บทที่ 3
วัสดุในงานวิจัย

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีหลายชนิด เช่น ซีเมนต์ ทราย หิน เถ้าลอย วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ เป็นต้น วัสดุเหล่านี้แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ คอนกรีต และวัสดุซ่อม มีรายละเอียดดังนี้

3.1 คอนกรีต

คอนกรีตเป็นวัสดุที่ใช้เป็นตัวแทนของโครงสร้างคอนกรีตในงานวิจัย มีทั้งหมด 8 สัดส่วนผสม สัดส่วนผสมที่ 1 ถึง 4 เป็นคอนกรีตที่ผสมภายในห้องปฏิบัติการ และคอนกรีตสัดส่วนผสมที่ 5-8 เป็นคอนกรีตผสมเสร็จ โดยแต่ละสัดส่วนผสมมีการควบคุมปริมาณมวลรวม ซึ่งพิจารณาว่าเป็นสารเฉื่อยให้มีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนผสมคอนกรีตในการวิจัย (กก./ลบ.ม.ของคอนกรีต)

ที่	รายละเอียด	w/b	ซีเมนต์	เถ้าลอย	น้ำ	มวลรวมละเอียด	มวลรวมหยาบ	สารผสมเพิ่ม
1	คอนกรีตทั่วไป	0.50	367	-	184	703	1126	-
2	คอนกรีตกำลังสูง	0.35	450	-	158	703	1126	2.7[1]
3	คอนกรีตทั่วไป ผสมปอซโซลาน	0.50	257	110	184	703	1126	-
4	คอนกรีตกำลังสูง ผสมปอซโซลาน	0.35	315	135	158	703	1126	2.7[1]
5	คอนกรีตผสมเสร็จทั่วไป	0.45	400	-	180	815	1035	1.2[2]
6	คอนกรีตผสมเสร็จกำลังสูง	0.28	500	-	140	810	1065	7.5[3]
7	คอนกรีตผสมเสร็จทั่วไป ผสมปอซโซลาน	0.36	315	135	160	800	1035	2.3[2]
8	คอนกรีตผสมเสร็จกำลังสูง ผสมปอซโซลาน	0.21	410	170	120	780	1050	8.1[3]

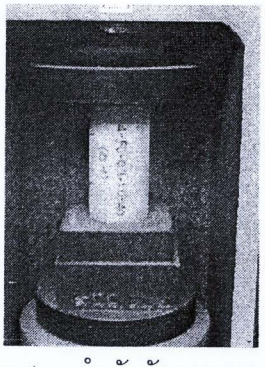
[1]สารลดน้ำอย่างมาก [2]สารลดน้ำและยืดเวลาก่อตัว [3]สารลดน้ำอย่างมากและยืดเวลาก่อตัว

คอนกรีตแต่ละสัดส่วนผสมทดสอบค่ากำลังอัดตามมาตรฐาน ASTM C39 และค่าการยุบตัว (Slump) ตามมาตรฐาน ASTM C143 ได้ผลทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ต่อไปนี้

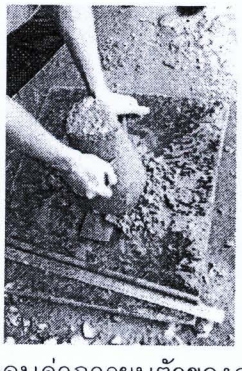
ตารางที่ 3.2 กำลังอัดและความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตในการวิจัย

สัดส่วนผสมที่	กำลังอัดเฉลี่ยที่ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)	ค่าการยุบตัวเฉลี่ย (ซม.)
1	410	7.0
2	550	4.7
3	330	8.8
4	520	7.1
5	400	7.5[1]
6	650	17.5[1]
7	380	7.5[1]
8	670	17.5[1]

[1]ข้อมูลจากบริษัทคอนกรีตผสมเสร็จ



ภาพที่ 3.1 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตในการวิจัย



ภาพที่ 3.2 การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตในการวิจัย

สำหรับวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของคอนกรีต ได้แก่ ซีเมนต์ เถ้าลอย น้ำ มวลรวมละเอียด และมวลรวมหยาบ มีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ซีเมนต์ ใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทดสอบความถ่วงจำเพาะตามมาตรฐาน ASTM C188 ได้ 3.13 มีระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นและระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายด้วยไวแคท (Vicat) ตามมาตรฐาน ASTM C 191 ที่ 90 นาที และ 120 นาที ตามลำดับ

