ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลทราย

(Test for Specific Gravity and Absorption Aggregates)

วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะทั้งหมด(Bulk Specific Gravity) และความถ่วงจำเพาะปรากฏ(Apparent Specific Gravity) รวมทั้งค่าการดูดซึม(หลังการแช่น้ำไว้ 24 ชั่วโมง)ของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐาน ASTM C127 และ C128

ทฤษฎี

ก)ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม หมายถึงอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของปริมาตรเนื้อแท้ของมวลรวมต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน โดยที่มวลรวมมีรูพรุน ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม จึงอาจแยกออกเป็น 3 ลักษณะคือ

1.ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด(Bulk Specific Gravity)

เป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของปริมาตรรวม(ที่รวมทั้งรูพรุนทั้งหมดและช่องว่างภายในของมวลรวม) ต่อน้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน

2.ความถ่วงจำเพาะปรากฏ(Apparent Specific Gravity)

เป็นอัตราส่วนของน้ำหนักของปริมาตรเนื้อแท้ของมวลรวม(ที่รวมเอารูพรุนที่น้ำเข้าไปไม่ได้ (Impermeable pores) และช่องว่างภายในของมวลรวมด้วย) ต่อน้ำหนักขอน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน

3.ความถ่วงจำเพาะสัมบูรณ์(Absolute or True Specific Gravity)

เป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของปริมาตรเนื้อแท้ของมวล(ที่ไม่รวมรูพรุนและช่องว่าง) ต่อน้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน ความถ่วงจำเพาะสัมบูรณ์หาได้โดยทำให้เป็นผงละเอียดที่ไม่มีช่องว่างอยู่เลย อย่างไรก็ตามความถ่วงจำเพาะสัมบูรณ์ได้ประโยชน์ในงานคอนกรีต

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวมขึ้นอยู่กับสมบัติของแร่ธาตุที่เป็นส่วนผสมและความพรุนของก้อนมวลรวม ความชื้นอาจทำให้ความถ่วงจำเพาะ ของมวลรวมเปลี่ยนไปได้ ความถ่วงจำเพาะนี้ใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาปฏิภาคส่วนผสมของหินและทรายในคอนกรีต โดยใช้เป็นตัวเปลี่ยนน้ำหนักที่กำหนดให้มวลรวมเป็นปริมาตรเนื้อแท้ หรือเปลี่ยนปริมาตรเนื้อแท้ไปเป็นน้ำหนักเพื่อหาปริมาตรมวลรวม สำหรับการผสมนั้นๆ

ตามปกติในการคำนวณปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต ใช้ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด(Bulk Specific Gravity) ของมวลที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง(Saturated surface dry)

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวมทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 2.40-2.90

ข)การดูดซึมของมวลรวม(Absorption of Aggregates)โครงสร้างภายในก้อนวัสดุผสมประกอบด้วยเนื้อของแข็งและช่องว่าง ช่องว่างเหล่านั้นจะดูดความชื้นเข้าไปเก็บไว้ได้ การผสมคอนกรีตจึงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติข้อนี้ด้วย เพื่อควบคุมปริมาตรน้ำในส่วนผสมให้ได้ความข้นเหลวคงที่อันจะทำให้คอนกรีตมีเนื้อสม่ำเสมอ

ปริมาตรน้ำในมวลรวมอาจอยู่ในสภาวะใดสภาวะหนึ่งใน 4 อย่าง ดังแสดงในรูป ก

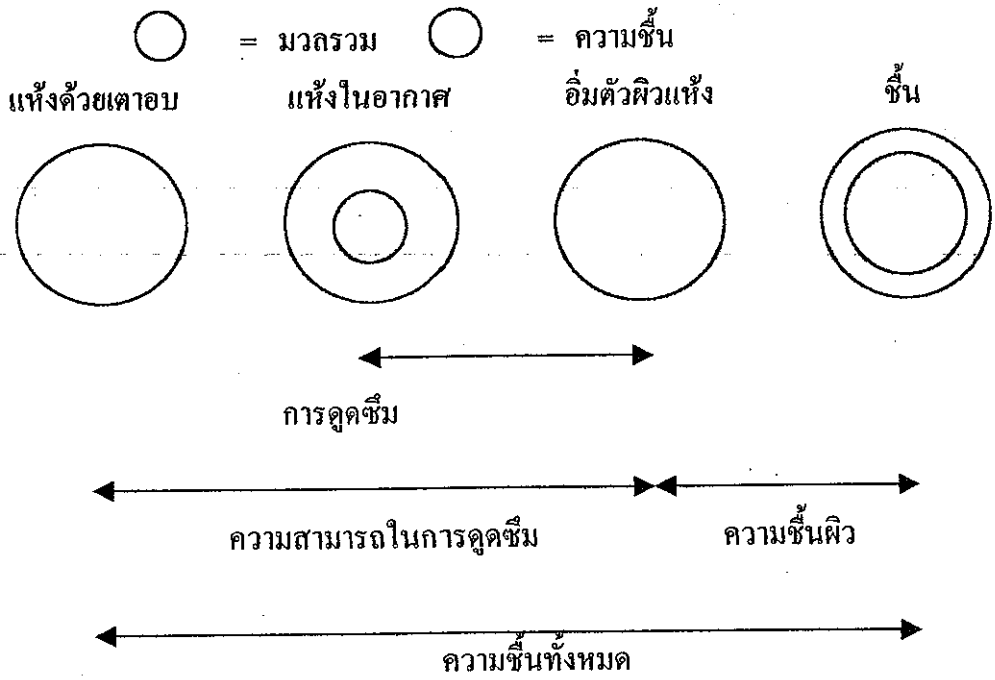
1.แห้งด้วยเตาอบ(Oven dry)ในสภาวะนี้มวลรวมสามารถดูดซึมความชื้นได้เต็มที่

2.แห้งในอากาศ(Air dry) หรือแห้งที่ผิวแต่มีความชื้นอยู่ในช่องว่างข้างใน ใน ปริมาณที่น้อยกว่าสภาวะแห้งและอิ่มตัว ดังนั้นมวลรวมจึงอาจดูดซึมได้บ้าง

3.อิ่มตัวและผิวแห้ง(Saturated surface dry)เป็นภาวะที่ดีที่สุด โดยที่มวลรวมไม่ระบายน้ำออกหรือดูดน้ำจากคอนกรีต

4.ชื้นเปียก(Damp or wet) เป็นสภาวะที่ปริมาณความชื้นสูงมากเกินไป โดยมีน้ำหุ้มก้อนมวลรวมอยู่ด้วย

ดังนั้นการทดสอบหาการดูดซึมของมวลรวม จึงมีประโยชน์ในการหาปริมาตรของน้ำที่มวลรวมคายออกมาหรือดูดซึมเข้าไป จากส่วนผสมของคอนกรีต ซึ่งทำให้เราสามารถปรับปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีตให้เหมาะสมตามสภาวะของมวลรวมที่แท้จริง



รูป สภาวะความชื้นของมวลรวม

ตอนที่ 1

การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียด

(Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate)

วัสดุ

มวลรวมละเอียดที่ต้องการทดสอบน้ำหนักประมาณ 1,000 กรัม

เครื่องมือ

1.เครื่องชั่งที่สามารถชั่งได้ละเอียด 0.1 กรัม

2.กระบอกตวง ขนาดความจุ 500 มล.

