

ភាគអង្គភាព

ภาคผนวก ก

การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวม

วัสดุประสงค์

เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะทั้งหมดและความถ่วงจำเพาะปรากฏ รวมทั้งค่าการดูดซึมของมวลรวมและอีกด้วยมวลรวมหยาบ

เอกสารอ้างอิง

1) มาตรฐาน ASTM C 127

2) มาตรฐาน ASTM C 128

ทฤษฎี

ก. ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม (Specific Gravity) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของปริมาณเนื้อแท้ของมวลรวมต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาณเท่ากัน โดยที่มวลรวมมีรูพูน ความถ่วงจำเพาะของมวลรวมจึงแยกได้เป็น 3 ลักษณะคือ

1) ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด (Bulk Specific Gravity)

เป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของปริมาณของมวลรวม (ที่รวมรูพูนทั้งหมดและช่องว่างภายในของมวลรวม) ต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาณเท่ากัน

2) ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity)

เป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของปริมาณเนื้อแท้ของมวลรวม (ที่รวมເອົາຫຼຸນທີ່ນໍາຂ້າໄປໄຟໄລ໌ และช่องว่างภายในของมวลรวมด้วย) ต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน

3) ความถ่วงจำเพาะสัมบูรณ์ (Absolute or True Specific Gravity)

เป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของปริมาตรเนื้อแท้ในมวลรวม (ที่ไม่รวมເອົາຫຼຸນและช่องว่าง) ต่อ
น้ำหนักของน้ำที่มีปริมาณเท่ากัน ความถ่วงจำเพาะสัมบูรณ์อาจหาได้โดยทำให้เป็นผงละเอียดที่ไม่มีช่องว่างอยู่เลย อย่างไรก็ตามความถ่วงจำเพาะสัมบูรณ์ไม่ได้ใช้ประโยชน์ในงานคอนกรีต

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวมขึ้นอยู่กับสมบัติของแร่ธาตุที่เป็นส่วนผสมและความพรุนของก้อนมวลรวม ความชื้นอาจทำให้ความถ่วงจำเพาะของมวลรวมเปลี่ยนแปลงไปได้ ความถ่วงจำเพาะนี้ใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาปฏิกิริยาส่วนผสมของหินและรายในคอนกรีต โดยใช้เป็นตัวบ่งชี้น้ำหนักที่กำหนดให้ของมวลรวมเป็นปริมาตรเนื้อแท้หรือเปลี่ยนปริมาตรเนื้อแท้เป็นน้ำหนักเพื่อหาปริมาณมวลรวมสำหรับการทดสอบนั้น ๆ

ความสำคัญในการคำนวณปฏิกิริยาส่วนผสมของคอนกรีตจะใช้ความถ่วงจำเพาะทั้งหมดของมวลรวมที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) ความถ่วงจำเพาะของมวลรวมที่ไว้มีค่าอยู่ระหว่าง 2.40-2.90

๒. การดูดซึมของมวลรวม (Absorption of Aggregates)

โครงสร้างภายในก้อนวัสดุผสมปูนก่อตัวโดยเนื้อของแข็งและช่องว่าง ซึ่งว่างเหล่านี้จะดูดความชื้นเข้าไปเก็บไว้ได้ ในการทดสอบค่าดูดซึมน้ำที่ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติข้อนี้ เพื่อควบคุมปริมาณน้ำในส่วนผสมให้ได้ความชื้นเหลวคงที่ ทำให้คอนกรีตมีเนื้อสม่ำเสมอ

ปริมาณน้ำในมวลรวมอาจอยู่ในสภาวะไคลสภาระหนึ่งใน 4 อย่าง

1. แห้งด้วยตากอบ ในภาวะนี้มวลรวมสามารถดูดความชื้นได้เต็มที่
2. แห้งในอากาศหรือแห้งที่ผิวแต่มีความชื้นอยู่ข้างในมวลรวมจึงดูดความชื้นได้พอควร
3. อิ่มตัวผิวแห้ง เป็นสภาวะที่ดีที่สุด โดยที่มวลรวมจะไม่คายหรือดูดน้ำจากคอนกรีต
4. ชื้นหรือเปียก มีความชื้นมากเกินไปโดยจะมีน้ำทุบก้อนมวลรวมอยู่

การทดสอบหาการดูดซึมของมวลรวมที่จำเป็นจะใช้ในการหาปริมาณน้ำของมวลรวมที่ภายในอุปกรณาน้ำที่ดูดซึมเข้าไปจากส่วนผสมของคอนกรีต ซึ่งทำให้เราสามารถปรับปรุงปริมาณน้ำในส่วนผสมให้เหมาะสมตามสภาวะของมวลรวมที่แท้จริง