3.1.2 น้ำ น้ำที่ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตในการวิจัย คือ น้ำประปา

3.1.3 เถ้าลอย เป็นเถ้าลอยจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต แม่เมาะ มีองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.3 และตารางที่ 3.4 ตามลำดับ และการกระจายตัวของอนุภาคเถ้าลอย ดังแสดงในภาพที่ 3.4

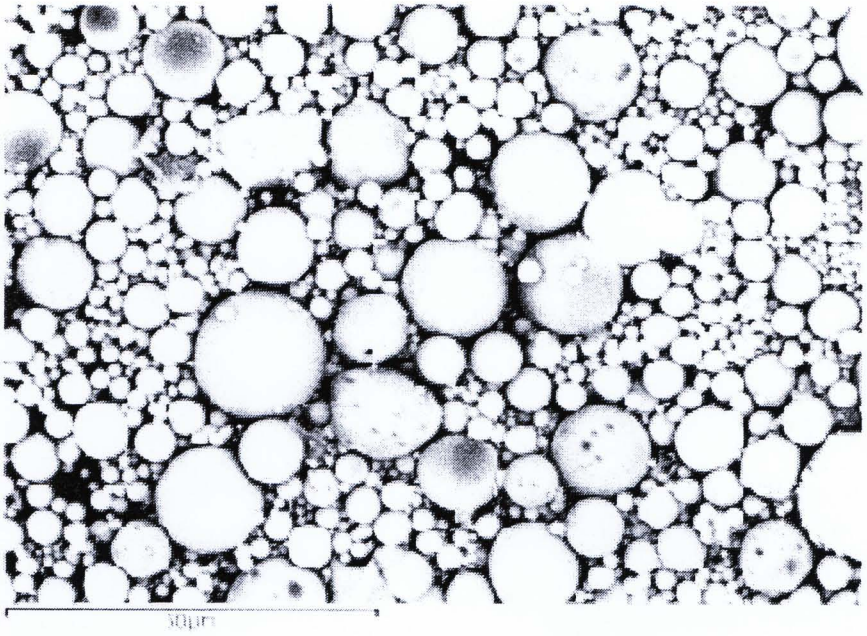
ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของเถ้าลอยในการวิจัย

Method of Analysis: X – Ray Fluorescence / Wet Chemical

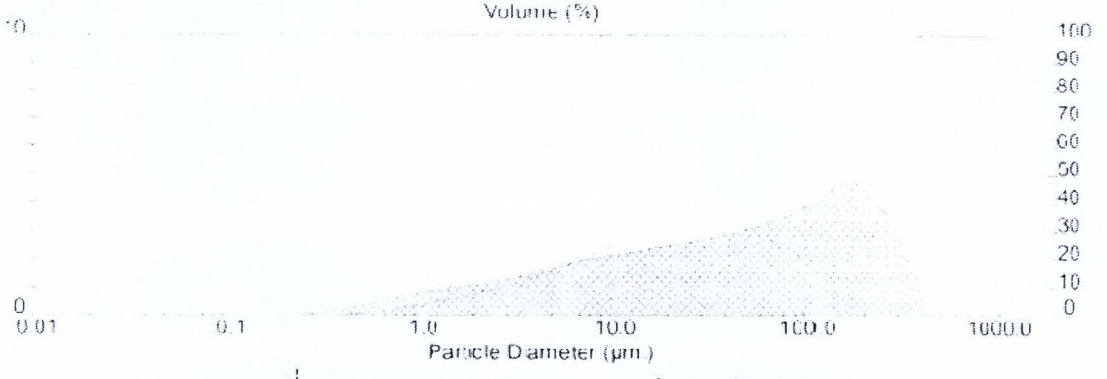
Silicon Dioxide	(SiO_2)	%	41.68
Aluminum Oxide	(Al_2O_3)	%	24.20
Iron Oxide	(Fe_2O_3)	%	13.24
Calcium Oxide	(CaO)	%	11.13
Magnesium Oxide	(MgO)	%	2.23
Sulfur Trioxide	(SO_3)	%	2.83
Loss on Ignition	(LOI)	%	0.38
Sodium Oxide	(Na_2O)	%	0.74
Potassium Oxide	(K_2O)	%	2.58
Free CaO		%	0.71
Moisture		%	0.16