3.กรวยโลหะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางส่วนบน 3.75 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางส่วนล่าง 8.9 ซม. ความสูง 7.4 ซม. ทำด้วยแผ่นโลหะหนาประมาณ 0.9 ม.ม.

4.เหล็กกระทุ้ง ปลายเรียบเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. น้ำหนัก 340 กรัม

5.เครื่องเป่าผม

6.ถาดโลหะ

7.เตาอบ

วิธีการทดลอง

1.นำเอามวลรวมละเอียดจากที่เก็บมาประมาณ 1,000 กรัม โดยใช้วิธีของการแบ่งสี่(Method of Quartering) ไปอบให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 100-110° ซ. จนน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

2.หลังจากนั้นนำมวลรวมละเอียดมาทำให้โดยใช้เครื่องเป่าผมเป่ามวลรวมละเอียดให้ทั่วจนมวลรวมละเอียดนั้นแห้งสม่ำเสมอ และอยู่ในสภาวะของการไหลอิสระ(Free – Flowing)

3.การทดสอบว่ามวลรวมละเอียดนั้นอยู่ในสภาวะของการไหลอิสระทำได้โดยเทมวลรวมละเอียดนั้นลงในกรวยโลหะจนเต็ม แล้วให้เหล็กกระทุ้ง กระทุ้งเบาๆเป็นจำนวน 25 ครั้ง จากนั้นยกกรวยขึ้นตรงๆในแนวดิ่งถ้าหากว่ามวลรวมละเอียดยังมีความชื้นผิว(Surface Moisture)อยู่ มวลรวมละเอียดนั้นจะยังคงรูปร่างเป็นรูปกรวยอยู่

ในกรณีที่ยังมีความชื้นที่ผิวอยู่ให้ใช้เครื่องเป่าไล่ความชื้นที่ผิวต่อไปอีก แล้วนำมวลรวมไปทดสอบในกรวยโลหะอีเช่นเดิม ทำเช่นนี้เป็นช่วงๆจนกระทั่งเห็นว่าเมื่อยกกรวยขึ้นแล้วมวลรวมละเอียดยุบตัวลงเล็กน้อย ซึ่งแสดงว่ามวลรวมละเอียดนั้นมีการไหลตัวอิสระ ไม่มีความชื้นที่ผิวเราเรียกว่าอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง(Saturate Surface – Dry)

4.จากนั้นให้เทมวลรวมละเอียดจำนวน 500 กรัม ลงไปในกระบอกตวงแล้วเติมน้ำจนถึงขีดระดับประมาณ 450 มล.

5.นำกระบอกตวงตามข้อ 4 ไปแช่ในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิได้คงที่ประมาณ 27° - 1.7° ซ. แล้วเขย่ากระบอกตวงเพื่อไล่ฟองอากาศออก เติมน้ำจนถึงระดับ 500 มล. แล้วจึงทิ้งไว้ให้อุณหภูมิคงที่

6.ชั่งหาน้ำหนักของกระบอกตวง มวลรวมทั้งหมด

7.เทมวลรวมละเอียดออกจากกระบอกตวงไปในถาดโลหะ แล้วนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 100 – 110 ° ซ. จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่(อบประมาณ 24 ชั่วโมง)จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 1 – 1 $\frac{1}{2}$ ชั่วโมงแล้วชั่งหาน้ำหนักของมวลรวมละเอียดที่ผิวแห้ง

8.ชั่งหาน้ำหนักของกระบอกตวงที่มีน้ำที่ระดับ 500 มล. ที่อุณหภูมิประมาณ 28° ซ.

<u>การคำนวณ</u>

1.คำนวณหาความถ่วงจำเพาะทั้งหมด(Bulk Specific Gravity)ที่สภาวะแห้งด้วยเตาอบ ได้จาก

$$\text{ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด} = \frac{A}{B + 500 - C}$$

โดยที่ A = น้ำหนักของมวลรวมละเอียดที่แห้งด้วยเตาอบ,กรัม

B = น้ำหนักของกระบอกตวงและน้ำที่ระดับ 500 มล.,กรัม

C =น้ำหนักของกระบอกตวงที่มีมวลรวมละเอียดและน้ำที่ระดับ 500 มล., กรัม

2.คำนวณหาความถ่วงจำเพาะทั้งหมด(Bulk Specific Gravity) ที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง(Saturate Surface Dry Basis) ได้จาก

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

โดยที่ B = น้ำหนักของกระบอกตวงและน้ำที่ระดับ 500 มล.,กรัม

C = น้ำหนักของกระบอกตวงที่มีมวลรวมละเอียดและน้ำที่ระดับ 500 มล.,กรัม

3.คำนวณหาความถ่วงจำเพาะปรากฏ(Apparent Specific Gravity) ได้จาก

$$\text{ความถ่วงจำเพาะปรากฏ} = \frac{A}{B + A - C}$$

โดยที่ A = น้ำหนักของมวลรวมละเอียดที่แห้งด้วยเตาอบ,กรัม

B = น้ำหนักของกระบอกตวงและน้ำที่ระดับ 500 มล.,กรัม

C = น้ำหนักของกระบอกตวงที่มีมวลรวมละเอียดและน้ำที่ระดับ 500 มล.,กรัม

4.คำนวณหาร้อยละของการดูดซึม(Percentage of Absorption)ได้จาก

$$\text{การดูดซึม \%} = \frac{(500 - A) \times 100\%}{A}$$

โดยที่ A = น้ำหนักของมวลรวมละเอียดที่แห้งด้วยเตาอบ,กรัม

ตอนที่ 2

การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมหยาบ

(Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregates)

