บทที่ 3

การสร้างตัวอย่างทดสอบ

3.1 วัสดุที่ใช้สร้างตัวอย่างทดสอบ

3.1.1 คอนกรีตบล็อค คอนกรีตบล็อคที่ใช้สร้างตัวอย่างทดสอบนี้ได้คัดเลือกมาจากผู้ผลิตหลาย ๆ รายโดยพิจารณาจากผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตบล็อคที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับคอนกรีตบล็อคที่ใช้สร้างตัวอย่างทดสอบ ได้พิจารณาคุณสมบัติดังนี้

ก) ผลิตสอดคล้องมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อคไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2516[8] ของกระทรวงอุตสาหกรรมทั้งนี้เพราะคอนกรีตบล็อคชนิดรับน้ำหนักนั้นหาได้ยากและไม่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ข) มีค่าเบี่ยงเบนของกำลังอัดระหว่างกลุ่มอยู่ระหว่าง8.17 ถึง 28.55 กก./ซม.^{2} และมีอัตราการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างประมาณร้อยละ 5.82 ถึง 8.43

ค) ค่าเฉลี่ยของกำลังอัดต่อหน่วยพื้นที่สุทธิของก้อนคอนกรีตบล็อคที่เลือกใช้มีค่าอยู่ระหว่าง 100 ถึง 150.70 กก./ซม.^{2}

ง) ทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อคตามวิธีการชักตัวอย่างและทดสอบวัสดุงานก่อ ซึ่งทำด้วยคอนกรีต มอก. 109-2517[9] ได้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อค ในตารางที่ 3.1

3.1.2 ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ที่ใช้สำหรับผสมเป็นปูนก่อและปูนกรอกเป็นปูนซีเมนต์ตราเสือของบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด ผลิตสำหรับงานก่ออิฐฉาบปูนให้การก่อตัวช้ากว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา และผลิตตามมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.80-2517 โดยให้กำลังอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้าร์ (mortar cube) เมื่อบ่มในน้ำ 2 วัน และ 6 วัน ต้องไม่น้อยกว่า 65 กก./ซม.^{2} และ 115 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ ระยะเวลาเมื่อก่อตัวแบบไวแคต (Vicat test) ต้องไม่น้อยกว่า 45 นาที และความละเอียดไม่น้อยกว่า

2.800 ตารางเซ็นติเมตรต่อกรัม

3.1.3 ปูนขาว ใช้ปูนขาวที่มีขายในท้องตลาดซึ่งตามมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม-ปูนไลม์ มอก. 241-2520[11] ของกระทรวงอุตสาหกรรม ประกอบด้วยคัลเซียมออกไซด์และมักนีเซียมออกไซด์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 และต้องมีปริมาณกากที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 30 (ขนาดตะแกรง 600 ไมโครเมตร) ไม่เกินร้อยละ 0.50 และต้องมีค่าการอุ้มน้ำไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ก่อนใช้ได้นำไปผึ่งแดดให้แห้งแล้วร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 30 เพื่อเอากากเม็ดใหญ่ออก

3.1.4 ทราย เป็นทรายแม่น้ำขนาดกลางจากราชบุรีนำมาผึ่งให้แห้งแล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาดประมาณ 2 มิลลิเมตรเพื่อแยกเอาทรายเม็ดโตและกรวดออก จากนั้นนำทรายที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงดังกล่าวไปวิเคราะห์หาส่วนคละ(sieve analysis) ตามวิธีของ ASTM C125-74[27] โดยใช้ตะแกรงเบอร์ 4,8,100,และ 200 เปรียบเทียบกับ ASTM C144-70[21] สำหรับงานวัสดุก่อ ดังแสดงด้วยเส้นกราฟในรูปที่ 3.1 เมื่อหาค่าโมดูลัสของความละเอียด (Fineness Modulus) เฉลี่ยจากการทดสอบ 2 ครั้งตามวิธีของ ASTM C125 ได้ค่าเท่ากับ 2.16 และเมื่อพิจารณาตามกำหนดใน ASTM C144 แล้วจะเห็นว่าค่าที่ได้อยู่ในพิกัด 1.60 ถึง 2.50