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของเถ้าลอยในการวิจัย

Standard Specification for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans Using in Portland – Cement Concrete According to ASTM C 311 - 02			
Item		Control Mix	Test Mix
Fineness of Hydraulic Cement by Air Permeability Apparatus (ASTM C 204 – 00)	cm^2/g	-	3290
Density (ASTM C 188 – 95)	g/cm^3	-	2.07
Fineness: Wet Sieve on a 45 μm; No. 325 (ASTM C 311 – 02 and ASTM C 430 – 96)	%	-	45.11
Soundness (ASTM C 311 – 02 and ASTM C 151 – 00)	%	-0.01	0.00
Strength Activity Index (ASTM C 311 – 02 and ASTM C 109/C 109M – 02)			
Flow	%	112	112
Water Required for Control Mix	mL	242	-
Water Required for Test Mix	mL	-	238
Water Required in Percent of Control		100	98
7 Days Compressive Strength of Control Mix	MPa	31.1	-
7 Days Compressive Strength of Test Mix	MPa	-	22.9
Strength Activity Index at 7 Days	%	100	73.6
28 Days Compressive Strength of Control Mix	MPa	41.5	-
28 Days Compressive Strength of Test Mix	MPa	-	34.0
Strength Activity Index at 28 Days	%	100	81.9

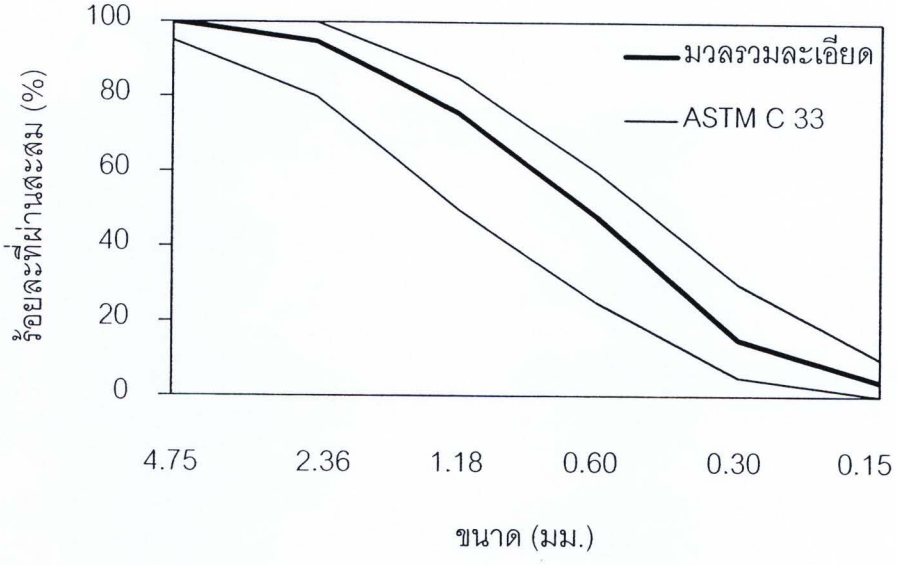


ภาพที่ 3.3 เถ้าลอยที่ใช้ในการวิจัย



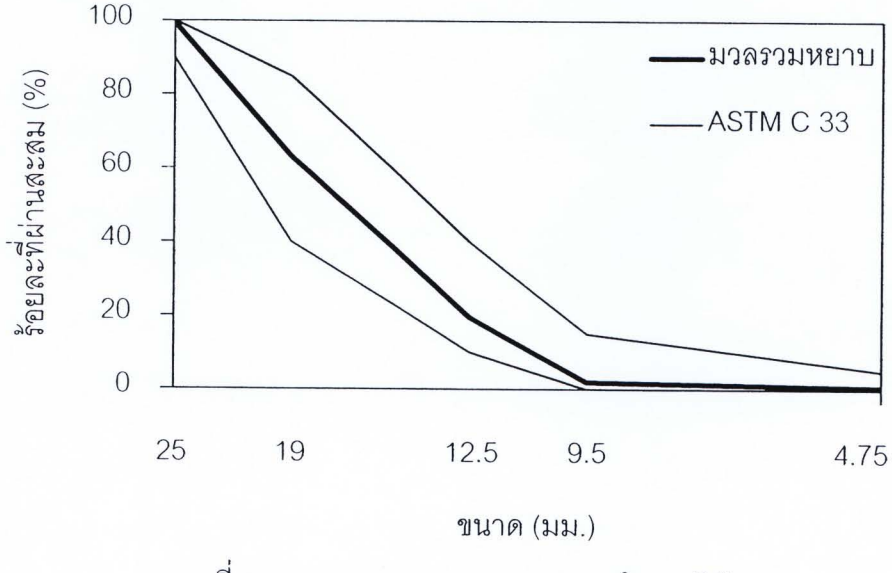
ภาพที่ 3.4 การกระจายตัวของขนาดเถ้าลอยในการวิจัย