วัสดุ

มวลรวมหยาบที่ต้องการทดสอบที่มีน้ำหนักตามเกณฑ์ดังนี้

ขนาดใหญ่สุดของมวลรวม	น้ำหนักต่ำสุด(กก.)
½"	2
¾"	3
1"	4
1½"	5
2"	8
2½"	12
3"	18
3½"	25

เครื่องมือ

1.เครื่องชั่งที่มีความละเอียดพอเหมาะ(0.1% ของน้ำหนัก)

2.ตะกร้าลวดเหล็ก

3.ถาดโลหะ

4.ผ้าแห้ง

5.เตาอบ

วิธีการทดลอง

1.นำมวลรวมหยาบที่เก็บมาประมาณเท่าที่ต้องการ โดยวิธีการแบ่งสี่(Methodof Quartering) ร่อนเอาส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทิ้งไป

2.ล้างมวลรวมหยาบด้วยน้ำ เพื่อขจัดฝุ่นและสิ่งสกปรกที่ติดตามผิวขอมวลรวบหยาบนั้น

3.นำมวลรวมหยาบไปอบในเตาอบให้ได้น้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ 100 – 110 °ซ.แล้วทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 1 – 3 ชั่วโมง

4.จากนั้นมวลรวมหยาบนั้นไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5.นำเอามวลรวมหยาบแต่ละก้อนมาเช็ดถูด้วยผ้า ให้น้ำที่เกาะตามผิวของมวลรวมถูกดูดซับไป โดยที่ผิวของมวลรวมหยาบยังชื้นอยู่ หลีกเลี่ยงอย่าให้มีการระเหยของความชื้นในขณะเช็ดถู มวลรวมหยาบจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

6.ชั่งน้ำหนักของมวลรวมหยาบในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

7.เทมวลรวมหยาฐในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้งนี้ลงในตะกร้าลวดเหล็กแล้วชั่งหาน้ำหนักในน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 28 °ซ.

8.จากนั้นนำเอามวลรวมหยาบนั้นไปอบในเตาอบอุณหภูมิประมาณ 100 - 110°ซ. จนได้น้ำหนักคงที่ แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 – 3 ชั่งโมง จากนั้นจึงนำไปชั่ง

<u>การคำนวณ</u>

1.คำนวณหาความถ่วงจำเพาะทั้งหมด(Bulk Specific Gravity)ในสภาวะแห้งด้วยเตาอบได้จาก

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{A}{B - C}$$

โดยที่ A = น้ำหนักของมวลรวมที่แห้งด้วยเตาอบ,กรัม

B = น้ำหนักของมวลรวมที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้งที่ชั่งในอากาศ,กรัม

C = น้ำหนักของมวลรวมที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้งที่ชั่งในน้ำ,กรัม

2.คำนวณหาความถ่วงจำเพาะทั้งหมด (Bulk Specific Gravity)ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface – Dry) ได้จาก

$$\text{ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด (อิ่มตัวผิวแห้ง)} = \frac{B}{B - C}$$

โดยที่ B = น้ำหนักของมวลรวมที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้งที่ชั่งในอากาศ,กรัม

C = น้ำหนักของมวลรวมที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้งที่ชั่งในน้ำ,กรัม

3.คำนวณห่าความถ่วงจะเพาะปรากฏ(Apparent Specific Gravity)ได้จาก

$$\text{ความถ่วงจำเพาะปรากฏ} = \frac{A}{A - C}$$

โดยที่ A = น้ำหนักของมวลรวมที่แห้วด้วยเตาอบ,กรัม

B = น้ำหนักของมวลรวมที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้งที่ชั่งในน้ำ,กรัม

4.คำนวณหาร้อยละของการดูดซึม(Percentage Of Absorption)ได้จาก

$$\text{การดูดซึม \%} = \frac{B - A}{A} \times 100\%$$

โดยที่ A = น้ำหนักของมวลรวมที่แห้งด้วยเตาอบ,กรัม

B = น้ำหนักของมวลรวมที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้งที่ชั่งในอากาศ,กรัม

ภาคผนวก ข

ปฏิบัติการทดสอบหาค่าปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนอยู่ในทรายผสมคอนกรีต

(Test for Organic Impurities in sand for concrete):ASTM:C 40 – 79

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาปริมาณอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในทราย สำหรับผสมคอนกรีตทั้งนี้เนื่องจาก **อินทรีย์สารวัตถุบางชนิด แม้จะเพียงน้อยนิดก็อาจทำให้ซีเมนต์มอร์ต้าหรือคอนกรีตแข็งตัวช้าลง** กว่าปกติ หรืออาจไม่แข็งตัวเลยก็ได้ จนเป็นเหตุให้ความแข็งแรงลดลงไปอย่างมาก ปรกติอินทรีย์สารดังกล่าว จะเกิดในรูปของสารจำพวกพืชที่ผุเน่าแล้วมักจะพบในทรายบกมากกว่าทรายแม่น้ำ

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.ทราย

2.ขวดแก้วใส ขนาดประมาณ 350 มล.

3.น้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ ชนิดเจือจาง 3% (โดยน้ำหนัก)

4.เกลือป่น

5.แถบสีมาตรฐาน หรือสารละลายมีมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบ

ขั้นตอนการทดลองแบบทดสอบสีมาตรฐาน(Colorimeter Test)

1.นำทรายมาจากแหล่งต่างๆตามความต้องการ ควรมีความชื้นเพียงเล็กน้อยแต่อย่าชื้นมากจนเปียก เพราะจะทำให้ตัวยาสำหรับทดสอบอ่อนกำลัง แต่ถ้าทรายแห้งเกินไปพวกสารอินทรีย์อาจสูญหายไปบ้าง

2.เททรายที่จะทดสอบลงในขวดแก้วสูงประมาณ 1/3 ของขวด จากนั้นจึงเติมน้ำยาโซเดียมหไฮดรอกไซด์ไปให้ท่วมทรายและสูงเลยทรายไปประมาณ ½ เท่าของความสูงทราย

3.ตั้งขวดแก้วใสดังกล่าวไว้เฉยๆเป็นเวลา 24 ชม. จึงบันทึกสีของเหลวไว้เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ให้สีมาตรฐาน หากต้องการความรวดเร็วอาจประมาณผลได้จากการเลือกตั้งทิ้งไว้แล้วไม่น้อยกว่า 4 ชม.

