666 A2
ว169ก
ร.3

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปูนฉาบจากเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา ทรายละเอียดและสังกะสีซัลเฟต

10 ส.ค. 2539

ปริญญานิพนธ์

ของ

วนิดา ฉินนะรัสต

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2538

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

195918

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปูนฉาบจาก เถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา ทรายละเอียดและสังกะสีซัลเฟต

บทคัดย่อ

โดย

วนิดา ฉินนะโรส

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2538

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปูนฉาบจาก เถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา ทรายละเอียด และสังกะสีซัลเฟต มาจากการคิดส่วนผสมแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าของซิงเกอร์ในงานเซรามิกส์ โดยให้มีคุณสมบัติทางกำลังรับแรงอัด ความต้านทานแรงดึง การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัวและการไหลสื่น โดยนำสูตรปูนฉาบอัตราส่วนผสมเดิมที่ใช้งานทั่วไปมาเปรียบเทียบกับงานปูนฉาบที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนที่ดีที่สุด สำหรับการนำมาพัฒนาต่อไปให้ได้ปูนฉาบที่ดีเหมาะสำหรับนำไปผลิตในงานอุตสาหกรรม จากการทดสอบผลการวิเคราะห์พบว่า สูตรที่ 7 เป็นสูตรที่ดีที่สุดมีอัตราส่วนผสม เถ้าแกลบ 50 ปูนขาว 10 ปูนซีเมนต์ซิลิกา 40 ทรายละเอียดร้อยละ 61 และสังกะสีซัลเฟตร้อยละ 0.3 มีกำลังแรงอัด 37.03-43.97 กก./ตร.ซม. ความต้านทานแรงดึง 86.93-93.87 กก./ตร.ซม. การดูดซึมน้ำร้อยละ 11.45-18.25 ระยะการก่อตัว 26.40-33.60 (มม./นาที) และการไหลสื่นร้อยละ 104.60-111.40

An Experimental Study of Cement Plaster Mixture Made from Rice Husk Ash, Calcium, Silica Cement, Sand and Zinc Sulphate.

An Abstract

By

Wanida chhinnasota

Presented in Partial fulfillment of the requirments for the

Master of Education degree in Industrial Educational

at Srinakharinwirot University

March 1995

This research attempted to create plaster mixture from ash, limestone. sand and zinc sulphate whose proportions were derived from the Triaxial diagram normally used in ceramics work. The plaster was tested against commonly used formula on such characteristics as compressive strength, tensile, water absorption, setting time and flows.

The selected best formula would then be developed for commercial uses. The experiment indicated that formula No.7 was the best mixture, conststing of 50 parts of rich hush ash, 10 parts of lime stone, 40 parts of silica cement, 61 parts of sand, and 0.3 parts of zinc sulphate. This mixture had a compression of 37.03-43.97 kilogrum per square centimeter; Tensile Test 86.93-93.87 kilogrum per square centimeter; water absorbtion 11.45-18.25 percent, setting time 26.40-33.60 (millimeter/per minute); and flow percentage of 104.60-111.40 per min.

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

.....ประธาน

(อาจารย์เพ็ญสิทธิ์ รัพธิจินดา)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.วิชัย แหวนเพชร)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน

(อาจารย์เพ็ญสิทธิ์ รัพธิจินดา)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.วิชัย แหวนเพชร)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์รังศิยากรณ์ กำประสิทธิ์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)

วันที่ 10 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2538

ประกาศคุณูปการ

ผลงานวิจัยฉบับนี้ได้รับความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำ แก้ไข ดูแล และให้กำลังใจอย่างดียิ่งจาก อาจารย์เพ็ญสิทธิ์ โพธิจินดา และ ผศ.ดร.วิชัย แหวนเพชร ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์รังศิยากรณ์ กำประสิทธิ์ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบพร้อมกับให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ฝ่ายวิจัยดินด้านวิทยาศาสตร์ ฝ่ายคอนกรีตและวัสดุก่อสร้าง กรมชลประทาน ที่กรุณาอนุเคราะห์สถานที่พร้อมเครื่องมือและอุปกรณ์การทดสอบในการดำเนินการวิจัย ทำให้การวิจัยครั้งนี้ดำเนินไปด้วยความราบรื่น

ขอขอบคุณ แผนกเครื่องปั้นดินเผา ภาควิชาหัตถกรรม คณะศิลปกรรม และภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ที่ช่วยเหลือในการเตรียมวัสดุ ตลอดทั้งให้คำปรึกษาในการวิจัย

ขอขอบคุณ นายวิวัฒน์ คลังวิจิตร และนางสาวนิสา มีฉัยยา ที่ให้คำปรึกษาช่วยเหลือติดต่อประสานงาน สนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงด้วยความเรียบร้อย

อนึ่ง ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนและกำลังใจเป็นอย่างดียิ่ง จากคณาจารย์และกรรมการบริหารหลักสูตรสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษาทุกท่าน ทั้งจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน และสถาบันราชภัฏพระนคร ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนร่วมงาน ญาติพี่น้องและเจ้าหน้าที่ซึ่งมิสามารถกล่าวนามได้ทั้งหมดที่มีส่วนช่วยเหลือ แนะนำ สนับสนุน และให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอมอบความดีทั้งหมดของงานวิจัยครั้งนี้แด่บิดา มารดา และครู-อาจารย์ อันเป็นที่เคารพรักสูงสุด

วนิดา ฉินนะโสต

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษา	3
	ความสำคัญของการศึกษา	3
	ขอบเขตของการศึกษา	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	7
	สมมติฐาน ของการศึกษา	9
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงานปูนฉาบ	11
	ความหมายของปูนฉาบ	11
	ชนิดของปูนฉาบ	11
	การผสมปูนฉาบ	15
	การฉาบปูน	17
	ข้อควรระวังในการฉาบปูน	24
	วัสดุผสมที่นำมาใช้ทำปูนฉาบ	26
	ปูนซีเมนต์	26
	ประเภทของปูนซีเมนต์	28
	ปูนซีเมนต์ซิลิกาตราเสือ	29
	เถ้าแกลบ	31

บทที่		หน้า
	ปูนขาว	35
	ทราย	36
	สังกะสีซัลเฟต	39
	น้ำ	40
	วิธีการอ่านค่าส่วนผสมจากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า	41
	คุณสมบัติทางกายภาพของปูนฉาบ	43
	การทดสอบกำลังอัด	43
	การทดสอบความต้านทานแรงดึง	48
	การทดสอบการดูดซึมน้ำ	52
	การทดสอบระยะการก่อตัว	53
	การทดสอบการไหลลื่นของเนื้อปูนฉาบ	56
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	58
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	61
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	61
	วัสดุผสมที่ใช้ในการทดลอง	63
	อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	63
	ลำดับขั้นในการทดลอง	64
	การเปรียบเทียบและสรุปผลการทดลอง	65
	การวิเคราะห์และอภิปรายผล	67
	สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง	67

บทที่ หน้า

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 68

5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 73

ความมุ่งหมายของการศึกษา 73

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 73

การวิเคราะห์ข้อมูล 76

สรุปผลการวิจัย 76

การอภิปรายผล 77

ข้อเสนอแนะ 79

บรรณานุกรม 81

ภาคผนวก 84

ตอน ก. 85

ตอน ข. 95

ตอน ค. 101

ตอน ง. 113

ประวัติผู้วิจัย 116

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	กลุ่มตัวอย่าง อัตราส่วน เถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกาแต่ละจุดที่หาได้จากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าจะนำไปรวมกับทรายละเอียดและสังกะสีซัลเฟตเพื่อจะได้ปูนฉาบ	6
2	แสดงอัตราส่วนผสมของปูนฉาบที่ใช้กับงานต่าง ๆ	14
3	เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิต การลงทุน การใช้งานและราคาระหว่างปูนซีเมนต์เถ้าแกลบ ปูนขาว กับซีเมนต์พอร์ตแลนด์	29
4	เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์บอร์ตแลนด์และเถ้าแกลบ	31
5	ค่าความหนาแน่นของเถ้าแกลบและปูนซีเมนต์บอร์ตแลนด์	33
6	ผลการทดสอบการรับแรงกดของปูนสดที่ทำจากเถ้าแกลบชนิดต่าง ๆ ผสมกับปูนขาว	35
7	กลุ่มตัวอย่างอัตราส่วนผสมของเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา แต่ละจุดที่หาได้จากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเทา	62
8	เปรียบเทียบและสรุปผลคุณสมบัติทางกายภาพของปูนฉาบที่ทำจากสูตรอัตราส่วนเดิมกับสูตรที่ทดลอง 8 สูตร	66
9	ผลการทดสอบกำลังอัดของปูนฉาบ	69
10	ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของปูนฉาบ	70
11	ผลการทดสอบ การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว การไหลลื่น	72
12	กลุ่มตัวอย่างอัตราส่วนผสมของเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา แต่ละจุดที่หาได้จากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า จะนำไปรวมกับทรายละเอียดและสังกะสีซัลเฟตซึ่งมีค่าคงที่	74
13	เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของปูนฉาบอัตราส่วนผสมเดิม กับปูนฉาบสูตรที่ 7	112

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	แสดงแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าและวิธีอ่านค่าอัตราส่วนผสม.....	5
2	แสดงการทำระดับด้วยการขึงเชือกหรือด้าย.....	19
3	แสดงการทำแนวปูนระดับ.....	20
4	แสดงการจัดเหลี่ยมทำระดับของเสา คาน หรือมุมกำแพง.....	21
5	แสดงการประหรือป้ายปูนเข้าไประหว่างปูนระดับ.....	22
6	แสดงการปรับระดับผิวหน้าด้วยบรรทัด.....	23
7	แสดงแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าและวิธีอ่านค่าอัตราส่วนผสม.....	41
8	แสดงรูปแบบการไหลแบบหล่อรูปกรวยและแบบหล่อก้อนทดสอบ ขนาด 2 x 2 x 2 นิ้ว.....	44
9	แสดงเครื่องทดสอบกำลังอัดและการทดสอบของปูนฉาบ.....	47
10	แสดงแบบหล่อบริเคท์และเครื่องทดสอบแรงดึงของปูนฉาบ.....	49
11	แสดงชุดทดสอบไวแคต.....	56
12	กราฟแสดงการวิเคราะห์หากำลังอัดของปูนฉาบสูตรที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน.....	96
13	กราฟแสดงการวิเคราะห์หาความต้านทานแรงดึงของปูนฉาบสูตรที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน.....	97
14	กราฟแสดงการวิเคราะห์หาการดูดซึมน้ำของปูนฉาบสูตรที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน.....	98
15	กราฟแสดงการวิเคราะห์หาระยะการก่อตัวของปูนฉาบสูตรที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน.....	99

ภาพประกอบ หน้า

16 กราฟแสดงการวิเคราะห์หาการไหลลื่นของปูนฉาบที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน..... 100
17 แสดงวัสดุในงานปูนฉาบได้แก่ เถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ตราเสือ สังกะสี ซัลเฟต และทรายละเอียด..... 102
18 แสดงการร่อนวัสดุที่ใช้ผสมด้วยตะแกรง 150 เมช..... 102
19 แสดงการชั่งวัสดุที่ใช้ในงานปูนฉาบ..... 103
20 แสดงการใส่วัสดุผสมลงในอ่างผสมวัสดุ..... 103
21 แสดงการเทวัสดุลงในอ่างผสมเพื่อทำปูนฉาบ..... 104
22 แสดงชิ้นทดลองแรงอัดและชิ้นทดลองความต้านทานแรงดึง ขณะที่อยู่ในแบบ. 104
23 แสดงการทดสอบระยะการก่อตัวด้วยเครื่องมือไวแคต..... 105
24 แสดงการอัดวัสดุปูนฉาบที่ใช้ทดสอบระยะการก่อตัวลงในแบบทดสอบ..... 105
25 แสดงการใส่ปูนฉาบอัดลงในแบบพิมพ์ เพื่อตรวจดูการก่อตัวและรอยแตกร้าว 106
26 แสดงการฉาบปูนฉาบลงในแบบพิมพ์เพื่อดูการไหลลื่น การก่อตัว และพื้นผิวหลังการฉาบว่ามีการแตกร้าวหรือไม่..... 106
27 แสดงการทดสอบระยะการก่อตัวหลังจากทิ้งไว้หลัง 45 นาทีด้วยเครื่องมือไวแคต..... 107
28 แสดงการอัดปูนฉาบลงในพิมพ์เพื่อหาการไหลลื่น..... 107
29 แสดงการถอดแบบพิมพ์เพื่อเตรียมทดสอบการไหลลื่นของปูนฉาบ..... 108
30 แสดงการทดสอบการไหลลื่นของปูนฉาบด้วยโต๊ะทดสอบการไหล..... 108
31 แสดงชิ้นทดสอบที่จะนำมาทดสอบหากำลังอัดของปูนฉาบที่นำมาทดลอง..... 109
32 แสดงการเตรียมชิ้นทดสอบในเครื่องทดสอบกำลังอัดของงานทดสอบวัสดุคอนกรีตที่กรมชลประทาน ถนนติวานนท์..... 109

ภาพประกอบ หน้า

33 แสดงสภาพชิ้นทดสอบที่รับกำลังอัดได้ก่อนถูกทำลาย..... 110

34 แสดงการอ่านสเกลการวัดหาค่ากำลังอัดจากการทดสอบชิ้นทดลอง..... 110

35 แสดงการเตรียมชิ้นทดสอบความต้านทานแรงดึงกับเครื่องทดสอบแรงดึงที่
งานทดสอบวัสดุคอนกรีต ที่กรมชลประทาน ถนนติวานนท์..... 111

36 แสดงการทดสอบหาความต้านทานแรงดึงในขณะที่ชิ้นทดสอบอยู่ใน
เครื่องทดสอบแรงดึง..... 111

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

งานก่อสร้างทั่วไปที่ทำด้วยอิฐหรือซีเมนต์ มักนิยมฉาบปูนหรือถือปูน เพื่อสร้างความสวยงามให้กับผนัง หรือประดับตบแต่งกำแพงให้แลดูงดงามยิ่งขึ้น นอกจากนั้น อาจเป็นเครื่องป้องกันผิวอิฐก่อไม่ให้ได้รับอันตรายจากภัยธรรมชาติ เช่น แสงแดดและฝน หรือป้องกันการขึ้นรา และความร้อน เป็นต้น การฉาบอิฐถือปูนนี้นิยมปฏิบัติกันมาแต่รบราณด้วยจุดประสงค์ดังกล่าวมา ในปัจจุบันนี้ การก่อสร้างบางแห่งที่สร้างด้วยคอนกรีตแต่ไม่ฉาบปูน หรือที่เรียกว่า "คอนกรีตเปลือย" นั้น เป็นที่นิยมอยู่บ้างด้วยเหตุผลทางด้านเศรษฐกิจก็ตาม แต่งานฉาบปูนแก่ผนังคอนกรีต หรือก่ออิฐ ก็คงยังมีต่อไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับบ้านพักอาศัย (พงศ์พันธ์ วรสุนทรโรสถ. 2535 : 152-153)

ปูนฉาบ เป็นส่วนผสมของ ซีเมนต์ ทรายละเอียด ปูนขาว และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมมีความเหนียวและเหลวลื่นในขณะฉาบ เกาะติดกับพื้นหรือผนังที่จะฉาบได้เป็นอย่างดี และสามารถทนต่อการขัดถูของเกรียงได้เป็นเวลานาน เพื่อทำผิวหน้าให้เรียบ (ประณต กุลประสูตร. 2535 : 206) อนึ่ง การฉาบปูนนั้นจำเป็นต้องมีการเตรียมวัสดุและใช้เทคนิคที่เหมาะสมเพื่อผลิตผลงานให้เป็นที่พอใจงานปูนฉาบที่ไม่ดีมักทำให้เกิดรอยร้าวอันมีสาเหตุมาจากเทคนิคการฉาบปูนการเตรียมวัสดุปูนฉาบและสภาพภูมิอากาศ (สุพิชา วัฒโรน. 2532 : 41) นอกจากนั้น อรุณ ชัยศรี (2534 : 147) ได้กล่าวไว้ว่าการแตกร้าวของงานปูนฉาบเกิดจากการยืด และหดตัวภายในเนื้อของวัสดุอุณหภูมิที่มีความแตกต่างระหว่างผิวของผนัง และผิวของปูนที่ฉาบตลอดจนความร้อนที่มากระทบผิวงานส่งผลให้น้ำในเนื้อปูนฉาบระเหยไปเร็ว รวมทั้งทักษะความชำนาญของช่างปูนก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะส่งผลให้เกิดรอยร้าวได้ และการแก้ไขรอยร้าวเป็นการสิ้นเปลือง

เมื่อเทคนิคการผสมปูนฉาบและส่วนผสมของปูนฉาบ เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดรอยร้าว และรอยร้าวนั้นทำให้สิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็น ดังนั้นถ้าหากจะประหยัดค่าใช้จ่ายในการฉาบปูน แล้วจะต้องควบคุมปัจจัยสองด้านนี้ อย่างไรก็ตามเมื่อปูนฉาบใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุหลัก (พิภพ สุนทรสมัย. 2536 : 18) ถ้าหากมีการลดปริมาณปูนซีเมนต์ลงได้ และยังรักษาคุณภาพของปูนฉาบไว้ได้ ก็จะเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยประหยัด งานวิจัยของปริญญา จินดาประเสริฐ (2529 : 8) เป็นเครื่องชี้แนะถึงการศึกษาทดลองเพื่อหาวัสดุอื่นมาทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ด้วยการผสมเถ้าแกลบ เมื่อนำไปทดสอบแรงดึงผิว การเกิดแนวร้าว การดูดซึมน้ำแล้วพบว่า สามารถใช้เถ้าแกลบแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้ถึง ร้อยละ 50-60 โดยที่กำลังรับแรงอัด เท่ากับส่วนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ งานวิจัยของวิวัฒน์ คลังวิจิตร (2535 : บทคัดย่อ) ทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำวัสดุแผ่น โดยใช้วัสดุปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าแกลบ ปูนขาว และใยมะพร้าวหรือผักตบชวา ก็จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่ดีตามมาตรฐานและลดการใช้ซีเมนต์โดยไม่เสียคุณสมบัติเดิม งานวิจัยของอนุชิต กิตสวัสดิ์ (2529 : 3) ทดลองใช้เถ้าแกลบบดละเอียด และปูนขาวผสมเข้ากับปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนที่เหมาะสมก็ได้ ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้แล้ว วัชระ ทองเจริญ และคนอื่น ๆ (2529 : 479) ได้รายงานผลการทดลองผสมเถ้าแกลบ และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ในอัตราส่วน 30:70 ว่าได้ผลผลิตที่รับแรงอัดได้สูงเป็นที่น่าพอใจ

ดังนั้น ในเรื่องของงานปูนฉาบนี้ถ้ามีการลดปริมาณของปูนซีเมนต์ลง และนำวัสดุอื่นมาทดแทน ก็น่าจะเกิดประโยชน์ต่องานก่อสร้าง และประหยัดค่าใช้จ่ายอีกด้วย

ในบรรดาวัสดุที่จะนำมาทดแทนนี้ จะใช้เถ้าแกลบ และปูนขาวแทนที่ซีเมนต์บางส่วน เนื่องจากเถ้าแกลบนั้นมีปริมาณซิลิกาเป็นส่วนมากเช่นเดียวกับปูนซีเมนต์ที่มีซิลิกาอยู่แล้ว (กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2523 : 23) และผสมปูนขาวเพื่อทำหน้าที่ช่วยให้ส่วนผสมมีความไหลสื่น ซึ่งจะสะดวกง่ายในการฉาบปูนและผิวงานปูนฉาบเรียบสวยรวมทั้งช่วยหน่วงระยะก่อตัวสามารถกำหนดเวลาในการผสมอัตราส่วน ตลอดจนถึงเวลาทำงานฉาบปูนให้เสร็จทันต่อการแข็งตัวของส่วนผสม (ประณต กุลประสูตร. 2536 : 207) อนึ่งเพื่อให้เกิดประโยชน์ในการป้องกันไม่ให้น้ำซึมผ่านงานปูนฉาบได้จึงได้ใช้สังกะสีชัลเฟตผสมลงไปด้วย (วินิต ช่อวิเชียร. 2529 : 56)

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว จึงน่าจะเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาปูนฉาบต่อไป ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทดลองหาอัตราส่วนผสมของปูนฉาบที่เหมาะสม ราคาถูกและมีคุณสมบัติทางกายภาพซึ่งจะพัฒนาจากอัตราส่วนผสมปูนฉาบ คือปูนซีเมต์ร้อยละ 15 น้ำร้อยละ 21 อากาศร้อยละ 3 วัสดุละเอียดร้อยละ 61 (วินิต ช่อวิเชียร. 2529 : 2) โดยใช้เถ้าแกลบและปูนขาวทดแทนส่วนผสมของปูนซีเมนต์และจะหาอัตราส่วนผสม จากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Diagram) ในส่วนผสมร้อยละ 15 นำไปผสมกับวัสดุละเอียด ได้แก่ ทรายร้อยละ 61 สังกะสีซัลเฟตร้อยละ 0.3 และน้ำร้อยละ 21 นอกจากนั้น จะเป็นช่องว่างของอากาศที่เกิดระหว่างผสมปูนฉาบ ผลจากการทดลองครั้งนี้คาดว่าจะได้ส่วนผสมปูนฉาบผสมสำเร็จที่สะดวกในการนำไปใช้งาน และลดปัญหาการเกิดรอยร้าวที่เนื่องมาจากอัตราส่วนผสมไม่แน่นอนอีกทั้งมีต้นทุนต่ำ แต่มีคุณสมบัติทางกายภาพด้านกำลังอัด ความต้านทานแรงดึง การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัวและการไหลลื่นของเนื้อปูนฉาบที่อยู่ในเกณฑ์การเปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมเดิม

ความมุ่งหมายของการศึกษา

เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปูนฉาบจากวัสดุเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ชิลิกา ทรายละเอียดและสังกะสีซัลเฟต โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพด้านกำลังอัด ความต้านทานแรงดึงผิว การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว และการไหลลื่นของเนื้อปูนฉาบที่อยู่ในเกณฑ์การเปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมเดิม

ความสำคัญของการศึกษา

1. สามารถนำผลงานวิจัยไปผลิตปูนฉาบที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสม
2. สามารถลดต้นทุนในการผลิตปูนฉาบผสมสำเร็จ

ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปูนฉาบจากเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกาทรายละเอียดและสังกะสีซัลเฟตเป็นค่าคงที่

2. ในแต่ละอัตราส่วนผสมจะมีปูนซีเมนต์ซิลิกาไม่เกินร้อยละ 40 และปูนขาวไม่เกินร้อยละ 20

3. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ มีดังนี้

3.1 ด้านกำลังอัด

3.2 ความต้านทานแรงดึง

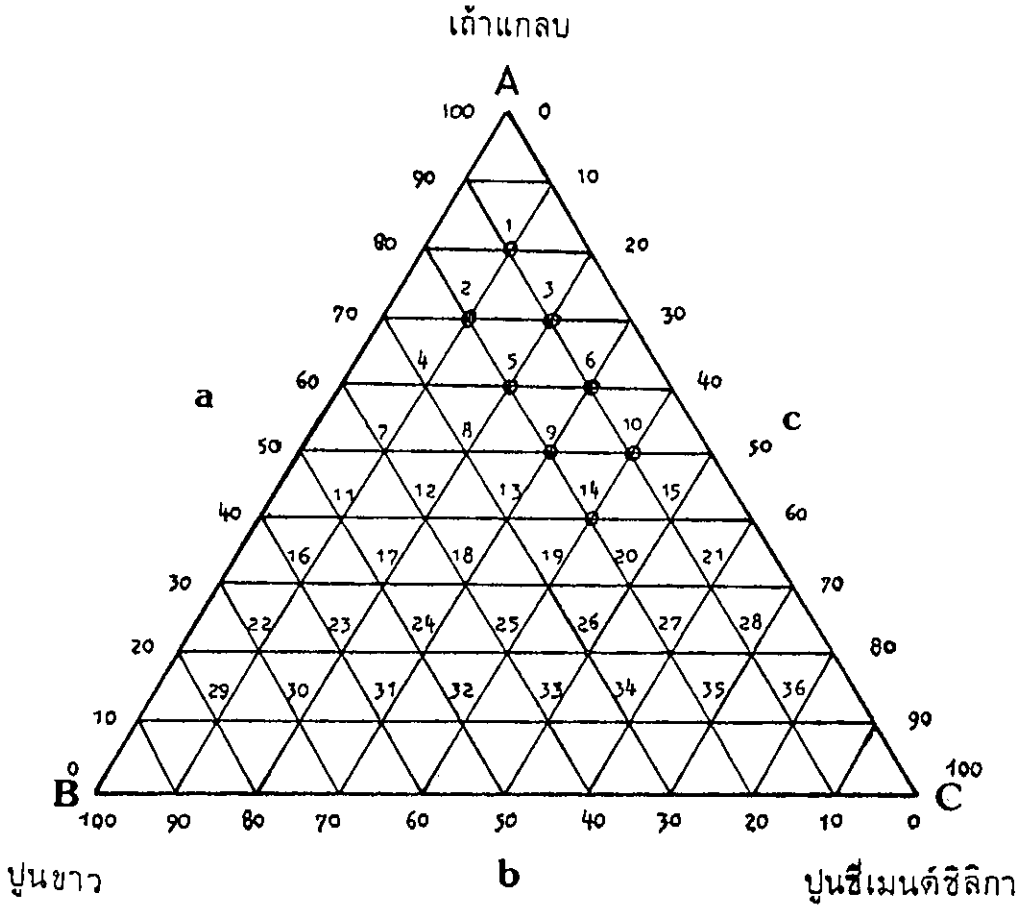
3.3 การดูดซึมน้ำ

3.4 ระยะการก่อตัว

3.5 การไหลลื่นของเนื้อปูนฉาบ

4. ประชากร ได้แก่ ปูนฉาบที่ได้จากส่วนผสมของเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกาทรายละเอียด และสังกะสีซัลเฟต

5. การทดลองนี้ ใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างอย่างมีระบบ โดยใช้แผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า ดังภาพประกอบ 1 และตาราง 1



ภาพประกอบ 1 แสดงแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าและจำนวนกลุ่มตัวอย่างของอัตราส่วนผสม

ตาราง 1 กลุ่มตัวอย่างอัตราส่วนของเถ้าแกลบ ปูนขาว และปูนซีเมนต์ซิลิกา แต่ละจุดที่หาได้จากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า จะนำไปรวมกับทรายละเอียดและสังกะสีซัลเฟต เพื่อจะได้ปูนฉาบ

ส่วนผสมจุดที่	เถ้าแกลบ	ปูนขาว	ปูนซีเมนต์ซิลิกา	ทรายละเอียดร้อยละ	สังกะสีซัลเฟตร้อยละ
1	80	10	10	61	0.3
2	70	20	10	61	0.3
3	70	10	20	61	0.3
5	60	20	20	61	0.3
6	60	10	30	61	0.3
9	50	20	30	61	0.3
10	50	10	40	61	0.3
14	40	20	40	61	0.3

หมายเหตุ – เถ้าแกลบ ปูนขาวและปูนซีเมนต์ซิลิกาค่าที่ได้ 100 จะมีค่าเท่ากับร้อยละ 15 ของส่วนผสมปูนฉาบ

– ส่วนผสมของเถ้าแกลบ ปูนขาวและปูนซีเมนต์ซิลิกา จุดที่ 1,2,3,5,6,9,10 และ 14 จะเป็นส่วนผสมที่ 1 ถึง 8 ตามลำดับ

ตัวอย่าง

สูตรที่ 1 ในจุดที่ 1 (80+10+10)+61+0.3

นำมาใช้ (12+1.5+1.5)+61+0.3+21(น้ำ)+2.7 (อากาศระหว่างผสม)

ตัวแปรต้น

อัตราส่วนผสมระหว่าง เถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา ทรายละเอียด และสังกะสีซัลเฟต

ตัวแปรตาม

คุณสมบัติทางกายภาพด้านกำลังอัดความต้านทานแรงดึง การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว และการไหลลื่นของเนื้อปูนฉาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ปูนฉาบ หมายถึง ของผสมระหว่างทรายละเอียด ปูนซีเมนต์ ปูนขาวและน้ำโดยมีอัตราส่วนที่เหมาะสม เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ปูนถือ

2. ปูนซีเมนต์ซิลิกา หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่มีทรายประมาณร้อยละ 30 ได้แก่ ปูนตราเสือของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย ชนิดบรรจุถุง 50 กิโลกรัม

3. ปูนขาว หมายถึงปูนที่ได้จากการเผาหินปูนแบบปูนขาวสุก มีจำหน่ายในท้องตลาดบรรจุถุงละ 5.5 กิโลกรัม

4. เถ้าแกลบ หมายถึง ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาแกลบที่อุณหภูมิ 600-800 องศาเซลเซียส มีลักษณะเป็นสีดำปนเทา แล้วนำมาบดให้ละเอียดขนาด 100 เมช (mesh)

5. ทรายละเอียด หมายถึง ทรายน้ำจืดที่มีความละเอียดผ่านตะแกรงร่อน ขนาด 100 เมช

6. สังกะสีซัลเฟต หมายถึง เป็นสารประกอบที่สามัญที่สุดของสังกะสี ได้จากการเปลี่ยนแปลงสินแร่ หรือเรียกว่า สารผสมเพิ่ม

7. อัตราส่วนผสม หมายถึง ปริมาณของวัสดุผสมแต่ละตัวที่นำมาผสมเข้าด้วยกันเป็นปูนฉาบ ปริมาณของวัสดุผสมคิดเป็นอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก

8. อัตราส่วนผสมเดิม หมายถึง ส่วนผสมปูนฉาบที่ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ร้อยละ 15 น้ำร้อยละ 21 อากาศร้อยละ 3 ทรายร้อยละ 61

