

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์และวิธีการ

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงวัสดุที่ใช้ในการทดสอบพร้อมทั้งอุปกรณ์, เครื่องมือ ที่ใช้ในการทำ และการดำเนินการทดสอบในการศึกษากำล้างอัดของคอนกรีต ดังนี้

#### 3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

1. ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2. ทรายหยาบ จากตะแกรงร่อน No.4 ขนาดช่องว่าง 2.36 มิลลิเมตร
3. หิน ขนาด  $\frac{3}{4}$  นิ้ว
4. น้ำ ใช้น้ำสะอาด ในการทดสอบนี้ใช้น้ำประปา
5. นํ้ายาล้างไขมันผสมแอมโมเนียชนิด LA -TZ
6. สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุลบ (Anionic surfactant) นํ้ายาล้างผ้าสูตรนํ้า มี Sodium Lauryl Sulfate เป็นสารประกอบหลัก

#### 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการศึกษากำล้างอัดของคอนกรีต โดยประกอบไปด้วย

1. ตะแกรงวิเคราะห์ขนาด ใช้สำหรับคัดแยกทรายเพื่อหาโมดูลัสความละเอียดของทราย ให้ได้ขนาดที่จะนำไปใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต มีขนาด 100, 50, 30, 16, 8, 4,  $\frac{3}{8}$ " , และ  $\frac{1}{2}$ "
2. ตลับเมตรเครื่องมือสำหรับใช้ในงานวัดขนาดใช้สำหรับวัดความกว้าง ความยาวและความลึกของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกเพื่อทดสอบกำล้างอัด
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องชั่งแบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีวิธีการใช้งานที่ง่าย มีความถูกต้องและความแม่นยำสูงโดยจะถูกนำมาใช้สำหรับชั่งน้ำหนักวัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัยนี้
4. แบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอกแบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร เพื่อหาค่ากำล้างอัดของคอนกรีต
5. เครื่องทดสอบกำล้างรับแรงอัด สามารถใช้แรงกระทำต่อชิ้นงานที่ทดสอบในการกระทำต่อชิ้นงานความเร็วในการกดคงที่ ในการทดสอบนี้จะนำมาใช้สำหรับการทดสอบกำล้างรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก

6. ชุดทดสอบความชันเหลวของคอนกรีต (slump test) ชุดทดสอบความชันเหลวของคอนกรีต ตามมาตรฐาน ASTM C143/C143M

- ภาชนะทำด้วยโลหะผสม ขนาด 24 x 24 นิ้ว
- กรวย (Slump Cone) ทำด้วยสแตนเลส ปีกที่ยื่นสำหรับเท้าเหยียบ
- แท่งกระทุ้ง (Tamping Rod) ทำด้วยเหล็กแข็งเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. ยาว 60 เซนติเมตร ชุบเคลือบกันสนิม

- ที่ตักตัวอย่างคอนกรีต (Scoop) ทำด้วยอลูมิเนียม

7. เครื่องผสมปูนแบบลูกข้างชนิดใช้เครื่องยนต์แบบมีน้ำมัน สำหรับผสมคอนกรีต

### 3.3 ขั้นตอนการทดสอบ

#### 3.3.1 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยมี ซีเมนต์ : ทราย : หิน น้ำ : ยางพารา : สารลดแรงตึงผิว กำหนดร้อยละอัตราส่วนของน้ำยางพาราโดยน้ำหนักของน้ำตามส่วนผสมในตารางที่ 3.1 และกำหนดร้อยละอัตราส่วนของน้ำยางพาราผสมสารลดแรงตึงผิวโดยน้ำหนักของน้ำโดยผสมสารลดแรงตึงผิวที่อัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของน้ำยางพาราที่แสดงในตารางที่ 3.2 การศึกษาครั้งนี้ใช้คอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร

ตาราง 3.1 อัตราส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยางพาราต่อลูกบาศก์เมตรที่ใช้ในการทดสอบ