หมายเหตุ ปรกติของเหลวจะมีสีเหลืองทรายสะอาด ของเหลวจะมีสีเหลืองอ่อนมากและยิ่งสกปรกก็จะยิ่งมีสีแก่หรือเข้มขึ้นตามลำดับ

ขั้นตอนการทดลองแบบวัดการตกตะกอน(Sedimentation Test)(ASTM:33 – 84)

1.เตรียมทรายที่จะทดสอบเช่นเดียวกับการเตรียมการทดสอบสีมาตรฐานพร้อมกบเตรียมสารละลายของเกลือโดยใช้อัตราส่วนน้ำ 0.5 ลิตรต่อเกลือ 1 ช้อนชา

2.เททรายที่จะทดสอบลงในขวดแก้วใสให้ได้สูงประมาณ 5 ซม. จากนั้นเทสารละลายของเกลือที่เตรียมไว้ลงไป จนกระทั่งความสูงของสารละลายท่วมทราย และสูงเลยขึ้นไปเหนือทรายอีกประมาณ 5 ซม.

3.เขย่าขวดแก้วใสดังกล่าวไปมาอย่างแรงๆ 30 วินาที จากนั้นจึงตั้งขวดแก้วใสทิ้งไว้ 1 – 3 ชม. วัสดุจำพวกแร่ที่มีความละเอียดมากๆที่เกาะอยู่บริเวณผิวเม็ดทราย เช่น ดินฝุ่น ซึ่งละลายหลุดจากเม็ดทราย ให้วัดความหนาของตะกอนดังกล่าว หากคิดเป็นอัตราส่วนเทียบกับความหนาของทรายที่อยู่ข้างใต้แล้วเกินกว่า 5% แสดงว่าทรายมีความสกปรกมากหากนำไปผสมคอนกรีตสารเหล่านี้จะลอยตัวขึ้นมาบนผิวคอนกรีต อาจทำให้เกิดการแตกร้าวได้เมื่อคอนกรีตแห้ง

รูป การทดสอบความสะอาดของทราย

ภาคผนวก ค

ปฏิบัติการทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

(sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregate)

:ASTM:C 136 – 84

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาขนาดของมวลรวมคละ โดยใช้ตะแกรงขนาดมาตรฐานสำหรับหาค่าพิกัดความละเอียด(Fineness modulus) ซึ่งเป็นดัชนีที่เป็นปฏิภาคโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของอนุภาคในมวลรวมที่กำหนดให้ นั่นคือ มวลรวมยิ่งหยาบค่าพิกัดความละเอียดก็ยิ่งสูงขึ้น

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.มวลรวมละเอียด คือทราย ประมาณ 500 กรัม

2.มวลรวมหยาบ คือหินหรือกรวด ประมาณ 1000 กรัม

3.ตะแกรงขนาดมาตรฐานเบอร์ 4 หรือ 3/16" , 8 ,16,30,50,และ 100 สำหรับทราย

4.ตะแกรงมาตรฐานขนาด 3" , 2½" , 2" , 1½" , 1" , ¾" , ½" , ⅜" , และ No.4 สำหรับหินหรือกรวด

5.เครื่องเขย่าตะแกรง ชนิดมอเตอร์หรือมือหมุน สำหรับทราย

6.เครื่องเขย่าตะแกรง ชนิดมอเตอร์ สำหรับหินหรือกรวด

7.ตาชั่งขนาดใหญ่ วัดได้ละเอียดถึง 0.1%

8.เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้

ขั้นตอนการทดลอง

การหาส่วนขนาดคละของทราย

1.เตรียมทรายสำหรับทดสอบด้วยการตรวจดูว่าชื้นหรือไม่ ปรกติควรเป็นทรายที่แห้งหากชื้นเกินไปควรอบเสียก่อน

2.เตรียมชุดของตะแกรงด้วยการทำความสะอาดไม่ให้มีฝุ่นผงค้างอยู่ภายในช่องชั่งน้ำหนักตะแกรงทุกขนาดและบันทึกไว้ พร้อมกับจัดเรียงซ้อนตามลำดับ พร้อมถาดลองอยู่ล่างสุด

3.ค่อยๆเททรายที่เตรียมพร้อมไว้แล้วลงในชุดตะแกรงปิดผาให้แน่นสนิทแล้วนำไปเข้าเครื่องเขย่าจับเวลาประมาณ 10 นาที

4.ถึงขนาดนี้ทรายที่มีขนาดเม็ดต่างๆจะถูกแยกแยะไปอยู่ในตะแกรงขนาดต่างๆเช่นกันให้นำตะแรงที่มีทรายค้างอยู่นั้นไปชั่งและจดบันทึกไว้อีกครั้งหนึ่งแล้วคำนวณหาค่าพิกัดความละเอียดต่อไป

การหาขนาดส่วนขนาดคละของหิน

1.เตรียมหินสำหรับทดลอง หากเป็นหินขนาดเล็กคือมีขนาดโตสุดไม่เกิน 1" ให้ใช้ประมาณ 5 กก.แต่หากเป็นหินใหญ่ควรใช้ประมาณ 20 กก.

2.ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองของทราย ตั้งแต่ข้อ 2 – 4

หมายเหตุ:

1.ค่าพิกัดความละเอียดของมวลรวม จะหาได้จากผลรวมของอัตราที่ค้างอยู่บนตะแกรงทั้งหมด หารด้วย 100

$$\text{(Sand) F.M.} = \frac{\text{(Cumulative \% retained)}}{100}$$

$$\text{(Coarse) F.M.} = \frac{\text{Cumulative \% retain, including No.4} + 500}{100}$$

2.ทรายทั่วไปแบ่งออกเป็นทรายละเอียดมาก ทรายละเอียด และทรายหยาบแต่ละชนิดมีค่าพิกัดความละเอียดแตกต่างกัน ดังนี้

ทรายละเอียดมาก	ค่า F.M.	=	0.50 – 1.50
ทรายละเอียด	ค่า F.M.	=	1.50 – 2.50
ทรายหยาบ	ค่า F.M.	=	2.50 – 3.50

สำหรับทรายที่ใช้ในงานคอนกรีตควรค่าพิกัดความละเดียดอยู่ระหว่าง 2.30 – 3.10

3.หินหรือกรวดที่ใช้ในงานคอนกรีต ควรมีค่าพิกัดความละเอียดระหว่าง 5.50 – 8.00

4.ในการทำ Mix Design ใช้ค่า F.M. ของทรายเป็นหลัก เนื่องจากมีผลทาง Workability มาก ทรายที่มีความละเอียดมาก(F.M.ต่ำ)จะทำงานได้ดีกว่าค่า F.M. ของทรายเป็นหลัก เนื่องจากมีผลทางใช้จริงๆจะต้องไม่ต่างจากที่กำหนดใน Mix Design เกินกว่า 0.2 เพราะจะทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับ F.M. ของกรวดหินไม่ใช้ใน Mix Design