9. วัสดุผสม หมายถึง วัสดุเฉื่อยที่ใช้ผสมเป็นปูนฉาบได้แก่ ทรายละเอียด ปูนขาว และขี้เถ้าแกลบ

10. มอร์ตาร์หรือปูนผสม หมายถึง ส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ และปูนขาว ตามส่วนแบ่งเป็นปูนก่อและปูนฉาบ ในกรณีที่เป็นปูนก่อใช้ทรายหยาบ ถ้าเป็นปูนฉาบใช้ทรายละเอียด

11. เมช หมายถึง หน่วยวัดขนาด หรือความละเอียดของมวลวัสดุ ซึ่งสามารถลอดช่องตะแกรงที่มีจำนวนรูต่อตารางนิ้วเท่าใด มีค่าเท่ากับเท่านั้นเมช

12. แผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Diagram) หมายถึง แผนผังตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ที่ใช้ในการคำนวณหาอัตราส่วนผสม ของวัสดุผสมที่ใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ซิลิกาบางส่วน

13. คุณสมบัติทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติทางด้านกำลังอัด ความต้านทานแรงดึง การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว และการไหลลื่นของเนื้อปูนฉาบ

14. กำลังอัด หมายถึง ค่าการรับกำลังอัดของก้อนปูนฉาบ เพื่อผลคุณภาพของปูนฉาบ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

15. ความต้านทานแรงดึง หมายถึง ค่ากำลังแรงงดึงของก้อนปูนฉาบมีผลออกมาในรูปความแข็งแรง มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

16. การดูดซึมน้ำ หมายถึง ปริมาณของน้ำที่แผงอยู่ในผลิตภัณฑ์ทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามปริมาณของน้ำที่เปลี่ยนไป

17. ระยะการก่อตัว หมายถึง ระยะเวลาที่ปูนฉาบเปลี่ยนเข้าสู่สภาวะการแข็งตัว หาค่าด้วยการใช้ชุดทดสอบไวแคต

18. การไหลสื่น หมายถึง การไหลหรือการกระจายตัว เมื่อถูกยก-ขึ้นลงภายในระยะเวลากำหนดบ่งชี้ความยืดเหนี่ยวระหว่างกัน มีค่าคิดเป็นร้อยละ

สมมติฐานของการศึกษา

อัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปูนฉาบจากเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา ทรายละเอียดและสังกะสีซัลเฟต มีคุณสมบัติทางกายภาพด้านกำลังอัด ความต้านทานแรงดึงระยะการก่อตัว การไหลสื่น และการดูดซึมน้ำของเนื้อปูนฉาบที่เท่ากับหรือดีกว่าอัตราส่วนผสมเดิม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ จากเอกสาร ตำราและงานวิจัยซึ่งจะเป็นประโยชน์ และทำให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้โดยแยกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงานปูนฉาบ
   - 1.1 ความหมายของปูนฉาบ
   - 1.2 ชนิดของปูนฉาบ
   - 1.3 การผสมปูนฉาบ
   - 1.4 การฉาบปูน
   - 1.5 ข้อควรระวังในการฉาบปูน
2. วัสดุผสมที่นำมาใช้ทำปูนฉาบ
   - 2.1 ปูนซีเมนต์
     - 2.1.1 ประเภทของปูนซีเมนต์
     - 2.1.2 ปูนซีเมนต์ซิลิกาตราเสือ
   - 2.2 เถ้าแกลบ
   - 2.3 ปูนขาว
   - 2.4 ทรายละเอียด
   - 2.5 สังกะสีซัลเฟต
   - 2.6 น้ำ
3. วิธีการอ่านค่าส่วนผสมจากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า
4. คุณสมบัติทางกายภาพของปูนฉาบ

4.1 การทดสอบกำลังอัด

4.2 การทดสอบความต้านทานแรงดึง

4.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

4.4 การทดสอบระยะการก่อตัว

4.5 การทดสอบการไหลสื่นของเนื้อปูนฉาบ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงานปูนฉาบ

1.1 ความหมายของปูนฉาบ ปูนผสม หรือบางทีเรียกมอร์ตาร์ (mortar) เป็นส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ หรือปูนขาวผสมอยู่ด้วยตามส่วน ใช้สำหรับเป็นปูนก่อหรือปูนฉาบ ดังนั้นปูนผสมหรือมอร์ตาร์ที่ดีจะต้องมีความเหลวสื่น เพื่อสะดวกต่อการทำงาน และมีคุณสมบัติที่ดีเนื่องจากจะต้องทำหน้าที่ทั้งยึดเหนี่ยวระหว่างกัน และยึดเหนี่ยวกับวัสดุที่ก่อ หรือฉาบ เป็นต้น นอกจากนั้นปูนผสม หรือมอร์ต้าร์ยังมีส่วนช่วยในการปกปิดรอยขรุขระที่เกิดจากการก่อสร้าง จึงเป็นผลทำให้อาคารที่สร้างมีความเรียบร้อย และสวยงามอีกด้วย (ประณต กุลประสูตร. 2536 : 205) ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า ปูนฉาบ หมายถึง มอร์ตาร์ชนิดหนึ่ง ที่ใช้ในการฉาบปิดผิวอิฐ หรือผิวคอนกรีตบล็อกและอื่น ๆ บางครั้งเรียกว่า ปูนถือ ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ ปูนขาว และทราย (ประณต กุลประสูตร. 2536 : 206) ปูนฉาบนี้จะช่วยป้องกันอันตรายจากภัยธรรมชาติ เช่น แดด ฝน และความร้อนที่ผ่านกำแพงเข้ามา รวมทั้งเป็นเครื่องประดับให้ผิวกำแพงมีลักษณะต่าง ๆ กัน (พงศ์พันธ์ วรสุนทรสถ. 2535 : 153)

1.2 ชนิดของปูนฉาบ ปูนฉาบจำแนกออกตามวัสดุที่ใช้ผสมได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. ไลม์มอร์ตาร์ (Lime Mortar)

2. ซีเมนต์มอร์ตาร์ (Cement Mortar)

3. ซีเมนต์ไลม์มอร์ตาร์ (Cement Lime Mortar)

1. ไลม์มอร์ตาร์ ปูนฉาบชนิดนี้เป็นส่วนผสมระหว่างปูนขาวกับทราย โดยมีน้ำเป็นตัวเติมที่สำคัญใช้เป็นทั้งปูนก่อ และปูนฉาบส่วนมากใช้กับงานชั่วคราว เช่น งานฝึกหัดก่ออิฐหรือฉาบปูนหรืองานแสดงต่าง ๆ ที่เป็นการแสดงชั่วคราว ปูนฉาบชนิดนี้รับน้ำหนักได้มากกันน้ำและความชื้นไม่ได้ สำหรับปูนก่อนิยมใช้ปูนขาวผสมกับทรายหยาบ ในขณะที่ปูนฉาบนิยมใช้ปูนขาวผสมกับทรายละเอียด

สำหรับอัตราส่วนผสมที่นิยมใช้กัน คือ

ปูนก่อ ใช้อัตราส่วนผสม 1:3-4
ปูนขาว 1 ส่วน
ทรายหยาบ 3-4 ส่วน

ปูนฉาบ ใช้อัตราส่วนผสม 1:2
ปูนขาว 1 ส่วน
ทรายละเอียด 2 ส่วน

2. ซีเมนต์มอร์ตาร์ ปูนชนิดนี้เป็นส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับทราย โดยมีน้ำเป็นตัวเติมที่สำคัญส่วนใหญ่ใช้เป็นปูนก่อ แต่ก็ถูกนำไปใช้เป็นปูนฉาบได้เช่นกัน โดยทั่วไปใช้ก่อผนังที่ต้องการกำลังสูง เนื่องจากสามารถต้านทานต่อน้ำหนักที่รองรับ และแรงดันทางด้านข้างที่เกิดขึ้นได้ดีและกันน้ำได้จึงนิยมนำไปก่อผนังห้องน้ำ ผนังอ่างเก็บน้ำ กำแพงกันดินและสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ ที่มีวัตถุประสงค์คล้ายคลึงกัน แต่ปูนชนิดนี้เมื่อก่อแล้วจะต้องบ่มเหมือนกับการบ่มคอนกรีตโดยทั่วไป เนื่องจากใช้ปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสม

สำหรับอัตราส่วนผสมที่นิยมใช้กัน คือ

ปูนก่อ ปูนยึด หรือปูนรองพื้นรับกระเบื้องปูพื้น ใช้อัตรา 1:3-4
ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน

ทรายหยาบหรือทรายกลาง 3-4 ส่วน (ขึ้นอยู่กับประเภทของงาน)
ในกรณีที่ใช้ฉาบให้ใช้ทรายละเอียด

3. ซีเมนต์ไลม์มอร์ตาร์ ปูนฉาบชนิดนี้ เป็นส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ ปูนขาวกับทรายโดยมีน้ำเป็นตัวเติมที่สำคัญใช้เป็นทั้งปูนก่อและปูนฉาบ ปูนชนิดนี้มีคุณสมบัติดีกว่าไลม์มอร์ตาร์ แต่ด้อยกว่าซีเมนต์มอร์ตาร์ การนำปูนขาวผสมร่วมกับปูนซีเมนต์ นอกจากจะเป็นการเพิ่มความเหนียวให้กับปูนฉาบแล้ว ยังเป็นการเพิ่มบริมาณของปูนฉาบ และช่วยประหยัดปูนซีเมนต์ได้อีกด้วย ปูนชนิดนี้จะให้กำลังพอควรและต้านทานน้ำได้บ้าง ดังนั้นจึงเหมาะกับการก่ออิฐ หรือฉาบปูนผนังที่มีหลังคาปกคลุม สำหรับปูนก่อนิยมใช้ปูนซีเมนต์ ปูนขาว กับทรายหยาบ ส่วนปูนฉาบนิยมใช้ปูนซีเมนต์ ปูนขาว กับทรายละเอียด

สำหรับอัตราส่วนผสมที่นิยมใช้กัน คือ

ปูนก่อหรือปูนรองพื้นรับกระเบื้องปูผนัง ใช้อัตราส่วน 1:1:3-4

ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน
ปูนขาว 1 ส่วน
ทรายหยาบหรือทรายกลาง 3-4 ส่วน (ขึ้นอยู่กับประเภทของงาน)

ปูนฉาบ ใช้อัตราส่วน 1:1-2:3-6

ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน
ปูนขาว 1-2 ส่วน (ขึ้นอยู่กับประเภทของงาน)
ทรายละเอียด 3-6 ส่วน (ขึ้นอยู่กับประเภทของงาน)

อัตราส่วนผสมของปูนฉาบที่ใช้กับงานต่าง ๆ ได้ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงอัตราส่วนผสมของปูนฉาบที่ใช้กับงานต่าง ๆ

ประเภทของงาน	อัตราส่วนผสม	ปูนซีเมนต์	ปูนขาว	ทราย	หมายเหตุ
ไลม์มอร์ตาร์ ปูนฉาบงานชั่วคราว ที่กันความชื้นและน้ำ ไม่ได้	1:2	-	1	2 (ทราย ละเอียด)	
ซีเมนต์มอร์ตาร์ ปูนยึดสำหรับฉาบ ผิวหน้าคอนกรีต ชั้นแรก	1:3	1	-	3 (ทรายหยาบ)	
ซีเมนต์ไลม์มอร์ตาร์					
-ปูนฉาบครั้งที่ 1	1:1:3	1	1	3 (ทรายละเอียด)	
-ปูนฉาบครั้งที่ 2	1:2:6	1	2	6 (ทรายละเอียด)	
-ปูนฉาบครั้งที่ 3	1:1:6	1	1	6 (ทรายละเอียด)	

(ประณต กุลประสูตร. 2535 : 208-210)

1.3 การผสมปูนฉาบ การผสมปูนฉาบโดยทั่วไปอาจผสมด้วยมือหรือผสมด้วยเครื่อง สำหรับงานขนาดเล็กการผสมด้วยมือประหยัดกว่า อย่างไรก็ตามวัสดุผสมทั้งหมดต้องผสมเข้ากันอย่างทั่วถึง และวัสดุผสมนั้นกระจายออกอย่างสม่ำเสมอ

การผสมด้วยมือกระทำบนพื้นในกระบะผสมปูน หรือในรถเข็น แต่ส่วนใหญ่มักนิยมผสมในกระบะ

ลำดับขั้นการทำงานสำหรับการผสมด้วยมือในกระบะผสมปูนมีดังต่อไปนี้ คือ

1. ปรับกระบะผสมปูนให้ได้ระดับ ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้น้ำที่ใช้ในการผสมไหลไปรวมทางด้านใดด้านหนึ่งของกระบะ

2. เททรายที่เตรียมไว้ลงไปในกระบะผสมปูนประมาณครึ่งหนึ่งของประมาณทรายที่จะต้องใช้ทั้งหมดแล้วเกลี่ยให้สม่ำเสมอจนทั่ว

3. เทปูนซีเมนต์หรือปูนขาวในปริมาณที่กำหนดลงไปบนทราย แล้วเกลี่ยให้สม่ำเสมอจนทั่ว จากนั้นเททรายที่เหลือทั้งหมดทับลงไปบนปูนซีเมนต์หรือปูนขาว แล้วเกลี่ยให้สม่ำเสมอจนทั่วเช่นกัน

4. ผสมหรือคลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยพลั่วหรือจอบ

5. เติมน้ำสะอาดประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณที่กำหนดลงไปในส่วนผสม การเทน้ำให้เททางด้านใดด้านหนึ่งของกระบะ น้ำที่เทลงไปจะซึมเข้าไปในส่วนผสมได้เองอย่าใช้น้ำจากท่อสายยาง เนื่องจากยากต่อการควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้เติม

6. ผสม หรือคลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมด อีกครั้งหนึ่ง ในระหว่างการผสม ให้เติมน้ำส่วนที่เหลือลงไป และผสมต่อไปจนส่วนผสมเข้ากันดี อาจทดลองใช้เกรียงตักขึ้นมาดู

7. หลังผสมส่วนผสมจนได้ที่แล้วให้ใช้พลั่ว หรือจอบกวาดส่วนผสมมากองรวมกันทางด้านใดด้านหนึ่งของกระบะ เนื่องจากสามารถป้องกันมิให้ส่วนผสมแห้งเร็วจนเกินไปได้

การผสมด้วยเครื่องจักรเป็นสำหรับงานขนาดใหญ่เป็นการลดเวลา และแรงงานที่ใช้ในการผสม

ลำดับขั้นการทำงานสำหรับการผสมด้วยเครื่อง มีดังต่อไปนี้ คือ

1. เติมน้ำสะอาดในปริมาณเล็กน้อยลงไปในถัง ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้วัสดุผสมรวมตัวและติดกับด้านข้างของถัง วิธีนี้ยังสามารถป้องกันส่วนผสมมิให้เกาะเป็นก้อนแข็งบนใบพัดของเครื่องผสมได้อีกด้วย

2. เติมทรายประมาณ 1 ใน 2 ถึง 1 ใน 3 ส่วน ของปริมาณทรายที่จะต้องใช้ทั้งหมดลงไปในถังควรเติมในขณะที่เครื่องผสมกำลังทำงาน ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดแรงเครียดกับมอร์เตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ที่ใช้ขับมากจนเกินไป

3. เติมปูนซีเมนต์หรือปูนขาวในปริมาณที่กำหนดลงไปในถัง

4. เติมทรายที่เหลือทั้งหมดลงไปในถัง ขณะเดียวกันก็ให้เติมน้ำลงไปทีละน้อยอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งส่วนผสมดังกล่าวมีความข้นเหนียวตามต้องการ ใช้เวลาในการผสมประมาณ 3 ถึง 5 นาที การใช้เวลาเกินกว่านี้อาจจะทำให้ส่วนผสมมีฟองอากาศมากจนเกินไป อันจะเป็นผลทำให้ความแข็งแรงในการรับน้ำหนักลดลงได้

5. เมื่อผสมได้ที่แล้ว ให้เทส่วนผสมลงในกระบะหรือรถเข็น โดยจะต้องเทในขณะที่เครื่องกำลังทำงานอยู่ (ประณต กลุประสูตร. 2535 : 210-212)

ในการกำหนดส่วนผสมปูนฉาบจะวัดส่วนผสมโดยปริมาตร คือ การตวงวัดด้วยปุ้งกี๋ ถัง หรือภาชนะอื่น และส่วนผสมที่ วัด ชั่งโดยน้ำหนักของวัสดุผสมแต่ละอย่างด้วยเครื่องชั่งที่มีหน่วยการวัด

การตวงวัดส่วนผสมโดยปริมาตรจะทำให้ได้ส่วนผสมที่ไม่แน่นอน เพราะการตวงแต่ละครั้งย่อมมีความแตกต่างของการปฏิบัติ รวมทั้งความแตกต่างในรูปลักษณะ หรือขนาดของก้อนวัสดุและความชื้นที่มีอยู่ในวัสดุต่างกัน ตัวอย่างเช่น ทรายพองตัวเพราะความชื้นทำให้ได้เนื้อทรายแตกต่างไปถึง ร้อยละ 30 ส่วนการวัดชั่งโดยน้ำหนัก จะได้ส่วนผสมที่แน่นอน หรือผิดพลาดน้อยกว่า เป็นผลให้ปูนฉาบมีกำลังสูงและไม่เกิดการแตกร้าว แต่ในการชั่งส่วนผสมโดยน้ำหนักจะต้องมีข้อควรระวังดังนี้ คือ

1. ต้องตรวจและทำความสะอาดเครื่องชั่งก่อนปฏิบัติงานทุกครั้ง เพื่อความเที่ยงตรงเมื่องชั่ง

2. ในการเทวัสดุลงบนเครื่องชั่ง ต้องเทใส่ด้วยความระมัดระวัง

3. การผสมส่วนผสมโดยน้ำหนัก ควรชั่งน้ำหนักของน้ำด้วย (นิพัทธ์ เจียมประเสริฐ. 2524 : 109-114)

1.4 การฉาบปูน นการฉาบปูนนั้นจำเป็นจะต้องมีการเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้ให้พร้อม นอกจากนั้น ยังต้องมีการพิจารณาผนัง หรือส่วนที่จะฉาบให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมและพร้อมที่จะฉาบ เพื่อให้งานฉาบปูนเป็นงานที่มีคุณภาพดี มีความแข็งแกร่ง ทนทาน และสวยงาม พิภพ สุนทรสมัย (2536 : 217-220) ได้กล่าวถึงการเตรียมทำงานปูนฉาบ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1.4.1 ศึกษาแบบก่อสร้างอย่างละเอียด เป็นความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับช่างปูน จะต้องสามารถอ่านแบบก่อสร้างได้ ซึ่งจะทำให้งานมีความรัดกุมถูกต้องมากยิ่งขึ้น ขั้นแรกนำแบบก่อสร้างทั้งหมดมาดูอย่างกว้าง ๆ จะเห็นส่วนที่เป็นรูปตัด และความสัมพันธ์ของตัวไม้ และโครงสร้างต่าง ๆ ขั้นต่อไปดูเป็นส่วน ๆ ว่างานที่จะต้องทำนั้นอยู่ตรงส่วนใดและทำความเข้าใจให้ละเอียด อาจมีการจดบันทึกติดตัวไว้เพื่อปฏิบัติงาน ต้องมั่นใจได้ว่าจะต้องทำงานได้และเสร็จทันตามกำหนดเวลา ซึ่งการศึกษาแบบก่อนลงมือปฏิบัติงานนี้จะเป็นส่วนที่ช่วยได้เป็นอย่างดี

1.4.2 สำรวจพื้นที่ที่จะทำการฉาบปูน เพื่อสำรวจความบกพร่องของบริเวณที่จะฉาบปูน ซึ่งอาจเนื่องมาจากการก่ออิฐและความเข้าใจผิดในการทำงานของช่างอื่น ๆ ก่อนฉาบปูนจึงต้องมีการสำรวจ แก้ไข และวางแผนกำหนดงานจากพื้นที่ที่จะฉาบปูนกับจำนวนคนงานและวัสดุอุปกรณ์เพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงตามกำหนดเวลา

1.4.3 การเตรียมเครื่องมือสำหรับการฉาบปูนเครื่องมือในการฉาบปูนมีดังนี้

กระบะหมักปูน ใช้สำหรับหมักปูนอย่างน้อย 16 ชั่วโมง

กระบะใหญ่สำหรับผสมปูน อาจก่อด้วยอิฐชั่วคราว หรือทำด้วยไม้ก็ได้ มีขนาดประมาณ 1.5 เมตร x 2.00 เมตร

จอบหรือพลั่ว ใช้ผสมคลุกเคล้าและตักปูนฉาบ นอกจากนี้ยังนำไปใช้ตักวัสดุผสมอื่น ๆ ด้วย

กระป๋อง ควรเป็นกระป๋องเหล็ก

แปรงขนอ่อนมีด้าม ใช้สำหรับล้างเครื่องมือและสลัดน้ำใส่ผิวก่ำแพง

ไม้บรรทัดยางหรือไม้สามเหลี่ยม ใช้ทำระดับผิวก่ำแพงปาดปูน และบางครั้งอาจใช้ขีดเส้นทำแนวก็ได้มีความยาวประมาณ 15-25 เซนติเมตร

กระบะไม้เล็กถือปูน จะต้องเบาและมีด้ามจับได้ถนัด

เกรียงไม้ ขนาดพอถนัดกับมือใช้ไล้ผิวหน้าให้เรียบ

เกรียงเหล็กหัวแหลมปรายมน ใช้ปาดปูนลงผนังและทำเฟี้ยม

ลูกดิ่ง จะต้องมีเชือกผูกติดครบและระดับน้ำไม้หรืออลูมิเนียมเที่ยงตรงใช้การได้

ไม้เมตรหรือตลับเมตร ใช้วัดขนาดความหนา

ไม้กวาดดอกหญ้า ใช้สำหรับปัดผิวงานให้สวยงาม

แผ่นฟองน้ำมีขนาดเท่ากับหน้าเกรียงไม้ ใช้ลบรอยคราบน้ำปูนในขั้นตอนสุดท้ายของการฉาบปูน

1.4.4 การทำนั่งร้าน สำหรับงานในที่สูงต้องทำนั่งร้านให้แน่นหนา แข็งแรง ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงความสวยงาม เพียงแต่มีการยึดเกาะกันและกันเป็นไม้ตั้งคู่ แล้วพาดคานไม้ตร่าวสองแนววางไม้ตร่าวบนคานเป็นระยะ 50-70 เซนติเมตร ตีตะปูยึดแล้วใช้ไม้แบบสองแผ่นวางพาด ตอกตะปูติดมิให้แผ่นเลื่อนได้ นอกจากนี้ไม้ไผ่เป็นลำยาว อาจนำมาต่อกันโดยผูกชะเนาะก็เป็นนั่งร้านได้ดี

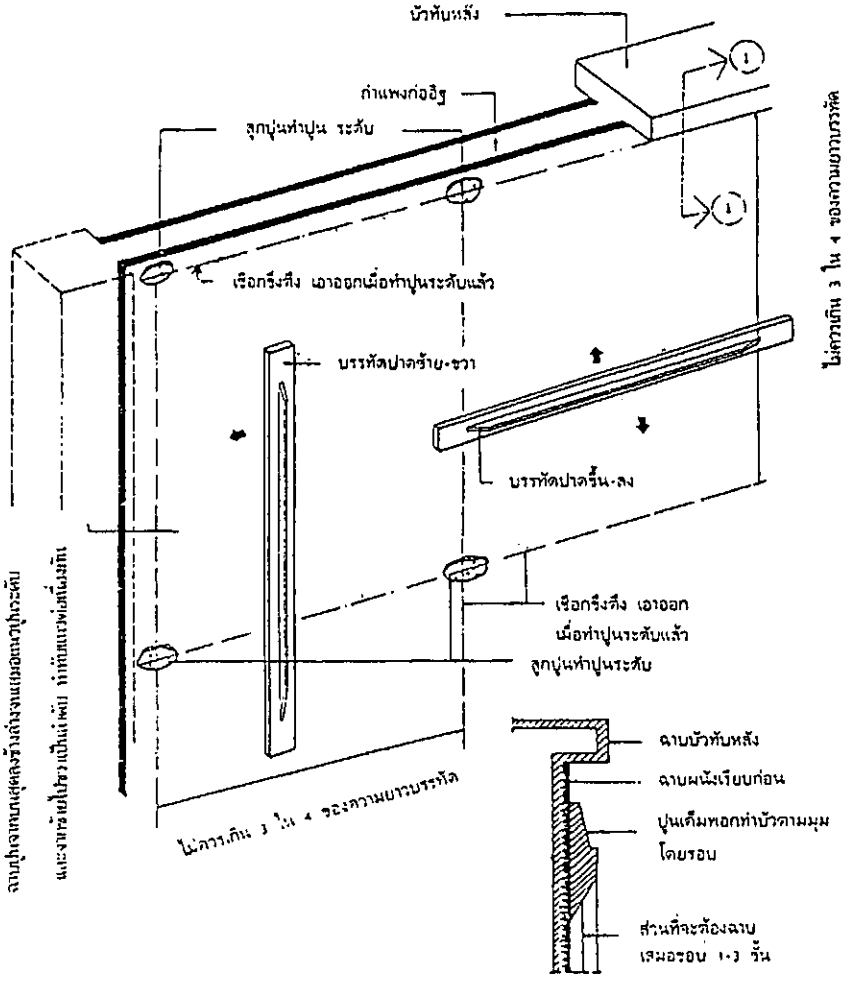
1.4.4 การขูดแนวปูนผนังอิฐ และสกัดเป็นรอย ผนัง หรือก่ำแพงที่ต้องการฉาบปูน ถ้าเรียบเกินไปการยึดเกาะของปูนฉาบจะไม่ดีจึงต้องมีการขูดหรือกระเทาะแนวปูนผนังหรือก่ำแพงนั้นให้เป็นรอยลึกประมาณ 0.5 เซนติเมตร จะทำให้การยึดเกาะมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

1.4.6 ทำความสะอาดผนังด้วยการใช้ไม้กวาดหรือใช้ลมเป่าให้เศษหรือฝุ่นปูนหลุดออกไป โดยเฉพาะตามมุมของงาน

1.4.7 การรดน้ำก่อนฉาบปูน ผนัง หรือก่ำแพงที่แห้งเกินไปจะดูดซึมน้ำจากปูนฉาบอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการแตกร้าวของปูนฉาบในภายหลัง ฉะนั้น

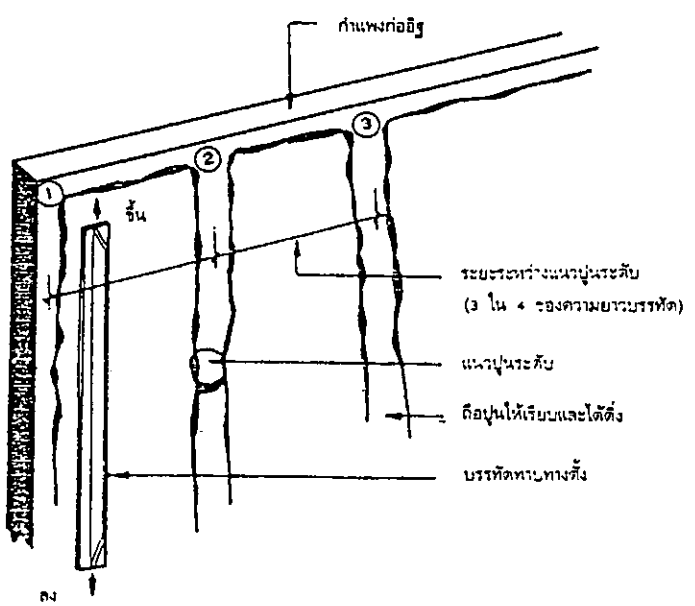
ก่อนฉาบปูนจึงต้องมีการรดน้ำ หรือพรมน้ำให้ผนัง หรือกำแพงมีความชุ่มชื้น หลังจากรดหรือพรมน้ำแล้วทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที จึงฉาบปูนเพื่อให้น้ำซึมผ่านผนังหรือกำแพงและป้องกันมิให้ปูนฉาบผสมกับน้ำที่ผิวกำแพงซึ่งจะทำให้ปูนฉาบมีความเหลวเกินไป

1.4.8 วิธีการฉาบปูน วิธีหรือเทคนิคของการฉาบปูนในปัจจุบันมีมากมายหลายวิธีด้วยกัน วิธีที่ง่าย ๆ แต่ได้ผลดีมีดังต่อไปนี้คือ