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (kg/m <sup>3</sup> )				
	ปูนซีเมนต์	ทราย	หิน	น้ำ	ยางพารา (แทนที่น้ำ)
Control	322	680	931	200	0
L-0.5	322	680	931	199	1.00
L-1.0	322	680	931	198	2.00
L-1.5	322	680	931	197	3.00
L-2.0	322	680	931	196	4.00

ตาราง 3.2 อัตราส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิวต่อลูกบาศก์เมตรที่ใช้ในการทดสอบ

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (kg/m <sup>3</sup> )					
	ปูนซีเมนต์	ทราย	หิน	น้ำ	ยางพาราชั้น (แทนที่น้ำ)	สารลดแรงตึงผิว (เติมในน้ำยางพารา)
Control	322	680	931	200	0	0
L-0.5s	322	680	931	199	1.00	0.05
L-1.0s	322	680	931	198	2.00	0.10
L-1.5s	322	680	931	197	3.00	0.15
L-2.0s	322	680	931	196	4.00	0.20

### 3.3.2 วิธีการผสมตัวอย่าง

วิธีการผสมตัวอย่างการหาค่ากำลังอัดในรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ของคอนกรีต จะต้องทำการหล่อตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบ โดยผู้วิจัยทำการเตรียมส่วนผสมในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.1 และ 3.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, ทรายผ่านตะแกรงวิเคราะห์เบอร์ 4, หินขนาด ¾ นิ้ว ฝิวแห้ง, น้ำสะอาด เป็นน้ำประปา, น้ำยางพาราชั้น

### 3.3.3 การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตขณะสด

การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) ใช้เพื่อทดสอบหาค่าความชื้นเหลวของคอนกรีตในสภาพเหลวโดยใช้วิธีการทดสอบหาค่าการยุบตัว เพื่อตรวจสอบความสามารถที่ได้ของคอนกรีต (Workability) ค่าการยุบตัวไม่ได้เป็นค่าที่วัดความสามารถที่ได้ของคอนกรีตโดยตรง แต่เป็นการวัดความชื้นเหลวของคอนกรีต (Consistency) หรือลักษณะการไหลตัวของคอนกรีต (Flow Characteristic) แม้วิธีนี้จะไม่เหมาะสมสำหรับทดสอบคอนกรีตที่เหลว หรือแห้งมากแต่ก็มีประโยชน์อย่างมากและสะดวกสำหรับการควบคุมความสม่ำเสมอของการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ เช่น ในกรณีที่ค่าการยุบตัวของคอนกรีตมีค่ามากกว่าปกติที่ออกแบบไว้ แสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องมีความผิดปกติเกิดขึ้นในสัดส่วนผสมขนาดคละหรือความชื้นในมวลรวมซึ่งจะช่วยให้ผู้ผลิตคอนกรีตสามารถตรวจสอบและแก้ไขได้

การทดสอบทำโดยตักคอนกรีตใส่ลงในโคนที่มีลักษณะเป็นกรวยยอดตัดให้ได้ 3 ชั้น โดยให้แต่ละชั้นมีปริมาตรเท่ากัน และต้องกระทุ้งด้วยเหล็กทีละชั้น ชั้นละประมาณ 25 ครั้ง แบ่งกระทุ้งเป็น 3 ชั้น แล้วจึงค่อยๆ ยกโคนขึ้นอย่างช้าๆ คอนกรีตจะยุบตัวลงด้วยน้ำหนักของตัวเอง ความสูงที่ยุบตัว

ลงของคอนกรีตที่วัดได้ถือว่าเป็นค่ายุบตัวของคอนกรีต (ควรใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมดไม่เกิน 2:30 นาที)

### 3.3.4 ทำการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต

เมื่อผสมคอนกรีตได้ที่แล้ว ก่อนที่จะนำคอนกรีต ที่ผสมนำมาเทเข้าแบบ ต้องทำการหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต วางแบบ (Mold) ลงบนพื้นราบโดยให้ด้านที่มีหลายตัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มิลลิเมตร อยู่ด้านบน เส้นผ่านศูนย์กลาง 203 มิลลิเมตร อยู่ด้านล่าง ใช้เท้าเหยียบแผ่นเหล็กที่ฐานทั้งสองข้างไว้ให้แน่น ใช้แท่งเหล็กปาดขอบผิวของแบบจนคอนกรีตเรียบแล้ว จับที่หูยกแบบขึ้นตามแนวตั้งแล้ววัดระยะที่ยุบของคอนกรีตเทียบกับระยะความสูงของแบบ ดังภาพประกอบ 3.1