ตารางแสดงมาตรฐานส่วนคละของมวลรวม

ก.สำหรับมวลรวมละเอียด(ทราย)

ขนาดของตะแกรง	ค่าอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักที่ผ่านตะแกรง
3/8"	100
No. 4	95 – 100
No. 8	80 – 100
No. 16	50 – 85
No. 30	25 – 60
No. 50	10 – 30
No. 100	2 – 10

ข.สำหรับมวลรวมหยาบ(หินหรือกรวด)

ขนาดตะแกรง / ขนาดของมวลรวมหยาบ	ค่าอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักที่ผ่านตะแกรง						
	3/8"	No.4	No.8	No.16	No.30	No.50	No.100
1 ½"	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
1"	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
¾"	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
½"	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5

แสดงมาตรฐานส่วนคละของมวลรวม

ภาคผนวก ง

การทำการผสม และการทำก้อนตัวอย่าง

การทำการผสมคอนกรีต

<u>วัตถุประสงค์</u>

เพื่อตรวจสอบว่า ส่วนผสมคอนกรีตที่ถูกออกแบบไว้นั้น มีคุณสมบัติต่างๆ เช่น ค่ายุบตัว, เวลาการแข็งตัว,ปริมาณอากาศ ตามที่ต้องการหรือไม่ การทดสอบแต่ละอย่างที่จะกล่าวต่อไปนี้ผู้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตจะเลือกทดสอบเฉพาะ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานเท่านั้น

<u>มาตรฐานที่ใช้</u>

ASTM C 192

Standard Method of MAKING AND CURING CORCRETE TEST

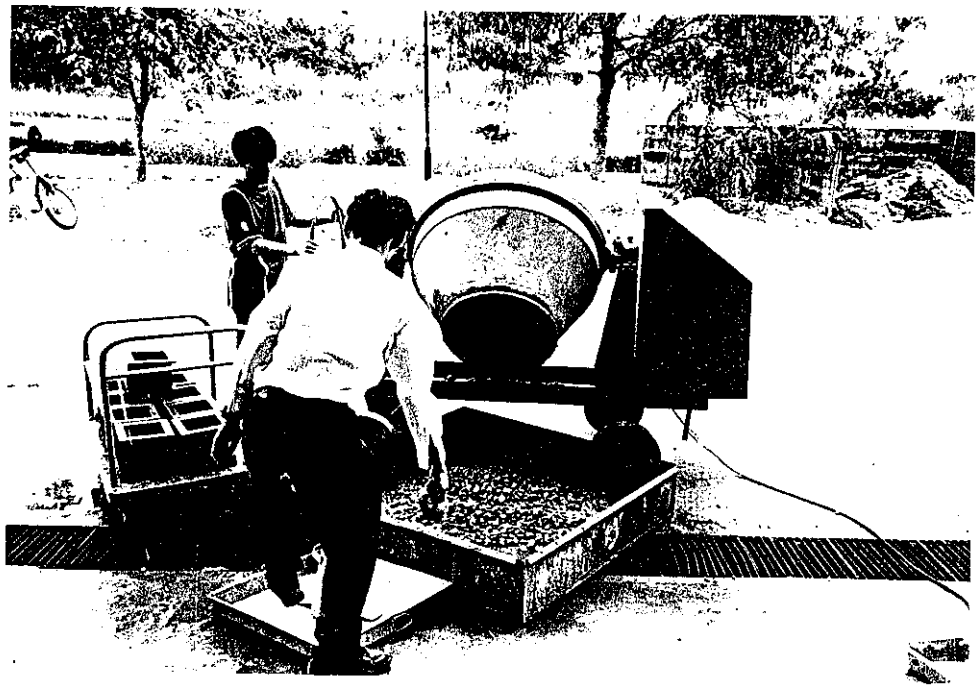
SPECIMENTS IN THE LABORATORY

<u>วิธีการทดสอบ</u>

หลังจากออกแบบส่วนผสมคอนกรีตเรียบร้อยแล้ว นำส่วนผสมที่ได้มาทำการชั่งน้ำหนัก ซีเมนต์ หิน ทราย รวมทั้งวัดปริมาตรน้ำและน้ำยา ตามส่วนผสมโดยต้องคำนวณปรับน้ำหนักของหิน ทราย น้ำ ตามความความชื้นในสภาพที่เป็นจริง เสร็จแล้วนำวัตถุดิบดังกล่าวเทใส่โม

โม่ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการคือ โม่แบบ Tilt

ก่อนที่จะผสมคอนกรีตใช้จริง ควรผสมมอร์ต้าเคลือบโม่ก่อนเพื่อส่วนผสมคอนกรีตที่ผสมถูกต้องและเพื่อให้วัตถุดิบทั้งหมดผสมเข้ากันได้ดี ลำดับการใส่วัตถุดิบจึงมีความสำคัญ โดยจะใส่หิน ปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ ตามลำดับ ถ้ามีการใช้น้ำยาผสมคอนกรีตจะผสมน้ำยากับน้ำแล้วเทส่วนผสมใส่ในโม่