3.1.5 ปูนก่อ (Joint mortar) ปูนก่อที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้ดัดแปลงมาจากสัดส่วนการผสมปูนก่อตาม ASTM C270-73[22] แบบ M โดยมีสัดส่วนระหว่าง ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ทราย เป็น 4 : 1 : 12 โดยปริมาตร หรือ 1 : 0.134 : 4.609 โดยน้ำหนัก ข้อแตกต่างจาก ASTM C270-73 คือปูนก่อที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นปูนซีเมนต์ผสมซิลิกาแทนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์โดยมีอัตราส่วนของปริมาณน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนัก 1.03 และให้กำลังอัดเฉลี่ยเมื่อหล่อตัวอย่างทรงกระบอก 80 x 160 มม. เท่ากับ 78.67 กก./ซม.^{2} และเมื่อหล่อตัวอย่างรูปลูกบาศก์ขนาด 50 x 50 x 50 มม. เท่ากับ 72.79 กก./ซม.^{2} ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.4

3.1.6 ปูนกรอก (Grout mortar) ปูนกรอกที่ใช้เป็นปูนทรายผสมตามสัดส่วนที่ดัดแปลงมาจากมาตรฐาน ASTM C476 แบบ Fine grout มีสัดส่วนระหว่าง ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ทราย 10 : 1 : 30 โดยปริมาตร หรือ 1 : 0.054 : 4.609 โดยน้ำหนัก โดยใช้ปูนซีเมนต์สำหรับงานวัสดุก่อผสมแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา อัตราส่วนปริมาณน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่ใช้ในการผสมมีค่า 1.05 จากการทดสอบตัวอย่างแบบทรงกระบอกขนาด 80 x 160 มม. ให้กำลังอัดเฉลี่ย 68.29 กก./ซม.^{2} และเมื่อใช้ตัวอย่างทดสอบทรงลูกบาศก์ขนาด 50 x 50 x 50 มม. จะให้กำลังอัดเฉลี่ย 74.08 กก./ซม.^{2} ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.4

3.1.7 เหล็กเสริม

เหล็กเสริมที่ใช้อยู่ 2 ประเภทคือ เหล็กข้ออ้อยใช้เป็นเหล็กเสริมยืนของผนังคอนกรีตบล็อคเสริมเหล็ก ในงานวิจัยนี้ใช้เฉพาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 และ 16 มิลลิเมตร และผลิตตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 24-2516[12] ชนิด SD 30 ซึ่งมีส่วนผสม ของคาร์บอนไม่เกินร้อยละ 0.25 โดยน้ำหนักและมีธาตุฟอสฟอรัสกับธาตุกำมะถันแต่ละอย่างไม่เกินร้อยละ 0.05 มีหน่วยแรงดึงสูงสุดไม่น้อยกว่า 4,900 กก./ซม.^{2} และมีจุดคลากไม่น้อยกว่า 3,000 กก./ซม.^{2} และมีค่าการยืดตัวไม่น้อยกว่าร้อยละ 17

สำหรับเหล็กเส้นกลมที่ใช้เป็นปลอกของกำแพงคอนกรีตบล็อคเสริมเหล็กมีขนาดเดียวคือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ผลิตตามมาตรฐาน :ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 20-2515[13] ชนิด SR 24 มีส่วนประกอบคาร์บอนไม่เกินร้อยละ 0.25 มีธาตุกำมะถันและฟอสฟอรัสอย่างละไม่เกินร้อยละ 0.05 ให้หน่วยแรงดึงสูงสุดไม่น้อยกว่า 3,900 กก./ซม.^{2} และจุดคลากไม่ต่ำกว่า 2,400 กก./ซม.^{2} มีค่าการยืดตัวไม่น้อยกว่าร้อยละ 21