ภาพประกอบ 3.1 การวัดระยะยุบตัวของคอนกรีต

จากนั้นนำคอนกรีตจากการทดสอบค่าการยุบตัวผสมกับคอนกรีตในโมไปเทใส่แบบรูปทรงกระบอกที่เตรียมไว้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร โดยตักคอนกรีตออกจากเครื่องโมใส่ถึง นำมาเทใส่แบบรูปทรงกระบอกร้อยละ 25 แล้วใช้เหล็กกระทุ้งหนึ่งชั้นจนทั่วแบบทรงกระบอก 25 ครั้ง แล้วเทคอนกรีตใส่แบบรูปทรงกระบอกร้อยละ 75 ชั้นที่สอง แล้วใช้เหล็กกระทุ้งให้ทั่วแบบรูปทรงกระบอก 25 ครั้ง และเทคอนกรีตลงใส่รูปทรงกระบอกให้เต็มร้อยละ 100 แล้วใช้เหล็กกระทุ้งลงไปครึ่งหนึ่งของแบบทรงกระบอกให้ทั่วจำนวน 25 ครั้ง แล้วปาดผิวคอนกรีตให้

เรียบทำให้ได้ครบตามตัวอย่างที่ออกแบบไว้ แล้วนำตัวอย่างทดสอบเก็บไว้ในห้องที่จัดเตรียมไว้  
ดังภาพประกอบ 3.2 – 3.3



ภาพประกอบ 3.2 วิธีการเข้าแบบคอนกรีตสำหรับการทดสอบกำลังอัด



ภาพประกอบ 3.3 คอนกรีตที่เข้าแบบเรียบร้อยแล้ว

เมื่อครบ 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบคอนกรีตออกแล้วนำไปบ่มในน้ำ ดังภาพประกอบ 3.4 ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ คือ 7, 14 และ 28 วัน หลังจากนั้นนำมาบ่มขึ้นในอากาศ 1 วัน แล้วจึงนำตัวอย่างไปทำการแคปหัวคอนกรีตเพื่อให้สามารถเข้าเครื่องทดสอบได้และนำไปทดสอบกำลังอัด (Compression Test)



ภาพประกอบ 3.4 การบ่มคอนกรีตในน้ำเพื่อรอทดสอบกำลังอัด

### 3.3.5 การแคปหัวคอนกรีต

การแคปหัวคอนกรีตเริ่มจากเตรียมคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่บ่มน้ำแล้วทิ้งไว้บนอากาศจนแห้ง และเตรียมผงกำมะถัน ตั้งกระทะบนเตาแก๊สแล้วนำผงกำมะถันมาใส่ลงบนกระทะ ใช้ไฟอ่อนๆ รอผงกำมะถันละลายเป็นน้ำใสๆ แล้วตักน้ำกำมะถันที่กำลังละลายเป็นน้ำใสๆ เทลงไปในแบบแคปหัวคอนกรีตรูปทรงกระบอกแล้วนำชิ้นงานรูปทรงกระบอกมากดทับลงบนผิวกำมะถันกดไว้ในแบบรอ 1 นาที ดูน้ำกำมะถันเริ่มแห้งและแข็งเปลี่ยนเป็นสีขุ่นๆ แล้วจึงนำแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกออกจากแบบแคปหัวคอนกรีตได้แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง จึงนำไปเข้าเครื่องทดสอบแรงอัด

### 3.3.6 การทดสอบกำลังอัด

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตทำได้โดยการกดหรืออัดแท่งทดสอบ รูปทรงกระบอกตามมาตรฐานอเมริกา ซึ่งบ่มในน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด จนกระทั่งแตกแล้วทำการคำนวณค่าความต้านทานของแรงอัดเฉลี่ย ตัวอย่างมาตรฐานที่ทำเพื่อทดสอบกำลังอัด รูปทรงกระบอก