โม่แบบ Tilt

ลักษณะเครื่องผสมคอนกรีตที่ใช้ในห้องปฏิบัติงาน

การทำก้อนตัวอย่าง

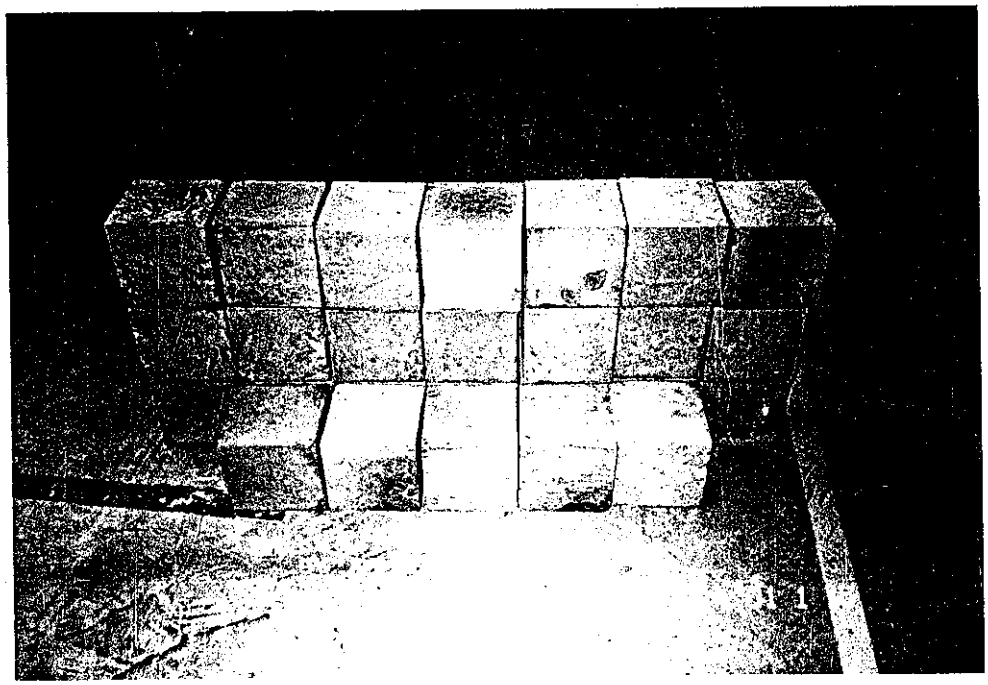
คอนกรีตที่เหมาะสำหรับงานก่อสร้าง นอกจากมีความเหลวที่จะเทได้แล้ว เมื่อเป็นคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วยังต้องสามารถรับกำลังได้ตามต้องการ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเก็บก้อนตัวอย่างและนำมาทดสอบตามเวลาต่างๆที่ได้กำหนด

ก้อนตัวอย่างในงานคอนกรีตที่ใช้ในประเทศไทย มีดังนี้

1.ตัวอย่างรูปลูกบาศก์ขนาด 15×15×15 ซม.

2.ตัวอย่างรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.

3.ตัวอย่างรูปคานขนาด 15×15×60 ซม.



ลักษณะก้อนตัวอย่าง

การทำก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์มาตรฐานที่ใช้

BS 1881:PAT\RT 3

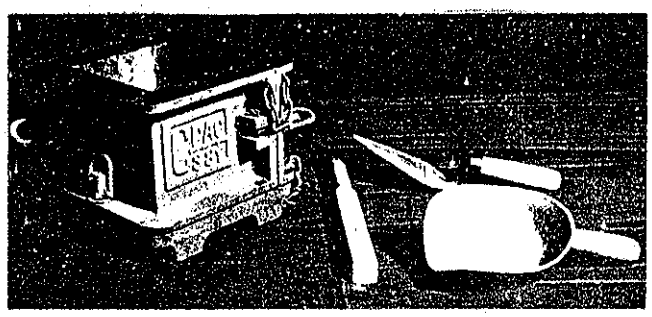
Method of MAKING AND CURING TEST SPECMENS

อุปกรณ์

1)แบบหล่อก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ 15×15×15 ซม.