จากการทดสอบกำลังดึงของเหล็กข้ออ้อยที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้และทดสอบเฉพาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 5 ตัวอย่าง พบว่าค่าเฉลี่ยของหน่วยแรงดึงที่จุดคลากมีค่าเท่ากับ 4,600 กก./ซม.^{2} และหน่วยแรงดึงสูงสุด 5,173 กก./ซม.^{2} สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดแสดงไว้ในรูปที่ 3.2

3.2 ตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบแบ่งออกเป็นกลุ่มทดสอบ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.6

3.2.1 แท่งวัสดุก่อไม่เสริมเหล็ก ประกอบด้วย

แท่งวัสดุก่อไม่กรอกปูนก่อด้วยบล็อคสูง 3 ชั้น แถวเดียวในแนวตั้ง โดยก่อ 3 ตัวอย่าง สำหรับคอนกรีตบล็อคแต่ละขนาด คือ 3, 4, 6, และ 8 นิ้ว รวมทั้งหมด 12 ตัวอย่าง มีสัดส่วนระหว่างความสูงของแท่งวัสดุก่อต่อความหนาของบล็อค, H/d อยู่ระหว่าง 3.16 ถึง 8.82

แท่งวัสดุก่อกรอกปูนก่อเช่นเดียวกับกรณีที่ไม่กรอกปูนทุกประการและกรอกด้วยปูนทราย มีสัดส่วนระหว่างความสูงของแท่งวัสดุก่อต่อความหนาของบล็อค, H/d อยู่ระหว่าง 3.16 ถึง 8.82 ก่อ 3 ตัวอย่างสำหรับบล็อคแต่ละขนาด รวมทั้งหมด 12 ตัวอย่าง

3.2.2 แท่งวัสดุก่อเสริมเหล็ก ประกอบด้วย

แท่งวัสดุก่อเสริม[illegible]เฉพาะเหล็กยืน ก่อแถวเดียวสูง 5 ชั้น โดยใช้บล็อคขนาด 4 นิ้วก่อ 6 ตัวอย่าง เสริมเหล็กยืนขนาด ϕ 12 มม. 2 เส้น จำนวน 3 ตัวอย่าง และเสริมเหล็กยืนขนาด ϕ 16 มม. 2 เส้น 3 ตัวอย่าง ค่า H/d เท่ากับ 11.38 ปริมาณเหล็กเสริมแปรค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.67 - 1.19 ของพื้นที่หน้าตัดรวม นอกจากนี้ยังก่อแท่งวัสดุก่อด้วยบล็อคขนาด 6 นิ้ว สูง 5 ชั้น 3 ตัวอย่าง โดยเสริมเหล็กยืนขนาด ϕ 12 มม. 4 เส้น มีสัดส่วน H/d เท่ากับ 7.14 และ ปริมาณเหล็กเสริมยืนร้อยละ 0.87 ของพื้นที่หน้าตัดรวม

แท่งวัสดุก่อเสริมเหล็กยืนและเหล็กปลอก ก่อด้วยบล็อคขนาด 6 นิ้ว 5 ชั้น 3 ตัวอย่าง มีค่า H/d เท่ากับ 7.14 เสริมเหล็กยืนขนาด ϕ 12 มม. จำนวน 4 เส้น คิดเป็นร้อยละ 0.87 ของพื้นที่หน้าตัดรวม ส่วนเหล็กปลอกใช้ขนาด ϕ 6 มม. เสริมทุก ๆ ระยะ 20 ซม. ในระยะทางดิ่ง