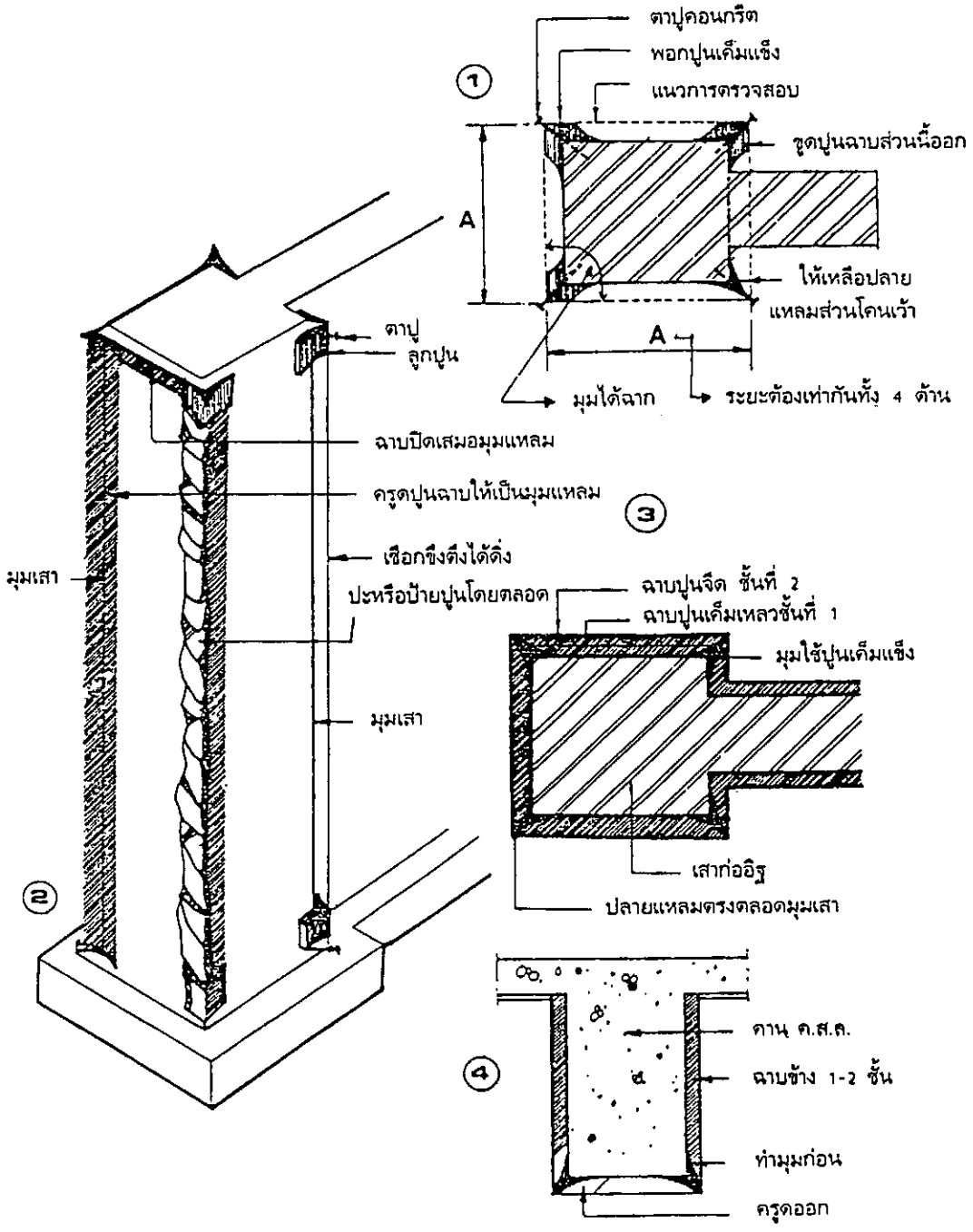


ภาพประกอบ 2 แสดงการทำระดับด้วยการขึงเรือกหรือด้าย

1. ทำระดับด้วยการขึงเชือกหรือด้ายทั้งแนวนอน และแนวดิ่งบนพื้นที่บริเวณที่จะทำการฉาบ ในกรณีฉาบผนังหรือกำแพงจะต้องขึงเชือกแต่ละจุดให้ห่างกันประมาณ 3 ใน 4 ของความยาวของบรรทัด ดังภาพประกอบ 2 เพื่อที่บรรทัดจะปาดถึง เชือกระดับควรจะห่างจากผนังหรือกำแพงประมาณ 1 ถึง 1.5 เซนติเมตร ถ้าจำเป็นต้องฉาบปูนหนากว่านี้จะต้องใช้วิธีฉาบหลาย ๆ ครั้ง เนื่องจากถ้าฉาบครั้งเดียวปูนจะหลุด เพราะทานน้ำหนักของตัวเองไม่ได้ ในขณะทำการขึงเชือกระดับจะต้องใช้ดิ่งหรือระดับน้ำทำการตรวจสอบระดับให้ถูกต้องทั้งแนวดิ่ง และแนวนอน จากนั้นให้ใช้ปูนเต็มทำปูนระดับด้วยการก่อปูนระดับไปตามตำแหน่งต่าง ๆ ตามจุดตัดของเชือกระดับให้เสมอกับแนวเชือก จากนั้นปะปูนระหว่างปูนระดับที่อยู่ในแนวดิ่งอันเดียวกันจากบนลงล่าง ดังภาพประกอบ 3 เมื่อทำตลอดแนวแล้วให้ใช้บรรทัดทำการปาด โดยใช้ปูนระดับเป็นแนว การทำแนวของปูนระดับในแนวดิ่งนี้จะทำกี่แนวก็ได้ แต่ควรจะทำพอที่ผู้ฉาบปูนสามารถที่จะฉาบปูนได้เสร็จก่อนที่ปูนจะแข็งตัว สำหรับการจับเหลี่ยมทำระดับของเสา ตานหรือมุมกำแพง ให้จับเหลี่ยมทำระดับที่เหลี่ยมเสาหรือตานหรือที่มุมกำแพงโดยตลอดแนวให้ได้ระดับเสมอพอดีกับแนวเชือก ดังภาพประกอบ 4



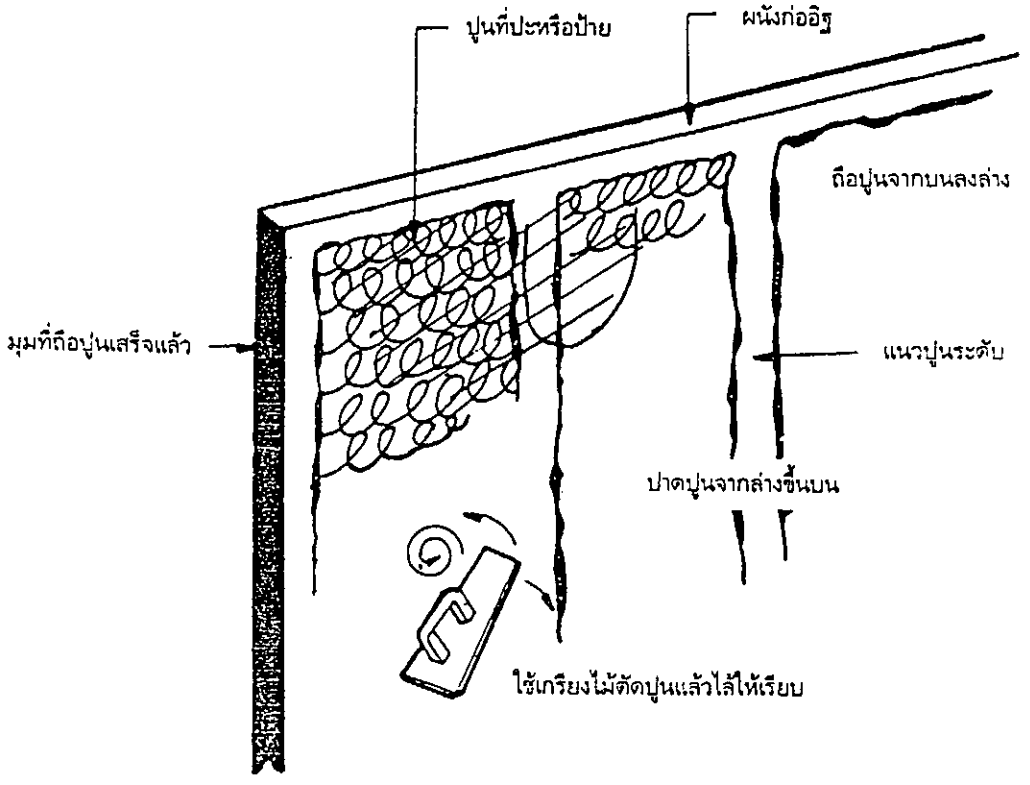
ภาพประกอบ 3 แสดงการทำแนวปูนระดับ



ภาพประกอบ 4 แสดงการจัดเหลี่ยมทำระดับของเสา คาน หรือมุมกำแพง

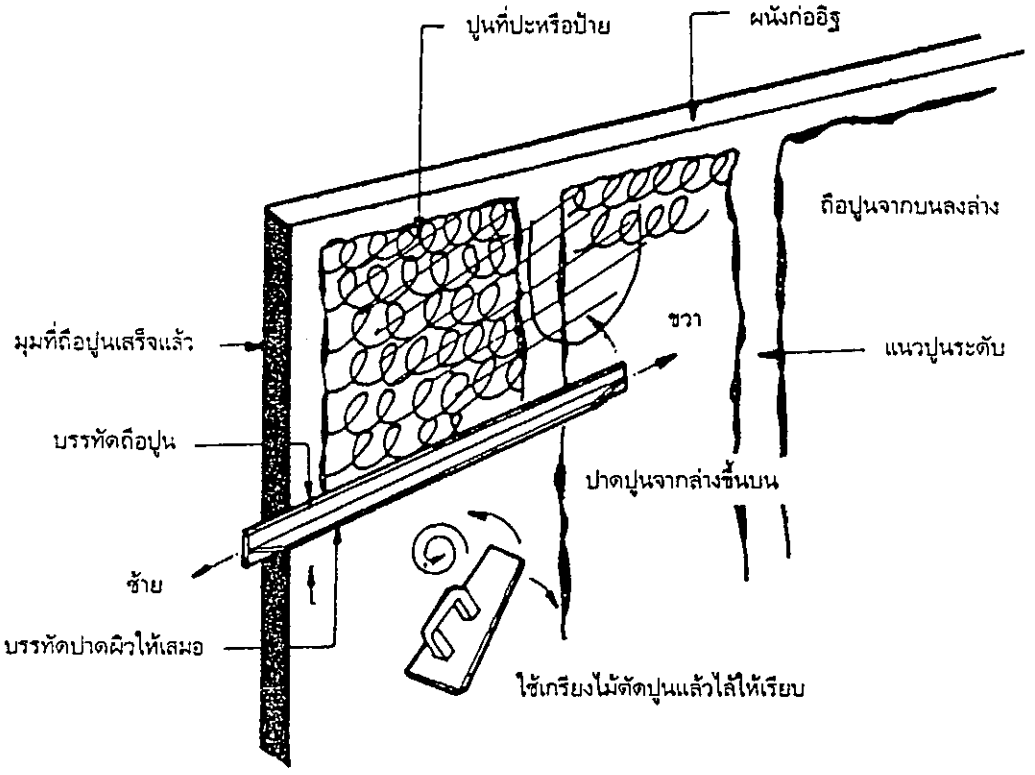
195918

2. ราดน้ำตรงส่วนที่จะฉาบปูนพอหมาดตัวดีแล้วก็เริ่มทำการปะปูน ระหว่างปูนระดับหรือระหว่างระดับซึ่งทำไว้ที่เหลี่ยมเสาโดยเริ่มจากมุมของด้านใดด้านหนึ่ง จากบนลงล่าง ดังภาพประกอบ 5 ด้วยการใช้เกรียงก่ออิฐหรือเกรียงฉาบปูนก็ได้ ตักปูนป้ายเข้าไประหว่างปูนระดับ หรือระหว่างระดับที่เหลี่ยมเสา โดยให้สูงกว่าระดับของปูนระดับเล็กน้อย ส่วนวิธีการป้ายปูนให้ป้ายจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง ด้วยการป้ายให้ซ้อนทับกันครึ่งลูก ขณะทำการป้ายให้กดเล็กน้อยและให้ป้ายเยื้องขึ้นสูงทางด้านขวา การปะปูนให้ปะเป็นช่อง ๆ ระหว่างช่องของปูนระดับที่ทำไว้ อนึ่งในระหว่างนี้อาจจะต้องมีการเสริมปูนเข้าไปที่จุดหนึ่งจุดใดก็ได้ตามความต้องการ และถ้าผนังแห้งก็จะต้องใช้น้ำราดเสียก่อนทุกครั้งแล้วปล่อยให้หมาดแล้วจึงค่อยทำการปะปูนต่อไป



ภาพประกอบ 5 แสดงการปะหรือป้ายปูนเข้าไประหว่างปูนระดับ

3. ปรับระดับผิวหน้าด้วยบรรทัด โดยใช้ปูนระดับหรือเหลี่ยมที่ทำไว้ก่อนหน้านี้เป็นแนว แล้วถูบรรทัด ไป-มา ตามยาวไปบนแนวปูนระดับ โดยเริ่มจากด้านล่างสู่ด้านบน จนสุดแนวปูนระดับที่ทำไว้ ดังภาพประกอบ 6 ก่อนนำบรรทัดไปใช้งานให้ล้างทำความสะอาดผิวหน้าของบรรทัดเสียก่อนทุกครั้ง และในระหว่างการทำงานก็ควรจะล้างบรรทัดบ่อย ๆ เพื่อป้องกันมิให้ปูนติดหน้าบรรทัด ในทำนองเดียวกันระหว่างการปรับผิวหน้าก็อาจจะต้องมีการเสริมปูนเข้าไปอีกเช่นกัน ดังนั้นหลังจากการที่มีการเสริมปูนเข้าไปแล้วก็จะต้องใช้บรรทัด ทำการปรับผิวหน้าอีกทุกครั้ง ขณะทำงานให้สังเกตดูเศษหิน หรือกรวดที่ติดอยู่กับผิวปูน ถ้ามีให้เอาออกเสีย เพราะจะทำให้ผิวปูนเป็นรอยเมื่อตกแต่งด้วยเกรียงฉาบปูน จากนั้นทิ้งไว้ให้ผิวหมาดแล้วจึงดำเนินการในขั้นต่อไป ผิวปูนที่ได้จากการปรับด้วยบรรทัดนี้จะเรียบพอประมาณ



ภาพประกอบ 6 แสดงการปรับระดับผิวหน้าด้วยบรรทัด

4. แต่งผิวหน้าให้เรียบอีกครั้งด้วยเกรียงฉาบปูนจนกว่าผิวปูนจะเรียบเสมอกันตลอดผิวหน้า สำหรับวิธีการปาด ให้ปาดเบา ๆ ไปทางซ้ายที-ขวาที หรืออาจจะใช้วิธีไล้วนอยู่กับที่ บางทีก็ไล้ในลักษณะสวิงลงและปาดขึ้นในจังหวะที่ต่อเนื่องกัน การไล้จะต้องไล้จากข้างล่างขึ้นข้างบน และจากการไล้ดังกล่าวจะทำให้ปูนส่วนที่ยื่นออกมาถูกตัดให้หลุดออกไปเมื่อไล้จนรู้สึกว่าผิวแห้งใช้การได้ดีแล้วจึงพอ แต่ถ้าผนังแห้งก่อนการไล้จะทำให้ไล้ไม่สะดวกเพราะปูนจะติดเกรียง ก็ให้ใช้แปรงขนอ่อนจุ่มน้ำสลัดตรงส่วนที่จะไล้แล้วใช้เกรียงไล้ให้ทั่วจนได้ที่ด้วยวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นและทุกครั้งที่รู้สึกว่าเกรียงแห้ง จะต้องชุบน้ำและล้างหน้าเกรียงเสียก่อนทุกครั้งก่อนนำไปใช้งาน

5. ทำการแต่งมุมต่าง ๆ ให้เรียบร้อยจากนั้นตรวจสอบระดับและระยะต่าง ๆ ให้ถูกต้องแล้วจึงใช้ไม้กวาดดอกหญ้าปัดผนังเพื่อให้ทรายเม็ดเล็ก ๆ ที่ติดอยู่กับผิวปูนหลุดออกมา การกระทำดังกล่าว นอกจากจะช่วยลบรอยเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่เกิดจากการใช้เกรียงให้หมดไปแล้วยังจะช่วยให้ผิวหน้าของผนังปูนสะอาดและเรียบร้อยดียิ่งขึ้นอีกด้วย

1.5 ข้อควรระวังในงานปูนฉาบ

ประณต กุลประสูตร (2530 : 233) ได้กล่าวสรุปถึงข้อควรระวังในงานปูนฉาบไว้ดังนี้

1.5.1 ในการฉาบปูนผนังที่ก่อด้วยอิฐ หรือคอนกรีตบล็อกนั้น จะต้องเลือกฉาบผนังที่ก่อไว้แล้วไม่น้อยกว่า 3 วัน หรือมากกว่าก็ยิ่งดี ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะแน่ใจได้ว่าปูนก่อได้ก่อตัวอย่างมั่นคงดีแล้ว ทำให้เกิดความแข็งแรงและจะไม่มีการยืด-หดตัวอีกต่อไป

1.5.2 ก่อนลงมือฉาบปูนทุกครั้ง จะต้องฉีด หรือพ่นน้ำลงบนผนังที่จะฉาบให้ทั่วเสียก่อน เพื่อมิให้อิฐ หรือคอนกรีตบล็อก ที่ใช้ก่อผนังแย่งน้ำออกจากปูนฉาบเร็วจนเกินไป จนเป็นผลทำให้ผิวปูนฉาบเกิดการแตกร้าวและการทำงานยากขึ้น เนื่องจากปูนฉาบแห้งเกินไป นอกจากนั้น การฉีดหรือพ่นน้ำลงบนผนังที่จะฉาบจนทั่ว ยังช่วยให้ผนังดังกล่าวมีอัตราการดูดซึมเท่า ๆ กัน โดยตลอดผิวหน้า จึงสามารถช่วยลดจุดต่างที่อาจจะเกิดขึ้นกับผิวของปูนที่ฉาบลงได้ อย่างไรก็ตามจะต้องระวังไม่ฉีดหรือพ่นน้ำมากจนเกินไปเพราะน้ำที่ยังคงเหลือตกค้างอยู่ภายใน

อิฐหรือคอนกรีตบล็อกที่ก่อผนัง จะเป็นสาเหตุทำให้ปูนฉาบเกิดการแตกร้าวได้ด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากอิฐหรือคอนกรีตบล็อกก็มีการยืดหดตัวเช่นเดียวกันกับวัสดุอื่น ๆ

1.5.3 การบ่มปูนฉาบเป็นสิ่งจำเป็นอีกอย่างหนึ่ง ที่จะช่วยให้ปูนฉาบมีความแข็งแรง กำลังสูง แน่น ไม่รั่วซึม และขจัดการแตกร้าวได้ ดังนั้น หลังการฉาบปูนแต่ละครั้งจะต้องทำการบ่มปูนฉาบทุกครั้งและครั้งสุดท้ายควรบ่มอย่างต่อเนื่อง ไม่น้อยกว่า 7 วัน วิธีบ่มที่ดีก็คือ การใช้น้ำพ่นให้เป็นหมอกหรือละอองไปบนผิวปูนฉาบ การพ่นต้องให้เป็นฝอยละเอียดที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันมิให้น้ำที่พ่นลงไปทำให้ผิวหน้าปูนฉาบเป็นรู

1.5.4 สภาพดินฟ้าอากาศขณะทำการฉาบปูน เช่น การฉาบปูนบนผิวที่กำลังถูกแสงแดดหรือลมพัดจัดโดยตรงก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการแตกร้าวได้ ดังนั้นจึงควรที่จะหลีกเลี่ยงหรือหาทางป้องกัน เช่น การทำที่บังแดดหรือฝน การหมั่นรดน้ำหรือพรมน้ำ เพื่อมิให้ผนังที่ฉาบแห้งเร็วจนเกินไป ก็จะสามารถป้องกันการแตกร้าวที่อาจจะเกิดขึ้นได้

1.5.5 การฉาบปูนบนผิวบางชนิด เช่น กรอบไม้ เหล็กและอื่น ๆ อาจจะต้องใช้โลหะช่วยยึดให้ปูนฉาบติดกับผิวที่จะฉาบปูนด้วย ในกรณีเช่นนี้ มักจะใช้ลวดตาข่ายขึงให้ตึงบนผิวหน้า โดยเว้นช่องว่างระหว่างลวดตาข่าย และผิวที่จะฉาบปูน ประมาณ ครึ่งเซนติเมตร กรณีต้องต่อลวดตาข่ายจะต้องวางตาข่ายให้เหลื่อมกันอย่างน้อย 1 ช่วงตา หรือไม่น้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร

1.5.6 การผสมปูนฉาบแต่ละครั้งควรกะให้ใช้หมดภายใน 1/2 ถึง 1 1/2 ชั่วโมง ระยะเวลาที่ว่านี้จะขึ้นอยู่กับสภาพของดินฟ้าอากาศในขณะทำงานเป็นสำคัญ การฉาบแต่ละครั้งไม่ควรเติมน้ำในส่วนผสมซ้ำ ๆ กันและส่วนผสมที่ใช้ไม่หมดก็ควรทิ้งไป เพราะการนำส่วนผสมเก่ามาผสมเข้ากับส่วนผสมใหม่นั้น อาจทำให้ส่วนผสมใหม่เสียไปด้วย เนื่องจากส่วนผสมเก่าที่ผสมไว้นานอาจจะก่อตัวบ้างแล้วก็ได้ ทำให้ปูนฉาบไม่เกาะติดผนังหรือเมื่อเกาะติดแล้วจะแข็งตัวอย่างรวดเร็วจนแต่งผิวไม่ทัน

1.5.7 ในการนำบรรทัดออกจากผิวปูนนั้นจะต้องไม่ยกบรรทัดขึ้นตรง ๆ เพราะจะทำให้ปูนหลุดออกมาได้ เนื่องจากปูนติดผิวหน้าบรรทัด วิธีที่ดีที่สุดจะต้องค่อย ๆ ขยับบรรทัดไป-มาจนรู้สึกว่าปูนไม่ติดผิวหน้าบรรทัด แล้วจึงแฉลบบรรทัดออกไป โดยให้บรรทัดเฉียงเป็น

มุมเล็กน้อยแล้วปาดเข้าด้านในพร้อมทั้งยกขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งนี้เนื่องจากการปาดเข้าด้านในจะสามารถป้องกันมิให้ปูนที่มุมหลุดออกมาได้

2. วัสดุผสมที่นำมาใช้ทำปูนฉาบ

2.1 ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ หมายถึง วัสดุเชื่อมประสานที่ได้จากการบดปูนเม็ดซึ่งเกิดจากการเผาส่วนผสมต่าง ๆ ได้แก่ หินปูนกับดินเหนียวตามสัดส่วน และอาจเติมแร่เหล็กหรือยิบซั่มให้ได้คุณสมบัติตามความต้องการ ปูนซีเมนต์เมื่อผสมกับวัสดุผสม และน้ำในสัดส่วนพอเหมาะเมื่อแข็งตัวแล้วจะมีความแข็งและทนทานคล้ายหิน เมื่อผสมกับทรายและปูนขาว ก็จะกลายเป็นปูนก่อ หรือปูนฉาบ ปูนซีเมนต์ที่ผลิตกันมาก ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ประณต กุลประสูตร. 2536 : 17)

ความละเอียดของปูนซีเมนต์อัตราการทำปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ นอกเหนือไปจากส่วนประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์แล้ว ยังขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของปูนซีเมนต์ด้วย ถ้ามีปูนซีเมนต์สองอย่างที่มีน้ำหนักเท่ากันปูนซีเมนต์ชนิดที่มีขนาดอนุภาคหยาบทำปฏิกิริยากับน้ำช้ากว่า ในขณะที่ปูนซีเมนต์ที่ละเอียด สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำได้เร็วกว่า และมีอัตราการก่อตัว และแข็งตัวเร็วกว่า อย่างไรก็ดี ถ้าปูนซีเมนต์มีอนุภาคละเอียดมากไป ผงปูนซีเมนต์จะทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศก่อน และจับตัวกันเป็นก้อน ซึ่งจะทำให้คุณภาพของปูนซีเมนต์เสียไปได้ (วินิต ช่อวิเชียร. 2529 : 18)

ปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ เมื่อผสมปูนซีเมนต์กับน้ำ ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำก็จะเริ่มขึ้น ยังผลให้เกิดความเหนียวและเกาะแน่นกับวัสดุส่วนผสม ความร้อนที่ได้จากการที่ปูนซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำ เรียกว่า ฮีต ออฟ ไฮเดรชั่น (heat of dydration) วัดเป็นแคลอรี่ต่อกรัมของปูนซีเมนต์ สำหรับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ธรรมดา ให้ความร้อนประมาณ 85 ถึง 100 แคลอรี่ต่อกรัม ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้อาจทำให้เนื้อปูนซีเมนต์เสียความแข็งแรงและเกิดการแตกร้าวได้ จึงต้องมีการถ่ายเทความร้อนจากปฏิกิริยานี้

การทำปฏิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำจะหยุด เมื่อน้ำหนีออกจากเนื้อปูนซีเมนต์หมดแล้ว ดังนั้นการบ่มซึ่งเป็นวิธีการป้องกันการสูญเสียน้ำในเนื้อปูนจึงนับว่าเป็นสิ่งสำคัญเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์นั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณของปูนซีเมนต์ในส่วนผสม ชนิดของปูนซีเมนต์ความละเอียดของปูนซีเมนต์และอุณหภูมิรอบบริเวณ สำหรับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ต่ำกว่า 0.55 โดยน้ำหนัก จะขึ้นอยู่กับการให้น้ำจากภายนอกด้วย ถ้าบ่มกันตามธรรมดาเป็นเวลา 1 เดือน โดยให้อยู่ในสภาวะมาตรฐานของห้องทดลองจะพบว่า ปูนซีเมนต์จะทำปฏิกิริยากับน้ำเกินกว่าร้อยละ 80 อย่างไรก็ดี ตามสภาพเนื้อปูนจะแห้งภายในเวลาไม่กี่วัน หลังจากนั้น ปูนซีเมนต์ยังคงทำปฏิกิริยากับน้ำต่อไปได้โดยอาศัยน้ำที่ซึมจากใต้ดิน หรือความชื้นในขณะฝนตก หรือในขณะที่ความชื้นในอากาศสูง ดังนั้นภายใต้ภาวะแวดล้อมธรรมดาการทำปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์กับน้ำ จะยังคงมีต่อไปอีกหลายปี (วินิต ช่อวิเชียร. 2529 : 19)

การก่อตัวและการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ เมื่อปูนซีเมนต์ผสมกันกับน้ำจะได้ซีเมนต์เหลวมีลักษณะนุ่มเหลวปั้นง่าย ถ้าปล่อยทิ้งไว้โดยไม่รบกวน ในไม่ช้าซีเมนต์เหลวจะสูญเสียความคืนตัว และถึงสถานะที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้โดยปราศจากการแตกหัว การเปลี่ยนภาวะนี้เรียกว่า "การก่อตัวและการแข็งตัว" ของปูนซีเมนต์ ตามปกติการก่อตัวเป็นก้อนแข็งมีขึ้นภายในเวลาสองสามชั่วโมง ซึ่งจะเกิดการแข็งตัวตามมา โดยอาจใช้เวลาเป็นเดือน หรือปี ขึ้นอยู่กับการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ

ระยะเวลาการก่อตัว หมายถึง เวลาที่ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ และน้ำ ใช้ในการเปลี่ยนแปลงจากสภาพเหลวไม่คืนตัว เป็นก้อนแข็ง แบ่งออกเป็นสองอย่าง คือ ระยะเวลาเริ่มก่อตัวหรือการก่อตัวระยะต้น และระยะเวลาก่อตัวเสร็จ (เริ่มแข็งตัว) หรือการก่อตัวระยะปลาย การหาระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เหลวนี้เป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาที่จะต้องทำงานให้เสร็จ ได้แก่ การเท การเขย่า และการตบแต่ง เป็นต้น ก่อนที่ซีเมนต์เหลวนั้นจะแข็งตัว การทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัว (ระยะต้นและระยะปลาย) อาจทำได้โดยการทดสอบแบบกิลมอร์ (Gillmore Test) หรือใช้การทดสอบแบบไวแคต

ความแข็งแรง ความแข็งแรงของปูนซีเมนต์ เป็นเครื่องชี้ถึงลักษณะกำลังรับแรง ความแข็งแรงของปูนซีเมนต์ มักจะทดสอบจากแท่งมอร์ตาร์ ซึ่งทำขึ้นโดยการผสมระหว่างทรายกับปูนซีเมนต์เพื่อตรวจสอบว่าปูนซีเมนต์ที่จะนำไปใช้มีคุณภาพตามมาตรฐานหรือไม่ความแข็งแรงของปูนซีเมนต์ ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารประกอบที่มีอยู่ในปูนซีเมนต์ และความละเอียด ของผงปูนซีเมนต์ การทดสอบจะมีทั้งการทดสอบหาความต้านทานต่อแรงอัด และต่อแรงดึง (วินิต ช่อวิเชียร. 2529 : 20-22)

2.2 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (ordinary portland cement) ใช้สำหรับในการก่อสร้างทั่ว ๆ ไป ความร้อนที่เกิดจากการรวมตัวกับน้ำจะไม่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงขั้นอันตราย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว และตราเพชรเม็ดเดียว

2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (modified portland cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตที่เกิดความร้อน และทนซัลเฟตได้ปานกลาง เช่น งานสร้างเขื่อนตอม่อ สะพานหล่อทำคอนกรีตขนาดใหญ่ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเจ็ดเศียร

3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งเร็ว (high-early strength portland cement) สำหรับใช้ในงานที่ต้องการกำลังสูงตั้งแต่ระยะแรก เช่น งานเสาเข็มคอนกรีต ถนนฟื้นและคานที่ต้องถอดแบบเร็ว ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราเอราวัณ ตราพญานาคสีแดง ตราสามเพชร

4. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทเกิดความร้อนต่ำ (low-heat portland cement) สำหรับใช้ในงานก่อสร้าง ได้แก่ เขื่อน อ่างเก็บน้ำ

5. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตได้สูง (sulfate-resistant port land cement) สำหรับใช้ในงานที่ต้องการความต้านทานซัลเฟต เช่น งานคอนกรีตในบริเวณที่มีซัลเฟต ทำอันตรายต่อคอนกรีตได้ง่าย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลาม (วินิต ช่อวิเชียร. 2529 : 11-12)

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทอื่น ๆ ได้แก่

ปูนซีเมนต์ซิลิกา เป็นปูนซีเมนต์ที่ทำขึ้นจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดากับทรายผสม

ประมาณร้อยละ 25-30 ปริมาณเนื้อซีเมนต์จึงมากขึ้น และมีราคาถูกลง มีลักษณะแข็งตัวช้า ไม่ยืดหรือหดตัวมาก เหมาะกับงานปูนก่อ ปูนฉาบ และปูนตกแต่ง เนื่องจากสามารถช่วยลดการแตกร้าวของผิวลงได้ ปูนซิเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตในประเทศไทยได้แก่ปูนตราเสือ ตรานกอินทรีย์ และตราจรเข้ (ประณต กลุประสูตร. 2536 : 29-30)

เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ ใช้ปูนซีเมนต์ชิลิกาตราเสือ เป็นปูนที่ใช้ในการทดลอง จึงขอกล่าวรายละเอียดไว้ดังนี้

ปูนซีเมนต์ตราเสือ คือปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ มีทรายละเอียดเป็นส่วนผสมประมาณร้อยละ 30 เหมาะสำหรับงานปูนก่อ ปูนฉาบ และมีราคาถูก ปูนซีเมนต์ตราเสือนั้น มีคุณภาพทดสอบได้และตามมาตรฐานอังกฤษมีความละเอียด 3200 เซนติเมตร^2/กรม การยืดหดตัวที่ 2 ชั่วโมง 30 นาที และแข็งตัวเต็มที่ 3 ชั่วโมง 30 นาที แรงอัดต่อก้อนมอร์ตาร์ บ่ม 3 วัน รับแรงอัดได้ 230 กิโลกรัม/เซนติเมตร^2 บ่ม 7 วัน รับแรงอัดได้ 290 กิโลกรัม/เซนติเมตร^2 (นิพัทธ์ เจียมประเสริฐ. 2524 : 145)

ตาราง 3 เปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิต การลงทุน การใช้งาน และราคาระหว่างปูนซีเมนต์เถ้าแกลบ ปูนขาว กับ ซีเมนต์ปอร์แลนด์

ลำดับที่	รายการ	ปูนซีเมนต์+เถ้าแกลบ+ปูนขาว	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
1	กรรมวิธีผลิต	ไม่ยุ่งยาก ผลิตได้ง่ายจากการบดผสมเถ้าแกลบกับปูนขาวในอัตราส่วน 3:2 โดยไม่ต้องใช้ความร้อนเลย	ยุ่งยากผลิตได้จากส่วนผสมหินดินดาน และ อื่น ๆ ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ผสมกันแล้วเผาที่อุณหภูมิสูงโดยออกมาเป็นก้อน แล้วบดให้ละเอียด

ตาราง 3 (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	ปูนซีเมนต์+เถ้าแกลบ+ปูนขาว	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
2	การลงทุนก่อสร้างโรงงาน	เป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กใช้ทุนน้อย	เป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ใช้ทุนมาก
3	การใช้งาน	ใช้งานได้เฉพาะอย่าง อาจทำเป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น อิฐมอญ อิฐบล็อค เป็นต้น เพราะรับแรงกดดันในระยะแรกต่ำ เมื่อนำมาใช้งานจะเกิดเป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องกัน สร้างความแข็งแรงให้กับตัวมันเองได้เรื่อย ๆ	ใช้ในงานก่อสร้างได้ทุกชนิด เพราะเกิดปฏิกิริยาขององค์ประกอบทางเคมี ในปูนซีเมนต์สมบูรณ์แล้ว
4	ราคา(ปี 2527)	ราคาถูก ชนิดคุณภาพดี ราคาตันละ 780 บาท คุณภาพรอง ราคาตันละ 506 บาท (อาจจะถูกกว่านี้ ถ้าผลิตในขั้นอุตสาหกรรม)	ราคาแพง ชนิดคุณภาพดี ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์(ตราช้าง) ตันละ 1,675 บาท ชนิดคุณภาพรอง ซีเมนต์ตราเสือ ตันละ 1,380 บาท
5	การผลิต		
	-ในชนบท	ประชาชนตามชนบทสามารถผลิตซีเมนต์ชนิดนี้ขึ้นมาใช้เองได้	ประชาชนไม่สามารถผลิตซีเมนต์ชนิดนี้ขึ้นมาใช้เองได้
	-ในอุตสาหกรรม	สามารถผลิตวัสดุก่อสร้างได้ในราคาถูก และประชาชนได้ใช้วัสดุก่อสร้างในราคาไม่แพง	ผลิตวัสดุก่อสร้างได้ในราคาแพงกว่า

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม. 2527 : 6-7

2.2 เถ้าแกลบ (ash) การศึกษาเปรียบเทียบการแยกสารในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับสารที่มีอยู่ในเถ้าแกลบ สารที่ผสมกันเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และเถ้าแกลบคล้ายคลึงกันผิดกันแต่ปริมาณเท่านั้น ในซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีปูนขาว (lime) เหลืออยู่ ซึ่งเมื่อคิดคำนวณให้หินปูนทำปฏิกิริยากับซิลิกา เป็นแคลเซียมซิลิเกต ($CaSiO_3$) ยังมีหินปูนเหลืออีกเกือบร้อยละ 40 ส่วนเถ้าแกลบนั้น มีปริมาณ SiO_2 เป็นส่วนมาก ซึ่งเมื่อนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มาผสมกับเถ้าแกลบแล้ว จะมีปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ แคลเซียมซิลิเกต เหล็กออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ เป็นต้น เถ้าแกลบมีลักษณะพรุน ซึ่งดีกว่าทราย ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับหินปูนจึงน่าจะดีกว่าทรายที่บดละเอียดเท่ากัน และผสมลงไปในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วย

ตาราง 4 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และเถ้าแกลบ

องค์ประกอบทางเคมี	ส่วนผสมต่อร้อยละ	
	ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	เถ้าแกลบ
ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2)	21.6	94.5
อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	4.6	traces
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	2.8	traces
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	62.8	0.23
แมกนีเซียมออกไซด์ (Mgo)	3.2	0.23
ซัลเฟต (Sulphate)	2.1	1.13
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (ignition loss)	1.5	-
กากที่ไม่ละลายในด่าง (insoluble residue)	0.1	-
แคลเซียมออกไซด์อิสระ (free CaO)	1.2	-
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.41	0.78

ตาราง 4 (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี	ส่วนผสมต่อร้อยละ	
	ซีเมนต์ บอร์ตแลนด์	เถ้าแกลบ
รีบรตัสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.24	0.10
ผลรวมสารประกอบระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ กับไฮโดรคาร์บอน (Total Alcalites CO_2+HCO_3)	0.57	-

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2523 : 23 ; อ้างอิงมาจาก rice products utilization Vol.1. 1974 : 6

คุณสมบัติของเถ้าแกลบ การเผาแกลบที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน จะได้เถ้าแกลบที่มีสี และคุณสมบัติต่างกันเถ้าแกลบขาวได้จากการค่อย ๆ เผาแกลบที่อุณหภูมิต่ำโดยมีความชื้นพอประมาณ หรือได้จากการเผาแกลบที่อุณหภูมิต่ำจนได้เป็นสีเทาแล้วค่อย ๆ เผาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1000 องศาเซลเซียส จนเปลี่ยนเป็นสีขาว ส่วนเถ้าแกลบเทาได้จากการเผาแกลบที่อุณหภูมิไม่เกิน 600 องศาเซลเซียส และเถ้าแกลบดำ ได้จากการเผาแกลบที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง แต่ไม่เกิน 1200 องศาเซลเซียส ได้แก่ การเผาแกลบเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรีรงสีข้าว

เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาโดยใช้อุณหภูมิต่ำและมีความชื้นพอประมาณซิลิก้าจะอยู่ในรูปของอสัณฐาน (amorphous) แต่ถ้าได้จากการเผาที่อุณหภูมิต่ำ แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิสูงอีกครั้งหนึ่ง จะอยู่ในรูปอสัณฐานเป็นจำนวนน้อย และอยู่ในรูปของสัณฐานผสม (cristobalite) มาก ส่วนเถ้าแกลบเทาจะอยู่ในรูปของอสัณฐาน และเถ้าแกลบดำจะอยู่ในรูปของอสัณฐานผสมเป็นส่วนมาก

จากการหาความหนาแน่น เถ้าแกลบขาว จะมีความหนาแน่นน้อยกว่าเถ้าแกลบเทา และเถ้าแกลบเทาจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าเถ้าแกลบดำ

ตาราง 5 ค่าความหนาแน่นของเถ้าแกลบและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

	ความหนาแน่น (gm/ml)
เถ้าแกลบขาวสุพรรณบุรี เผาที่อุณหภูมิต่ำ	0.5876
เถ้าแกลบขาว เผาที่อุณหภูมิต่ำจนเป็นสีเทาแล้วจึงปรับอุณหภูมิให้สูง	0.8226
เถ้าแกลบเทา เผาเองที่อุณหภูมิไม่เกิน 600 องศาเซลเซียส	0.7573
เถ้าแกลบดำ ได้จากโรงสีข้าวที่รังสิต	0.8837
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	1.4950

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2523 : 34

การศึกษาปฏิกิริยาของเถ้าแกลบกับปูนขาวและแคลเซียมออกไซด์ เถ้าแกลบทั้งสีขาว เทา และดำ ประกอบด้วยซิลิกาเป็นส่วนใหญ่ และมีความพรุน ฉะนั้น เมื่อบดให้ละเอียดและผ่านตะแกรงเบอร์ 200 แล้วผสมกับปูนขาวในอัตราส่วนเถ้าแกลบต่อปูนขาวเท่ากับ 2:1 ส่วน บดให้เข้ากันดีด้วยเครื่องบด แล้วนำมาผสมกับทราย เติมน้ำประมาณ 0.8 เท่าของจำนวนที่ใช้เมื่อผสมปูนซีเมนต์ ทำให้ปูนสอแท่งลูกบาศก์ขนาด 2x2x2 นิ้ว ส่วนหนึ่งทิ้งไว้ 7 วัน และอีกส่วนหนึ่งทิ้งไว้ 28 วัน นำไปหาแรงกด

ในการศึกษาขั้นต่อมา ใช้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) แทนปูนขาว $Ca(OH)_2$ โดยบดเถ้าแกลบละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ผสมกับปูน โดยใช้ปูนที่มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 86.8 ของปูนซีเมนต์ผสม ทำเป็นปูนสอแท่งลูกบาศก์ ขนาด 2x2x2 นิ้ว ทิ้งไว้ให้ครบ 7 วัน และ 28 วัน นำมาหาแรงกดพบว่าปูนสอบ่มครบ 7 วัน สามารถรับแรงกดได้ 1,762.8 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และบ่มครบ 28 วัน สามารถรับแรงกดได้ 1,975.6 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

การศึกษาเปรียบเทียบปฏิกิริยาระหว่างเถ้าแกลบกับปูนขาว และทรายกับปูนขาวในอุตสาหกรรมทำปูนซีเมนต์ชนิดที่มีคุณภาพรองลงมาจากมาตรฐานปอร์ตแลนด์ เช่น ปูนซีเมนต์ตราเสือ ถ้าใช้ปูนซีเมนต์ตราช้างผสมกับทรายหรือหินผุที่บดละเอียดอีกประมาณร้อยละ 30 ก็จะได้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณภาพรองลงมากรมวิทยาศาสตร์บริการได้ทดลองใช้เถ้าแกลบซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมโรงสีข้าว และมีซิลิกาเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ และซิลิกานี้มีรูปเป็นอสัณฐานน่าจะมีปฏิกิริยาดีกว่าทรายหรือหินผุหรือมีรูปเป็นควอซ (quartz) และไม่พรุน

ในการทดลองได้ใช้เถ้าแกลบดำจากโรงสีรังสิต เถ้าแกลบเทาได้จากการเผาแกลบที่อุณหภูมิไม่เกิน 600 องศาเซลเซียส เถ้าแกลบขาวได้จากการเผาแกลบที่อุณหภูมิต่ำไม่เกิน 600 องศาเซลเซียสจนเป็นสีเทาแล้วเผาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,000 องศาเซลเซียสจนขาว นำเถ้าแกลบดำ เถ้าแกลบเทา เถ้าแกลบขาว และทรายมาบดผ่านตะแกรงเบอร์ 100 แล้วนำมาผสมกับปูนขาว โดยใช้ปูนขาวร้อยละ 30 เสร็จแล้วนำปูนซีเมนต์นี้มาผสมกับทรายอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1:3 ส่วน ใช้น้ำ 0.6 เท่าของปูนซีเมนต์ผสมให้เข้ากันแล้วเทลงแบบ ขนาด 2x2x2 นิ้ว ทิ้งไว้ 7 วัน และ 28 วัน แล้วนำไปทดสอบการรับแรงกดได้ผลตามตาราง

ตาราง 6 ผลการทดสอบการรับแรงกดของปูนสอที่ทำจากเถ้าแกลบชนิดต่าง ๆ ผสมกับปูนขาว

อันดับ	ซีเมนต์ผสม	อัตราส่วน	แรงกด ปอนด์/ตารางนิ้ว 7 วัน	28 วัน
1	เถ้าแกลบดำ:ปูนขาว	70:30	292.5	633.7
2	เถ้าแกลบเทา:ปูนขาว	70:30	1,022.7	1,272.5
3	เถ้าแกลบขาว:ปูนขาว	70:30	923.0	1,060.1
4	ทราย:ปูนขาว	70:30	24.6	แตกก่อน

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์. 2523 : 35

2.3 ปูนขาว (lime) ได้จากการเผาหินปูนเมื่อเผาสุกดีแล้วนำมาบดเป็นผงสีขาว และละลายน้ำได้ดี ปูนขาวจำแนกออกได้ 2 ชนิดคือ

1. ปูนขาวสุก

ปูนขาวชนิดธรรมดามีคุณสมบัติในการยึดเหนี่ยวดีพอควร จึงนิยมนำไปใช้กับงานก่ออิฐ เนื่องจากมีการหดตัวมาก เวลาใช้จึงต้องใช้ทรายผสม

ปูนขาวชนิดตกแต่ง เป็นปูนสุกบดละเอียด ชนิดคัดเกรด มีคุณสมบัติในการยึดเหนี่ยวดีมาก

2. ปูนขาวอิ่มน้ำ ได้จากการนำเอาปูนขาวสุกที่เผาเสร็จใหม่ ๆ มาผสมกับน้ำด้วยวิธีพ่นน้ำให้เป็นฝอยลงไปบนปูนขาวทำให้เกิดการแตกตัวเป็นผงทันทีและนำมาร่อนเอาผงละเอียดนำไปใช้งานได้ทันที (ประณต กุลประสูตร. 2536 : 42)

ปูนขาว เป็นวัสดุผสมที่ใช้ผสมปูนก่อและปูนฉาบ ซึ่งจะทำให้มีความเหนียว ไหลลื่น แข็งตัวช้า ซึ่งสามารถทำงานฉาบแต่งผิวได้สะดวกและได้ผิวงานเรียบสวย แต่ถ้าใส่ปูนขาวมากเกินร้อยละ 20 จะทำให้เกิดความข้นเหนียวมากทำการฉาบไม่สะดวกผิวงานไม่เรียบสวย และส่วนผสมปูนฉาบอาจไม่แข็งตัวอีกด้วย

2.4 ทราย คือวัสดุผสมละเอียดเป็นเชื้อประสานอย่างดีในการเป็นตัวหลักของวัสดุผสมทรายมีทั้งชนิดละเอียด และทรายหยาบ รูปร่างของทรายไม่แบนนักต้องไม่มีเม็ดหยาบมากเกินไปเพราะจะทำให้เปลืองซีเมนต์และเนื้อทำให้กระด้าง นอกจากนั้นทรายยังมีประโยชน์ช่วยป้องกันการหดตัวของปูนก่อและปูนฉาบได้พอใช้ และช่วยเป็นเชื้อประสานและเพิ่มปริมาณปูนผสม

2.4.1 กำเนิดของทรายเป็นมาโดยธรรมชาติ แปรรูปมาจากหิน หรือแบ่งส่วนมาจากหินและกรวด เช่น ถูกกระแสน้ำในลำธารและทะเลพัดพาสลับไปจนแตกละเอียด มีขนาดไม่โตไปกว่า 4 ม.ม.

2.4.2 ทรายที่ใช้ในงานก่อสร้าง ขนาดไม่โตกว่า 1/12 นิ้ว และไม่เล็กกว่า 1/400 นิ้ว สำหรับมาตรฐานทั่วไปถ้าเล็กกว่านี้ไปอีกทรายจะกลายสภาพเป็นฝุ่น เมื่อผสมแล้วจะกลายสภาพเป็นดินโคลน ไม่นิยมเอาทรายที่เล็กมากมาผสม เพราะอาจจะทำให้เกิดรอยแตกร้าวได้ง่ายเมื่อเกิดการหดตัวขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลง ทรายมีวัตถุบางอย่างผสมอยู่เป็นส่วนมากประกอบด้วยหินแข็งจำนวนหนึ่ง เรียกว่า ควอช หรือ บาซอล (basalt) ซึ่งแยกย่อยลงมาเป็นชิ้นเล็ก ๆ เรียกว่า "หินละเอียด" หรือมวลรวมละเอียดการที่จะปรากฏเป็นรูปร่างว่าทรายนี้ต้องอาศัยปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น แดด ฝน หิมะ หรือคลื่นในทะเล หรือในแม่น้ำลำคลองชัดให้เมล็ดหินขัดสีกันเป็นก้อนค่อนข้างกลม ผิวมันมีสีต่าง ๆ ตามลักษณะของหินที่แตกออกมา

ทรายธรรมดามีที่เกิดอยู่ 2 ลักษณะ ดังนี้

1. ทรายบก หรือทรายบ่อ สภาพภูมิอากาศทำให้เกิดการแตกแยกเสียหายชำรุดของหินทรายจะฝังอยู่ในพื้นดินเป็นแห่ง ๆ มักนิยมใช้เพราะทรายชนิดนี้มีแง่เหลี่ยมมุมแข็งแรงดี เม็ดทรายไม่กลมมนเรียบร้อยนักทำให้เหมาะมากในการที่จะแทรกตัว และทำให้ช่องว่างของปูนผสมลดน้อยจะได้ปูนผสมที่ดี แต่ทรายชนิดนี้มักจะมีดิน พืช ซากสัตว์ปนอยู่ด้วย

เสมอ ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการแต่จะยอมให้ผสมกับทรายน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ฉะนั้นเมื่อจะนำมาใช้ต้องนำทรายมาล้าง หรือแยกให้สะอาดด้วยวิธีใด ๆ ก็ได้เสียก่อน ซึ่งเป็นการเปลืองค่าแรงงาน ค่าขนส่ง และเวลามา ถึงแม้จะลำบาก ถ้าจำเป็นที่มีการก่อสร้างในบริเวณที่มีทรายดังกล่าว ก็ต้องกระทำและใช้ได้ผลดีมาแล้วเหมือนกัน

ทรายที่เกิดตามทะเลทราย ก็นับว่าเป็นทรายบก สาเหตุอันเกิดของทะเลทรายอันเต็มด้วยทราย ซึ่งใบเห็นแล้วจะคิดว่าเป็นรชคดีอย่างมหาศาลทีเดียว จากการผันแปรทางภูมิศาสตร์ ทำให้ทรายคงรูปร่างอย่างเหมาะสมสำหรับงานมากที่สุด

2. ทรายแม่น้ำ ทรายชนิดนี้ มีอยู่ทั่วไปในแถบที่ราบลุ่มตามท้องแม่น้ำลำคลองเก่า ทะเล สันดอน ทรายชนิดนี้ถูกภัยจากปรากฏการณ์ของธรรมชาติพัดหรือนำมาจากที่อื่นรวมกันอยู่เป็นทรายที่สะอาด ด้วยเหตุที่น้ำได้พัดพาทรายมาจากที่หนึ่ง ระหว่างที่พามานั้นก็ทำความสะอาด ผงโคลน เศษวัสดุอื่นก็ตกลงตามทาง พบว่าทรายที่ได้จากแม่น้ำสะอาดพอที่จะนำมาใช้กับงานก่อสร้างได้

ส่วนข้อเสียที่เกิดจากการพามากับน้ำนี้ก็คือ อาจทำให้เม็ดทรายกระทบกัน ทำให้เม็ดแตกแยกถูกน้ำชะล้างเสียดสีกันจนกระทั่งเป็นทรายที่มีลักษณะกลมเกลี้ยง ส่วนมากปราศจากเหลี่ยมคมสำหรับยึดเกาะ ทำให้การประสานกันกับส่วนผสมอื่นของปูนผสมไม่ดีนัก สู้ทรายบกไม่ได้ ฉะนั้นการพิจารณาในการนำมาใช้กับงาน ต้องคำนึงถึงผลอันบังเกิดแก่งานในด้านต่าง ๆ ด้วย

2.4.3 ทรายที่ใช้ในงานปูนก่อและงานปูนฉาบ

ในการก่อสร้างใช้ทรายแม่น้ำมี 3 ชนิด คือ

1. ทรายหยาบที่เรียกว่า " ทรายราชบุรี" เป็นทรายเม็ดใหญ่มีเหลี่ยมแง่มุมและแข็งแรงดีมากเหมาะสำหรับใช้เป็นส่วนผสมของปูนผสมที่ต้องการต้านทานกำลัง เช่น โครงการอาคารที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หล่อฐานราก เทพื้นคอนกรีต ตั้งแท่นรองเครื่องยนต์ และเครื่องจักร หล่อตอม่ออาคาร เทเขื่อนกั้นน้ำ เป็นต้น ทรายชนิดนี้มักจะปนด้วยเปลือกหอย และเศษหินก้อนเล็ก ๆ เสมอ เวลาใช้ต้องมีการร่อนโดยผ่านลวดตาข่ายตา 1/2 นิ้ว ซ้อน 2 ชั้น สลับตากัน เรียกว่า การสาดทราย

2. ทรายกลาง ที่เรียกว่า "ทรายอ่างทอง" เป็นทรายที่มีขนาดปานกลาง ไม่หยาบและละเอียดนัก เป็นขนาดที่พอเหมาะสำหรับงานปูนทั่วไป อาทิเช่น นำมาใช้เป็นส่วนผสมของปูนผสม สำหรับก่ออิฐและวัตถุแห่งอื่น ๆ หรือจะใช้เทพื้นคอนกรีตที่ไม่ต้องรับกำลังมากนัก เช่น พื้นบ้าน หรือทางเท้า เป็นต้น ทรายชนิดนี้มักจะมีใบไม้แห้ง เปลือกไม้ติดมาด้วยเสมอ ก่อนใช้ควรต้องทำการร่อนด้วยตะแกรงลวดตาข่ายชนิดตาเล็กเช่นเดียวกัน

3. ทรายละเอียด ที่เรียกว่า "ทรายอยุธยา" เป็นทรายเม็ดเล็กมาก นำมาใช้งานที่ไม่ต้องรับกำลัง เหมาะมากทีเดียวที่จะนำมาใช้เบปั้นปูนฉาบผิวหน้าของกำแพงอิฐ เพราะจะทำให้ผิวหน้าเรียบ ใช้ทำบัวประกอบลวดลาย ขั้นงานฝีมือ ปั้นปูนได้ตามความต้องการก่อนนำมาใช้ก็ต้องร่อนเสียก่อน ใช้ตะแกรงละเอียด ถ้าเป็นการใช้กับปูนฉาบทำบัว หรือลวดลายต่าง ๆ ควรใช้ตะแกรงร่อนชนิดละเอียดมาก ๆ ที่ใช้ร่อนแป้งทำขนมก็ได้

2.4.4 ประโยชน์ และการตรวจสอบคุณภาพทราย ทรายมีประโยชน์สำหรับมนุษย์มาก ทรายชนิดที่ประกอบด้วยหินมักมีสีขาว เช่น ทรายเกาะเสม็ด ในการทำแก้ว ทำแบบหล่อโลหะ กระจก ที่สำคัญคือ ใช้เป็นวัสดุผสมในการก่อสร้าง เช่น เป็นส่วนผสมของงานปูนก่อและปูนฉาบ

วิธีที่จะตรวจสอบความแข็งแรง ความคมและความสะอาดของทราย

1. ทดลองความแข็งแรงอย่างง่าย ๆ โดยนำทรายมาใส่ในฝ่ามือและขยี้แรง ๆ ดู ถ้าทรายนั้นไม่แตกฮีกต่อไป ก็แสดงว่ามีความแข็งแรงพอใช้การได้

2. เอาทรายกำไว้ในมือ ถ้าปรากฏว่าทรายมีความคมมากจะรู้สึกทันทีว่าเม็ดทรายที่มแทงมือผิดธรรมดาหรือถ้านำมากำไว้ข้างหูแล้วขยี้มือที่กำทรายนั้นไปมาถ้ามีเสียงเสียดสีกันมากกว่าธรรมดา ก็แสดงว่าทรายมีความคม

3. วิธีที่จะดูความสะอาดอย่างง่าย ๆ โดยใช้มือกำทรายแล้วแบดูที่ฝ่ามือพบว่าเปื้อนสีของทรายมากน้อยเพียงใดหรือมีวัตถุอื่นผสมอยู่ เช่น ผงดินติดมือก็แสดงว่าทรายนั้นใช้ไม่ได้

4. เมื่อได้กระทำทั้ง 3 วิธีแรกแล้ว หากยังสงสัยอยู่ก็อาจทดลองด้วยวิธีนี้ คือ มีวิธีตรวจโดยใช้น้ำยาเคมีผสมลงไป เช่น ผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium

Hydroxide) ชนิดเข้มข้นร้อยละ 3 หรือโซดาไฟ (Caustic Soda) หนัก 1 ออนซ์ ผสมเข้ากับน้ำ 32 ออนซ์ แล้วเอาขวดขนาด 12 ออนซ์ใบหนึ่งใส่ทรายลงไป 4 1/2 ออนซ์ แล้วเติมน้ำยาที่ผสมลงไปจนกระทั่งถึงจุดที่ 7 ออนซ์ แล้วเขย่าขวดให้เข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทรายจะนอนก้น จะเห็นว่าน้ำที่ผสมนั้น ถ้าไม่มีสีหรือสีเหลืองอ่อนนับว่าทรายนั้นสะอาด ใช้งานได้ แต่ถ้าปรากฏว่าเป็นสีแดงเข้ม หรือสีน้ำตาล แสดงว่าทรายนั้นสกปรกมาก ไม่ควรนำมาใช้

5. ผงที่มีปนอยู่ในทรายนั้น คงจะต้องมีปนอยู่บ้างอย่างแน่นอน แต่สำหรับในงานก่อสร้างทั่ว ๆ ไป ยอมให้ปนอยู่ไม่มากกว่าร้อยละ 6-7 ทั้งนี้หมายถึง การเปรียบเทียบโดยประมาณ หรือลองร่อนดูหรืออาจจะใช้โดยวิธีที่แน่นอนโดยทดลองใช้ขวดขนาด 200 ลบ.ซม. ใส่ทรายครึ่งขวด และเติมน้ำอีก 1/4 ของขวด เขย่าแรง ๆ ประมาณ 5 นาที แล้วปล่อยทิ้งให้ทรายนั้นนอนก้น ขี้ผงหรือตะกอนที่เบาก็จะลอยขึ้นเหนือน้ำ หรือเหนือทราย เมื่อได้เช่นนี้เราทำการวัดระยะเปรียบเทียบส่วนของทรายกับตะกอนที่เกิดขึ้นได้ ถ้าปรากฏว่าตะกอนเกินกว่าร้อยละ 6-7 ของทรายดังกล่าว ก็แสดงว่าทรายนั้นสกปรก ต้องนำทรายนั้นไปล้างเสียก่อน แล้วจึงใช้เป็นส่วนผสมของปูนผสมได้ หรือห้ามใช้กับงานต่าง ๆ (พิภพ สุนทรสมัย. 2523 : 1-5)

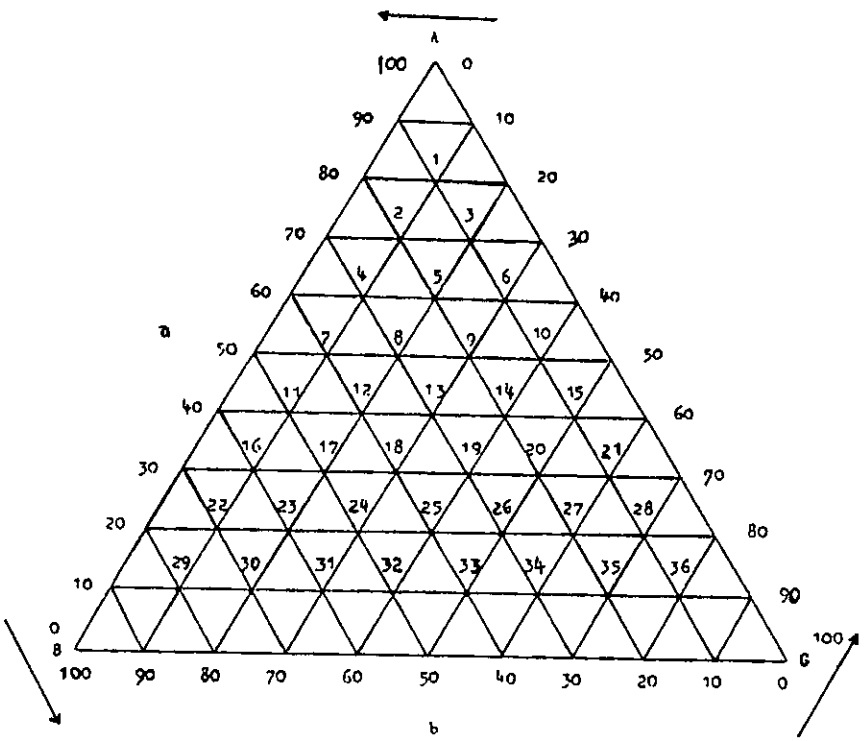
2.5 สังกะสีซัลเฟต (Zinc Sulfate 7-hydrate $ZnSO_4$ $7H_2O$) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า White Vitriol เป็นสารประกอบที่สามัญที่สุดของสังกะสี ผลึกเป็นรูปรอมบิคและเป็น isomorphous กับ Salt คือ $MgSO_4$ $7H_2O$ เตรียมจากการเผาแร่ blende หรือจากปฏิกิริยาระหว่างสังกะสี หรือ ZnO หรือ ZnS หรือ $ZnCO_3$ ในกรดซัลฟอริคเจือจาง นำไประเหยและตกผลึก ณ อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 39 องศาเซลเซียส (จันทิรา ชัยมงคล. 2525 : 423)