3.1.4 มวลรวมละเอียด ใช้ทรายแม่น้ำเป็นมวลรวมละเอียด มวลรวมละเอียดที่นำมาใช้จะผ่านการร่อนเอากรวดออก ล้างทำความสะอาด และผึ่งแดดให้แห้งก่อนการใช้งาน โดยมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.60 ความชื้น 0.29% และค่าการดูดซึมน้ำ 0.83% ตามมาตรฐาน ASTM C 128 และมีขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C 33 ดังแสดงในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ขนาดคละของมวลรวมละเอียดในการวิจัย

3.1.5 มวลรวมหยาบ ใช้หินปูน (Limestone) ขนาดโตสุด 19 มม. (3/4") เป็นมวลรวมหยาบ ซึ่งผ่านการล้างทำความสะอาดและผึ่งแดดให้แห้งก่อนการใช้งาน โดยมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.74 ความชื้น 0.29% และค่าการดูดซึมน้ำ 0.32% ตามมาตรฐาน ASTM C 127 และมีขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C 33 ดังแสดงในภาพที่ 3.6

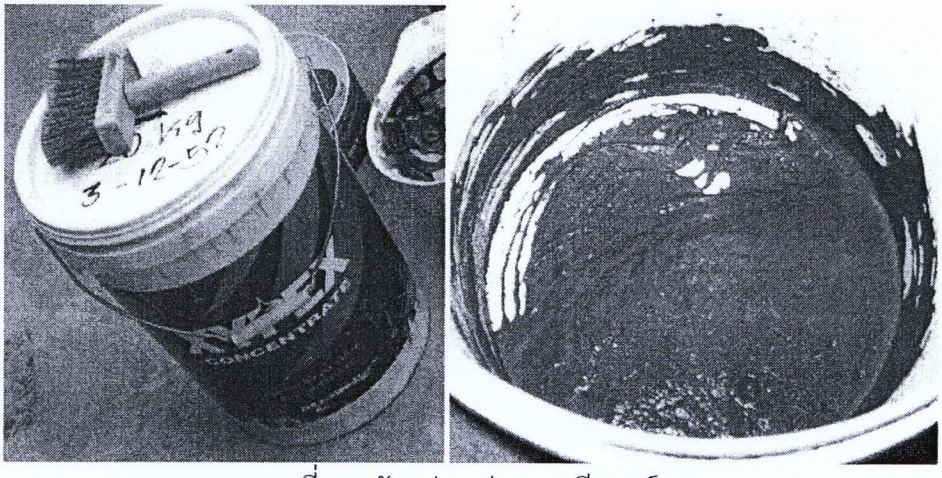


ภาพที่ 3.6 ขนาดคละของมวลรวมหยาบในการวิจัย

3.2 วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์

วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ในงานวิจัยนี้ใช้วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ที่พบในท้องตลาด 3 ชนิด ซึ่งอยู่ในรูปของปูนทรายซ่อมประสานซีเมนต์ (Cementitious Repair Mortar) ที่มีการผสมมาให้เรียบร้อยแล้ว สามารถนำมาใช้งานได้โดยการเติมน้ำตามอัตราส่วนที่ระบุ โดยก่อนการเคลือบผิวได้ทำการปัดฝุ่นผงที่ผิวด้วยแปรงและล้างด้วยน้ำสะอาด ดังข้อกำหนดงานชั้นสามของการเตรียมผิวสำหรับงานเคลือบผิวคอนกรีตในหัวข้อที่ 2.3 สำหรับวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์แต่ละชนิดในงานวิจัยนี้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ ก. เป็นวัสดุซ่อมสำหรับงานกันซึม ป้องกันและซ่อมแซมคอนกรีตด้วยการทำปฏิกิริยากับสารในคอนกรีต ก่อให้เกิดผลึกทึบน้ำในโพรงคอนกรีต มีองค์ประกอบ คือ ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ดินด่าง ทรายคัดเกรด และแคลเซียมอลูมิเนต การใช้งานใช้วัสดุซ่อม ก. 0.7 กก. ต่อพื้นที่ทำงาน 1 ตร.ม. มาผสมกับน้ำในอัตราส่วน วัสดุซ่อม ก. 5 ส่วนต่อน้ำ 2 ส่วน โดยปริมาตร [19, 20]