3.3 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

3.3.1 การก่อแท่งวัสดุก่อไม่กรอกปูน ในการก่อแท่งวัสดุนี้ แรกสุดจะทำการคัดเลือกก้อนคอนกรีตเฉพาะก้อนที่ดีไม่มีรอยร้าวหรือรอยบิ่นและไม่มีการบิดเบี้ยว การก่อจะก่อในลักษณะก่อแบบ vertical stack bond เพียงแถวเดียวในแนวดิ่งจำนวน 3 ชั้น เริ่มด้วยการวางคอนกรีตบล็อคก้อนแรกให้ได้ระดับก่อนแล้วจึงก่อก้อนที่ 2 และ 3 โดยให้ความหนาของแนวปูนก่อมีขนาดประมาณ 1 เซ็นติเมตร พร้อมทั้งเซาะร่องแนวปูนก่อให้เป็นลักษณะเป็นร่องเว้าครึ่งวงกลมโดยใช้เหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรเป็นเครื่องมือเซาะร่อง ในการก่อแท่งวัสดุก่อดังกล่าวจะต้องใช้ความระมัดระวังและพิถีพิถันในการควบคุมสัดส่วนการผสมปูนก่อ โดยมีการชั่งน้ำหนักส่วนผสมแต่ละอย่างทุกครั้งที่ผสมปูนก่อ และในระหว่างการก่อจะใช้ไม้บรรทัดเหล็กและไม้ระดับน้ำช่วย เพื่อให้ก้อนบล็อคแต่ละก้อนที่ก่อซ้อนกันอยู่ในแนวดิ่งและอยู่ในแนวแกนเดียวกันโดยตลอด ดังแสดงลักษณะการก่อไว้ในรูปที่ 3.3

3.3.2 การก่อแท่งวัสดุก่อกรอกปูน ในการก่อแท่งวัสดุก่อกรอกปูนนี้ ในขั้นแรกก็ทำเช่นเดียวกับแท่งวัสดุก่อไม่กรอกปูนทุกประการ ส่วนการกรอกปูนนั้นใช้ปูนกรอกเมื่อก่อก้อนบล็อคทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เพื่อรอให้แนวปูนก่อมีความแข็งแรงพอที่จะต้านทานแรงดันด้านข้างของปูนกรอก ในการกรอกปูนนั้นจะมีการควบคุมสัดส่วนผสมของปูนกรอกเป็นอย่างดีคือ

มีการชั่งน้ำหนักของส่วนผสมและวัดปริมาตรของน้ำที่ใช้ผสมด้วยทุกครั้ง และในขณะทำการกรอกปูนก็จะมีการใช้เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร กระทุ้งให้เนื้อปูนกรอกแน่นและไม่เกิดเป็นโพรงภายใน การกระทุ้งนี้มีความจำเป็นมาก ทั้งนี้เป็นเพราะว่าปูนกรอกแบบปูนทรายมักจะเกาะติดด้านข้างของรูบล็อคบริเวณแนวปูนก่อและจะทำให้ปูนกรอกที่กรอกตามลงไปภายหลังไปค้างอยู่ตามบริเวณนี้ทำให้เกิดเป็นโพรงขึ้นได้ การกระทุ้งจะต้องไม่ให้มีการกระเทือนต่อแนวปูนก่อ เพราะอาจทำให้สูญเสียการเกาะยึดกับบล็อคได้

3.3.3 แท่งวัสดุก่อเสริมเฉพาะเหล็กยืน วิธีการก่อเหมือนกับกรณีของแท่งวัสดุก่อกรอกปูนแต่จำนวนชั้นมากกว่าคือก่อ 5 ชั้น มีการควบคุมให้ได้สำหรับเหล็กเส้นยืนมี Electrical Strain Gage ชนิดกันน้ำได้ และมีค่าความต้านทาน 120 โอห์ม ความยาวเกจย์ (gage length) 5 มิลลิเมตร ติดอยู่ที่ประมาณกึ่งกลางของความสูงของแท่งวัสดุก่อ เหล็กยืนนี้เสริม 2 เส้นสำหรับวัสดุก่อที่หนา 4 นิ้ว และเสริม 4 เส้นสำหรับแท่งวัสดุก่อหนา 6 นิ้ว การติด Strain Gage บนเหล็กเสริมยืน 2 เส้นตรงข้ามกันในกรณีที่มีเหล็กเสริม 4 เส้น สิ่งที่ต้องใช้ความระมัดระวังมากในขณะเสริมเหล็กและกรอกปูนซึ่งกระทำพร้อมกันคือจะต้องให้เหล็กเสริมอยู่ในแนวดิ่งและตรงตำแหน่งอย่างแท้จริง และในการกระทุ้งปูนกรอกจะต้องระมัดระวังไม่ให้เหล็กกระทุ้งไปโดน Electrical Strain Gage และสายไฟที่ต่อจากเกจย์ด้วยการก่อได้แสดงในรูปที่ 3.4