การทดสอบที่ 8.1 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียดวัสดุ

มวลรวมละเอียดที่ต้องการทดสอบประมาณ 1 กิโลกรัม
เครื่องมือ

- 1) เครื่องชั่งที่สามารถชั่งได้ละเอียด 0.1 กรัม
- 2) กระบอกตวง 500 มล.
- 3) กรวยโลหะ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางส่วนบน 3.75 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางส่วนล่าง 8.9 ซม. ความสูง 7.4 ซม. ทำด้วยโลหะหนาประมาณ 0.9 มม.
- 4) เหล็กกระหึ่ง ปลายเรียบเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. น้ำหนัก 340 กรัม
- 5) เครื่องปีกหมุน
- 6) ถาดโลหะ
- 7) เตาอบ

วิธีการทดสอบ

- 1) นำมวลรวมละเอียดที่ต้องการทดสอบประมาณ 1 กก. แช่น้ำพิงไว้ 24 ชม.
- 2) นำมวลรวมให้แห้งโดยใช้เครื่องปีกหมุนปีกไว้ทั่วจนแห้งสม่ำเสมอ กันอยู่ในสภาวะของการไอนอลอิสระ

- 3) การทดสอบว่ามีมวลในให้ต้องใช้เครื่องมือไม่ได้โดยเน้นว่ามีมวลลงในกรวยไอลิฟชัน เดิมแล้วใช้หลักกระถุงเบาๆ เป็นจำนวน 25 ครั้ง แล้วยกกรวยขึ้นในแนวตั้ง หาความรวมยังมีความชื้นที่ผิด มวลจะยังคงรูปกรวยอยู่ ให้ใช้เครื่องเป้ามุนได้ความชื้นที่ผิด ต่อไปแล้วนำมวลรวมไปทดสอบอีกครั้งจนกว่ามวลจะยุบตัวลงเล็กน้อย และคงว่ามวลรวมอยู่ในสภาพะไอลิฟชัน ไม่มีความชื้นที่ผิด เรียกว่าอยู่ในสภาพะอิ่มตัวผิวน้ำหาง
- 4) งานนี้ให้เทมวลรวมที่ได้ 500 กรัม ลงในระบบอุกตุวงแล้วเติมน้ำลงถึงจุดระดับประมาณ 450 มล.
- 5) นำระบบอุกตุวงที่ได้ไปเข้าในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เบี่ยงระบบอุกตุวง เพื่อได้ฟองอากาศเติมน้ำลงถึงระดับ 500 มล. ทิ้งไว้ในอุณหภูมิกองที่ ซึ่งน้ำหนัก
- 6) เทมวลรวมในระบบอุกตุวงใส่ถ้วยโลหะ อบให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็น ซึ่งน้ำหนักมวลรวม
- 7) ซึ่งน้ำหนักของระบบอุกตุวงที่มีน้ำที่ระดับ 500 มล. ที่อุณหภูมิประมาณ 8 องศาเซลเซียส

การคำนวณ

- 1) คำนวณความถ่วงจำเพาะทั้งหมด(Bulk Specific Gravity)ที่สภาวะอบแห้งด้วยเตาอบ จาก

$$\text{ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด} = A / (B + 500 - C)$$

โดย A = น้ำหนักของมวลรวมที่แห้งด้วยเตาอบ, กรัม

B = น้ำหนักของระบบอุกตุวงที่มีระดับ 500 มล., กรัม

C = น้ำหนักของระบบอุกตุวงที่มีมวลรวมและน้ำที่ระดับ 500 มล., กรัม

- 2) คำนวณความถ่วงจำเพาะทั้งหมด(Bulk Specific Gravity)ที่สภาวะอิ่มตัวผิวน้ำหาง จาก

$$\text{ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด} = 500 / (B + 500 - C)$$

- 3) คำนวณความถ่วงจำเพาะปรากฏ(Apparent Specific Gravity) จาก

$$\text{ความถ่วงจำเพาะปรากฏ} = A / (B+A-C)$$

- 4) คำนวณร้อยละของการดูดซึม จาก

$$\text{ร้อยละของการดูดซึม} = 100 * (500-A) / A$$

**การทดสอบที่ 8.2 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการคุณภาพของน้ำรวมหมาบ
วัสดุ**

น้ำรวมหมาบที่ต้องการทดสอบ ที่มีน้ำหนักขั้นต่ำตามเกณฑ์ดังนี้

ขนาดใหญ่สุดของน้ำรวมหมาบ, นิว	น้ำหนักขั้นต่ำ, กก.
$\frac{1}{2}$	2
$\frac{3}{4}$	3
1	4
$1\frac{1}{2}$	5
2	8
$2\frac{1}{2}$	12
3	18
$3\frac{1}{2}$	25

เครื่องมือ

- 1) เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึงประมาณ 0.1% ของน้ำหนัก
- 2) ตะกร้าตรวจน้ำหนัก
- 3) ผ้าแห้ง
- 4) เตาอบ