2)เหล็กตำ หน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางนิ้ว

3)ช้อนตัก,เกรียงเหล็ก



อุปกรณ์ทำก้อนตัวอย่าง รูปทรงลูกบาศก์

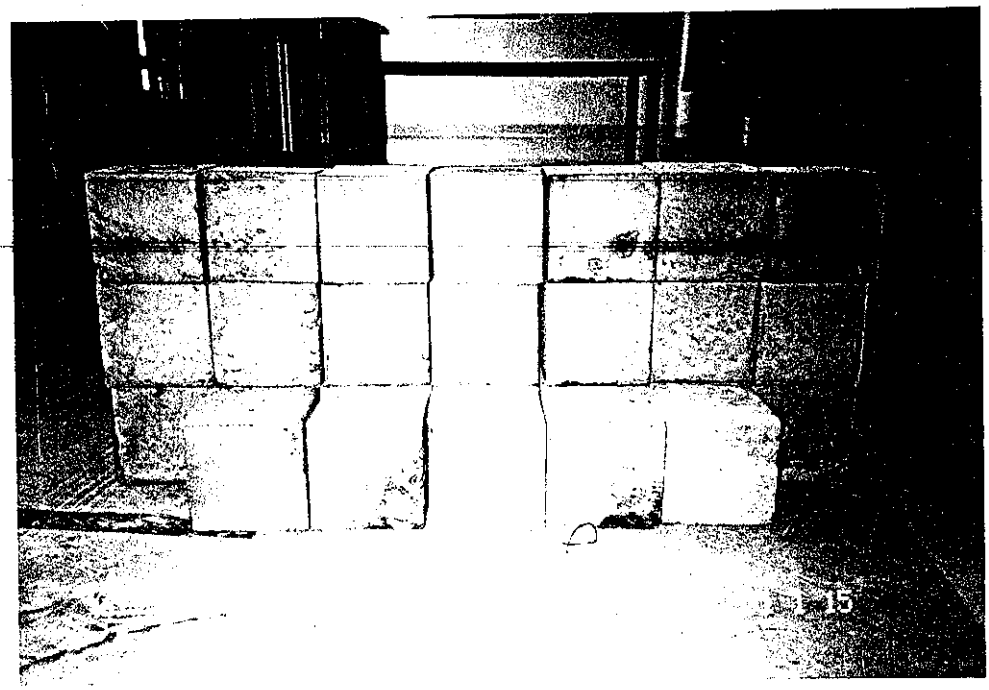
วิธีทำ

1)ทำความสะอาดแบบหล่อตัวอย่าง แล้วทาน้ำมันที่ผิวภายในทุกด้าน

2)ตักคอนกรีตใส่แบบ โดยแบ่งเป็น 3 ชั้น เท่าๆกัน แต่ละชั้นตำด้วยเหล็กตำ 35 ที

3)เมื่อตำชั้นสุดท้ายเสร็จ ปาดผิวหน้าให้เรียบ

4)ทดสอบกำลังอัดคอนกรีต



ตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์

ภาคผนวก จ

การทดสอบค่าการยุบตัว

การทดสอบค่าการยุบตัว

วัตถุประสงค์

เพื่อหาความสามารถได้ หรือความสามารถในการเทคอนกรีตสดลงแบบ

มาตรฐานที่ใช้

ASTM C 143

Standard Test Method of

SLUMP OF POPLAND CEMENT CONCRETE

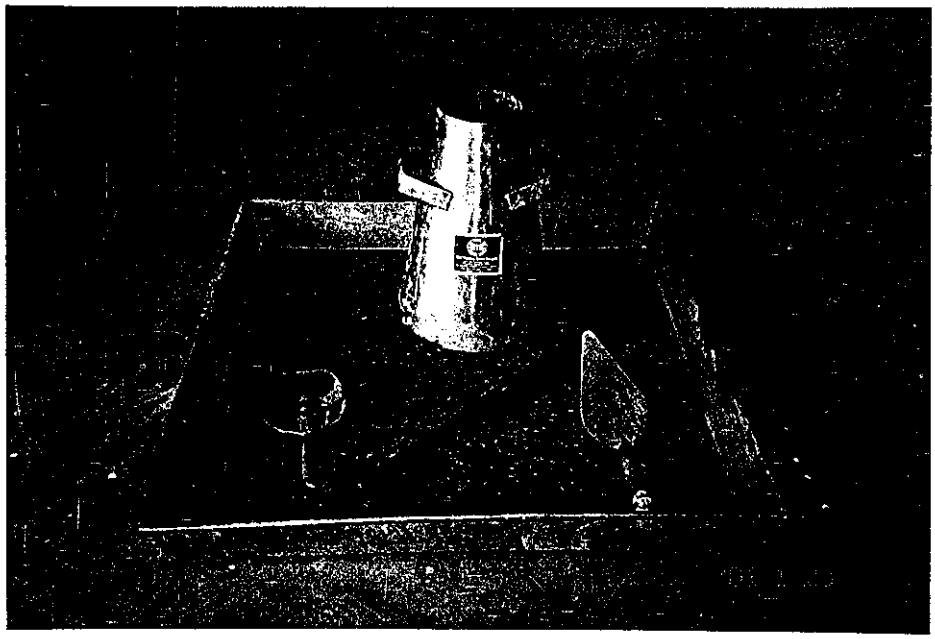
อุปกรณ์

1)โคนรูปทรงกรวยตัด เส้นผ่าศูนย์กลางด้านบน 10 ซม. และด้านล่าง 20 ซม. สูง 30 ซม.มีหูจับและแผ่นยื่นออกมาให้เท้าเหยียบทั้ง 2 ข้าง

2)เหล็กตำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ยาว 60 ซม. ปลายกลมมน

3)แผ่นเหล็กสำหรับรอง

4)ช้อนตัก เกรียง ตลับเมตรหรือไม้วัด



อุปกรณ์ทดสอบค่ายุบตัว

วิธีทดสอบ

1)นำกรวยเหล็กสำหรับวัดการยุบตัว(Slump Cone)มาทำให้เปียกชื้นเสียก่อนแล้วนำไปวางบนแผ่นเหล็กโดยเอสปลายตัดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าให้อยู่ด้านล่าง ยึดกรวยเหล็กให้แน่นโดยเอาเท้าทั้งสองข้างเหยียบที่เหยียบไว้

2)นำคอนกรีตที่ต้องการทดสอบหาค่าการยุบตัวลงไปในกรวยเหล็กให้ได้ปริมาตรประมาณ 1/3 ของปริมาตรของกรวยเหล็ก(ชั้นแรกจะสูงประมาณ 67 ม.ม.)แล้วกระทุ้งให้ลึกถึงแผ่นเหล็ก จำนวน 25 ครั้ง

3)เติมคอนกรีตลงไปในกรวยเหล็กอีกประมาณ 1/3 ของปริมาตร(เติมให้สูงถึงระดับประมาณ 155 ม.ม.)แล้วกระทุ้งให้ทั่ว 25 ครั้ง โดยให้ปลายเหล็กกระทุ้งถึงผิวบนของคอนกรีตชั้นแรกเท่านั้น

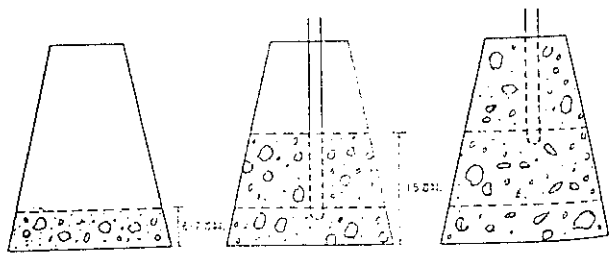
4)เติมคอนกรีตลงไปในกรวยเหล็กอีจนล้น แล้วกระทุ้งให้ทั่ว 25 ครั้ง โดยให้ปลายเหล็กกระทุ้งถึงผิวบนของคอนกรีตชั้นที่สองเท่านั้น หากระดับของคอนกรีตต่ำกว่ากรวย

5)ปากคอนกรีตที่ผิวบนของกรวยเหล็ก โดยใช้ส่วนยาวของเหล็กกระทุ้ง ค่อยๆหมุนเลื่อนไปจนผิวเรียบ

6)ยกกรวยเหล็กในแนวดิ่งอย่างระมัดระวังและสม่ำเสมอ โดยใช้เวลาในการยกประมาณ 5 – 10 วินาที คอนกรีตจะยุบตัวลง

7)วัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต โดยวัดค่าความแตกต่างระหว่างความสูงของกรวยเหล็กและความสูงของคอนกรีตที่ยุบตัวลงไป(วัดที่แนวแกนตั้ง)

(หมายเหตุ : ระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมดตั้งแต่เริ่มใส่คอนกรีตจนกระทั่งยกกรวยเหล็กออกควรอยู่ในระยะเวลา 2½ นาที)



ปริมาณคอนกรีตที่ใส่ในโคนและการตำ

ภาคผนวก ฉ

การทดสอบกำลังอัดคอนกรีต

มาตรฐานที่ใช้สำหรับตัวอย่างทรงลูกบาศก์

BS 1881 : PART 4

Method of

TESTING CONCRETE FOR STRENGTH

วิธีการทดสอบ

1.นำก้อนตัวอย่าง วางกึ่งกลางของแท่นทดสอบ โดยให้แกนอยู่ในแนวศูนย์กลางของแท่งกด

2.เปิดเครื่องทดสอบโดยในการทดสอบนี้จะต้องควบคุมน้ำหนักที่กดให้มีอัตราสม่ำเสมอ อัตราที่ใช้คือ 1.4 – 3.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที

3.กดก้อนตัวอย่างจนแตก บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้

4.นำค่าน้ำหนักและพื้นที่หน้าที่หน้าตัดที่ได้มาหาค่ากำลังอัดประลัย

$$\text{กำลังอัดประลัยของคอนกรีต} = \frac{\text{น้ำหนักกดประลัย}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของก้อนตัวอย่าง}}$$

หน่วยที่ใช้โดยทั่วไปคือ

1.กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร(Ksc)

2.นิวตันต่อตารางเมตร(N/mm^2)

การทดสอบหน่วยน้ำหนักของมวลรวม

(Test for Unit Weight of Concrete Aggregutes)

วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

เอกสารอ้างอิง

1)มาตรฐาน ASTM C 29

2)มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.15 เล่ม 8

วัสดุ

มวลรวมที่ต้องการทดสอบประมาณ 3000 ก.