ตามมาตรฐานตามอเมริกา ขนาดที่ใช้คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ทำการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมสารลดแรงตึงผิวและไม่ผสมสารลดแรงตึงผิว โดยมีขนาดตัวอย่างทดสอบจำนวน 90 ตัวอย่าง ที่อายุการบ่มขึ้น ของคอนกรีต 7, 14 และ 28 วัน ทดสอบการรับแรงอัดภายใต้มาตรฐานกรมโยธาและผังเมือง (มยผ) 1210-50 มาตรฐานการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต นำชิ้นงานไปวางบนเครื่องทดสอบตรงกึ่งกลางเครื่องทดสอบและวางบนแท่นรับแรง จัดวางระบบแรงให้อยู่กึ่งกลางของแรงกระทำ นำแท่งกดสัมผัสผิวหน้าของทรงรูปทรงกระบอกและเริ่มทำการทดสอบเพิ่มแรงกระทำจนกระทั่งเกิดรอยร้าวและแตกในที่สุด จากนั้นให้บันทึกแรงสูงสุดเอาไว้เพื่อนำไปคำนวณกำลังอัดต่อไป โดยนำแรงอัดสูงสุดที่ได้หารด้วยพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างที่ทดสอบนั้น

### 3.3.7 วิธีคำนวณความหนาแน่นของคอนกรีต

การหาความหนาแน่นของคอนกรีตในแบบรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และสูง 20 เซนติเมตร สามารถคำนวณได้โดยนำน้ำหนักของก้อนคอนกรีตที่ต้องการหาความหนาแน่นมาหารด้วยปริมาณที่แท้จริงของตัวอย่างนั้น เช่น ปริมาณของก้อนคอนกรีตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตรจะมีปริมาตรตามสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตร} &= \text{พื้นที่หน้าตัดวงกลม} \times \text{ความสูง} \\ &= 78.60 \times 20 \\ &= 1,572 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

### 3.4 การหาค่าปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสด (DRC) โดยการอบแห้ง

การอบแห้งเป็นวิธี หาค่าปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยการนำน้ำยางไปทำให้แห้ง ให้เหลือแต่เฉพาะเนื้อยาง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างน้ำยางสดก่อนที่จะนำไปทำให้แห้ง กับเนื้อยางที่อบแห้งแล้วว่าต่างกันเท่าไรเมื่อคิดออกมาเป็นร้อยละ เช่น ชั่งน้ำยางสดมา 100 กรัม นำไปอบแห้งแล้วชั่งน้ำหนักเหลือ 44 กรัม นั่นคือ น้ำยางสดนั้นมีค่าปริมาณเนื้อยางแห้งร้อยละ 44

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำอบแห้ง

1. ตู้อบลมร้อนสำหรับใช้อบแผ่นยางตัวอย่าง
2. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง ในหน่วยกรัม
3. กระปุกพลาสติก ไว้สำหรับใส่ตัวอย่างน้ำยาง

4. ถ้วยสแตนเลส หรืออลูมิเนียม ใส่น้ำยางสด 10 กรัม

วิธีการหาค่าปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสด (DRC) มีขั้นตอนดังนี้

1. สุ่มตัดตัวอย่างน้ำยางสดที่ต้องการหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง
2. เติมน้ำยางสดใส่ถ้วยอลูมิเนียม 10.00 กรัม
3. ชั่งน้ำยางสดที่ใส่ถ้วยอลูมิเนียม 10.00 กรัม
4. ตั้งทิ้งไว้ให้ยางจับตัวประมาณ 30 นาที
5. นำไปอบให้แห้งในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบ 24 ชั่วโมง
6. นำยางที่อบแห้งแล้วออกจากตู้อบ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกค่าไว้
7. นำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณหาปริมาณเนื้อยางแห้งจากสูตร ดังนี้  
ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC) = (น้ำหนักยางแห้ง คุณด้วย 100) หารด้วยน้ำหนักน้ำยางสด