สังกะสีซัลเฟตเป็นสารขับน้ำและทึบน้ำ (กันซึม) สารชนิดนี้จะทำให้เกิดความทึบแน่นกันน้ำไม่ให้น้ำซึมผ่านได้ เช่น โครงสร้างที่กั้นน้ำ ห้องใต้ดิน อุโมงค์ สระน้ำ ฯลฯ ถ้าไม่ใช้สารนี้ก็ต้องออกแบบส่วนผสมของปูนผสมให้ดีพอที่เมื่อหล่อแล้วจะแน่นทึบกันน้ำ แต่ในกรณีที่ไม่สามารถหาส่วนขนาดคละของวัสดุผสมได้ดีพอก็จะต้องใช้สารชนิดนี้ช่วย ซึ่งจะไปแทรกอุดรู

เล็ก ๆ ในเนื้อปูนผสมทำให้ทึบน้ำ นอกจากนี้ เพื่อไล่น้ำไม่ให้เปียกเนื้อซีเมนต์ หรือปูนฉาบเหมาะสำหรับผสมกับปูนทรายแล้วใช้รับกกำแพงหรือผนังเพื่อกันมิให้ความชื้นซึมเข้าไปได้ และป้องกันราขึ้น (วินิต ช่อวิเชียร. 2529 : 56) สารชนิดนี้ จะใช้ไม่เกินร้อยละ 0.3 ของน้ำหนักในการใช้ต้องควบคุมให้ดี เพราะถ้ามากเกินกำหนดส่วนผสมอาจจะไม่ก่อตัวเลย (ประณต กุลประสูตร. 2536 : 44)

2.6 น้ำ น้ำที่ใช้ผสมปูนฉาบต้องสะอาดมีความขุ่นไม่เกิน 2,000 ppm. ปราศจากกรด ด่าง น้ำมันและสารอินทรีย์ โดยปกติจะใช้น้ำประปาและน้ำจืดจากแหล่งน้ำธรรมชาติ หน้าที่ของน้ำที่ใช้ปูนฉาบคือ ทำหน้าที่เคลือบหินและทรายให้เปียก เพื่อปูนซีเมนต์จะเข้าเกาะโดยรอบและแข็งตัวยึดให้ติดกัน ช่วยหล่อลื่น และเข้าผสมปูนซีเมนต์ทำปฏิกิริยาทางเคมีแล้วเกิดความร้อน เรียกว่า ฮีต ออฟ ไฮเดรชั่น ซึ่งทำให้ผงซีเมนต์กลายเป็นวุ้นประสานผิวระหว่างเม็ดวัสดุผสมทำให้เกาะยึดกันแน่น เมื่อเกิดการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ (วินิต ช่อวิเชียร. 2529 : 48)

3. วิธีการอ่านค่าส่วนผสมจากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า



ภาพประกอบ 7 แสดงแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าและวิธีอ่านค่าอัตราส่วนผสม

ให้ A, B, C เป็นวัตถุดิบ 3 ชนิด

การหาค่าของวัตถุดิบ A ให้อ่านตามค่าในแกนนอน (←——) ค่าให้อ่านที่ด้าน a

การหาค่าของวัตถุดิบ B ให้อ่านตามค่าในแกนเฉียง (↘) ที่ลากจากฐาน A ในฐาน B ให้อ่านที่ด้าน b

การหาค่าของวัตถุดิบ C ให้อ่านตามค่าในแกนเฉียง (↗) ที่ลากจากฐาน B ไปฐาน C ให้อ่านที่ด้าน c

ค่าทั้ง 3 ค่าที่อ่านได้จากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่านี้ เมื่ออ่านแล้วจะต้องรวมได้ 100 พอดี ถ้ารวมค่าแล้วได้มากหรือน้อยกว่า 100 แสดงว่าอ่านค่าใดค่าหนึ่งผิด

ตัวอย่างเช่น

จุดที่ 1

วัตถุดิบ A = 80

วัตถุดิบ B = 10

วัตถุดิบ C = 10

จุดที่ 2

วัตถุดิบ A = 70

วัตถุดิบ B = 20

วัตถุดิบ C = 10

จุดที่ 3

วัตถุดิบ A = 70

วัตถุดิบ B = 10

วัตถุดิบ C = 20

จุดที่ 4

วัตถุดิบ A = 60

วัตถุดิบ B = 30

วัตถุดิบ C = 10

(สุรศักดิ์ รักสิยะพันธ์. 2531 : 65-66)

4. คุณสมบัติทางกายภาพของปูนฉาบ

งานปูนฉาบจัดเป็นซีเมนต์มอร์ตาชนิดหนึ่งซึ่งต้องมีการทดสอบตามมาตรฐานของ ASTM เพื่อหากำลังอัด ความต้านทานแรงดึง การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัวและการไหลลื่นของปูนฉาบ (อุดมวิทย์ กาญจนวรงค์. 2536 : 154-192)

ในการทดลองครั้งนี้ การเตรียมตัวอย่างทดสอบ จะเตรียมวัสดุผสมเช่นเดียวกันทุกการทดสอบ คือ ปูนฉาบอัตราส่วนผสมเดิม และปูนฉาบอัตราส่วนทดลองสูตรที่ 1 ถึง 8 ตามปูนฉาบใช้เครื่องผสมมาตรฐานในห้องปฏิบัติการทดสอบ

4.1 การทดสอบกำลังอัดของปูนฉาบ

จุดประสงค์ของการทดสอบ

หาค่าการรับกำลังอัดของปูนฉาบ เพื่อผลทางด้านความแข็งแรงของปูนฉาบ

อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ

1. แบบหล่อก้อนทดสอบ ขนาด 2x2x2 นิ้ว จำนวน 3 ก้อนทดลอง

แบบหล่อก้อนทดสอบจะต้องประกอบกันได้สนิทแน่น โดยใช้ชิ้นส่วนไม่เกิน 2 ชิ้น และแบบหล่ออันหนึ่งมีช่องหล่อก้อนลูกบาศก์ทดสอบได้ไม่เกินสามก้อน แบบหล่อทำจากวัสดุแข็ง ผิวเรียบ มีมุมทุกมุมเป็นมุมฉาก ผิดพลาดได้ไม่เกิน 0.5 องศา และไม่ทำปฏิกิริยากับปูนฉาบ

2. โต๊ะการไหลและแบบหล่อรูปกรวย ใช้ทดสอบการไหลตัวของปูนฉาบเป็นไปตามข้อกำหนด ASTM Designation C-230

3. แท่งกระทุ้งจะต้องทำด้วยวัสดุที่ไม่ดูดน้ำ ไม่สึกหรอ หรือถูกเสียดสี และไม่เปราะหักง่าย เช่น ทำจากไม้เนื้อแข็งที่ทิ้งแล้ว และทำให้ไม่ดูดน้ำโดยแช่ในน้ำมันพาราฟินที่ร้อน 200°C เป็นเวลา 15 นาที หรือทำด้วยยางแข็ง แท่งอัดกระทุ้งจะต้องมีขนาดหน้าตัด 13x25 มม. และยาวประมาณ 120 ถึง 150 มม. และหน้าตัดต้องตั้งฉากกับแกนยาวของแท่ง

4. เครื่องผสมมาตรฐาน เป็นชนิดขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM Designation C-305

5. เครื่องชั่ง อ่านได้ละเอียด 0.1 กรัม

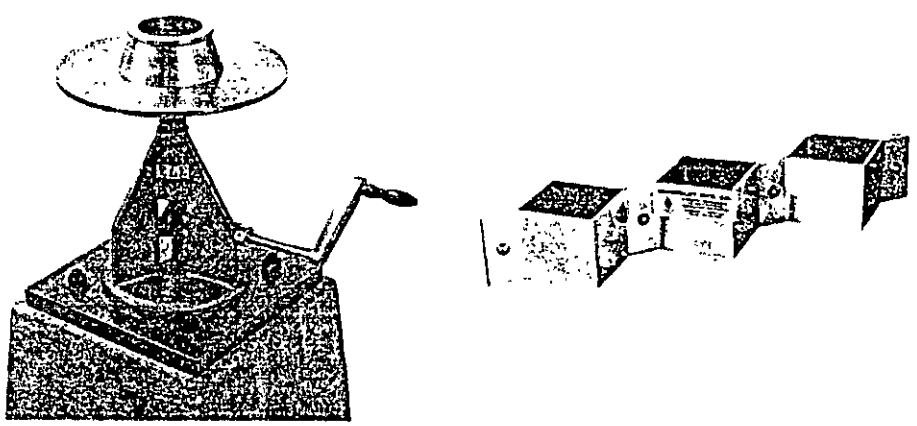
6. กระบอกตวง มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะตวงน้ำสำหรับผสมได้เพียงครั้งเดียว

7. ตะแกรง ตะแกรงมาตรฐาน ASTM ขนาด 100 เมช

8. เกรียง ทำด้วยเหล็กแบน มีขอบสันเกรียงเป็นเส้นตรง

9. เวอร์เนียร์ ขนาดวัดระยะได้ 8-10 นิ้ว

10. เครื่องทดสอบกำลัง (Testing Machine) แบบไฮดรอลิกส์ หรือเกลียวหมุน โดยช่วงระหว่างพื้นหน้าของแป้นบนและแป้นล่าง จะต้องห่างพอที่จะเอาอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดสอบมาติดตั้งได้ และจะเหลือช่องว่างสำหรับก้อนทดสอบได้พอดีแรงกดที่ใช้ต้องวัดได้ละเอียดถูกต้องถึง ± 1 เปอร์เซ็นต์ แป้นกดบนและล่างเป็นโลหะชุบแข็งแป้นบนมีบ่าทรงกลมยึดติดแน่นตรงศูนย์กลางของแป้นตอนบน ขณะที่เดินเครื่องทดสอบแป้นบน จะลงมากดกับก้อนตัวอย่าง ซึ่งแป้นบนนี้ถึงแม้จะยึดติดแน่นกับบ่าทรงกลม แต่ก็สามารถเอียงได้ทุกทางตามสภาพผิวหน้าที่สัมผัสกับแป้นกด



ภาพประกอบ 8 แสดงรูปการไหลแบบหล่อรูปกรวยและแบบหล่อก้อนทดสอบขนาด 2 x 2 x 2 นิ้ว

การรับกำลังอัดนี้ เป็นสิ่งที่แสดงถึงความแข็งแรงของปูนฉาบ ถ้าการรับกำลังอัดได้สูง ก็สามารถแสดงได้ว่า ปูนฉาบนั้นมีคุณภาพดี ซึ่งในอาคารประเภทต่าง ๆ จะให้ส่วนที่เป็นปูนฉาบนี้ทำหน้าที่รับแรงอัดเป็นส่วนใหญ่ ฉะนั้นความแข็งแรงของปูนฉาบจึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่จะต้องพิจารณาให้รับกำลังได้ตามที่กำหนดไว้ เครื่องก้อนทดสอบ จะหล่อเป็นก้อนลูกบาศก์มาตรฐานขนาด 2x2x2 นิ้ว และทำการทดสอบตามวิธีการมาตรฐาน

วิธีทดสอบ ทำดังต่อไปนี้

1. ทำความสะอาดโต๊ะการไหลและแบบหล่อรูปกรวยให้เรียบร้อย ทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของโต๊ะการไหล ทางด้านฐานไว้ให้ละเอียดถึง 0.01 มม. วางแบบหล่อรูปกรวยไว้ตรงกลางในวงกลมบนแผ่นของโต๊ะการไหล กระทุ้งด้วยแท่งกระทุ้ง 20 ครั้งให้ปูนฉาบแผ่เต็มแบบ แล้วใส่อีกชั้นหนึ่งจนล้น กระทุ้งอีก 20 ครั้งแล้วปาดให้เรียบเสมอขอบบนของแบบหล่อรูปกรวยด้วยเกรียงเหล็ก และทำความสะอาดปูนฉาบ ที่ไหลออกมาให้หมด ทำการยกขึ้นตรง ๆ ซึ่งก็จะเหลือแต่กองของปูนฉาบอยู่บนแผ่นโต๊ะทดลอง กำหนดให้ใช้เวลาในข้อ 2. นี้ทั้งหมด 60 วินาที หลังการผสม

3. หมุนให้แท่นของโต๊ะทดลองสูง 1/2 นิ้ว กระแทก 25 ครั้ง ใน 15 วินาที เสร็จแล้ววัดเส้นผ่าศูนย์กลางของปูนฉาบที่ไหลแผ่อยู่บนแท่นจำนวน 4 ค่า ตามแนวเส้นเฉลี่ยออกมาเป็นค่าเดียว

ให้คำนวณการไหลแผ่ (Percent Flow) จาก

ร้อยละ การไหลแผ่ $(D_1 - Do) / Do \times 100$

เมื่อ Do = เส้นผ่าศูนย์กลางที่ฐานของแบบหล่อรูปกรวย

D_1 = เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของมอร์ตาที่กระจายบนแผ่นโต๊ะทดลอง

หลังจากนั้นจึงนำไปใส่ลงในแบบหล่อก้อนทดสอบ โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

4. หล่อปูนฉาบลงบนก้อนทดสอบจะทำให้เสร็จใน 2 1/2 นาที หลังจากผสมปูนฉาบเสร็จแล้ว ใส่ลงไปในแบบหล่อ เป็น 2 ชั้น ชั้นแรกหนาประมาณ 25 มม. โดยใส่ลงในช่องหล่อก้อนทดสอบก่อน

5. กระทุ้งด้วยแท่งกระทุ้ง 32 ครั้งใน 10 วินาที น้ำหนักในการกระทุ้งให้แรงพอที่จะให้ปูนฉาบแผ่ไปทั่วแบบหล่อเท่านั้น

6. เมื่อกระทุ้งครบทุกช่องแล้วให้ใส่ปูนฉาบที่เหลือลงไปในแบบหล่อแล้วกระทุ้งเช่นเดียวกับชั้นแรก โดยเมื่อกระทุ้งเสร็จให้ปูนฉาบสูงกว่าแบบหล่อเล็กน้อย

7. ใช้เกรียงปาดปูนฉาบที่ล้นติดขอบแบบลงมาในแบบ แล้วปาดผิวให้เรียบร้อย โดยเผยอเกรียงด้านนำเล็กน้อยไปทางขวาของขอบแบบหล่อแต่ละช่องเพียงครั้งเดียว

8. เพื่อให้ผิวหน้าแบบหล่อเรียบยิ่งขึ้น ให้ใช้เกรียงปาดเบา ๆ อีกหนึ่งครั้งตลอดตามยาวของแบบหล่อ โดยเผยอด้านนำเล็กน้อยตัดผิวหน้าปูนฉาบให้เรียบเสมอขอบบนของแบบหล่อ โดยใช้ขอบด้านตรงของเกรียงวางเกือบตั้งฉากกับแบบหล่อแล้ว ขยับเกรียงไป-มาตลอดความยาวของแบบหล่อ

9. หลังจากหล่อเสร็จเรียบร้อยแล้วให้เก็บตัวอย่างซึ่งอยู่ในแบบหล่อไว้ในห้องบ่มชื้น โดยผิวหน้าให้สัมผัสกับความชื้น แต่ไม่ให้ถูกหยดน้ำเป็นเวลา 20-24 ชม. ถ้าต้องถอดแบบก่อน 24 ชม. ให้เก็บก้อนตัวอย่างในตู้ชื้น หรือห้องชื้นจนครบ 24 ชม. แล้วจึงแช่น้ำสะอาด (ยกเว้นก้อนทดสอบที่จะทดสอบ เมื่อครบเกณฑ์อายุ 24 ชม.) โดยคอยเปลี่ยนหน้าที่ใช้ให้สะอาดอยู่เสมอ) เมื่อบ่มจนครบอายุตามต้องการแล้ว ก็นำไปทดสอบกำลังอัดของก้อนทดสอบโดยอายุที่กำหนดไว้ต้องให้มีความคลาดเคลื่อนได้ดังนี้

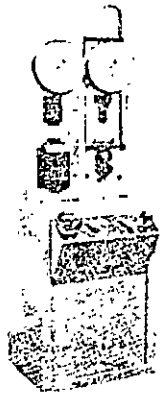
ชิ้นทดสอบอายุ	24 ชม.	มีความคลาดเคลื่อนได้	± 1/2 ชม.
ชิ้นทดสอบอายุ	3 วัน	มีความคลาดเคลื่อนได้	± 1 ชม.
ชิ้นทดสอบอายุ	7 วัน	มีความคลาดเคลื่อนได้	± 3 ชม.
ชิ้นทดสอบอายุ	28 วัน	มีความคลาดเคลื่อนได้	± 12 ชม.

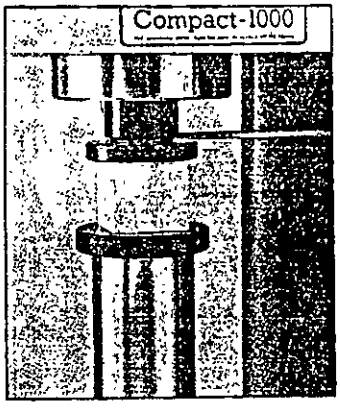
10. ให้ทดสอบกำลังอัดทันทีที่นำตัวอย่างออกจากห้องบ่มก่อนการทดสอบให้เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้ง ปัดเอาเม็ดทรายหรือสะเก็ดที่ติดผิวหน้าออกให้สะอาด

11. วัดขนาดของหน้าตัด ความสูง และชั่งน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละก้อนไว้เวลานำก้อนตัวอย่างไปกดทดสอบ ห้ามใช้ด้านข้างที่มีผิวหน้าเรียบทั้งสองหน้ารับแรงอัด ถ้าหน้าบนและล่างของก้อนตัวอย่างไม่เรียบ ให้ฝนให้เรียบและขนานกัน

ผิวหน้าของก้อนทดสอบ หากสัมผัสกับแป้นทดสอบไม่เรียบจริงจะได้ค่ากำลังอัดต่ำกว่าค่ากำลังอัดจริงไปมาก ในกรณีที่ฝนก้อนทดสอบให้ผิวหน้าเรียบ ให้ฝนบนกระดาษทรายเนื้อละเอียดหรือผ้าทรายที่ทากาวติดกับพื้นแบบเรียบเวลาฝนอย่ากดแรงเกินไป หากก้อนทดสอบขรุขระมากเกินกว่า 0.08 มม. ควรทิ้งก้อนตัวอย่างนั้นแต่ทั้งนี้ต้องเหลือตัวอย่างไว้ใช้ทดลองอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง

12. นำก้อนทดสอบเข้าเครื่องทดสอบ ให้อยู่ในแนวศูนย์กลางของเส้นทดสอบและผิวก้อนตัวอย่างสัมผัสกับแป้นกด เดินเครื่องทดสอบในอัตราที่เหมาะสมสม่ำเสมอ จนกระทั่งก้อนทดสอบแตก โดยใช้เวลาทดสอบประมาณ 5-30 วินาที ต่อตัวอย่าง ห้ามปรับกลไกควบคุมเครื่องทดสอบ ในขณะที่ก้อนทดสอบตัวอย่างถูกกดอย่างรวดเร็วก่อนที่จะแตก





ภาพประกอบ 9 แสดงเครื่องทดสอบกำลังอัดและการทดสอบของปูนฉาบ

การคำนวณ

1. ทำการบันทึกแรงอัดสูงสุดที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบ คำนวณหาค่ากำลังอัดเป็น กก. ต่อ ตร.ซม. จากสมการ

$$f_a = P/A$$

เมื่อ f_a = กำลังอัดประลัย, กก./ตร.ซม.

P = แรงอัดประลัย, กก.

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง, ตร.ซม.

ถ้าพื้นที่หน้าตัดจริงของก้อนทดสอบ แตกต่างจากพื้นที่หน้าตัดปกติเกินกว่าร้อยละ $\pm$ 1.5 ใช้พื้นที่หน้าตัดที่วัดได้จริงในการคำนวณหาหน่วยแรงอัด

2. ถ้าหากค่ากำลังอัดของแต่ละตัวอย่างแตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของผลทดสอบทั้งหมดเกินกว่าร้อยละ 10 แล้ว ถือว่าค่านั้นใช้ไม่ได้ ทั้งนี้หลังจากตัดค่าที่ใช้ไม่ได้แล้วจะต้องมีผลการทดสอบเหลือไว้อย่างน้อย 2 ค่า สำหรับค่าเฉลี่ยใหม่หากน้อยกว่า 2 ค่า ต้องทำการทดสอบใหม่ทั้งหมด

3. รายงานผลการทดสอบ

4.2 การทดสอบความต้านทานแรงดึง

จุดประสงค์การทดสอบ

หากำลังแรงดึงของปูนฉาบ

อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ

1. เครื่องทดสอบกำลังดึง

เป็นเครื่องที่สามารถให้กำลังดึงได้ด้วยอัตราความเร็ว 40 $\pm$ 25 ต่อนาที (600 $\pm$ 25 ปอนด์ต่อนาที) ความถูกต้องของเครื่องทดสอบ จะต้องผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ $\pm$ 1 สำหรับเครื่องใหม่และ ร้อยละ $\pm$ 1.5 สำหรับเครื่องที่ใช้อยู่และหัวจับก้อนตัวอย่างเป็นหัวจับสำหรับจับก้อนตัวอย่างบริเคท์

2. แบบหล่อบริเคท์ เป็นแบบหล่อก้อนตัวอย่าง มีลักษณะตามภาพประกอบ

3. เครื่องผสม เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM Designation C 305

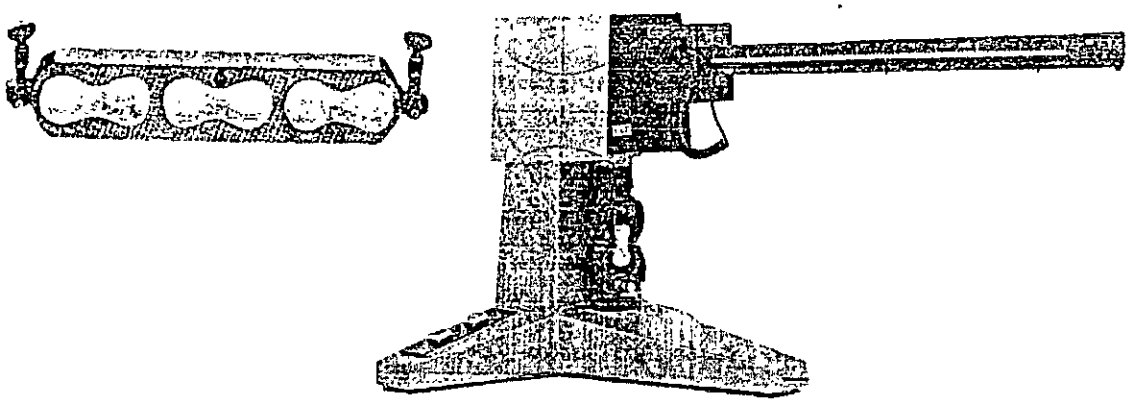
4. เครื่องชั่งอ่านได้ละเอียดถึง 1 กรัม

สำหรับน้ำหนัก 1000 กรัม จะผิดพลาดได้ไม่เกิน $\pm$ 1.0 กรัม สำหรับน้ำหนัก 1500 กรัม จะผิดพลาดไม่เกิน $\pm$ 2.0 กรัม

5. กระบอกตวง สามารถใช้ตวงน้ำสำหรับผสมได้เพียงครั้งเดียว และสามารถวัดปริมาตรได้ถูกต้องที่อุณหภูมิ 20°C (68°F) โดยมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 1.0 มล.

6. ตะแกรงร่อน เป็นลวดขัดเป็นตาสี่เหลี่ยม ขนาด 100 เมช

7. เกรียง มีขนาดของสันยาวเป็นเส้นตรง 100-105 มม.



ภาพประกอบ 10 แสดงแบบหล่อบริเคท์และเครื่องทดสอบแรงดึงของปูนฉาบ

การทดสอบหากำลังถึงของปูนฉาบ จะเป็นสิ่งที่ชี้ให้เห็นถึง คุณภาพของปูนฉาบที่ใช้ทดสอบว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้งานได้ดีเพียงใดเป็นไปตามมาตรฐานที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งจะบอกผลออกมาในรูปของความแข็งแรง โดยวัดเป็นหน่วยแรงเปรียบเทียบกับหน่วยแรงที่ยอมให้ตามมาตรฐาน ASTM

วิธีทดสอบ

1. ทำการหล่อก้อนตัวอย่างทดสอบ จำนวน 3 ชิ้นทดลอง โดยทำแบบหล่อและแผ่นรองหน้าด้วยน้ำมันแร่บาง ๆ ให้ทั่วแล้ววางแบบหล่อลงบนแผ่นรองหน้าผิวเรียบ ตักส่วนผสมใส่ในแบบหล่อให้พูนขึ้นเรื่อย ๆ แต่อย่าอัดส่วนผสมลงไป

2. ใส่ถุงมือยางแล้วกดส่วนผสมในแบบหล่อด้วยหัวแม่มือทั้ง 2 ข้างจำนวน 12 ครั้งต่อส่วนผสมแต่ละก้อน ใช้แรงกดประมาณ 6-9 กก. แล้วใช้เกรียงปาดผิวหน้าให้เรียบเสมอแบบหล่อเพียงเบา ๆ ด้วยแรงกดไม่เกิน 2 กก. ห้ามใช้วิธีการกระทุ้งหรือใช้เกรียงกดส่วนผสม

3. วางแผ่นรองหน้าผิวเรียบอีกแผ่นหนึ่งประกบแบบหล่อทางด้านบน แล้วพลิกเอาด้านล่างกลับขึ้นมาด้านบน แล้วทำตามในข้อ 2) - 3) จนกระทั่งหล่อก้อนตัวอย่างทดสอบเสร็จทั้งหมด

4. นำแบบหล่อ ซึ่งหล่อตัวอย่างทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้วไปเก็บไว้ในห้องบ่มชื้น โดยให้ผิวหน้าสัมผัสความชื้น แต่ไม่ให้ถูกหยดน้ำ

5. ถอดแบบหล่อก้อนทดสอบออก เมื่อครบอายุ 3 วัน นำตัวอย่างไปแช่น้ำสะอาด เพื่อบ่มในกรณีถอดตัวอย่างทดสอบก่อน 3 วัน ให้เก็บรักษาไว้ในห้องชื้นจนกว่าจะครบ 3 วัน แล้วจึงนำไปแช่น้ำสะอาดเพื่อบ่มต่อไป โดยให้อายุของการบ่มก้อนตัวอย่างทดสอบมีดังนี้

ชิ้นทดสอบอายุ	24 ชม.	มีความคลาดเคลื่อนได้	±	1/2	ชม.
ชิ้นทดสอบอายุ	3 วัน	มีความคลาดเคลื่อนได้	±	1	ชม.
ชิ้นทดสอบอายุ	7 วัน	มีความคลาดเคลื่อนได้	±	3	ชม.
ชิ้นทดสอบอายุ	28 วัน	มีความคลาดเคลื่อนได้	±	12	ชม.

