างตะแกรงสะสม

E = ร้อยละของดินที่มีขนาดเล็กกว่า

สูตรคำนวณ

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

$$D = C\,(\text{บน}) + C\,(\text{ล่าง})$$

$$E = 100 - D$$

การคำนวณ

ขนาดตะแกรง	น้ำหนักค้างตะแกรง	%ค้างตะแกรง	%ค้างตะแกรงสะสม	%ผ่านตะแกรงสะสม
	B	C = B×100 / A	D = D(ข)+C(ค)	E = 100 - D
2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	171.2	8.56	8.56	91.44
3/8"	705.0	35.25	43.81	56.19
No.4	427.8	21.39	65.20	34.80
No.10	235.0	11.75	76.95	23.05
No.40	96.8	4.84	81.79	18.21
No.200	186.8	9.34	91.13	8.87
PAN	177.4	8.87	100.00	0.00
รวม	A = 2,000			

ตารางเกณฑ์ลูกรัง

ขนาดและตะแกรงมาตรฐาน	น้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละ				
	ชนิด ก.	ชนิด ข.	ชนิด ค.	ชนิด ง.	ชนิด จ.
2"	100	100	-	-	-
1"	-	75-95	100	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-
เบอร์ 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100
เบอร์ 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100
เบอร์ 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50
เบอร์ 200	2-8	5-20	5-15	10-20	6-20

ตารางเกณฑ์หินคลุก

ขนาดของตะแกรงมาตรฐาน	น้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละ		
	ชนิด ก.	ชนิด ข.	ชนิด ค.
2 นิ้ว	100	100	-
1 นิ้ว	-	75-95	100
3/8 นิ้ว	30-65	40-75	50-85
เบอร์ 4	25-55	30-60	35-65
เบอร์ 10	15-40	20-45	25-50
เบอร์ 40	8-20	15-30	15-30
เบอร์ 200	2-8	5-20	5-15

การหาเปอร์เซนต์ความผิดพลาด

A = น้ำหนักของตัวอย่างก่อนล้าง

B = น้ำหนักตัวอย่างหลังจากล้าง

C = น้ำหนักของตัวอย่างที่สูญหาย

D = น้ำหนักตัวอย่างที่ค้างตะแกรง

E = น้ำหนักรวมของตัวอย่าง

F = เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

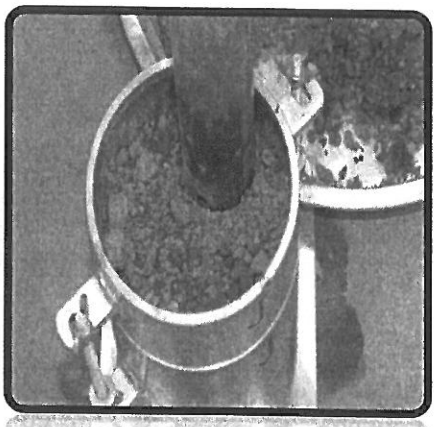
$$C = A - B$$

$$E = C + D$$

$$F = \frac{A - E \times 100}{A}$$

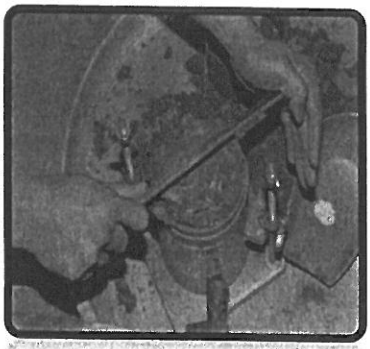
ตัวอย่างการคำนวณ

ขั้นตอนการทดสอบ

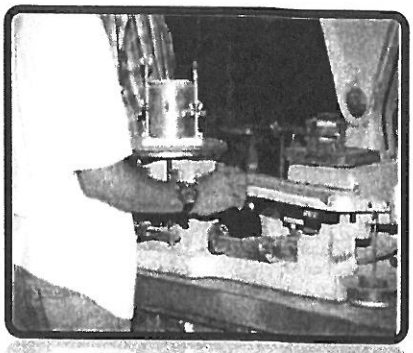


1. นำตัวอย่างวัสดุที่จะทดสอบมาผึ่งให้แห้งหรืออบที่อุณหภูมิ 60 C แล้วบดให้ร่วน จากนั้นพรมน้ำให้ทั่วตัวอย่างดิน เพื่อให้ดินชื้น แล้วคลุกผสมกัน ใส่ตัวอย่างดินลงในแบบโมลด์ แล้วใช้ตุ้มบดอัดให้แน่นตามวิธีที่กำหนด

ขั้นตอนการทดสอบ

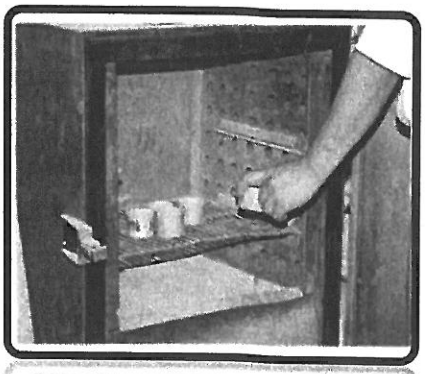


2. ถอดฝาครอบโมลด์ออก ใช้เหล็กปาดแต่งหน้าวัสดุให้เรียบ



3. นำไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาความแน่นเมื่อชื้น

ขั้นตอนการทดสอบ



4. เก็บตัวอย่างวัสดุใส่ตลับบรรจุแล้วนำไปอบให้แห้งเพื่อหาปริมาณความชื้น
5. นำตัวอย่างวัสดุออกจากโมลด์ ทุบด้วยค้อนยางให้ร่วนแล้วผสมกับน้ำให้เข้ากัน โดยเพิ่มความชื้นประมาณ 2 % แล้วดำเนินการตามข้อ (1)-(4) แล้วคำนวณหาปริมาณน้ำและค่าความแน่น

รายการคำนวณ

- การคำนวณ

1. คำนวณหาค่าความชื้นในดินเป็นร้อยละ

$$w = \frac{w_1 - w_2 \times 100}{w_2}$$

เมื่อ w = ความชื้นในดินเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับน้ำหนักดินอบแห้ง

w_1 = น้ำหนักของดินชื้น หน่วยเป็นกรัม

w_2 = น้ำหนักของดินแห้ง หน่วยเป็นกรัม

รายการคำนวณ

2.คำนวณหาค่าความแน่นชื้น (WET DENSITY)

$$\gamma_m = \frac{W}{V}$$

เมื่อ γ_m = ความแน่นชื้นของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

W = น้ำหนักดินชื้นที่บดอัดในแบบโมล หน่วยเป็นกรัม

V = ปริมาตรของแบบโมล ซึ่งเท่ากับปริมาตรของดินชื้นที่บดอัดในแบบโมล หน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

รายการคำนวณ

3. คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (DRY DENSITY)

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

เมื่อ γ_d = ความแน่นแห้งของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

γ_w = ความแน่นชื้นของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

w = ความชื้นในดินเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับน้ำหนักดินอบแห้ง

ตัวอย่างการคำนวณ