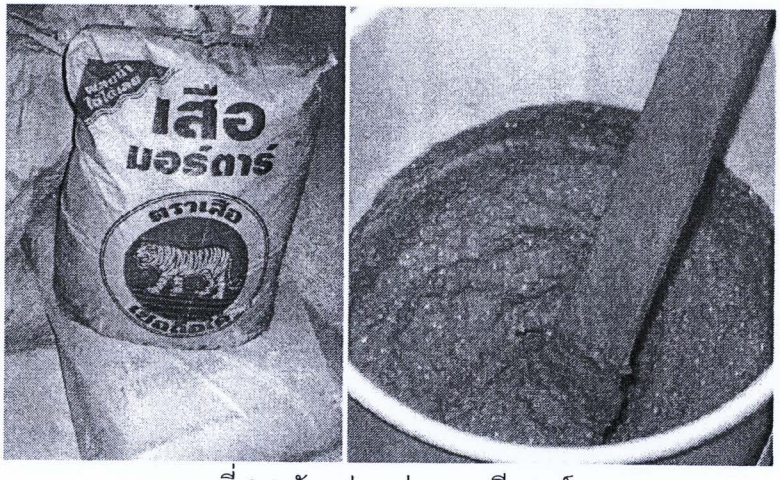


ภาพที่ 3.7 วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ ก.

3.2.2 วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ ข. ใช้ป้องกันการรั่วซึมของน้ำโดยการสร้างผลึกในรูคาปิลารี่และช่องว่างในคอนกรีต มีส่วนประกอบของซีเมนต์ มวลรวมซิลิก้า (Silica Aggregate) และสารเคมีกระตุ้นความชื้น (Moisture Activated Chemicals) การใช้งานใช้วัสดุซ่อม ข. 1.25 กก. ต่อพื้นที่ทำงาน 1 ตร.ม. มาผสมกับน้ำในอัตราส่วนวัสดุซ่อม ข. 25 ต่อน้ำ 7.5 โดยน้ำหนัก และภายหลังการเคลือบผิว 4 ชม. ให้เคลือบผิวชั้นที่สองทับอีกครั้ง [21, 22]

ภาพที่ 3.8 วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ ข.

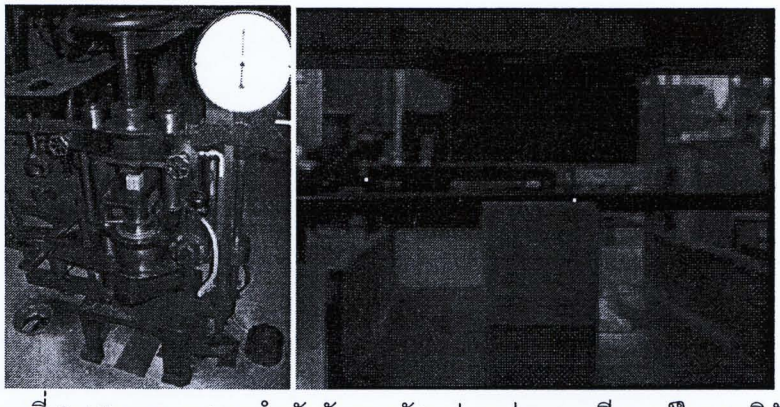
3.2.3 วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ ค. เป็นปูนทรายผสมเสร็จสำหรับงานฉาบผนังอิฐมอญหรืออิฐบล็อกทั่วไป ใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร และช่วยลดการแตกร้าว ส่วนประกอบ ได้แก่ ซีเมนต์ หินปูนบด ทรายคัดขนาด สารเพิ่มความอุ้มน้ำ สารเพิ่มฟองอากาศ สารเพิ่มแรงยึดเกาะ และสารเพิ่มระยะเวลาการก่อตัว ในงานวิจัยนี้ นำวัสดุซ่อม ค. มาใช้เป็นวัสดุซ่อมด้วยวิธีเคลือบผิว โดยใช้วัสดุซ่อม ค. 1.95 กก. ต่อพื้นที่ทำงาน 1 ตร.ม. มาผสมกับน้ำในอัตราส่วน วัสดุซ่อม ค. 50 ต่อน้ำ 10.5 โดยน้ำหนัก [23, 24]