1.มวลรวมละเอียดที่ต้องการทดสอบ

2.มวลรวมหยาบที่ต้องการทดสอบ

เครื่องมือ

1)เครื่องชั่ง

2)เหล็กกระทุ้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.6 ซม. ยาวประมาณ 60 ซม. และมีปลายมนด้านหนึ่ง

3)กระบอกตวงโลหะรูปทรงกระบอก ซึ่งใช้สำหรับตวงมวลรวม ความจุและขนาดของกระบอกตวงสำหรับมวลรวมแต่ละชนิดที่ต้องการทดสอบ ควรเป็นไปตามตารางที่ 1

4)เตาอบ

5)แผ่นกระจก

ตารางที่ 1 ขนาดของกระบอกตวงโลหะรูปทรงกระบอก

ความจุ ลิตร	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน มม.	ส่วนสูงภายใน มม.	ความหนาของโลหะไม่น้อยกว่า มม.		ขนาดใหญ่สุดของมวลรวม มม.
			ที่ผนัง	ที่ฐาน	
3	155 ± 2	160 ± 2	2.5	5.0	12.5
10	205 ± 2	305 ± 2	2.5	5.0	25
15	255 ± 2	295 ± 2	3.0	5.0	40
30	355 ± 2	305 ± 2	3.0	5.0	100

ทฤษฎี

หน่วยน้ำหนักของมวลรวมหมายถึงน้ำหนักของมวลรวมต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ซึ่งโดยทั่วๆไปนิยมใช้หน่วยเป็น กก./ลบ.ม. หน่วยน้ำหนักมีความสำคัญสำหรับประมาณการหาปริมตรของวัสดุที่ใช้ และใช้สำหรับในการคำนวณหาปริภาคส่วนผสม โดยที่การหาปฏิภาคส่วนผสมนั้นใช้วิธีการตวงปริมาตร(Volumetric Basis)

หน่วยน้ำหนักของมวลรวมเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพความชื้นที่มีอยู่ในมวลรวมนั้นๆ เช่น สภาพ แห้ง ชื้น หรือเปียก และยังเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการเรียงตัวของมวลรวม เช่น หลวม หรืออัดแน่น เป็นต้น อย่างไรก็ตามการทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวมตามมาตรฐานนั้นจะหาในสภาพที่แห้งและอัดแน่น

มวลรวมโดยทั่วๆไปจะมีน้ำหนักดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หน่วยน้ำหนักของมวลรวมตามธรรมชาติโดยทั่วๆไป

ชนิดของมวลรวม	สภาวะความชื้น	หน่วยน้ำหนัก ,กก./ม^3	
		หลวม	แน่น
1.ทราย	แห้ง	1440-1600	1520-1840
	ชื้น	1360-1520	-
2.กรวด,ตะแกรงเบอร์ 4 - ¾"	แห้งหรือชื้น	1470-1570	1580-1710
3.กรวด,ตะแกรงเบอร์ 4 – 1 ½"	แห้งหรือชื้น	1520-1650	1660-1790
4.ส่วนผสมของทรายและกรวด	แห้ง	-	1760-2000
ขนาดใหญ่สุด 1 ½"	ชื้น	1600-1840	-
5.หินโม่,ตะแกรงเบอร์ 4 – 3 ¾	แห้งหรือชื้น	1410-1500	1520-1650
6.หินโม่,ตะแกรงเบอร์ 4 – 1 ½"	แห้งหรือชื้น	1450-1580	1600-1750

วิธีการทดสอบ

1)นำมวลรวมที่ต้องการทดสอบไปอบในเตาอบให้ได้น้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ 100-110 องศา แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

2)ใส่น้ำที่อุณหภูมิห้องลงในกระบอกตวงให้เต็ม ไล่ฟองอากาศและน้ำที่มีอยู่เกินโดยให้แผ่นกระจกปิด

3)คำนวณหาน้ำหนักของน้ำในกระบอกตวงโดยการชั่ง

4)วัดอุณหภูมิน้ำ แล้วคำนวณหาหน่วยน้ำหนักของน้ำจากตารางข้างล่างนี้

5)เทน้ำทิ้งแล้วเช็ดกระบอกตวงด้วย

ตารางที่ 3 หน่วยน้ำหนักของน้ำ

อุณหภูมิ °ซ	หน่วยน้ำหนัก กก./ลิตร	อุณหภูมิ °ซ	หน่วยน้ำหนัก กก./ลิตร
0	0.9999	20	0.9982
2	1.0000	22	0.9978
4	1.0000	24	0.9973
6	1.0000	26	0.9968
8	0.9999	28	0.9965
10	0.9997	30	0.9957
12	0.9995	32	0.9951
14	0.9993	34	0.9944
16	0.9990	36	0.9937
18	0.9986	38	0.9930

6)เทมวลรวมลงในกระบอกตวงให้สูงประมาณ 1/3 ของความสูง ใช้มือปาดผิวแล้วกระทุ้งด้วยเหล็กกระทุ้งให้ทั่ว 25 ครั้ง

7)เทมวลรวมเพิ่มลงไปในกระบอกตวงให้ได้ความสูง ปาดผิวหน้าให้เรียบ แล้วกระทุ้งให้ทั่วอีก 25 ครั้ง

8)เทมวลรวมเพิ่มลงไปในกระบอกตวงอีจนล้นกระบอกตวงแล้วกระทุ้งให้ทั่วอีก (หมายเหตุ : ในการกระทุ้งชั้นแรกพยายามอย่าให้เหล็กกระทุ้งกระแทกฐานกระบอกตวงเกินไปและในการกระทุ้งชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ให้ใช้แรงกระทุ้งที่พอเหมาะที่ทำให้เหล็ก???ชั้นก่อนของมวลรวมเท่านั้น)

9)ปาดผิวหน้าของมวลรวมให้เรียบด้วยมือหรือด้วยเหล็กกระทุ้ง(สำหรับมวลรวมหยาบปาดให้เรียบในลักษณะที่ประมาณว่าส่วนที่โผล่ออกมาของมวลรวมหยาบเท่าๆกับช่องว่างที่ผิวของกระบอกตวง)

10)ชั่งหาน้ำหนักของมวลรวมในกระบอกตวงแล้วคำนวณหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวม

รายละเอียดของผลการทดสอบ

ผลการทดสอบจากมวลรวมชนิดเดียวกัน ควรผิดพลาดไม่เกิน 1%