3.3.4 แท่งวัสดุก่อเสริมทั้งเหล็กยืนและเหล็กปลอก การก่อแบบนี้จะใช้เฉพาะบล็อคที่มีความหนา 6 นิ้ว มีรูกรอก 2 ช่องเสริมเหล็กยืน 4 เส้นอยู่ในตำแหน่งห่างกัน 4.8 เซ็นติเมตรในทิศทางตามความกว้างของบล็อคและ 18.8 เซ็นติเมตรในทิศทางตามความยาวของบล็อค ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.5 ติด Electrical Strain Gage บนเหล็กเสริมยืน 2 เส้นตรงข้ามกันในทิศทางตามความกว้างของบล็อคโดยติดอยู่ที่ระยะประมาณกึ่งกลางของความสูงของแท่งวัสดุก่อ สำหรับเหล็กปลอกจะติด Strain Gage แบบเดียวกันแต่เป็นชนิดความยาวเกจย์ 30 มิลลิเมตรโดยติดเกจย์เพียง 1 ตัวบนเหล็กปลอกตรงระดับใต้บล็อคก้อนที่ 3 นับจากล่าง ระยะห่างของเหล็กปลอก 20 เซ็นติเมตรตามแนวดิ่งและอยู่ในแนวปูนก่อ ขั้นตอนในการก่อจะเริ่มด้วยการก่อบล็อคก้อนแรกให้อยู่ในแนวดิ่งก่อนแล้วใช้เหล็กเสริมยืน 4 เส้นพร้อมทั้งผูกเหล็กปลอกอันล่างสุดซึ่งตรงกับแนวปูนก่อแรกและเหล็กปลอกอันบนจะผูกไว้เพียงชั่วคราวเพื่อยึดเหล็กเสริมยืนให้อยู่ในตำแหน่ง เสร็จแล้วยกเหล็กทั้งชุดไปสวมลงในรูของบล็อคที่ก่อก้อนแรกเช็คให้ได้ดิ่งแล้วกรอกปูนลงไปเกือบเต็มรูของบล็อคก้อนแรก ทิ้งไว้ 1 คืน จึงทำการก่อบล็อคก้อนที่

2 - 5 ต่อ ปูนกรอกของบล็อคแรกจะช่วยยึดเหล็กเสริมให้อยู่ในแนวดิ่งและสามารถถอดเหล็กค้ำยันและเหล็กปลอกอันบนสุดออกเพื่อทำการก่อบล็อคก้อนถัดไปได้ กดเหล็กปลอกให้อยู่ในเนื้อของแนวปูนก่อแล้วจึงสวมก้อนบล็อคลงไปทับแนวปูนก่อจัดให้ได้ดิ่งแล้วจึงสวมปลอก ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนครบจำนวนบล็อค อนึ่งในการใส่เหล็กปลอกนั้นจะพยายามผูกเหล็กปลอกให้ติดกับเหล็กยืนด้วยเส้นลวดด้วย ทั้งนี้เพื่อเวลากรอกปูนเหล็กยืนจะได้ไม่ขยับทำให้ตำแหน่งคลาดเคลื่อน ทิ้งทั้งหมดไว้ 24 ชั่วโมง แล้วจึงทำการกรอกปูน ในการกรอกปูนนั้นจะต้องระมัดระวังการกระทุ้งปูนกรอกไม่ให้กระแทกถูกเหล็กปลอกกระทบกระเทือนต่อความแข็งแรงของแนวปูนก่อและต้องระมัดระวังไม่ให้โดน Electrical Strain Gage ที่ติดอยู่กับเหล็กเสริมยืน อาจทำให้เสียหายได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย