



บทที่ 3

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยและวิธีทดสอบ

3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ ใช้ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ทรายข้างของ บริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด ซึ่งผลิตขึ้นโดยมีคุณสมบัติตามกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ มอก. 15-2514/2517 ประเภท 1 และมาตรฐานอเมริกัน ASTM C 150-71 Type I.

3.1.2 ซีเมนต์ลอย ซีเมนต์ลอยที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ที่โรงไฟฟ้า อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ลักษณะของซีเมนต์ลอย เป็นผงละเอียด ลักษณะอนุภาค เม็ดกลม สีน้ำตาลเข้ม

3.1.3 ซีเมนต์กลบ ซีเมนต์กลบที่ได้จากการเผาไหม้กลบเป็นเชื้อเพลิง ในการเผาอิฐแบบชาวบ้าน อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี ทำการสุ่มไฟเผาประมาณ 5 วัน จึงทิ้งไว้ให้กลบดับและเย็นตัวลงอย่างช้าๆ ประมาณ 15 วัน จะได้ซีเมนต์กลบสีขาวอมเทาม่วงจางๆ ซึ่งแสดงว่ามีคาร์บอนต่ำมาก เพราะคาร์บอนจะทำให้ซีเมนต์มีสีดำ เมื่อใช้ซีเมนต์ในการทดสอบ จะต้องทำการบด ผงซีเมนต์กลบที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ในเครื่อง Los Angeles abrasion เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ได้อนุภาคขนาดเล็กละเอียด มีเหลี่ยมมุม สีขาวอมเทา

3.1.4 ทราย ทรายที่ใช้ในการทดสอบ เป็นทรายแม่น้ำ จากจังหวัดอยุธยา ทรายมีลักษณะเป็นทรายหยาบ เม็ดอนุภาคมีเหลี่ยมมุม มีขนาดต่างๆ กัน ตั้งแต่หลายมิลลิเมตร จนถึงผงทราย ก่อนนำไปใช้จะผึ่งในร่มให้แห้งสนิทก่อน

3.1.5 น้ำ น้ำที่ใช้ในการทดสอบเป็นน้ำประปา

3.2 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ

3.2.1 ส่วนประกอบทางเคมี

3.2.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ส่วนประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ได้จากผลการวิเคราะห์ของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด

3.2.1.2 ซีเมนต์ลอมและซีเมนต์กลบ ส่วนประกอบทางเคมีของซีเมนต์ลอม ทดสอบหาโดย วิธีการวิเคราะห์ X-Ray fluorescence

3.2.2 ความละเอียด

3.2.2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซีเมนต์ลอมและซีเมนต์กลบ ความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะหาในลักษณะของเส้นผ่าศูนย์กลาง เม็ดอนุภาคปูนซีเมนต์จากการถ่ายภาพโดย Electron Microscope

3.2.2.2 ทราช ความละเอียดของทราช จะหาในลักษณะของสัดส่วนคละ อัตราพิกัดความละเอียด (Finess Modulus) โดยตะแกรงร่อนมาตรฐาน

3.2.3 ความถ่วงจำเพาะ

3.2.3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์หาโดยการแทนที่น้ำมันก๊าดตามมาตรฐาน ASTM C 188-84

3.2.3.2 ซีเมนต์ลอม ซีเมนต์กลบและทราช ความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ลอมหาโดยการแทนที่ในน้ำ ตามมาตรฐาน ASTM C 128-79

3.3 การทดสอบคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ผสมซีเมนต์ลอม หรือปูนซีเมนต์ผสมซีเมนต์กลบ
ตัวอย่างที่ทำการทดสอบ เป็นตัวอย่างของปูนซีเมนต์ผสมซีเมนต์ลอมและปูนซีเมนต์ผสมซีเมนต์กลบ ในการผสมนั้นจะให้ซีเมนต์ลอมหรือซีเมนต์กลบแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์บางส่วน

ในอัตราส่วนต่างๆ กันคือ 0 , 10 , 15 , 20 , 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

3.3.1 ความชื้นเหลวปกติ

ความชื้นเหลวปกติเป็นมาตรฐานเพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสม หรือคือปริมาณน้ำที่ปูนซีเมนต์ผสมซีเกิ้ลอยต้องการและปริมาณน้ำที่ปูนซีเมนต์ผสมซีเกิ้ลกลบต้องการ เมื่อเปลี่ยนแปลงส่วนผสมโดยแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยซีเกิ้ลทั้งสองชนิด ในจำนวน 0, 10, 15, 20, 30 , 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 230-83 เป็นมาตรฐานการทดสอบโดยวัดการกระจายตัวของมอร์ต้า ภายใต้การตกกระทบ โดยใส่มอร์ต้าในแบบหล่อรูปกรวย สูง 50 ± 0.5 มม. ตอนบนมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 70 ± 0.5 มม. ตอนล่างมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 ± 0.5 มม. ใส่มอร์ต้า 2 ชั้น แต่ละชั้นกระทุ้ง 20 ครั้ง จากนั้นถอดแบบกรวยและหมุนแท่งตกกระทบในแนวตั้งสูง 12.7 มม. จำนวน 25 ครั้ง ภายในเวลา 15 วินาที แล้ววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่แผ่กระจายบนแท่ง โดยเฉลี่ยค่าจากการวัด 4 ครั้งในช่วงห่างเท่าๆ กัน ค่าการไหลหรือการแผ่กระจายตัวของมอร์ต้าคำนวณได้จาก

$$\text{ค่าการไหล (\%)} = \frac{(D - D_0) \times 100}{D_0}$$

ในเมื่อ

D = เป็นค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของมอร์ต้าที่กระจายบนแท่ง

D_0 = เส้นผ่าศูนย์กลางเดิมของฐานมอร์ต้าก่อนการทดลอง จะมีค่าประมาณ 100 มม.

ทำการทดสอบการไหลแผ่ต่างๆ กัน โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำจนกระทั่งได้ค่าการไหลแผ่ 110% จึงจะได้ปริมาณน้ำที่ต้องการในแต่ละอัตราส่วนผสม

3.3.2 ระยะเวลาก่อตัว ระยะเวลาการก่อตัว ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 191-82 โดยเครื่องมือไวเคต (Vicat needle) ทำการทดสอบที่ส่วนผสมต่าง ๆ 3 กลุ่ม คือ

3.3.2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน

3.3.2.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมซีเมนต์ที่เฝ้าลดยแทนที่เนื้อปูนซีเมนต์บางส่วน ในขนาด 10, 15, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

3.3.2.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมซีเมนต์ที่เฝ้ากลบ แทนที่เนื้อปูนซีเมนต์บางส่วน ในขนาด 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

3.2.3 กำลังรับแรงอัด การทดสอบกำลังรับแรงอัด ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 109 - 84 โดยหล่อลูกบาศก์มอร์ต้าขนาด 50 มิลลิเมตร ทดสอบหากล้าอัดที่อายุการบ่ม 1, 3, 7, 14, 28, 60, 90 และ 180 วันตามลำดับ ส่วนผสมของมอร์ต้ามีอัตราส่วนทรายต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมซีเมนต์ที่เฝ้าลดย เท่ากับ 2.75 และอัตราส่วนทรายต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมซีเมนต์ที่เฝ้ากลบ เท่ากับ 2.75 และมีค่า การไหลแผ่ 110 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ลูกบาศก์มอร์ต้า แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ลูกบาศก์มอร์ต้าที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนๆ ไม่ผสมซีเมนต์ที่เฝ้า ซึ่งก็คือ อัตราส่วนผสมของซีเมนต์ต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็น 0:100 โดยน้ำหนัก