วิธีการทดสอบ

- 1) นำน้ำรวมหมาบที่ต้องการทดสอบตามเกณฑ์ร้อนเอาส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทึ้งไป
- 2) ใช้น้ำล้างผุนและสีสกปรกที่ติดบนรวมออก แล้วนำน้ำรวมไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชม.
- 3) นำน้ำรวมแต่ละก้อนมาเช็คดูตัวผ้าแห้ง ให้น้ำที่เกาะอยู่ที่ผ้ารวมถูกดูดซับออกไป โดยที่ผิวน้ำรวมยังคงอยู่ ระวังไม่ให้มีการระเหยของความชื้นในขณะเช็คดู โดยหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับแดดและลมแรงโดยตรง น้ำรวมจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง ซึ่งน้ำหนักน้ำรวม
- 4) เทมน้ำรวมลงในตะกร้าตรวจน้ำหนักแล้วชั่งน้ำหนักในน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 23°C

- 5) อบมวลรวมให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ $100 - 110^{\circ}\text{C}$ จนน้ำหนักคงที่ (ประมาณ 1 วัน)
ทิ้งให้เย็น(ประมาณ 1 ชั่วโมง) ชั้งน้ำหนักมวลรวม

การคำนวณ

- 1) คำนวณความถ่วงจำเพาะทั้งหมด(Bulk Specific Gravity) ที่สภาวะแห้งด้วยเตาอบ จาก
ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด = $A / (B - C)$

โดย A = น้ำหนักของมวลรวมที่แห้งด้วยเตาอบ, กรัม

B = น้ำหนักของมวลรวมที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้งที่ซึ่งในอากาศ, กรัม

C = น้ำหนักของมวลรวมที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้งที่ซึ่งในน้ำ, กรัม

- 1) คำนวณความถ่วงจำเพาะทั้งหมด(Bulk Specific Gravity) ที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง จาก
ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด = $B / (B - C)$

- 2) คำนวณความถ่วงจำเพาะปรากฏ(Apparent Specific Gravity) จาก

ความถ่วงจำเพาะปรากฏ = $A / (A - C)$

- 3) คำนวณร้อยละของการดูดซึม (%Absorption) จาก

ร้อยละของการดูดซึม = $100 * (B - A) / A$

ภาคผนวก X

การทดสอบอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในทราย

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาปริมาณสารอินทรีย์คดปฏิปักษ์ในทรายจากการวัดความเข้มของสีเอกสารข้างต้น

1) มาตรฐาน ASTM C 40

2) มาตรฐาน ASTM D 1544

วัสดุ

1) ทรายที่ต้องการทดสอบน้ำหนักประมาณ 450 กรัม หรือ 130 มล.

2) โซเดียมไอกอรอกไซด์ ชนิดเข้มข้นร้อยละ 3 (โดยน้ำหนัก)

เครื่องมือ

1) ขวดแก้วใส ที่มีจุดบิดแน่นและสามารถถอดความจุได้ขนาดประมาณ 350 มล.

2) แผ่นกระดาษอินทรีย์มาตรฐาน

ทฤษฎี

มวลรวมจะเอียดหรือทราย อาจแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด คือ

1. ทรายนก พับบนงกที่ห่างจากทะเลและไม่มีความเส้นติดอยู่

2. ทรายแม่น้ำลำธาร พับตามลำห้วย แม่น้ำเก่าและใหม่

3. ทรายทะเล พับตามชายทะเลหรือบนงก แต่ยังมีเกลือติดอยู่

4. ทรายที่ทำขึ้นจากการร่องหินมีมนุษย์ทุบหรือไม่เป็นก้อนเล็กๆ

ตอนกรีตธรรมดางจะต้องการแต่เฉพาะทรายหายนที่มีเมล็ดคอมเข้มและสะอาด โดยมีผุนน้อย
ที่สุด และไม่มีด่าง กรดหรือเกลือเปื้อน ส่วนสารเจือปนอื่นๆ เช่น ดิน ถ่าน ผุน เกษ็ทก์ก้านคให้ไม่
เกินดังนี้

1. มีดินผสมอยู่ได้ไม่มากกว่า 1 % โดยน้ำหนัก

2. มีถ่านปนอยู่ได้ไม่มากกว่า 1 % โดยน้ำหนัก

3. มีผุนหรือสิ่งที่ลอดตะแกรงเบอร์ 200 ปนอยู่ได้ไม่มากกว่า 5 % โดยน้ำหนัก

4. ปราศจากสารอินทรีย์ เช่น ตะไคร้น้ำ, ใบไม้เน่า, หรือมีปนอยู่ไม่นัก

สารอินทรีย์ในทรายสามารถทดสอบได้โดยวิธีการวัดความเข้มของสี (Colorimeter test)

โดยใส่สารละลายน้ำโซเดียมไอกอรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ลงไปเทียบสีของ

ส่วนผสมน้ำกับสีมาตรฐานการ์ดเนอร์ (Gardner Color Scale) ถ้าปรากฏว่าสารละลายน้ำโซเดียมไส

เหตีองอ่อนๆ แสดงว่ารายนี้ปราศจากสารอินทรีย์ หากสารละลายมีสีระห่ำสีเหลืองอ่อนกับสีน้ำตาล แสดงว่ามีปริมาณสารอินทรีย์มากพอที่จะทำให้คุณครีตมีคุณภาพแผลง โดยปริมาณสารอินทรีย์ไม่ถึงร้อยละ 1 อาจทำให้ชีเมนต์เป็นตัวขัดขวางหรือไม่แข็งตัว และทำให้กำลังของคุณครีตลดลงมาก

การทดสอบนี้ไม่ควรนำไปใช้กับทรัพย์ที่มีอนุภาคต้านหินหรือลิกไนต์ปนอยู่ เนื่องจากสารเหล่านี้อาจทำให้เกิดสีเข้มในสารละลาย ซึ่งไม่ถือว่าเกิดผลเสียหายทางเคมีต่อคุณครีต

ความถี่ในการทดสอบหากสารอินทรีย์ขึ้นอยู่กับสภาพและความแน่นอนสมบูรณ์ของทรัพย์โดยปกติทำทุกวันแต่สำหรับทรัพย์ที่ถูกน้ำชาและมีระเบียน อาจลดลงเป็นสัปดาห์ละครึ่งก็ได้

ตัวอย่างทรัพย์ที่จะนำมาทดสอบควรซึ่งเด็กน้อย ถ้ามีความชื้นที่คิวมาเกินไปจะทำให้สารละลายที่เจือจางกว่าที่ควรเป็น หากเป็นมวลแห้งสารอินทรีย์อาจสูญหายระหว่างสัมผัส แบบสีมาตรฐาน

เป็นแบบสีที่ทำจากสีต่างๆ มี 5 สีด้วยกัน มีสีอ่อนไปจนถึงสีเข้ม ใช้เปรียบเทียบกับสีที่ได้จากสารละลาย Sodium Hydroxide ที่อยู่ในทรัพย์ที่อยู่ในทรัพย์ถ้าใกล้เคียงกับสีใดในแบบสีมาตรฐานก็จะได้ความหมายของแต่ละสีนั้น ซึ่งจะแสดงถึงว่าสารอินทรีย์ปนอยู่ในทรัพย์มากน้อยเพียงใด ความหมายของสีจะบอกเป็นหมายเดียวคงแสดงในตารางที่ 11.1 โดยจะพิจารณาแบบสีมาตรฐานแบบ Gardner หรือแบบแผ่นกระดาษอินทรีย์อย่างโดยย่างหนึ่งก็ได้

ตารางที่ 11.1 การเปรียบเทียบค่าหมายเลขของสีมาตรฐานกับค่าหมายเลขของแบบสีมาตรฐาน

หมายเลขสีมาตรฐานการคัดเนอร์	หมายเลขแผ่นกระดาษอินทรีย์
5	1
8	2
11 (มาตรฐาน)	3 (มาตรฐาน)
14	4
16	5

วิธีทดลอง

- ตวงทรัพย์ลงกระบอกตวงประมาณ 130 มล. แล้วเทใส่ขวดแก้ว
- เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก พร้อมกับเบเย่าขวดเด็กน้อยขณะเติมเพื่อไล่ฟองอากาศ จนได้ระดับความจุ 200 มล.
- ปิดขวดแล้วเขย่าอย่างแรงหลายๆ ครั้ง แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
- เปรียบเทียบสีของของเหลวในขวดกับมาตรฐานว่ามีสีอ่อนหรือแก่ย่างไร

ภาคผนวก ๑

การทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต

วัสดุประสงค์

เพื่อทดสอบหาความขึ้นเหลว (Consistency) ของคอนกรีตสดที่ปฏิภาณส่วนผสมต่าง ๆ โดยใช้วิธีการทดสอบค่าการยุบตัว
เอกสารอ้างอิง

มาตรฐาน ASTM C 143

วัสดุ

- 1) กรวยเหล็กสำหรับวัดการยุบตัว (Slump Mold) ซึ่งเป็นรูปกรวยหัวตัดทำด้วยแผ่นโลหะ ตอนล่างมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 200 ม.m. (8 นิ้ว) ตอนบนมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 100 ม.m. (4 นิ้ว) และสูง 300 ม.m. (12 นิ้ว) มีหูสำหรับยกทั้งสองชิ้น ดังรูปที่ 1
- 2) เหล็กกระถุง (Tamping Rod) เป็นแท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 ม.m. (5/8 นิ้ว) ยาวประมาณ 600 ม.m. (24 นิ้ว) ปลายกลมมน
- 3) แผ่นเหล็ก
- 4) เครื่องวัดระยะการยุบตัว
- 5) เครื่องเหล็กและประแจเหล็ก

ทฤษฎี

วิธีทดสอบความสามารถเทาได้ (Workability) ของคอนกรีต ไม่อาจทำได้โดยตรง แต่ อย่างไรก็ตามคุณสมบัติที่สามารถวัดได้คือ ความขึ้นเหลว (Consistency) ของคอนกรีต ซึ่งเป็นเครื่องแสดงว่า คอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ ๆ นั้น กระด้างพอตี เปียกหรือเละ ความสามารถเทาได้ของคอนกรีตจะเป็นที่พึงใจหากความขึ้นเหลวของคอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ ๆ นั้น เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับคอนกรีตมีความหนาแน่นตัวคือตามสภาพของแต่ละงาน

การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ทดสอบหาความขึ้นเหลวของคอนกรีต ใช้กันทั่วไปทั่วในสานานและห้องปฏิบัติการวิธีนี้ทำได้ง่ายและเครื่องมือที่ใช้ก็ทำได้ไม่ยากนัก ค่าการยุบตัวคอนกรีตที่วัดได้สำหรับคอนกรีตที่มีอัตราส่วนผสมเดียว กันจะมีค่ามาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต ค่าการยุบตัวของคอนกรีตยิ่งน้อย กำลังของคอนกรีตที่ได้ยิ่งสูงขึ้น สำหรับคอนกรีตที่มีก้อนหินหรือกรวดขนาดใหญ่กว่า 2 นิ้ว อยู่มาก การวัดหาค่าการยุบตัวโดยวิธีนี้จะไม่ได้ผลถูกต้อง เพราะจะต้องเทียบกันไม่ได้

ตารางที่ 1 ค่าการยุบตัวของคอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่าง ๆ

<u>ประเภทของงาน</u>	ค่าการยุบตัว, ซม.	
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
งานฐานราก กำแพง คอนกรีตเสริมเหล็ก	12.5	5.0
งานฐานรากคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก งานก่อสร้างใต้น้ำ	10.0	2.5
งานพื้น คาน และผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก	15.0	7.5
งานเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	15.0	7.5
งานพื้นถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก	7.5	5.0
งานคอนกรีตขนาดใหญ่	7.5	2.5

ภาคผนวก ง

การทดสอบหาค่ากำลังอัด

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการเตรียมตัวของหินทรายและหินทรายที่มีคุณภาพดี ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ รวมทั้งการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดของหินทรายที่ได้จากการผลิตหินทรายและหินทรายที่มีคุณภาพดี ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ รวมทั้งการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดของหินทรายที่ได้จากการผลิตหินทรายและหินทรายที่มีคุณภาพดี

เอกสารอ้างอิง

1) มาตรฐาน ASTM C 642	31
2) มาตรฐาน ASTM C 643	39
3) มาตรฐาน ASTM C 644	42
4) มาตรฐาน ASTM C 645	192
5) ร่างมาตรฐานผลิตภัณฑ์	คู่มือทดสอบความต้านทานแรงอัดของหินทราย

วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการเตรียมตัวของหินทรายและหินทรายที่มีคุณภาพดี ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ รวมทั้งการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดของหินทรายที่ได้จากการผลิตหินทรายและหินทรายที่มีคุณภาพดี

เครื่องมือ

1) แบบหล่อแท่งทดสอบและห้องหินทราย	แบบหล่อหินทรายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. ภาชนะ 15 x 15 x 15 ซม.
2) เครื่องทำให้แน่น ชิ้นละแบบแท่ง (Vibrating Rod) ชิ้นละ	ชิ้นเป็นเครื่องเขย่าแบบไดอะ (Vibrating Table) หรือเครื่องเขย่าต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 1/5 ของมิติของคันที่เด็กสุด (Tamping Rod) ชิ้นเป็นแท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ม.m. ยาว 500 – 600 ม.m. ปัด 1 รอบ
3) เครื่องทดสอบแรงกด	มาตรฐานแบบไชลด์อลิค
4) เวอร์เนีย คาลิปเปอร์ (vernier Caliper)	อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 ม.m.
5) เครื่องชั่ง อ่านได้ละเอียด	ละเอียด 1 กรัม
6) เครื่องมือที่จำเป็น เช่น	สว่าน เกรียง แบร์ บีนคัน
กำลังอัดหรือความต้านทานแรงอัด	Compressive Strength)

กำลังอัดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากที่สุดของคอนกรีต เมื่อใช้ในการยกแบบคอนกรีต ส่วนมากจะออกแบบให้คอนกรีตรับแรงอัดอย่างเดียว ถึงแม้ว่าคอนกรีตจะรับแรงดึงได้บ้างก็มักจะไม่นำมาคิด ในองค์การส่วนที่ต้องรับแรงดึงมักจะให้เหล็กเสริมรับแรงส่วนนี้ไป

กำลังอัดของคอนกรีตขึ้นอยู่กับปัจจัยภาคส่วนผสม (โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์) อายุการบ่ม และอื่น ๆ เมื่อใช้ในการวิวัฒนาการทางวิชาการของคอนกรีตได้พัฒนาไปมาก จึงทำให้ในปัจจุบันนี้สามารถผลิตคอนกรีตที่มีกำลังอัดถึง 700 กก./ซม.² หรือสูงกว่าได้ อย่างไรก็ตามคอนกรีตในงานก่อสร้างในประเทศไทยยังมีกำลังอัดไม่สูงนัก (ประมาณ 100 – 300 กก./ซม.²)