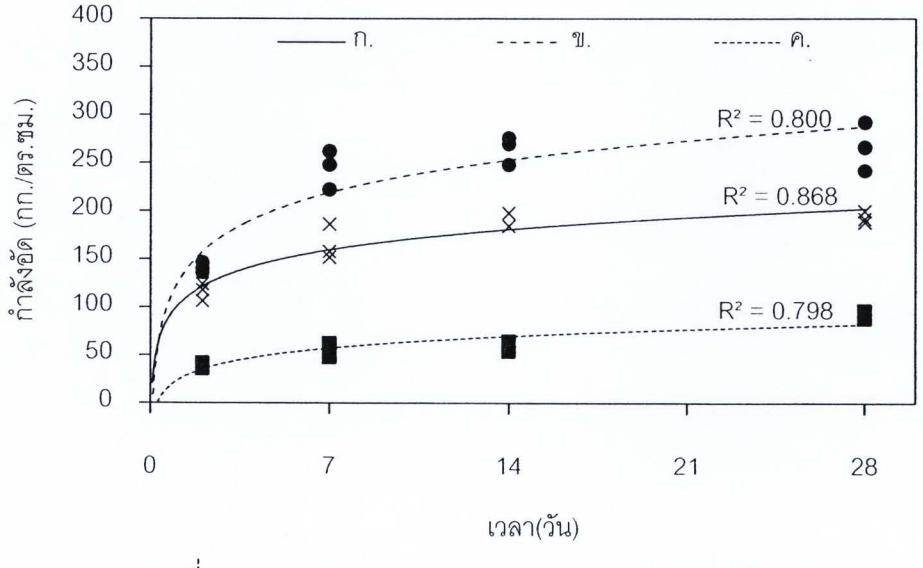
ภาพที่ 3.9 วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ ค.

ภายหลังการเคลือบผิว 1 วัน ทำการบ่มวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์โดยพ่นด้วยละอองน้ำวันละ 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกันอย่างน้อย 6 ชม. จนกระทั่งวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์มีอายุครบ 7 วัน ยกเว้นกรณีที่มีการทดสอบ ตัวอย่างทดสอบจะถูกปล่อยให้แห้งอย่างน้อย 24 ชม. ก่อนการทดสอบ

วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ทั้งสามชนิดทดสอบกำลังอัดตามตามมาตรฐาน ASTM C109 ได้ผลการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 1.1 ซึ่งพบว่า ลักษณะการพัฒนากำลังของวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ทั้งสามชนิดคล้ายคลึงกันและคล้ายกับปูนทรายหรือคอนกรีตทั่วไป คือ มีการพัฒนากำลังที่รวดเร็วในช่วงอายุต้นตั้งแต่เริ่มผสมถึงอายุ 7 วัน โดยเฉพาะในช่วง 3 วันแรก วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์สามารถพัฒนากำลังได้ถึงครึ่งหนึ่งของกำลังที่อายุ 28 วัน อย่างไรก็ตาม การพัฒนากำลังจะลดลงเรื่อยๆ ตามอายุของตัวอย่าง เมื่อวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์มีอายุ 28 วัน วัสดุซ่อม ก. มีกำลังอัดเฉลี่ย 190 กก./ตร.ซม. วัสดุซ่อม ข.มีกำลังอัดเฉลี่ย 270 กก./ตร.ซม. และวัสดุซ่อม ค. มีกำลังอัดเฉลี่ย 90 กก./ตร.ซม.



ภาพที่ 3.10 การทดสอบกำลังอัดของวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ในการวิจัย



ภาพที่ 3.11 การพัฒนากำลังอัดของวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ในการวิจัย