กลุ่มที่ 2 ลูกบาศก์มอร์ต้าผสมซีเมนต์ที่เฝ้าลดย แทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์บางส่วน ในอัตราส่วนต่างๆ กัน 5 ชุด คืออัตราส่วนซีเมนต์ที่เฝ้าลดยต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็น 10:90, 15:85, 20:80, 30:70 และ 40:60 โดยน้ำหนัก

กลุ่มที่ 3 ลูกบาศก์มอร์ต้าผสมซีเมนต์ที่เฝ้ากลบ แทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์บางส่วน ในอัตราส่วนต่างๆ กัน 5 ชุด คือ อัตราส่วนซีเมนต์ที่เฝ้ากลบต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็น 10:90, 15:85, 20:80, 30:70 และ 40:60 โดยน้ำหนัก

3.3.4 ค่าดัชนีความเป็นปึกโซลานเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

การทดสอบหาค่าดัชนีความเป็นปึกโซลาน ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 311-85 ทำการทดสอบโดยหล่อลูกบาศก์มอร์ต้า ขนาด 50 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชุด คือ

ชุดที่ 1 หล่อลูกบาศก์มอร์ต้า จากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จำนวน 3 ลูก

ชุดที่ 2 หล่อลูกบาศก์มอร์ต้าจากส่วนผสมซีเมนต์ที่เฝ้าลดยแทนที่เนื้อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 35

เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จำนวน 3 ลูก

ชุดที่ 3 หล่อบุขาคีมอร์ตาจากส่วนผสมซีเมนต์กับทรายที่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 35

เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จำนวน 3 ลูก

ลูบาคีมอร์ตาทั้ง 3 ชุด จะมีค่าอัตราส่วนของทรายต่อปูนซีเมนต์ผสมซีเมนต์ลอย หรือ ซีเมนต์กลบ เป็น 2.75 และค่าปริมาณน้ำที่ต้องการ $[W/(C + Ash)]$ หาได้จาก ค่าการไหลแผ่น $110 \pm 5\%$ จากมาตรฐาน ASTM C 230-83

ค่าดัชนีความเป็นปึกไซลาน หาได้จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของลูบาคีมอร์ตาทั้ง 3 ชุด ที่มีอายุ 28 วัน และค่าดัชนีคือ อัตราส่วนกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ผสมซีเมนต์ลอยหรือซีเมนต์กลบต่อกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าปูนซีเมนต์ล้วนๆ

3.3.5 X - Ray Diffraction สารประกอบภายในของส่วนผสมที่ทำการหาตาม Deagg's Law เป็นการทดสอบ เพื่อยืนยันผลของ การพัฒนากำลังรับแรงอัดของลูบาคีมอร์ตาที่มี อัตราส่วนผสมต่างๆ กัน ในเวลาบ่มต่างๆ กัน โดยเราจะสนใจสารประกอบที่เพิ่มขึ้นและลดลง ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนากำลังรับแรงอัดเท่านั้น คือ คัลเซียมซิลิเกตไฮเดรท (Calcium silicate hydrate), ไดคัลเซียมซิลิเกต (Dicalcium silicate), ไตรคัลเซียมซิลิเกต (Tricalcium silicate) ซึ่งในความเป็นจริงควรเกิดสภาพ ไดคัลเซียมซิลิเกต และ ไตรคัลเซียมซิลิเกต (Tricalcium silicate) ลดลง แต่คัลเซียมซิลิเกตไฮเดรท (Calcium silicate Hydrate) เพิ่มขึ้นตลอด ระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น

3.3.6 การถอดแบบและการบ่มแห้งทดสอบ การถอดแบบลูบาคีมอร์ตา ทำหลังจาก การหล่อแล้ว 24 ชม. ทำการบ่มต่อไปในน้ำ จนถึงเวลาการทดสอบ ที่ 1 , 3 , 7 , 14 , 28 , 60 , 90 , 180 วัน ตามลำดับ