กำลังอัดของคอนกรีตนี้ หมายถึงกำลังอัดที่ได้จากการทดสอบแท่งตัวอย่างมาตรฐานรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. ที่อุ่น 28 วัน ในบางครั้งแท่งตัวอย่างรูปสูญญากาศ ขนาด $15 \times 15 \times 15$ ซม. ที่มักนิยมใช้ในการก่อสร้างแต่กำลังอัดของรูปสูญญากาศจะต่ำกว่ากำลังอัดของรูปทรงกระบอกมาตรฐาน

ในการออกแบบองค์การ ค.ส.ล. การกำหนดใช้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตเป็นตั้งแต่กำลังผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงข้อความสามารถของผู้รับเหมา ก่อสร้างด้วยว่า จะมีความสามารถผลิตคอนกรีตคุณภาพนั้นได้หรือไม่ โดยปกติผู้ออกแบบจะกำหนดค่ากำลังอัดของคอนกรีตสำหรับ ก่อสร้างจริงให้สูงกว่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้คำนวณออกแบบประมาณ 15 – 25% เนื่องจาก กำลังของคอนกรีตในที่ก่อสร้างย่อมต่ำกว่ากำลังของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

แท่งทดสอบ

- 1) แท่งทดสอบซึ่งได้จากการหล่อจะต้องเป็นรูปทรงกระบอกหรือรูปสูญญากาศ
- 2) แท่งทดสอบซึ่งได้จากการเจาะต้องเป็นรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งทดสอบต้องไม่เล็กกว่า 2 เท่าของขนาดใหญ่สุดของมวลผสมและต้องไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร ความยาวของแท่งทดสอบเมื่อยังไม่เคลือบปลายทั้งสอง端 ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของเส้นผ่าศูนย์กลาง

การเตรียมแท่งทดสอบซึ่งได้จากการหล่อ

- 1) ก่อนใส่คอนกรีตลงในแบบหล่อจะต้องเคลือบภายในแบบหล่อด้วยน้ำมันที่ไม่ทำปฏิกิริยากับคอนกรีตเพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตเกาะติดแบบหล่อ แล้ววางแบบลงบนพื้นที่ราบและมั่นคง
- 2) เทคอนกรีตลงในแบบหล่อเป็นชั้น ๆ โดยพายายณไม่ให้คอนกรีตเกิดการแยกตัว

3) เข่าค่อนกริตโดยใช้รีดิวชีฟนีงลังต่อไปนี้

3.1) ใช้เครื่องเข่าแบบโถะ แบบหล่อจะต้องบีดแผ่นกับ โต๊ะเข่าอย่างมั่นคง การเข่าต้องคำนึงติดต่อ กันและหยุดเมื่อถึงจุดที่ไม่ปรากฏฟองอากาศขนาดใหญ่ขึ้นมา และมีมอร์ตาเป็นชั้นบาง ๆ ปรากฏขึ้นที่ผิวน้ำค่อนกริต

3.2) ใช้เครื่องเข่าแบบแท่ง แท่งเข่าจะต้องอยู่ในแนวเดิมและห่างจากกันแบบหล่อประมาณ 20 ม.m. เข่าค่อนกริตในลักษณะนี้นก่าวจะไม่ปรากฏฟองอากาศขนาดใหญ่ขึ้นมา และมีมอร์ตาเป็นชั้นบาง ๆ ปรากฏขึ้นที่ผิวน้ำค่อนกริต การนำแท่งเข่าออกจากแบบหล่อให้น้ำออกอย่างช้า ๆ

3.3) ให้แท่งกระถุกด้วยมือ ค่อนกริตที่ใส่ในแบบหล่อให้ได้เป็นชั้น ๆ ละประมาณ 100 – 150 ม.m. แต่ละชั้นกระถุกให้หัวด้วยแท่งเหล็ก โดยกระถุก 1 ครั้งต่อพื้นที่ประมาณ 1000 ม.m.² ของพื้นที่หน้าตัดแบบหล่อการกระถุกแต่ละครั้งต้องกระถุกให้เข้มลงไปเท่ากับความหนาของชั้นที่ใส่ลงไปใหม่

4) หลังจากเข่าค่อนกริตเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ตัดแต่งผิวน้ำค่อนกริตให้เรียบด้วยกรีง

การบ่มแท่งค่อนกริตซึ่งได้จากการหล่อ

1) หลังจากหล่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้คุณผู้วิบนด้วยแผ่นเหล็กหรือแผ่นพลาสติก เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ แล้วเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิประมาณ $16 - 27^{\circ}$ ช. และป้องกันไม่ให้มีการสั่นสะเทือนด้วย

2) ให้ตัดแบบออกหลังจากหล่อแท่งทดสอบระหว่าง 20 ± 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นให้บ่มแท่งตัวอย่างในที่ชื้นอุณหภูมิ $23 \pm 1.7^{\circ}$ ช. จนกว่าจะถึงเวลาทดสอบ ถ้าแท่งตัวอย่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ต้องเช็คผิวน้ำแท่งทดสอบให้แท่ง แล้วทดสอบภายใน 1 ชั่วโมง และถ้าแท่งทดสอบเป็นรูปทรงกรวยบอกต้องเช็คผิวน้ำให้แท่งเคลือบผิวน้ำแท่งทดสอบ ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง แล้วทดสอบภายใน 1 ชั่วโมง หลังจากนั้น

การบ่มแท่งค่อนกริตซึ่งได้จากการเจาะ

ให้แซ่ก้อนตัวอย่างในน้ำปูนขาวอิ่มตัวที่อุณหภูมิห้อง ไม่น้อยกว่า 40 ชั่วโมงก่อนทดสอบ นำเข้าจากน้ำมาเคลือบแล้วจึงทดสอบต่อไป

การส่งแท่งตัวอย่างจากสถานีไปยังห้องทดสอบ

ในกรณีที่มีการขนส่งแท่งตัวอย่างจากสถานที่ก่อสร้างมาทำการทดสอบในห้องทดสอบให้บรรจุเท่าตัวอย่างในภาชนะที่แข็งแรงและให้พิพากษาร่วมกับความชื้นของแท่งตัวอย่าง โดยอาจใส่กระป๋องหรือขี้ลือเยียกเก็ตได้ หลังจากนั้นมีอัลกอย่างห้องทดสอบแล้วให้นำมาส่งตัวอย่างในที่ชื้นที่อุณหภูมิ $23 \pm 1.7^{\circ}$ ซ. เพื่อรอการทดสอบต่อไป

การเคลือบผิวน้ำแท่งทดสอบ

ในกรณีที่ผิวน้ำแท่งทดสอบไม่เรียบ ให้เคลือบผิวน้ำแท่งทดสอบด้วยส่วนผสมของกำถันกับผงแร่หรือซีเมนต์เพสต์ (อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ โดยน้ำหนัก 27–30%) ซึ่งผสมไว้ 2–4 ชั่วโมงแล้ว

ในการเคลือบนั้น อุปกรณ์จะต้องตั้งอยู่ในแนวแกนของแท่งทดสอบและผิวน้ำดำเนินที่จะใช้ค้องมีมูนที่ถูกต้อง และขณะที่รัศมีไฟเคลือบแข็งตัว ต้องป้องกันการระเหยของน้ำแข็งให้พ้นปีกคลุมไว้

วิธีทดสอบ

- 1) วัดขนาดและชั้นน้ำหนักของแท่งคอนกรีต (กระทำก่อนการเคลือบผิวน้ำ)
- 2) ทำความสะอาดแท่งคอนกรีตและผิวแท่นชาร์ (Bearing Faces) ทั้งบนและล่างของเครื่องทดสอบแรงดึง
- 3) วางแท่งทดสอบให้อยู่ในแนวศูนย์กลางของน้ำหนักกด แล้วเลื่อนหรือหมุนผิวแท่นชาร์ให้สัมผัสนับเบี่ยงทดสอบสนิท
- 4) เปิดเครื่องทดสอบให้น้ำหนักกดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอโดยอัตราคงที่อยู่ในเกณฑ์ช่วง 14–34 นิวตัน ต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที ในระยะช่วงครึ่งแรกของน้ำหนัก กดสูงสุดที่แท่งทดสอบจะรับได้นั้น อาจใช้อัตรากดสูงกว่าที่กำหนดให้ ส่วนในการควบคุมเครื่องทดสอบจะเป็นแท่งทดสอบถึงจุดแตก (Yielding) อย่างรวดเร็วทันทีก่อนเกิดถึงจุดประลัย (Ultimate) นั้น ห้ามปรับอัตราการกดหรือส่วนใด ๆ ของเครื่องทดสอบ
- 5) ให้กดจนกระแท้แท่งทดสอบถึงจุดประลัย
- 6) บันทึกค่าน้ำหนักกดสูงสุดที่แท่งทดสอบสามารถรับได้ พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลการแยกของแท่งทดสอบนั้นด้วย
- 7) คำนวณหาความด้านแรงอัดของแท่งทดสอบจากสูตร

$$f_c = \frac{P_u}{A}$$

โดยที่ f_c = ความต้านทานแรงอัดของแท่งทดสอบ กก./ซม.²

P_u = น้ำหนักคงสูงสุดที่แท่งทดสอบรับได้ กก.

A = พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักคงของแท่งทดสอบ ซม.²

8) คำนวณหาความแน่นของแท่งทดสอบ (หรือหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต) จากสูตร

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

โดยที่ W_c = ความแน่นของแท่งทดสอบ กก./ม.³

W = น้ำหนักของแท่งทดสอบ กก.

V = ปริมาตรของแท่งทดสอบ ม.³

หมายเหตุ ถ้าแท่งทดสอบซึ่งได้จากการเจาะมีส่วนสูงน้อยกว่า 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางให้แก้ไขค่าการต้านทานแรงอัดดังนี้

อัตราส่วนความสูงต่อ เส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งทดสอบ	ตัวคูณสำหรับแก้ไขค่า การต้านทานแรงอัด
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ภาคผนวก จ

การทดสอบหาค่ากำลังดึงแยกของคอนกรีต โดย Splitting test

วัสดุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาค่ากำลังดึงแยก (Splitting Tensile Strength) ของคอนกรีต เอกสารอ้างอิง

- 1) มาตรฐาน ASTM C 496
- 2) มาตรฐาน ASTM C 192
- 3) มาตรฐาน ASTM C 31

วัสดุ

วัสดุต่าง ๆ สำหรับใช้ในการผลิตคอนกรีตฐานปูทรงกระบอกมาตรฐาน เครื่องมือ

- 1) แบบหล่อคอนกรีตฐานปูทรงกระบอกมาตรฐาน
- 2) เครื่องมือทดสอบแรงอัดของคอนกรีต (Compression Testing Machine) ที่มีกำลังอัด ตามความเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน สามารถเพิ่มอัตราการกดได้อย่างสูง เช่น อุปกรณ์สำหรับทดสอบคอนกรีต
- 3) อุปกรณ์สำหรับการทดสอบแรงดึงแยก

ทฤษฎี

กำลังดึงแยกของคอนกรีต (Tensile Strength) โดยทั่ว ๆ ไปจะมีค่าต่ำมาก ประมาณ 7 – 11% ของกำลังแรงอัดเท่านั้น ดังนั้น ใน การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไว้แล้ว มักจะไม่คิดแรงดึงในการคำนวณ อย่างไรก็ตาม ในโครงสร้างบางชนิดที่ไม่ต้องการให้คอนกรีตแตกร้าวเนื่องจากต้องการป้องกันน้ำซึม เช่น ถังน้ำ เขื่อน หรือในกรณีที่ไม่สามารถเสริมเหล็ก เช่น ถนน ถนนบิน เป็นต้น จำเป็นต้องใช้กำลังดึงของคอนกรีตช่วยในการออกแบบ

ในการทดสอบหากำลังดึงของคอนกรีตนั้น มักไม่นิยมทดสอบหาโดยตรง เนื่องจากความบุกเบิกในการทดสอบจะทำให้ได้ค่าไม่แน่นอนนัก ดังนั้น จึงได้มีการทดสอบหากำลังคงของคอนกรีต โดยทางอ้อม โดยการทำการทดสอบกำลังศักดิ์ (Flexural Strength) หรือการทดสอบหา กำลังดึงแยก (Splitting Tensile Strength)

ในการทดสอบแรงดึงแยกนั้น ทำการทดสอบโดยนำหัวตัวอย่างฐานปูทรงกระบอก มาตรฐาน เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. วางในแนวอนในเครื่องทดสอบ แล้วกดด้วย แรงที่เป็นเส้น (Line Load) จนกระทั่งแท้ตัวอย่างแยกออกจากกันเป็นส่วนๆ กัน ซึ่ง สักษะแรงที่เกิดนพิษทั้งระบบยกด้านข้างนี้จะทำให้เกิดแรงดึงออกทางด้านข้างในระบบที่ตั้ง

หากกับแรงกด กำลังดึงแยกจากการทดสอบโดยวิธีนี้ค่าประมาณ 8 – 14% ของกำลังอัดของคอนกรีต ซึ่งคำนวณได้จาก

$$T = \frac{2P}{\pi D}$$

เมื่อ	T	=	กำลังดึงแยก, กก./ตร.ซม.
	P	=	แรงกดสูงสุด, กก.
	L	=	ความยาวของแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอก, ซม.
	D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอก, ซม.

การเตรียมตัวอย่างแท่งทดสอบ

ในการเตรียมตัวอย่างแท่งทดสอบ ให้ดำเนินการเข่นเดี่ยวกับการทดสอบหาค่ากำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐาน

วิธีทดสอบ

- 1) ให้ลากเส้นผ่าศูนย์กลางที่ปลายของแท่งทดสอบคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐานทั้งสองด้าน โดยให้เส้นทั้งสองนี้อยู่ในระนาบเดียวกัน
- 2) วัดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของแท่งทดสอบให้ละเอียดถึง 0.25 ซม. โดยวัดที่ปลายทั้งสองข้างและที่กึ่งกลาง
- 3) วัดความยาวเฉลี่ยของแท่งทดสอบ ให้ละเอียดถึง 0.25 ซม. โดยวัดแนวระนาบทั้งสองด้านที่จะทดสอบ
 - 4) ชั่งน้ำหนักของแท่งทดสอบให้ละเอียดถึง 1 กรัม
 - 5) วางแท่งทดสอบให้ได้ศูนย์กลางบนแท่นทดสอบในลักษณะแนวอน
 - 6) กดแท่งทดสอบอย่างช้า ๆ จนกระทั่งแตก (Failure) แล้วยันทึกแรงกดสูงสุด
 - 7) ให้รูปร่างแบบลักษณะการแตกหักของแท่งทดสอบ