6. นำก้อนตัวอย่างเพื่อการทดสอบแรงดึง โดยนำตัวอย่าง อย่างละ 3 ตัวอย่างมาทดสอบกำลัง เมื่อครบอายุ 7 วัน และ 28 วัน

7. ทำการเช็ดตัวอย่างที่ทดสอบให้ผิวแห้งและไม่มีเม็ดทราย หรือสิ่งอื่นเกาะอยู่ตามผิว

8. สอดก้อนตัวอย่างเข้าไปในหัวจับตัวอย่าง แล้วปรับเครื่องทดสอบให้ได้ศูนย์และสมดุลย์ ทำการเดินเครื่องทดสอบ และบันทึกค่าแรงดึงสูงสุดเมื่อมีจุดขาดของก้อนตัวอย่างทดสอบของแต่ละก้อน

9. นำตัวอย่างทดสอบออกจากหัวจับ ตั้งเครื่องทดสอบให้กลับสู่ในสภาพที่พร้อมจะทดสอบตัวอย่างต่อไปได้

การคำนวณ

1. ให้คำนวณหาค่ากำลังดึงเป็น ก.ก.ต่อ ตร.ซ.ม. หรือปอนด์ต่อ ตร.นิ้ว จากสมการ

$$f_t = P/A$$

เมื่อ f_t = หน่วยแรงดึงประลัย ก.ก.ต่อ ตร.ซ.ม. หรือ ปอนด์ต่อ ตร.นิ้ว

P = แรงดึงประลัย ก.ก. หรือ ปอนด์

A = พื้นที่หน้าตัดตรงรอยขาดที่ตั้งฉากกับแรงดึง ตร.ซ.ม. หรือ ตร.นิ้ว

2. ค่าที่ต่างไปจากค่าเฉลี่ยเกินกว่าร้อยละ 15 ให้ถือว่าเป็นค่าที่ใช้ไม่ได้ให้ตัดออก

- กำลังดึงของก้อนตัวอย่างอัตราส่วนผสมเดิม อายุ 7 วันต้องไม่น้อยกว่า 35 กก./ตร.ซม. หรือ 500 ปอนด์/ตร.นิ้ว

- กำลังดึงของก้อนตัวอย่างอัตราส่วนผสมเดิม อายุ 28 วันต้องไม่น้อยกว่า 40 กก./ตร.ซม. หรือ 600 ปอนด์/ตร.นิ้ว

- กำลังดึงของก้อนตัวอย่างอัตราส่วนทดลอง อายุ 7 วัน ต้องไม่น้อยกว่า 40 กก./ตร.ซม. หรือ 275 ปอนด์/ตร.นิ้ว

- กำลังดึงของก้อนตัวอย่างอัตราส่วนทดลองอายุ 28 วัน ต้องไม่น้อยกว่า 25 กก./ตร.ซม. หรือ 350 ปอนด์/ตร.นิ้ว

3. รายงานผลการทดสอบ

4.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำ คือ การหาปริมาณของน้ำที่แผงอยู่ในผลิตภัณฑ์ทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามปริมาณของน้ำที่เปลี่ยนไป ในการหาความชื้น จะชั่งน้ำหนักของชิ้นทดสอบและน้ำหนักที่หลังการนำชิ้นทดสอบอบไล่ความชื้น เพื่อหาปริมาณความชื้นที่เหมาะสมและสมควรมีได้ในชิ้นทดสอบ คำนวณค่าความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักอบแห้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักอบแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

(กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 2532 : 17)

อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ

1. แบบหล่อมาตรฐานขนาด 2 x 2 x 2 นิ้ว
2. เครื่องผสมมาตรฐาน
3. แท่งกระทุ้ง
4. เครื่องชั่งตวงน้ำมาตรฐาน
5. กระบอกตวงน้ำมาตรฐาน

6. ตะแกรงขนาด 100 เมช

7. เครื่องเหล็กแบน

8. เวอร์เนียร์ขนาดวัดระยะได้ 8-10 นิ้ว

9. เตาอบรักษาอุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส

10. สมุดบันทึกข้อมูล

วิธีทดสอบ

1. ผสมปูนฉาบตามอัตราส่วนเดิมและอัตราส่วนทดลองทั้งหมด 8 สูตร ผสมลงในเครื่องผสมมาตรฐาน

2. ทำปูนฉาบที่ได้จากการผสมด้วยเครื่องผสมมาตรฐานลงในแบบหล่อขนาด 2 x 2 x 2 นิ้ว จำนวนชิ้นทดลอง 81 ชิ้น

3. ระยะเวลาอายุการบ่มของชิ้นทดลองที่จะทดสอบ 3 วัน, 7 วันและ 28 วัน

4. นำชิ้นทดลองที่บ่มแล้วมาอบในอุณหภูมิที่กำหนดมาชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้

5. นำชิ้นทดลองไปต้มในจุดน้ำเดือดนาน 2 ชั่วโมง และแช่ทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมง

6. นำชิ้นทดลองที่ต้มแล้วมาเช็ดให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนักเพื่อหาจุดอิ่มตัวของชิ้นทดลอง จดบันทึกไว้

7. คำนวณหาค่าร้อยละการดูดซึมน้ำหรือค่าความชื้นตามสมการ

8. รายงานผลการทดสอบ

4.4 การทดสอบระยะการก่อตัว

จุดประสงค์การทดสอบ

หาระยะเวลาการก่อตัวของปูนฉาบ โดยใช้เข็มมาตรฐานแบบไวแคต

เครื่องมือทดสอบ

1. ชุดทดสอบแบบไวแคต ประกอบด้วยเครื่องทดสอบแบบไวแคต กรวยหัวตัดสำหรับใส่ปูนฉาบ และแผ่นกระจก หรือแผ่นพลาสติกสำหรับรองรับกรวย พร้อมเข็มไวแคต 2

แบบ คือ เข็มไวแคตธรรมดาเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม. และเข็ม 1 ซึ่งมีขนาดและรูปร่างเหมือนเข็มไวแคตเส้นผ่าศูนกลาง 1 มม. ยึดติดกับปลอดหัวโลหะ

2. เครื่องผสมปูนฉาบ

3. เครื่องชั่ง ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

4. กระบอกตวง ขนาดตวงได้ 200 ml.

5. เกรียงเหล็ก

6. ถุงมือยาง

7. นาฬิกาจับเวลา

การก่อตัวของปูนฉาบ หมายถึงระยะเวลาที่ปูนฉาบ เปลี่ยนจากสภาพเหลว (ที่สามารถปั้น, แต่งเป็นรูปต่าง ๆ) เป็นสภาพที่ไม่คืนตัว (สภาพที่มีความเข้มมากแต่ยังไม่ถึงกับแข็งตัว คือ ในสภาพนี้ เมื่อถูกรบกวนจะเกิดการแยกตัวคล้าย ๆ รอยร้าว และการแยกตัวนี้จะไม่จับตัวกันอีกเลย จนกระทั่งแข็งตัวในที่สุด)

ต่อจากระยะเวลาการก่อตัวของปูนฉาบ ก็เข้าสู่สภาวะการแข็งตัวเมื่อถูกปล่อยทิ้งไว้ให้นานจึงถึงระยะเวลาหนึ่งอีก การหาระยะเวลาการก่อตัวนี้จะใช้เข็มไวแคตที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม. และปริมาณน้ำที่จะผสมเข้าไปในปูนฉาบเพื่อหาระยะเวลาการก่อตัวที่จะใช้ปริมาณน้ำที่ทำให้ปูนฉาบ อยู่ในสภาวะความข้นเหลวปกติเท่านั้น การหาระยะเวลาการก่อตัวของปูนฉาบนั้นจะทำให้ทราบถึงระยะเวลาที่จะต้องทำงานไม่ว่าจะเป็นการผสม การหล่อ การทำให้แน่นให้แล้วเสร็จก่อนที่ปูนฉาบนั้นจะไม่คืนตัว และแข็งตัวในเวลาต่อมา โดยทั่วไปแล้วปูนฉาบต้องมีระยะเวลาการก่อตัวไม่น้อยกว่า 45 นาที แบ่งระยะเวลาการก่อตัวของปูนฉาบออกได้เป็น 2 ระยะ คือ

1. ระยะเวลาการก่อตัวขั้นต้น คือ ระยะเวลาที่ปูนฉาบก่อตัวจนสามารถรับน้ำหนักของเข็มมาตรฐานไวแคต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม. ที่ปล่อยให้จมลงในปูนฉาบ 25 มม. ภายในเวลา 30 นาที

2. ระยะเวลาก่อตัวขั้นปลายคือระยะเวลาที่ปูนฉาบก่อตัวจนสามารถรับน้ำหนักของเข็มมาตรฐานไวแคตได้โดยไม่จมลงในปูนฉาบเลยเพียงแค่เป็นรอยกระแทกของเข็มเท่านั้น

วิธีทดสอบ

1. นำปูนฉาบที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างมาปั้นให้เป็นก้อนกลมรีดยเร็ว (การทำจะต้องสวมถุงมือด้วย) แล้วรีดยนไป-มา 6 ครั้ง ให้มือทั้งสองข้างห่างกันประมาณ 15 ซม.

2. นำปูนฉาบไปกดใส่ลงในกรวยทางวงใหญ่ด้วยมือกดให้เข้าไป แล้วใช้มือปาดปูนฉาบให้เรียบในครั้งเดียว แล้ววางลงบนแผ่นกระจก หรือแผ่นพลาสติกก็ได้ แล้วถูไป-มากับแผ่นกระจกเพื่อให้ปูนฉาบ ที่จะล้นออกมาเรียบเสมอกับขอบกรวยทางวงใหญ่ แล้วใช้เกรียงเหล็กปาดปูนฉาบ ทางกรวยวงเล็กให้เรียบเสมอกับของของกรวยโดยให้เกรียงเหล็กเอียงเป็นมุมเฉียงแล้วปาดให้เรียบ ถ้าตรงส่วนใดของปูนฉาบเป็นรายแตกหรือไม่เรียบก็ใช้เกรียงเหล็กปาดซ้ำ หรือแตะเบา ๆ แต่ถ้ากดไปบนผิวหน้าของปูนฉาบนี้

3. วางกรวยที่บรรจุปูนฉาบ (กรวยบรรจุปูนฉาบนี้ต้องวางอยู่บนแผ่นกระจกตลอดเวลา เวลาเคลื่อนย้ายให้ยกไปพร้อมกับแผ่นกระจกนี้ด้วย) ทิ้งไว้ในห้องที่ชื้นเป็นเวลา 30 นาทีโดยอย่าให้ถูกรบกวนหรือกระทบกระเทือน

4. นำกรวยพร้อมแผ่นกระจกมาวางไว้ ให้เข็มทดสอบมาตรฐาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม. ของชุดการทดสอบไวแคตโดยปรับเข็มสเกลแตะกับผิวหน้าของปูนฉาบแล้วปรับเข็มทดสอบมาตรฐานที่บอกระยะจมที่แผ่นสเกลให้เป็นเลข (0) โดยให้ระยะห่างของเข็มมาตรฐานก็ต้องห่างจากรูเดิมที่เคยทดสอบไว้แล้วไม่น้อยกว่า 6 มม.

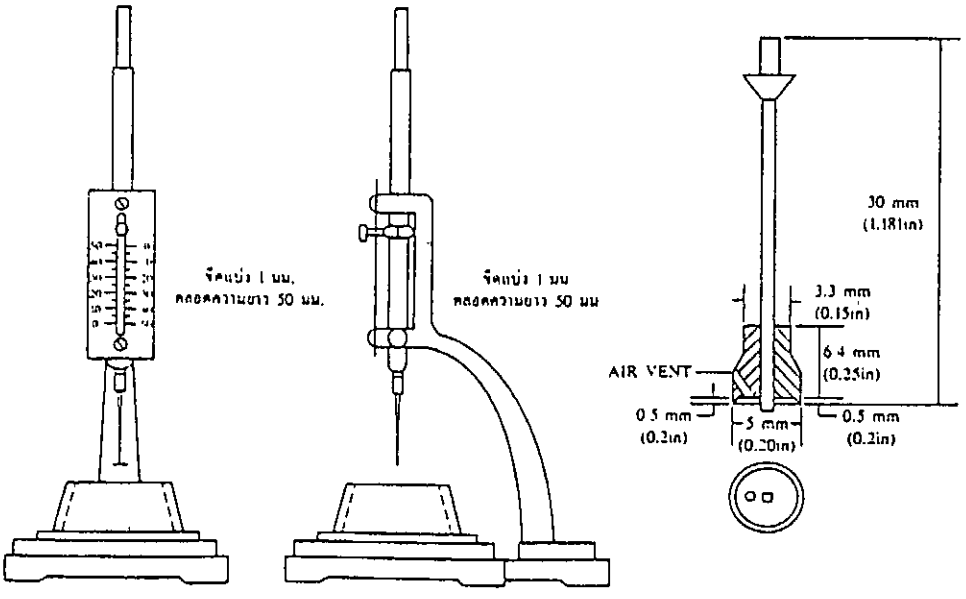
5. ปล่อยเข็มมาตรฐานให้จมลงในปูนฉาบ เป็นเวลา 30 วินาที แล้วอ่านค่าระยะจมบนเข็มสเกล (ซึ่งระยะจมจะบอกเป็น มม.) ในการปล่อยเข็มครั้งแรกนี้ เข็มมาตรฐานอาจจะเกิดการงอ หรือชำรุดขึ้นมาได้เพราะปูนฉาบยังอ่อนตัวอยู่มาก เข็มอาจกระแทกกับแผ่นกระจกที่วางอยู่ข้างใต้กรวยได้ก็ให้ค่อย ๆ ปล่อยเข็มมาตรฐานลงไปในปูนฉาบ ซึ่งวิธีนี้เป็นเทคนิคเท่านั้นไม่ใช่เป็นวิธีที่ถูกต้อง (วิธีที่ถูกต้อง ต้องได้จากการปล่อยเข็มมาตรฐานลงไปเท่านั้น)

6. ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วนำมาทดสอบเช่นนี้อีก (ตามข้อ 4 และ 5) พร้อมกับบันทึกเวลากับระยะจมของเข็มมาตรฐานไว้ ทำเช่นนี้จนได้ระยะจม 25 ม.ม. ค่าที่ได้จะรวมเวลาตั้งแต่เริ่มผสม จนกระทั่งถึงระยะจม 25 มม. เรียกว่าระยะเวลาการก่อตัวขั้นต้น

7. การหาระยะเวลาการก่อตัวขั้นปลายนี้จะเปลี่ยนมาใช้เข็มไวแคตทำการปล่อยเข็ม 1 ลงบนผิวหน้าแล้วเกิดรอยที่ปรากฏบนผิวปูนฉาบนี้เท่านั้น รวมเวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนถึงเวลานี้ก็คือ ระยะการก่อตัวขั้นปลาย

8. นำค่าเวลากับระยะจมทั้งหมด มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์

9. รายงานผลการทดสอบ



ภาพประกอบ 11 แสดงชุดทดสอบไวแคต

4.5 การทดสอบการไหลสื่นของเนื้อปูนฉาบ

การทดสอบโดยใช้โต๊ะการไหล เป็นการทดลองหาความข้นเหลว และดูการแยกตัวของส่วนผสม โดยวัดค่าการกระจายของปูนฉาบที่ได้จากการใช้โต๊ะการไหลมาตรฐาน ซึ่งถูกยกขึ้นลง ภายในระยะเวลากำหนด

อุปกรณ์การทดลอง

1. โต๊ะการไหลเป็นรูปจานแผ่นเรียบ ทำด้วยโลหะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 75 ซม. มีเครื่องหมุนซึ่งสามารถยกโต๊ะการไหลให้ขึ้นและปล่อยให้ตกลงได้เป็นระยะ 13 มม.

2. แบบรูปกรวยตัดตอนบนมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 17 ซม. ตอนล่างมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 25 ซม. และส่วนสูง 12.5 ซม.

3. เหล็กกระทุ้งเป็นแท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ยาว 60 ซม. ปลายกลมมน

วิธีการทดสอบ

วางแบบรูปกรวยตัดให้ตั้งบนกลางจานของโต๊ะการไหลโดยใช้ปลายตัดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า ตั้งอยู่ด้านบนบรรจุปูนฉาบที่เพิ่งผสมเสร็จใหม่ ๆ ลงในกรวยให้สูงประมาณครึ่งกรวย แล้วกระทุ้งให้ทั่วกรวย 25 ครั้งหลังจากนั้นก็เติมคอนกรีตให้เต็มและกระทุ้งแบบเดียวกันอีก 25 ครั้ง ปาดหน้าคอนกรีตให้เรียบแล้วค่อย ๆ ยกกรวยออกคอนกรีตจะยุบตัวลงเล็กน้อย ต่อจากนั้นก็ใช้เครื่องหมุนซึ่งจะยกโต๊ะการไหลให้ขึ้น และปล่อยให้ตกลงเป็นระยะ 13 มม. โดยจะต้องยกขึ้น-ลงเป็นจำนวน 15 ครั้ง ภายในเวลา 15 วินาที ทำให้ปูนฉาบสดแผ่กระจายออกไปรอบด้าน วัดหาค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของปูนฉาบที่กระจายออกไปนี้ ค่าการไหล หรือการกระจายตัวของปูนฉาบคิดเป็นร้อยละ คำนวณได้จาก

$$\text{Flow (\%)} = \frac{D - D_O}{D_O} \times 100$$

ในเมื่อ D เป็นค่า "เฉลี่ย" ของเส้นผ่าศูนย์กลางของปูนฉาบที่กระจายออก, ซม.

D_O เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางเดิมของปูนฉาบที่ฐานมีค่าเท่ากับ 25 ซม.

ค่าที่อยู่ควรอยู่ในช่วง 0 ถึง 150 เปอร์เซ็นต์

การทำ "ขึ้น-ลง" นี้ มีผลต่อการแยกตัวของส่วนผสม กล่าวคือ ถ้าปูนฉาบนั้นไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน วัสดุผสมก้อนใหญ่จะแยกตัวออกจากปูนฉาบ โดยกระจายไปอยู่ริมของของโต๊ะการไหล แต่ถ้าปูนฉาบเหลวเละมาก น้ำปูนจะไหลออกจากวัสดุผสมหยาบแทน

4. รายงานผลการทดสอบ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปูนฉาบ เป็นส่วนผสมของซีเมนต์ ทรายละเอียด ปูนขาว และน้ำ มีหน้าที่เคลือบวัสดุแกนผนังเมื่อไม่ต้องการให้มองเห็น แต่ปัญหาที่พบคือ มีรอยแตกร้าวที่ผนังอาคารหลังจากปูนฉาบแห้งแล้วระยะเวลาหนึ่ง แนวทางแก้ไขต้องหาอัตราส่วนผสมของปูนฉาบที่เหมาะสมและปราศจากสิ่งปลอมปน

แนวทางการศึกษางานวิจัย อนุชิต กิจสวัสดิ์ (2529 : 2-3) พบว่า ปูนปอซโซลานา ที่ได้จากการผสมระหว่างเถ้าแกลบบดละเอียดกับปูนขาวในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะได้ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างเป็นอย่างดี ส่วนกรมวิทยาศาสตร์บริการ (2527 : 7) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยได้ทำการทดลองนำปูนซีเมนต์ปอซโซลานามาผลิตอิฐบล็อกอิฐมอญ โดยใช้ปูนขาวผสมกับเถ้าแกลบในอัตราส่วน 2 : 3 รวมกันเป็นส่วนผสม 1 ส่วนของน้ำหนักมวล ผสมกับทราย 3 ส่วนของน้ำหนักมวล และน้ำประมาณ 0.7 ส่วนของน้ำหนักปูนขาวและเถ้าแกลบคลุกเคล้าให้ดี และอัดลงแบบทิ้งให้แห้งถอดแบบผึ่งทิ้งไว้ 1 เดือน สามารถนำไปใช้งานได้ดี ราคาถูกมากเมื่อเทียบกับราคาที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ตราเสือ คุณสมบัติของอิฐที่ได้จะมีน้ำหนักเบาและแข็งแรงรับแรงอัดได้สูง แต่มีข้อเสียมากด้านการยึดหดของอิฐ

วัชระ ทองเจริญ และคนอื่น ๆ (2529 : 479) ได้ศึกษาคุณสมบัติบางประการของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลานา ที่เกิดจากการผสมของเถ้าแกลบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในอัตราส่วน 30 : 70 ทำเป็นปูนซีเมนต์มอร์ต้า พบว่า หากทิ้งไว้ 28 วัน จะรับแรงอัดได้ถึง 267.6 กก./ตร.ซม. และถ้าผสมในอัตราส่วน 40 : 60 จะรับแรงอัดได้เร็วขึ้น โดยสามารถรับแรงอัดได้ถึง 237.4 กก./ตร.ซม. ภายใน 7 วัน กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2527 : 6-7) ได้ค้นพบว่า ปูนปอซโซลานามีใช้มานานในยุโรป แต่ไม่แพร่หลาย เพราะมีจุดอ่อนในด้านการใช้งาน ซึ่งต้องมีระยะเวลา 7-28 วัน เมื่อผสมเป็นปูนซีเมนต์ในงานก่อสร้างต้องทิ้งให้เกิดสภาพเกลือซิลิเกตและแคลเซียม จึงจะสามารถรับแรงอัดหรือรับน้ำหนักได้ดี ต่างจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ผลิตจากหินปูน มีส่วนผสมของเกลือซิลิเกตและแคลเซียมที่เหมาะสม สามารถทำให้งานคอนกรีตรับแรงอัดได้

ทันทีที่ส่วนผสมแห้ง ปูนปอซโซลานาที่มีคุณภาพดีได้จากการใช้เถ้าแกลบชนิดเทาขาว ซึ่งเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 600 องศาเซลเซียส บดละเอียดเท่ากับปูนซีเมนต์ และนำมาผสมกับปูนขาว

งานวิจัยที่มีส่วนสำคัญต่อการลดต้นทุนในการผลิต โดยการนำเถ้าแกลบมาผสมปูนซีเมนต์เพื่อลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ในการผลิตแผ่นใยไม้-ซีเมนต์ เช่น งานวิจัยปูนซีเมนต์เถ้าแกลบของ ปริญญา จินดาประเสริฐ (2529 : 81) เถ้าแกลบมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบมากถึงร้อยละ 90 การเผาแกลบที่อุณหภูมิที่เหมาะระหว่าง 600-800 องศาเซลเซียส จะได้เถ้าแกลบเทาขาว ซึ่งง่ายต่อการบดให้ละเอียด เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาเป็นเชื้อเพลิงในโรงสีจะมีสีดำ ซึ่งเถ้าแกลบทั้งสองชนิดสามารถนำมาใช้ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาได้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้เถ้าแกลบแทนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ได้ถึง 50-60 เปอร์เซนต์ โดยที่กำลังรับแรงอัดเท่ากับส่วนผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

วิวัฒน์ คลังวิจิตร (บทคัดย่อ) การทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำวัสดุแผ่นทดแทนไม้ จากวัสดุปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าแกลบ ปูนขาว และใยมะพร้าวหรือใยผักตบชวา โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งมีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าแกลบ ปูนขาว เป็นตัวยึดประสาน ส่วนใยมะพร้าวหรือใยผักตบชวาเป็นวัตถุเสริมกำลังทำให้มีความเหนียว สามารถรับแรงได้มากขึ้นและมีน้ำหนักเบา คุณสมบัติทางกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ต้องตรวจสอบ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า สัดส่วนของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าแกลบ ปูนขาว และใยมะพร้าวหรือใยผักตบชวา พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำวัสดุแผ่นทดแทนไม้ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 15.84 เถ้าแกลบร้อยละ 50.07 ปูนขาวร้อยละ 28.37 ใยมะพร้าวร้อยละ 5.72 เพราะเป็นส่วนผสมที่มีคุณสมบัติทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมากที่สุด โดยมีความหนาแน่นสูงกว่าเกณฑ์ มอดุลัส ยืดหยุ่นต่ำกว่าเกณฑ์ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าเกณฑ์ ส่วนสัดส่วนของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าแกลบ ปูนขาว และใยผักตบชวา ไม่มีคุณสมบัติทางกายภาพเพียงพอที่จะใช้งานคือ ความหนาแน่นต่ำกว่าเกณฑ์ ความชื้นอยู่ในเกณฑ์ การพองตัวเมื่อแช่น้ำอยู่ในเกณฑ์ ความต้านทานแรงดัดอยู่ในเกณฑ์ แต่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ใยมะพร้าวเป็นส่วนผสม มอดุลัสยืดหยุ่น

ต่ำกว่าเกณฑ์ ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าอยู่ในเกณฑ์ แต่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ใยมะพร้าวเป็นส่วนผสม

สรุปผลงานวิจัย ผู้วิจัยสนใจจะหาแนวทางพัฒนาปูนฉาบ โดยทดลองหาอัตราส่วนผสมของปูนฉาบที่เหมาะสม ราคาถูก และมีคุณสมบัติทางกายภาพ โดยใช้เถ้าแกลบ และปูนขาวทดแทนส่วนผสมของปูนซีเมนต์ จากการศึกษางานวิจัยของ อนุชิต กิตสวัสดิ์ ที่ผสมเถ้าแกลบลงในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ วัชระ ทองเจริญ ทดสอบการรับแรงอัดของปูนซีเมนต์ เถ้าแกลบ ปูนขาว ปริญญา จินดาประเสริฐ ศึกษาหาทางลดต้นการผลิตแผ่นใยไม้และซีเมนต์ และวิวัฒน์ คลังวิจิตร ศึกษาการลดต้นทุนการผลิตวัสดุแผ่นทดแทนไม้ โดยใช้เถ้าแกลบ ปูนขาว ผสมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และนำมาทดสอบหาแรงดึงผิว ความต้านทานแรงตัด การดูดซึมน้ำ ได้ผลดีตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

การดำเนินการทดลองครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปูนฉาบจากวัสดุผสมระหว่าง เถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา ทรายละเอียดและสังกะสีซัลเฟต การทดลองครั้งนี้ได้กำหนดรายละเอียดตามหัวข้อดังนี้คือ

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. วัสดุผสมที่ใช้ในการทดลอง
3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
4. ลำดับขั้นในการทดลอง
5. การเปรียบเทียบและสรุปผลการทดลอง
6. การวิเคราะห์และอภิปรายผล
7. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ ปูนฉาบที่ได้จากส่วนผสมของเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา ทรายละเอียด และสังกะสีซัลเฟต ทั้งนี้ในการหาอัตราส่วนผสมนี้ ปูนซีเมนต์ซิลิกาต้องไม่เกินร้อยละ 40 ปูนขาวต้องไม่เกินร้อยละ 20

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ ปูนฉาบที่เกิดจากการผสมโดยหาอัตราส่วนผสมจากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งสุ่มกลุ่มตัวอย่างอย่างมีระบบ แต่ละจุดประกอบด้วยวัสดุผสม 3 ชนิด คือ เถ้าแกลบ ปูนขาวและปูนซีเมนต์ซิลิกา ตามลำดับ วัสดุแต่ละตัวจะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามจุดของอัตราส่วนผสมในแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า และเมื่อนำค่าของวัสดุแต่ละชนิดในจุดนั้น ๆ มารวมกันจะมีค่าเท่ากับ 100 จะได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 8 กลุ่มตัวอย่างหรือ 8 สูตรการทดลองดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 1 และตาราง 7

ตาราง 7 กลุ่มตัวอย่างอัตราส่วนผสมของเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา แต่ละจุดที่หาได้จากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า จะนำไปรวมกับทรายละเอียดและสังกะสีซัลเฟตซึ่งมีค่าคงที่

ส่วนผสมที่	เถ้าแกลบ	ปูนขาว	ปูนซีเมนต์ซิลิกา	ทรายละเอียดร้อยละ	สังกะสีซัลเฟตร้อยละ
1	80	10	10	61	0.3
2	70	20	10	61	0.3
3	70	10	20	61	0.3
4	60	20	20	61	0.3
5	60	10	30	61	0.3
6	50	20	30	61	0.3
7	50	10	40	61	0.3
8	40	20	40	61	0.3

หมายเหตุ – เถ้าแกลบ ปูนขาว และปูนซีเมนต์ซิลิกาค่าที่ได้ 100 จะมีค่าเท่ากับร้อยละ 15 ของส่วนผสมทั้งหมด

– ส่วนผสมของเถ้าแกลบ ปูนขาว และปูนซีเมนต์ซิลิกาจุดที่ 1,2,3,5,6,9,10 และ 14 จะเป็นส่วนผสมที่ 1 ถึง 8 ตามลำดับ

ตัวอย่าง

สูตรที่ 1 ส่วนผสมที่ 1 (80+10+10)+61+0.3

นำมาใช้ (12+1.5+1.5)+61+0.3+21(น้ำ)+2.7 (อากาศระหว่างผสม)

2. วัสดุผสมที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุผสมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย

2.1 เถ้าแกลบ ใช้เถ้าแกลบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 600-800 องศาเซลเซียสนำมาบดละเอียดและผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช

2.2 ปูนขาว ใช้ปูนขาวที่ได้จากการเผาหินปูนแบบปูนสุก มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดบรรจุถุงละ 5.5 กิโลกรัม

2.3 ปูนซีเมนต์ซิลิกาในการทดลองครั้งนี้ใช้ปูนซีเมนต์ตราเสือของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย บรรจุถุงละ 50 กิโลกรัม

2.4 ทรายละเอียดเป็นทรายน้ำจืดที่มีความละเอียดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช

2.5 สังกะสีซัลเฟต เป็นสารประกอบที่มีจำหน่ายตามร้านเคมีภัณฑ์ทั่วไป

2.6 น้ำ ใช้น้ำประปาที่มีใช้ตามบ้านทั่วไป

3. อุปกรณ์และเครื่องทดสอบที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ประกอบด้วย

3.1 เตาอบรักษาอุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส

3.2 เครื่องชั่ง อ่านได้ละเอียด 0.1 กรัม

3.3 หม้อบดหรือโกร่งบด

3.4 แท่งกระทุ้ง

3.5 ตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช

3.6 ถุงมือยาง

3.7 นาฬิกาจับเวลา

3.8 เกรียงเหล็กแบน

3.9 กระบอกตวงน้ำขนาด 500-1,000 มิลลิลิตร

3.10 เวอร์เนียร์ ขนาดวัดระยะได้ 8-10 นิ้ว

3.11 แบบพิมพ์สำหรับทำชิ้นทดสอบ

เครื่องทดสอบที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้ คือ

3.12 เครื่องทดสอบกำลังอัด

3.13 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

3.14 เครื่องทดสอบระยะการก่อตัว

3.15 เครื่องทดสอบการไหลลื่นของเนื้อปูนฉาบ

4. ลำดับขั้นในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้จะเตรียมสูตรส่วนผสมในการทดลองเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ได้แก่ สูตรปูนฉาบทั่วไปมีส่วนผสมดังนี้ คือ ปูนซีเมนต์ร้อยละ 15 น้ำร้อยละ 21 อากาศร้อยละ 3 ทรายละเอียดร้อยละ 61 และชุดที่ 2 ได้แก่ เถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซิลิกา ร้อยละ 15 ทรายละเอียดร้อยละ 61 สังกะสีซัลเฟตร้อยละ 0.3 และน้ำร้อยละ 21

ชิ้นทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 นี้ จะถูกบ่มไว้ในระยะเวลาที่ต่างกัน คือ 3,7 และ28 วัน จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพด้านกำลังอัด ความต้านทานแรงดึง การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว และการไหลลื่นของปูนฉาบ ในห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุคอนกรีต ของกรมชลประทาน ถนนติวานนท์ จ.นนทบุรี

การทดลองมีลำดับขั้นดังต่อไปนี้

4.1 เตรียมวัสดุผสม ได้แก่

4.1.1 เถ้าแกลบ เผาที่อุณหภูมิ 600-800 องศาเซลเซียส บดละเอียดและผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช

4.1.2 ปูนขาว ได้จากการเผาหินปูนแบบปูนสุก มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช

4.1.3 ปูนซีเมนต์ซิลิกา ใช้ปูนซีเมนต์ตราเสือของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย

4.1.4 ทรายละเอียด ใช้ทรายน้ำจืดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช

4.1.5 สังกะสีซัลเฟต เป็นสารประกอบที่มีจำหน่ายตามร้านเคมีภัณฑ์ทั่วไป

4.1.6 น้ำ ใช้น้ำประปา

4.2 ปฏิบัติการทดลองสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

4.2.1 ทดสอบกำลังอัด

4.2.2 ทดสอบความต้านทานแรงดึง

4.2.3 ทดสอบการดูดซึมน้ำ

4.2.4 ทดสอบระยะการก่อตัว

4.2.5 ทดสอบการไหลลื่นของปูนฉาบ

4.3 สรุปผลการทดสอบ

5. การเปรียบเทียบและสรุปผลการทดลอง

นำผลจากการทดสอบชิ้นทดลองของอัตราส่วนผสมสูตรปูนฉาบอัตราส่วนเดิม และสูตรปูนฉาบทดลอง จำนวน 8 สูตร มาเปรียบเทียบอัตราส่วนต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมด้านกำลังอัด ความต้านทานแรงดึง การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัวและการไหลลื่น

ผลสรุปที่ได้จากการทดสอบ ที่ห้องปฏิบัติการของหน่วยงานที่มีมาตรฐาน โดยจะแสดงผล ดังนี้

ตาราง 8 เปรียบเทียบและสรุปผลคุณสมบัติทางกายภาพของปูนฉาบ ที่ทำจากสูตรอัตราส่วนเดิมกับสูตรที่ทดลอง 8 สูตร

สูตรที่	กำลังอัด (กก./ตร.ซม)	ความต้านทานแรงดึง (กก./ตร.ซม.)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ระยะการก่อตัว (มม./นาที)	การไหลลื่น (ร้อยละ)
สูตรอัตราส่วนผสมเดิม	x	x	x	x	x
1	x	x	x	x	x
2	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.
4	x	x	x	x	x
5	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.
7	.	.	.	.	.
8	x	x	x	x	x

6. การวิเคราะห์และอภิปรายผล

7. สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้เตรียมวัสดุผสม เถ้าแกลบและทำพิมพ์สำหรับชิ้นทดสอบที่ ภาควิชาหัตถกรรม คณะศิลปกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คลองหก อำเภอธัญญบุรี จังหวัดปทุมธานี

สถานที่ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของปูนฉาบที่ห้องปฏิบัติการวัสดุก่อสร้าง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ถนนพหลโยธิน กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาในการทดลองครั้งนี้

เริ่มจากเดือนตุลาคม พ.ศ. 2537 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2537

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปูนฉาบจากเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา ทรายละเอียดและสังกะสีซัลเฟต

ในการวิจัยผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้แบ่งขั้นตอนออกได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์หากำลังอัดของปูนฉาบในการบ่ม 3 วัน 7 วัน และ 28 วัน
2. การวิเคราะห์หาความต้านทานแรงดึงในการบ่ม 3 วัน 7 วัน และ 28 วัน
3. การวิเคราะห์หาการดูดซึมน้ำของปูนฉาบ
4. การวิเคราะห์หาระยะการก่อตัวของปูนฉาบ
5. การวิเคราะห์หาการไหลลื่นของปูนฉาบ

การวิเคราะห์หากำลังอัดของปูนฉาบจากการบ่ม 3 วัน 7 วัน และ 28 วัน โดยใช้ชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น เพื่อจะหาสูตรที่มีอัตราส่วนผสมที่สามารถรับกำลังอัดได้มากที่สุด ตามมาตรฐานการทดสอบปูนซีเมนต์มอต้า ASTM C-230

ตาราง 9 ผลการทดสอบกำลังอัดของปูนฉาบ

สูตรที่	กำลังอัด (กก./ตร.ซม.)		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
สูตรอัตราส่วนผสมเดิม	-	41.15-47.95	54.90-61.70
1	-	0.75- 8.75	1.30- 9.30
2	-	1.76- 5.64	1.76- 5.64
3	-	11.30-18.50	11.37-18.57
4	-	11.10-18.30	10.86-18.06
5	-	27.30-34.70	31.10-38.50
6	-	21.70-28.70	23.28-30.28
7	-	34.73-41.67	37.03-43.97
8	-	23.02-29.98	25.03-31.99

หมายเหตุ สูตรอัตราส่วนผสมเดิม หมายถึง สูตรที่ช่างปูนใช้เป็นประจำในงานฉาบทั่ว ๆ ไป มีอัตราส่วน 1 : 3 คือ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ทรายละเอียด 3 ส่วน

สรุปการทดสอบกำลังอัดของปูนฉาบ จากชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น พบว่า ผลการทดสอบชิ้นทดสอบที่บ่ม 3 วัน ไม่สามารถหากำลังอัดได้ เนื่องมาจากมีสารเฉื่อยในปูนฉาบมาก ต้องใช้ระยะเวลาในการบ่มอย่างน้อย 7 วันถึง 28 วัน ซึ่งการทดสอบสูตรที่ 7 สามารถรับแรงอัดได้ระหว่าง 37.03-43.97 กก./ตร.ซม. สูตรที่ 8 สามารถรับแรงอัดได้ระหว่าง 25.03-31.99 กก./ตร.ซม. สูตรที่ 6 สามารถรับแรงอัดได้ระหว่าง 23.28-30.28 กก./ตร.ซม.

สูตรปูนฉาบอัตราส่วนผสมเดิม จากการทดลองชิ้นทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่าได้ค่าแรงอัดอยู่ระหว่าง 54.90-61.70 ในการบ่ม 28 วัน จากการเปรียบเทียบปูนฉาบที่ผสมด้วยสูตรอัตราส่วนผสมเดิมกับสูตรที่ใช้ทดสอบ พบว่า สูตรที่ 7 เป็นอันดับหนึ่ง สูตรที่ 8 เป็นอันดับสอง สูตรที่ 6 เป็นอันดับสามที่สามารถนำไปพัฒนาต่อจนได้ค่าเท่ากับสูตรอัตราส่วนผสมเดิมของปูนฉาบได้

<u>การวิเคราะห์หาความต้านทานแรงดึง</u> ในการบ่ม 3 วัน 7 วัน 28 วัน โดยใช้ชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น เพื่อจะหาสารที่มีอัตราส่วนผสมที่สามารถรับความต้านทานแรงดึงได้สูงสุดตามมาตรฐานการทดสอบปูนซีเมนต์มอต้า ของ ASTM C-230

ตาราง 10 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของปูนฉาบ

สูตรที่	ความต้านทานแรงดึง (กก./ตร.ซม.)		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
สูตราอัตราส่วนผสมเดิม	-	97.75-104.55	109.60-116.40
1	-	1.21- 6.79	1.21- 6.79
2	-	1.19- 8.59	1.59- 8.99
3	-	26.96- 34.16	31.61- 38.81
4	-	2.24- 4.96	15.30- 22.50
5	-	43.70- 51.10	44.40- 51.80
6	-	53.80- 60.80	55.09- 62.09
7	-	83.53- 90.47	86.93- 93.87
8	-	67.42- 74.38	78.82- 85.78

สรุปการทดสอบความต้านทานแรงดึง จากชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น พบว่าการทดสอบชิ้นทดสอบที่บ่ม 3 วันไม่สามารถหาความต้านทานแรงดึงได้เนื่องมาจากมีสารเฉื่อยในปูนฉาบมาก ต้องใช้ระยะเวลาในการบ่มอย่างน้อย 7 วันถึง 28 วัน จากการทดสอบสูตรที่ 7 สามารถรับและดึงได้ระหว่าง 86.93-93.87 กก./ตร.ซม. สูตรที่ 8 สามารถรับแรงดึงได้ระหว่าง 78.82-85.78 กก./ตร.ซม. สูตรที่ 6 สามารถรับแรงดึงได้ระหว่าง 55.09-62.09 กก./ตร.ซม. สูตรปูนฉาบอัตราส่วนผสมเดิมจากการทดลองชิ้นทดสอบจากห้องปฏิบัติการ ได้ค่าแรงดึงอยู่ระหว่าง 54.90-61.70 กก./ตร.ซม. ในการบ่ม 28 วัน จากการเปรียบเทียบปูนฉาบที่ผสมด้วยสูตรอัตราส่วนผสมเดิมกับสูตรที่ใช้ทดสอบพบว่าสูตรที่ 7 เป็นอันดับหนึ่ง สูตรที่ 8 เป็นอันดับสอง และสูตรที่ 6 เป็นอันดับสาม ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อจนได้ค่าเท่ากับสูตรอัตราส่วนผสมเดิมของปูนฉาบได้

<u>การวิเคราะห์หาการดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว การไหลลื่น</u> โดยใช้ชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น เพื่อจะหาสูตรที่มีอัตราส่วนผสมที่ดีตามมาตรฐาน ASTM C-230

ตาราง 11 ผลการทดสอบ การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว การไหลลื่น

สูตรที่	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ	ระยะการก่อตัว มม./นาที	การไหลลื่น ร้อยละ
สูตรอัตราส่วนผสมเดิม	10.24-16.24	26.30-30.30/45	105.00-108.00
1	18.00-26.00	34.00-40.00/45	98.00-106.00
2	16.30-23.70	31.80-39.20/45	105.30-112.70
3	15.37-22.57	29.40-36.60/45	100.40-107.60
4	16.39-23.39	30.50-37.50/45	112.50-119.50
5	13.90-21.10	28.40-35.60/45	108.70-115.90
6	13.84-20.84	28.00-35.00/45	110.50-117.50
7	11.45-18.25	26.40-33.60/45	104.60-111.40
8	12.52-19.48	27.60-34.48/45	112.52-119.48

สรุปการทดสอบการดูดซึมน้ำ จากชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้นพบว่า ระยะการก่อตัวและการไหลลื่นของปูนฉาบ จากการทดสอบพบว่า สูตรปูนฉาบอัตราส่วนผสมเดิมมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 10.24-16.24 ระยะการก่อตัว 26.30-30.30/45 (มม./นาที) และการไหลลื่นร้อยละ 105.00-108.00 สูตรที่ทดสอบได้ค่าใกล้เคียงสูตรปูนฉาบอัตราส่วนผสมเดิมมีสามอันดับ อันดับที่หนึ่งสูตรที่ 7 การดูดซึมน้ำร้อยละ 11.45-18.25 ระยะการก่อตัว 26.40-33.60/45 (มม./นาที) และการไหลลื่นร้อยละ 104.60-111.40 อันดับที่สองสูตรที่ 8 การดูดซึมน้ำร้อยละ 12.52-19.48 ระยะการก่อตัว 27.60-34.48/45 (มม./นาที) และการไหลลื่นร้อยละ 112.52-119.48

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปูนฉาบจากเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา ทรายละเอียด และสังกะสีซัลเฟต มีการดำเนินงานดังนี้

ความมุ่งหมายของการศึกษา

เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปูนฉาบจากวัสดุเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา ทรายละเอียดและสังกะสีซัลเฟต โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพด้านกำลังอัด ความต้านทานแรงดึงผิว การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว และการไหลลื่นของเนื้อปูนฉายที่อยู่ในเกณฑ์การเปรียบเทียบอัตราส่วนผสมเดิม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้แก่ ปูนฉาบที่ได้จากส่วนผสมของเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา ทรายละเอียด และสังกะสีซัลเฟต ในอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ซิลิกาต้องไม่เกินร้อยละ 40 และปูนขาวต้องไม่เกินร้อยละ 20

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ปูนฉาบที่เกิดจากการผสมที่หาได้อัตราจากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าและสุ่มกลุ่มตัวอย่างอย่างมีระบบ แต่ละจุดประกอบด้วยวัสดุผสม 3 ชนิด คือ เถ้าแกลบ ปูนขาวและปูนซีเมนต์ซิลิกา วัสดุแต่ละตัวจะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามจุดของอัตราส่วนผสมในแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า และเมื่อนำค่าของวัสดุแต่ละชนิดในจุดนั้น ๆ

มารวมกันจะมีค่าเท่ากับ 100 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 8 กลุ่มตัวอย่าง หรือ 8 สูตรการทดลอง ดังแสดงไว้ในภาพประกอบตาราง 12

ตาราง 12 กลุ่มตัวอย่างอัตราส่วนผสมของเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา แต่ละจุดที่หาได้จากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า จะนำไปรวมกับทรายละเอียดและสังกะสีซัลเฟตซึ่งมีค่าคงที่

ส่วนผสมที่	เถ้าแกลบ	ปูนขาว	ปูนซีเมนต์ซิลิกา	ทรายละเอียดร้อยละ	สังกะสีซัลเฟตร้อยละ
1	80	10	10	61	0.3
2	70	20	10	61	0.3
3	70	10	20	61	0.3
4	60	20	20	61	0.3
5	60	10	30	61	0.3
6	50	20	30	61	0.3
7	50	10	40	61	0.3
8	40	20	40	61	0.3

หมายเหตุ - เถ้าแกลบ ปูนขาว และปูนซีเมนต์ซิลิกาค่าที่ได้ 100 จะมีค่าเท่ากับร้อยละ 18 ของส่วนผสมทั้งหมด

- ส่วนผสมของเถ้าแกลบ ปูนขาว และปูนซีเมนต์ซิลิกาจุดที่ 1,2,3,4,5,6,9,10 และ 14 จะเป็นส่วนผสมที่ 1 ถึง 8 ตามลำดับ

ลำดับขั้นในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้จะเตรียมสูตรส่วนผสมในการทดลองเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ได้แก่ สูตรปูนฉาบทั่วไปมีส่วนผสมดังนี้ คือ ปูนซีเมนต์ร้อยละ 15 น้ำร้อยละ 21 อากาศร้อยละ 3 และทรายละเอียดร้อยละ 61 ชุดที่ 2 มี เถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซิลิกา ร้อยละ 15 ทรายละเอียดร้อยละ 61 สังกะสีซัลเฟตร้อยละ 0.3 และน้ำร้อยละ 21

ชิ้นทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 นี้ จะถูกบ่มไว้ในระยะเวลาที่ต่างกันคือ 3, 7 และ 28 วัน ต่อจากนั้นจึงนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพด้านกำลังอัด ความต้านทานแรงดึง การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว และการไหลลื่นของปูนฉาบ ในห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุคอนกรีต กรมชลประทาน ถนนติวานนท์

การทดลองมีลำดับขั้นดังต่อไปนี้

1. เตรียมวัสดุผสม ได้แก่

1.1 เถ้าแกลบ เผาที่อุณหภูมิ 600-800 องศาเซลเซียส บดละเอียดและผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช

1.2 ปูนขาว ได้จากการเผาหินปูนแบบปูนสุก มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช

1.3 ปูนซีเมนต์ซิลิกา ใช้ปูนซีเมนต์ตราเสือของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย

1.4 ทรายละเอียด ใช้ทรายน้ำจืดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช

1.5 สังกะสีซัลเฟต เป็นสารประกอบที่มีจำหน่ายตามร้านเคมีภัณฑ์ทั่วไป

1.6 น้ำ ใช้น้ำประปา

2. ปฏิบัติการทดลองสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

2.1 ทดสอบกำลังอัด

2.2 ทดสอบความต้านทานแรงดึง

2.3 ทดสอบการดูดซึมน้ำ

2.4 ทดสอบระยะการก่อตัว

2.5 ทดสอบการไหลลื่นของปูนฉาบ

3. สรุปผลการทดสอบ

<u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

นำสูตรปูนฉาบที่ใช้ในการทดลองมาผสมกับทรายตามอัตราส่วนที่กำหนดเป็นกลุ่มตัวอย่าง ในตาราง 12 เพื่อหาอัตราส่วนของสูตรที่ดี สำหรับนำมาพัฒนาเป็นปูนฉาบ โดยการเปรียบเทียบกับสูตรอัตราส่วนผสมเดิมที่ใช้ในงานทั่วไป ในการทดสอบหาอัตราส่วนที่ดี ใช้การทดสอบหาค่ากำลังอัดความต้านทานแรงดึง การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว และการไหลลื่น ตามมาตรฐานการทดสอบของปูนซีเมนต์มอร์ตาร์ตามมาตรฐาน ASTM C-230 เป็นตัวบ่งชี้

<u>สรุปผลการวิจัย</u>

การทดสอบกำลังอัดของปูนฉาบ ผลการทดสอบพบว่าสูตรที่ 7 เป็นสูตรที่ดีอันดับหนึ่ง สูตรที่ 8 และสูตรที่ 6 รองลงมา จากการทดสอบตัวอย่างชิ้นทดสอบไว้ 7 วันและ 28 วัน จึงนำมาหากำลังอัด จากการทดสอบปูนฉาบสูตรที่ 7 ให้กำลังอัดดีระหว่าง 34.73-41.67 กก./ตร.ซม. และ 37.03-43.97 กก./ตร.ซม. เพราะมีอัตราส่วนผสมที่ดีคือ เถ้าแกลบ 50 ปูนขาว 10 ปูนซีเมนต์ซิลิกา 40

การทดสอบความต้านทานแรงดึง ผลการทดสอบพบว่าสูตรที่ 7 เป็นสูตรที่ดีอันดับหนึ่ง สูตรที่ 8 และสูตรที่ 6 รองลงมา โดยการทดสอบต้องบ่มชิ้นทดสอบไว้ 7 วันกับ 28 วัน และนำมาหาความต้านทานแรงดึง จากการทดสอบปูนฉาบสูตรที่ 7 มีความต้านทานแรงดึงสูงระหว่าง 83.53-90.47 กก./ตร.ซม. และ 86.93-93.87 กก./ตร.ซม. เพราะสารเฉื่อยที่ผสมลงไปในปูนฉาบมีอัตราส่วนที่ดีกว่าสูตรอื่น

การทดสอบหาการดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว การไหลสื่น ผลการทดสอบพบว่าสูตรที่ 7 เป็นสูตรที่ดีอันดับหนึ่ง สูตรที่ 8 และสูตรที่ 6 รองลงมา

จากการทดสอบสูตรที่ 7 มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 11.45-18.25 ระยะการก่อตัวอยู่ระหว่าง 26.40-33.60/45 (มม./นาที) และการไหลสื่นอยู่ระหว่างร้อยละ 104.60-111.40 ซึ่งได้นำมาเปรียบเทียบกับสูตรอัตราส่วนผสมเดิมที่บ่ม 7 และ 28 วัน จากการทดสอบพบว่า มีค่าการรับกำลังอัดอยู่ระหว่าง 41.15-47.95 และ 54.90-61.70 กก./ตร.ซม. ส่วนความต้านทานแรงดึงมีค่าอยู่ระหว่าง 97.75-104.55 และ 109.60-116.40 กก./ตร.ซม. ดูดซึมน้ำร้อยละ 10.24-16.24 ระยะการก่อตัว 26.30-30.30/45 (มม./นาที) และการไหลสื่นร้อยละ 105.00-108.00

<u>การอภิปรายผล</u>

การทดสอบหากำลังอัดของปูนฉาบ ความต้านทานแรงดึง ระยะการก่อตัว การดูดซึมน้ำ และการไหลสื่น ชิ้นทดสอบที่บ่ม 3 วัน ไม่สามารถนำมาทดสอบได้เพราะสารเฉื่อยพวกซิลิกา แคลเซี่ยมคาร์บอเนตสูงกว่าอัตราส่วนผสมเดิมที่ใช้ปูนซีเมนต์ตราเสือในงานปูนฉาบซึ่งปูนที่มีสารเฉื่อยผสมอยู่จะต้องให้เวลาในการบ่มเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดชั่นในเนื้อปูนค่อย ๆ ก่อตัว และเพิ่มกำลังอัดส่วนแรงดึงนั้น กรมวิทยาศาสตร์ (2523 : 35) ได้ทดสอบเปรียบเทียบระหว่างเถ้าแกลบกับปูนขาว และทรายกับปูนขาว พบว่าซิลิกาในทรายกับแคลเซียมคาร์บอเนตในปูนขาวมีสารเฉื่อยมาก และไม่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันอีกทั้งมีความพรุนตัวสูง ส่วนเถ้าแกลบกับปูนขาวเมื่อรวมตัวกันเป็นปูนซีเมนต์กลายเป็นไดแคลเซี่ยมซิลิเกต ($2\ CaO\ SiO_2$) ซึ่งให้กำลังอัดและแรงดึงมากกว่า

การทดสอบชิ้นทดสอบที่บ่มถึง 7 และ 28 วัน สามารถนำมาทดสอบหากำลังอัด ความต้านทานแรงดึง การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว และการไหลสื่นนั้นมีการก่อตัวดี สามารถทดสอบได้ตามเกณฑ์ของกรมวิทยาศาสตร์ (2523 : 35)

กำลังอัด อัตราส่วนผสมเดิม ใช้ปูนฉาบในอัตราส่วน 1 : 3 คือ ปูนซีเมนต์ตราเสือ 1 ส่วน และทรายละเอียด 3 ส่วน สำหรับปูนฉาบสูตรที่ 7 ของงานทดลองประกอบด้วยเถ้าแกลบ 50 ปูนขาว 10 และปูนซีเมนต์ซิลิกา 40 คิดเป็น 1 ส่วน ผสมกับทรายละเอียด 3 ส่วน สังกะสีซัลเฟต 0.3 จากการทดสอบซีเมนต์มอร์ตา ASTM Designation C-230 พบว่า อัตราส่วนผสมเดิมนั้นชิ้นทดสอบที่บ่ม 7 วันสามารถรับกำลังอัดได้ 41.15-47.95 กก./ตร.ซม. และชิ้นทดลองที่บ่ม 28 วันรับกำลังอัดได้ 54.90-61.70 กก./ตร.ซม. สูตรที่ 7 ที่ใช้ในการทดลองพบว่า 7 วัน สามารถรับกำลังอัดได้ 34.73-41.67 กก./ตร.ซม. และ 28 วันสามารถรับกำลังอัดได้ 37.03-43.47 กก./ตร.ซม. ผลการทดลองรับกำลังอัดสูตรที่ 7 ปรากฏว่ามีกำลังอัดต่ำกว่าอัตราส่วนผสมเดิมที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ โดยกำลังอัดสูตรที่ 7 บ่ม 7 วันต่ำกว่าสูตรอัตราส่วนผสมเดิมอยู่ร้อยละ 19.98 และชิ้นทดสอบที่บ่ม 28 วันกำลังอัดต่ำกว่าสูตรอัตราส่วนผสมเดิมร้อยละ 27.12 นอกจากนั้นผลการทดลองพบว่าการบ่มนานวันด้วยการควบคุมความชื้นตามมาตรฐาน ASTM ซึ่งถ้าอัตราส่วนผสมมีความพรุนตัวเหมือนสูตรที่ 7 กำลังรับแรงอัดอาจลดลงได้เหมือนกับการบ่ม28 วัน และถ้าซีเมนต์ที่ใช้ทำงานปูนฉาบขาด สารเคมีบางตัวที่เป็นองค์ประกอบดังตารางเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของปูนฉาบอัตราส่วนผสมเดิม กับปูนฉาบสูตรที่ 7 (หน้าที่ 111) ในเรื่องการรับแรงแล้วเช่น ถ้าอลูมินาต่ำ แคลเซี่ยมคาร์บอเนตต่ำ เฟอร์ริกออกไซด์ต่ำ ก็จะส่งผลต่อการรับแรงอัดและความต้านทานแรงดึง

ความต้านทานแรงดึง อัตราส่วนผสมเดิมมีความต้านทานแรงดึง บ่ม 7 วัน ได้ 97.75-104.55 กก./ตร.ซม. และบ่ม 28 วันมีความต้านทานแรงดึงได้ 109.60-116.40 กก./ตร.ซม. สูตรที่ 7 ที่ใช้ทดลองพบว่า บ่ม 7 วันมีความต้านทานแรงดึง 83.53-90.47 กก./ตร.ซม. และบ่ม 28 วันมีความต้านทานแรงดึง 86.93-93.87 กก./ตร.ซม. การทดลองพบว่า ความต้านทานแรงดึงสูตรที่ 7 ใช้ในการทดลองมีความต้านทานแรงดึงต่ำกว่าอัตราส่วนผสมเดิมที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ โดยความต้านทานแรงดึงสูตรที่ 7 บ่ม 7

วันต่ำกว่าสูตรอัตราส่วนผสมเดิมร้อยละ 94.58 บ่ม 28 วัน ความต้านทานแรงดึงต่ำกว่าสูตรอัตราส่วนผสมเดิมอยู่ร้อยละ 109.26

การดูดซึมน้ำ อัตราส่วนผสมเดิมมีการดูดซึมน้ำร้อยละ 10.24-16.24 สูตรที่ 7 ที่ใช้ในการทดลอง มีการดูดซึมน้ำได้ร้อยละ 11.45-18.25 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการดูดซึมน้ำของสูตรที่ 7 มีความแตกต่างกับอัตราส่วนผสมเดิม คิดเป็นร้อยละ 2.96 ชี้ให้เห็นว่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าอัตราส่วนผสมเดิม เนื่องจากสูตรที่ 7 มีความพรุนตัวสูง เพราะว่ามีโซเดียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมต่ำ ซัลเฟตสูง

ระยะการก่อตัว อัตราส่วนผสมเดิมมีระยะการก่อตัว 26.30-30.30/45 (มม./นาที) สูตรที่ 7 ที่ใช้ในการทดลองมีระยะการก่อตัว 26.40-33.60 การทดลองบ่งชี้ว่าระยะการก่อตัวจะเท่ากับอัตราส่วนผสมเดิมในช่วงระยะการก่อตัวค่าต่ำสุด

การไหลลื่น ตามอัตราส่วนผสมเดิม มีการไหลลื่นร้อยละ 105.00-108.00 และสูตรที่ 7 ที่ใช้ในการทดลองพบว่า มีการไหลลื่นร้อยละ 104.60-111.40 จากผลการทดลองพบว่าการไหลลื่นได้เท่ากับอัตราส่วนผสมเดิม ในช่วงระยะการไหลลื่นค่าต่ำสุด

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาคุณภาพปูนฉาบเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการที่เป็นการเพิ่มเติมจากกระบวนการวิจัย อาจทำได้โดย

1.1 ควรเพิ่มสารแคลเซียมลงไปโดยเพิ่มปูนขาว เพื่อให้เกิดความแข็งแรงกำลังอัดจะสูงขึ้น

1.2 ควรเพิ่มสารเฟอร์ริกออกไซด์ โดยเพิ่มวัสดุผสมอื่น เช่น ดินลูกรังบดละเอียดเพื่อให้เนื้อปูนเกิดความแข็งแรง มีกำลังอัดสูง แรงดึงสูง

1.3 อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจากการวิจัยครั้งนี้ เหมาะที่จะนำไปใช้ในท้องถิ่นที่มีวัสดุอยู่เพื่อเป็นการประหยัด

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ทดลองเพิ่มสารแคลเซี่ยมคาร์บอเนตเพื่อดูการไหลสื่น การรับแรงอัด การหดตัว

2.2 ทดลองใช้วัสดุอื่นนอกเหนือจากขี้เถ้าแกลบ เพื่อหาค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปูนฉาบ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

"การทำซีเมนต์จากเถ้าแกลบ," ใน รายงานกิจกรรมกรมวิทยาศาสตร์บริการ เล่ม 38. หน้า 32-35. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว, 2523.

จันทิรา ชัยมงคล. อนินทรียเคมี ทฤษฎี-โครงสร้าง. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2523.

ปริญญา จินดาประเสริฐ. "ปูนซีเมนต์เถ้าแกลบ," วารสารวิชาการที่อยู่อาศัย. 3(1) : 81-91; กันยายน 2529.

ประณต กุลประสูตร. เทคนิคงานปูน-คอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2536.

นิพัทธ์ เจียมประเสริฐ. งานพระราชทานเพลิงศพนายนิพัทธ์ เจียมประเสริฐ. กรุงเทพฯ : อักษรไทย, 2524.

พงศ์พัน วรสุนทโรสถ. วัสดุก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : เอช-เอนการพิมพ์, 2535.

พิภพ สุนทรสมัย. วัสดุวิศวกรรมการก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : เอช-เอนการพิมพ์, 2530.

วัชระ ทองเจริญ และคนอื่น ๆ. "การผลิตและการทดสอบคุณสมบัติบางประการของซีเมนต์เถ้าแกลบ," วารสารสงขลานครินทร์. 8(4) : 2529.

วินิต ช่อวิเชียร. การคอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : ห้างฯ ป.สัมพันธ์พาณิชย์, 2529.

วิวัฒน์ คลังวิจิตร. ผลงานวิจัยเรื่อง การทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำวัสดุแผ่นทดแทนไม้จากวัสดุ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าแกลบ ปูนขาว และใยมะพร้าวหรือใยผักตบชวา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2525.

วิทยาศาสตร์, กรม. รายงานกิจกรรมของกรมวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์, 2517.

ส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรม. การเพิ่มผลผลิต. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2518.

สุพิชา วัฒโน. "คุณภาพและสิ่งทำลายคุณภาพของปูนฉาบ," วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 4(1) : 41-45; มกราคม-เมษายน 2532.

สุรศักดิ์ รักสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพาณิชย์, 2531.

อนุชิต กิจสวัสดิ์. วิทยาศาสตร์สำหรับประชาชน ครั้งที่ 411. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2529.

อรุณ ชัยเสรี. การวิบัติของอาคารสาเหตุและการแก้ไข. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2534.

อุดมวิทย์ กาญจนวรงค์. ปฏิบัติงานคอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : สยามสปอร์ต ซินดิเคท, 2537.

American Society For Testing And Materials, 1992 Annual Book of ASTM Standards., ASTM Publication, phila., Pa 1992.

Van Oss, J.F. Materials and Technology. 2nd ed. Amsterdam : De Bussy Ellerman Harms M.V., 1971.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ตอน ก.

กองวิจัยและทดลอง
กรมชลประทาน

ว.ท. 3-07
มี.ค. 2551)

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของปูนซีเมนต์

งานทดลองคอนกรีตและวัสดุก่อสร้าง วันที่ _____
สำคัญงานที่ _____ ผู้ทดสอบ _____
โครงการ _____ ผู้ตรวจสอบ _____

		การพิจารณาคุณสมบัติ ผ่าน/ไม่ผ่าน
1. ความต้านทานแรงอัด		ค่าเฉลี่ย - ไม่น้อยกว่า
อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2})	97.75 – 104.55	
อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	109.60 – 116.40	
2. การสูญเสียน้ำ		ไม่มากกว่า
(ร้อยละ)	10.24 – 16.24	
3. ระยะเวลาการก่อตัว		
3.1 ทดสอบแบบกิลโมร์		ไม่น้อยกว่า
การก่อตัวระยะต้น (ชั่วโมง : นาที)	–	
การก่อตัวระยะปลาย (ชั่วโมง : นาที)	–	ไม่มากกว่า
3.2 ทดสอบแบบไวแคต		ไม่น้อยกว่า
การเริ่มก่อตัว (ชั่วโมง : นาที)	26.30 – 30.30/45	
4. การไหลจืนของน้ำยา		ไม่น้อยกว่า
(ร้อยละ)	105.00 – 108.00	
5. แรงอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้า 2 นิ้ว		ไม่น้อยกว่า
อายุ 1 วัน (กก./ซม.^{2})	–	
อายุ 3 วัน (กก./ซม.^{2})	–	
อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2})	41.15 – 44.95	
อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	54.90 – 61.70	

กองวิจัยและทดลอง
กรมชลประทาน

ว.ท. 3-07
(มี.ค.253

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของปูนซีเมนต์

งานทดลองคอนกรีตและวัสดุก่อสร้าง วันที่ _____
ลำดับงานที่ ครั้ง 1 ผู้ทดสอบ ณัฐดา สิงห์โต
โครงการ ทดสอบคุณสมบัติทางเหมือนกัน ผู้ตรวจสอบ _____

		การปรับปรุงแก้ไข ปูนฉาบ
1. การต้านทานแรงดึง อายุ 7 วัน (กก/ซม.^{2}) อายุ 28 วัน (กก/ซม.^{2})	 1.21 – 6.49 1.21 – 6.49	ค่าเฉลี่ย - ไม่น้อยกว่า
2. การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	 18.00 – 26.00	ไม่มากกว่า
3. ระยะเวลาการก่อตัว 3.1 ทดสอบแบบกิลโมร์ การก่อตัวระยะต้น (ชั่วโมง : นาที) การก่อตัวระยะปลาย (ชั่วโมง : นาที) 3.2 ทดสอบแบบไวแคต การเริ่มก่อตัว (ชั่วโมง : นาที)	 – – 34.00 – 40.00/45	ไม่น้อยกว่า ไม่มากกว่า ไม่น้อยกว่า
4. การไหลลื่นของปูนฉาบ (ร้อยละ)	 98.00 – 106.00	ไม่น้อยกว่า
5. แรงอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้า 2 นิ้ว อายุ 1 วัน (กก./ซม.^{2}) อายุ 3 วัน (กก./ซม.^{2}) อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2}) อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	 – – 0.75 – 8.45 1.30 – 9.30	ไม่น้อยกว่า

กองวิจัยและทดลอง
กรมชลประทาน

ว.ท. 3-07
(มี.ค.2531)

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของปูนซีเมนต์

งานทดลองคอนกรีตและวัสดุก่อสร้าง วันที่ _____

ลำดับงานที่ สระ 2 ผู้ทดสอบ [illegible]

โครงการ [illegible] ผู้ตรวจสอบ [illegible]

		การพิจารณาคุณสมบัติปูนซีเมนต์
1. การต้านทานแรงอัด		ค่าเฉลี่ย - ไม่น้อยกว่า
อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2})	1.19 – 8.59	
อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	1.59 – 8.99	
2. การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	16.30 – 23.70	ไม่มากกว่า
3. ระยะเวลาการก่อตัว		
3.1 ทดสอบแบบกิลโมร์		ไม่น้อยกว่า
การก่อตัวระยะต้น (ชั่วโมง : นาที)	–	
การก่อตัวระยะปลาย (ชั่วโมง : นาที)	–	ไม่มากกว่า
(3.2) ทดสอบแบบไวแคต		ไม่น้อยกว่า
การเริ่มก่อตัว (ชั่วโมง : นาที)	31.80 – 39.20/45	
4. การไหลวิ่นของปูนฉาบ (ร้อยละ)	105.30 – 112.70	ไม่น้อยกว่า
5. แรงอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้า 2 นิ้ว		ไม่น้อยกว่า
อายุ 1 วัน (กก./ซม.^{2})	–	
อายุ 3 วัน (กก./ซม.^{2})	–	
อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2})	1.46 – 5.64	
อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	1.76 – 5.64	

กองวิจัยและทดลอง
กรมชลประทาน

ว.ท. 3-07
(มี.ค.2531)

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของปูนซีเมนต์

งานทดลองคอนกรีตและวัสดุก่อสร้าง วันที่ _____
ลำดับงานที่ ลูกที่ 3 ผู้ทดสอบ _____
โครงการ _____ ผู้ตรวจสอบ _____

		การทดสอบตามมาตรฐานปูนฉาบ
1. การต้านทานแรงอัด อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2}) อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	26.96 – 34.16 31.61 – 38.81	ค่าเฉลี่ย - ไม่น้อยกว่า
2. การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	15.3% – 22.5%	ไม่มากกว่า
3. ระยะเวลาการก่อตัว 3.1 ทดสอบแบบกิลโมร์		
การก่อตัวระยะต้น (ชั่วโมง : นาที)	—	ไม่น้อยกว่า
การก่อตัวระยะปลาย (ชั่วโมง : นาที)	—	ไม่มากกว่า
3.2 ทดสอบแบบไวแคต การเริ่มก่อตัว (ชั่วโมง : นาที)	29.40 – 36.60/45	ไม่น้อยกว่า
4. การไหลลื่นของปูนฉาบ (ร้อยละ)	100.40 – 104.60	ไม่น้อยกว่า
5. แรงอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้า 2 นิ้ว		ไม่น้อยกว่า
อายุ 1 วัน (กก./ซม.^{2})	—	
อายุ 3 วัน (กก./ซม.^{2})	—	
อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2})	11.30 – 18.50	
อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	11.34 – 18.54	

กองวิจัยและทดลอง
กรมชลประทาน

ว.ท. 3-07
(มี.ค.2531)

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของปูนซีเมนต์

งานทดลองคอนกรีตและวัสดุก่อสร้าง วันที่ _____
ลำดับงานที่ ๕๙๔ ผู้ทดสอบ ชลิดา สินธะโสภา
โครงการ ศึกษาคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ ผู้ตรวจสอบ _____

		การทดสอบตามคุณสมบัติปูนซีเมนต์
1. ความต้านทานแรงดึง อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2}) อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	 2.24 – 4.96 15.30 – 22.50	ค่าเฉลี่ย – ไม่น้อยกว่า
2. การกักกันน้ำ (ร้อยละ)	16.39 – 23.39	ไม่มากกว่า
3. ระยะเวลาการก่อตัว		
3.1 ทดสอบแบบกิลโมร์		
การก่อตัวระยะต้น (ชั่วโมง : นาที)	–	ไม่น้อยกว่า
การก่อตัวระยะปลาย (ชั่วโมง : นาที)	–	ไม่มากกว่า
3.2 ทดสอบแบบไวแคต		
การเริ่มก่อตัว (ชั่วโมง : นาที)	30.50 – 34.50/45	ไม่น้อยกว่า
4. การไหลลื่นของปูนฉาบ (ร้อยละ)	112.50 – 119.50	ไม่น้อยกว่า
5. แรงอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้า 2 นิ้ว		
อายุ 1 วัน (กก./ซม.^{2})	–	ไม่น้อยกว่า
อายุ 3 วัน (กก./ซม.^{2})	–	
อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2})	11.10 – 18.30	
อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	10.86 – 19.06	

กองวิจัยและทดลอง
กรมชลประทาน

ว.ท. 3-07
(มี.ค. 2531)

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของปูนซีเมนต์

งานทดลองคอนกรีตและวัสดุก่อสร้าง วันที่ _____
ลำดับงานที่ 5/25 ผู้ทดสอบ อ๊อด ทิมะโรจ
โครงการ ทดสอบคุณภาพปูนซีเมนต์ ผู้ตรวจสอบ _____

		การพิจารณาคุณสมบัติ ผ่านเกณฑ์
1. ความต้านทานแรงดึง		ค่าเฉลี่ย - ไม่น้อยกว่า
อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2})	43.40 – 51.10	
อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	44.40 – 51.80	
2. การคืนตัว (ร้อยละ)	13.90 – 21.10	ไม่มากกว่า
3. ระยะเวลาการก่อตัว		
3.1 ทดสอบแบบกิลโมร์		
การก่อตัวระยะต้น (ชั่วโมง : นาที)	–	ไม่น้อยกว่า
การก่อตัวระยะปลาย (ชั่วโมง : นาที)	–	ไม่มากกว่า
3.2 ทดสอบแบบไวแคต		
การเริ่มก่อตัว (ชั่วโมง : นาที)	28.40 – 35.60/45	ไม่น้อยกว่า
4. การไหลลื่นของปูนฉาบ (ร้อยละ)	108.40 – 115.90	ไม่น้อยกว่า
5. แรงอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้า 2 นิ้ว		
อายุ 1 วัน (กก./ซม.^{2})	–	ไม่น้อยกว่า
อายุ 3 วัน (กก./ซม.^{2})	–	
อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2})	24.30 – 34.40	
อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	31.10 – 38.50	

กองวิจัยและทดลอง
กรมชลประทาน

ว.ท. 3-07
(มี.ค.2551)

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของปูนซีเมนต์

งานทดลองคอนกรีตและวัสดุก่อสร้าง วันที่ _____
ลำดับงานที่ 6 ผู้ทดสอบ วิชัย สินธะโยธา
โครงการ ทดสอบคุณสมบัติปูนซีเมนต์ ผู้ตรวจสอบ _____

		การทดสอบตามคุณสมบัติปูนซีเมนต์
1. ความต้านทานแรงอัด		ค่าเฉลี่ย - ไม่น้อยกว่า
อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2})	52.80-60.80	
อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	55.09-62.09	
2. การคืนน้ำ (ร้อยละ)	13.84-20.84	ไม่มากกว่า
3. ระยะเวลาการก่อตัว		
3.1 ทดสอบแบบกิลโมร์		
การก่อตัวระยะต้น (ชั่วโมง : นาที)	—	ไม่น้อยกว่า
การก่อตัวระยะปลาย (ชั่วโมง : นาที)	—	ไม่มากกว่า
3.2 ทดสอบแบบไวแคต		
การเริ่มก่อตัว (ชั่วโมง : นาที)	28.00-35.00/45	ไม่น้อยกว่า
4. การไหลจืนของปูนฉาบ (ร้อยละ)	110.50-114.50	ไม่น้อยกว่า
5. แรงอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้า 2 นิ้ว		ไม่น้อยกว่า
อายุ 1 วัน (กก./ซม.^{2})	—	
อายุ 3 วัน (กก./ซม.^{2})	—	
อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2})	21.40-28.40	
อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	28.28-30.28	

กองวิจัยและทดลอง
กรมชลประทาน

ว.ท. 3-07
(มี.ค.2531)

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของปูนซีเมนต์

งานทดลองคอนกรีตและวัสดุก่อสร้าง วันที่ _____
ลำดับงานที่ ชุด 7 ผู้ทดสอบ วิชัย สิมะโรจน์
โครงการ ทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของปูน ผู้ตรวจสอบ _____

		การทดสอบหาคุณสมบัติ ตามมาตรฐาน
1. ความต้านทานแรงอัด อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2}) อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	83.53 – 90.47 86.93 – 93.87	ค่าเฉลี่ย – ไม่น้อยกว่า
2. การคืนน้ำ (ร้อยละ)	11.45 – 18.85	ไม่มากกว่า
3. ระยะเวลาการก่อตัว 3.1 ทดสอบแบบกิลโมร์ การก่อตัวระยะต้น (ชั่วโมง : นาที) การก่อตัวระยะปลาย (ชั่วโมง : นาที)	– –	ไม่น้อยกว่า ไม่มากกว่า
(3.2) ทดสอบแบบไวแคต การเริ่มก่อตัว (ชั่วโมง : นาที)	26.40 – 33.60/45	ไม่น้อยกว่า
4. การไหลสีนของปูนฉาบ (ร้อยละ)	104.60 – 111.40	ไม่น้อยกว่า
5. แรงอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้า 2 นิ้ว อายุ 1 วัน (กก./ซม.^{2}) อายุ 3 วัน (กก./ซม.^{2}) อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2}) อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	– – 24.48 – 41.67 34.03 – 43.97	ไม่น้อยกว่า

กองวิจัยและทดลอง
กรมชลประทาน

ว.ท. 3-07
(มี.ค.2531)

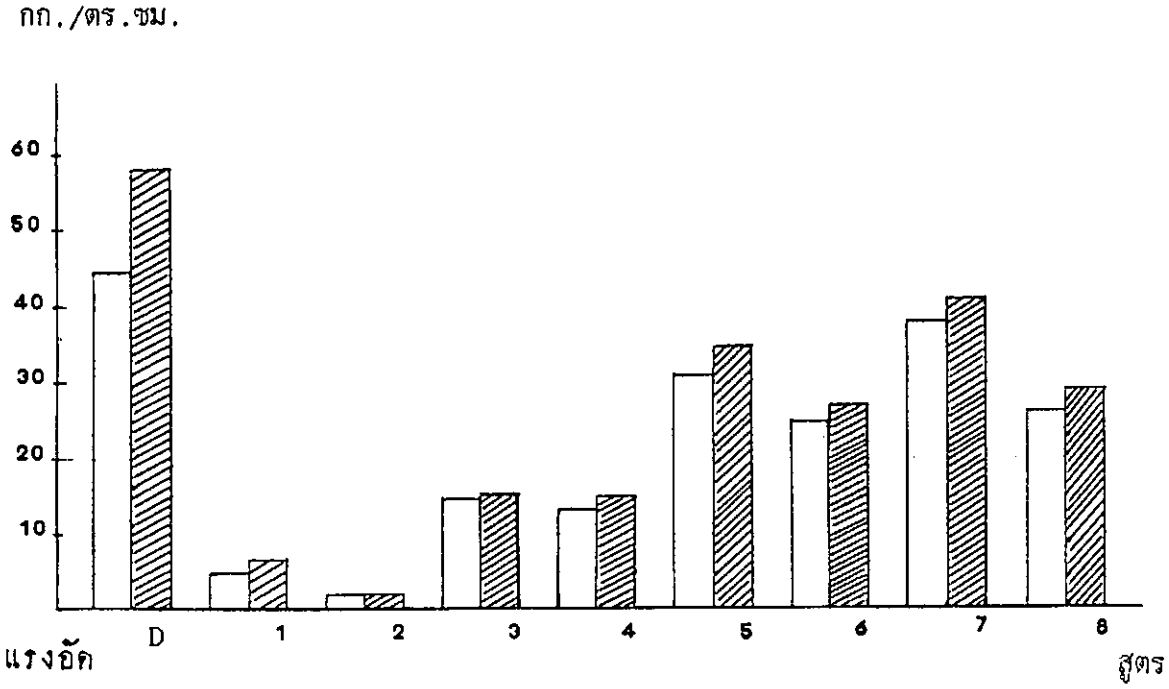
คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของปูนซีเมนต์

งานทดลองคอนกรีตและวัสดุก่อสร้าง วันที่ _____
ลำดับงานที่ ____ ผู้ทดสอบ ____
โครงการ ____ ผู้ตรวจสอบ ____

		การทดสอบตามคุณสมบัติปูนซีเมนต์
1. ความต้านทานแรงอัด		ค่าเฉลี่ย - ไม่น้อยกว่า
อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2})	64.42 - 74.38	
อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	78.82 - 85.48	
2. การคืนตัว (ร้อยละ)	12.52 - 19.48	ไม่มากกว่า
3. ระยะเวลาการก่อตัว		
3.1 ทดสอบแบบกิลโมร์		ไม่น้อยกว่า
การก่อตัวระยะต้น (ชั่วโมง : นาที)	—	
การก่อตัวระยะปลาย (ชั่วโมง : นาที)	—	ไม่มากกว่า
(3.2) ทดสอบแบบไวแคต		ไม่น้อยกว่า
การเริ่มก่อตัว (ชั่วโมง : นาที)	24.60 - 34.48/45	
4. การไหลสีของปูนซีเมนต์ (ร้อยละ)	112.52 - 119.48	ไม่น้อยกว่า
5. แรงอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้า 2 นิ้ว		ไม่น้อยกว่า
อายุ 1 วัน (กก./ซม.^{2})	—	
อายุ 3 วัน (กก./ซม.^{2})	—	
อายุ 7 วัน (กก./ซม.^{2})	23.02 - 29.98	
อายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	25.03 - 31.99	

ภาคผนวก

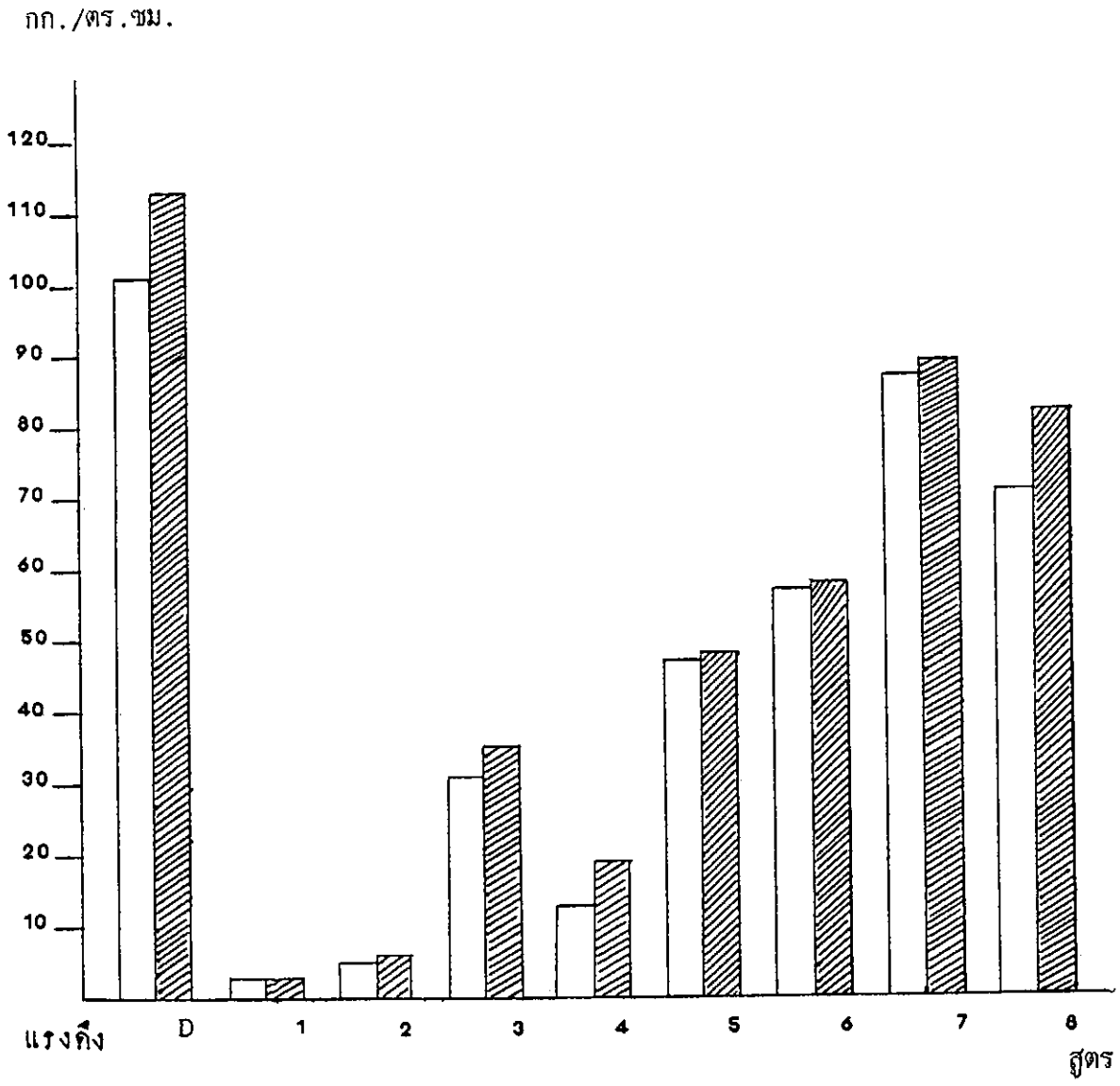
ตอน ข.



ภาพประกอบ 12 การวิเคราะห์หากำลังอัดของปูนฉาบสูตรที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน

7 วัน

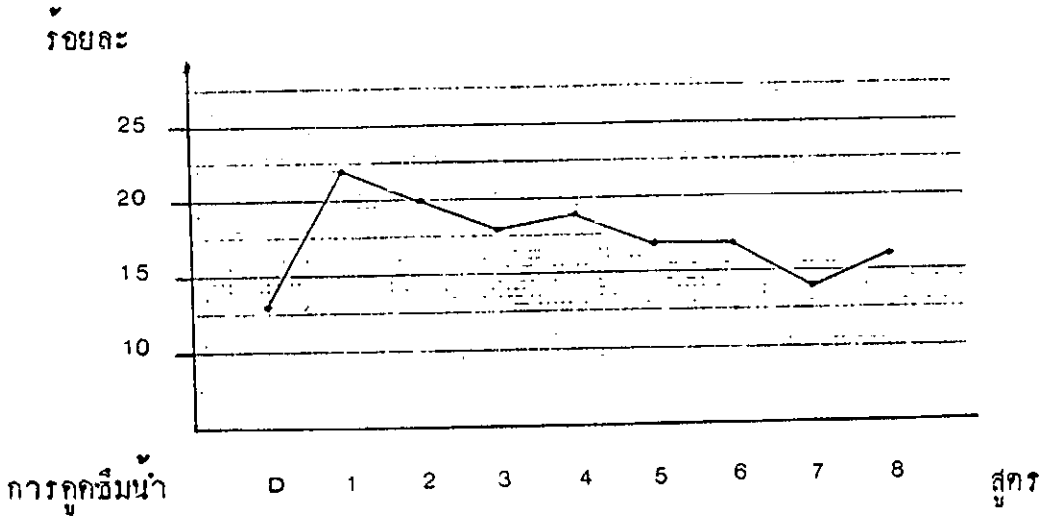
28 วัน



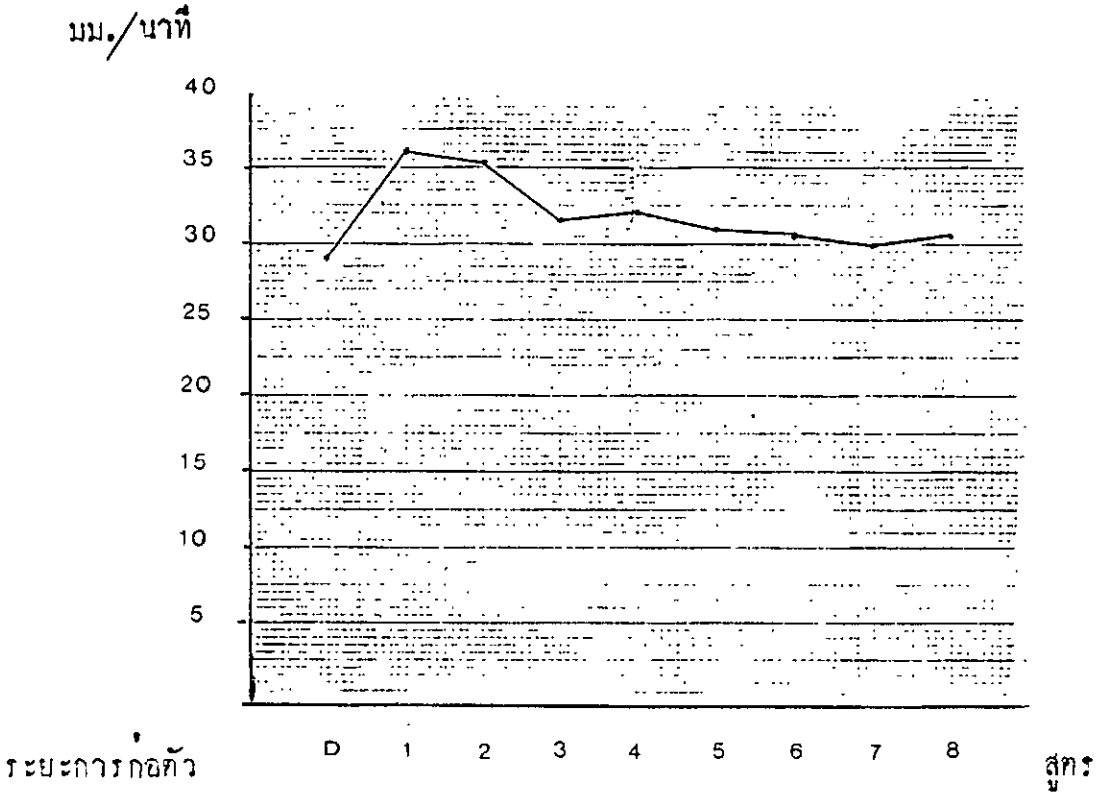
ภาพประกอบ 13 การวิเคราะห์หาความต้านทานแรงดึงของปูนฉาบสูตรที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน

7 วัน

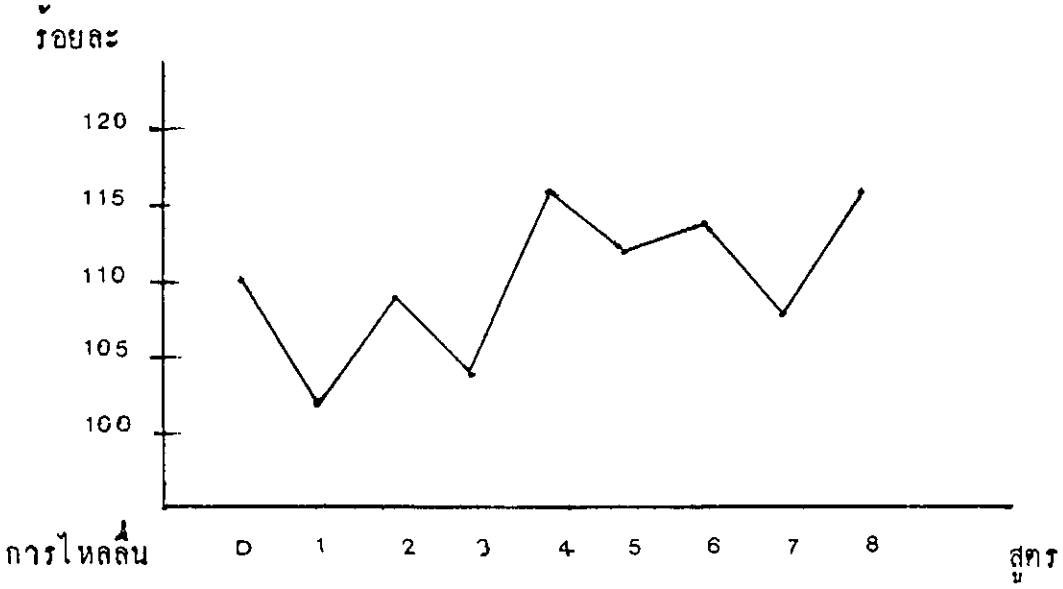
28 วัน



ภาพประกอบ 14 การวิเคราะห์หาการดูดซึมน้ำของปูนฉาบสูตรที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน



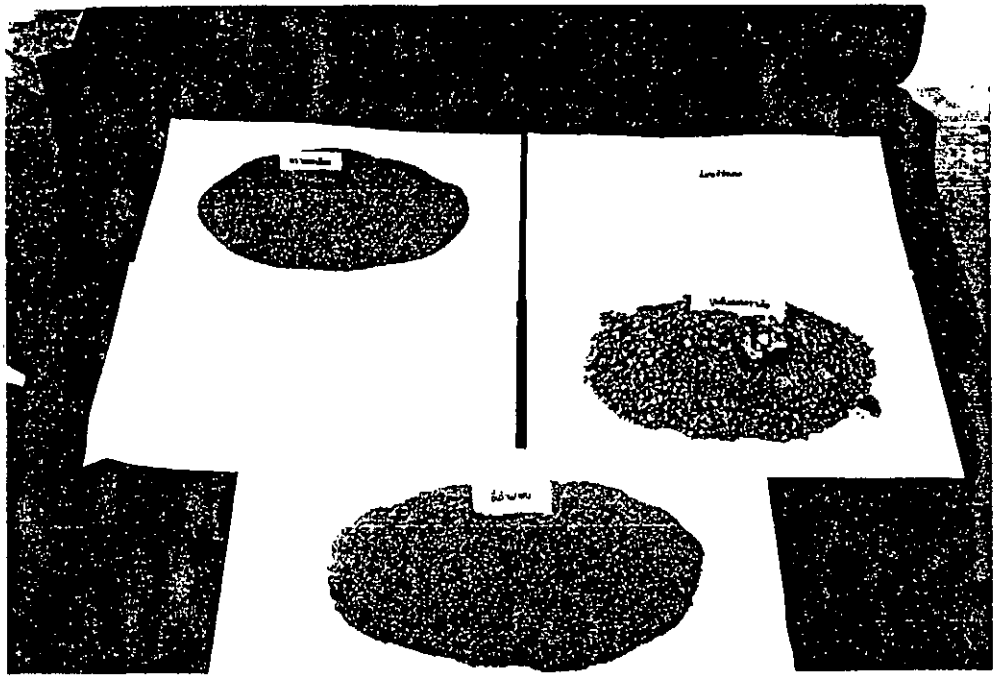
ภาพประกอบ 15 การวิเคราะห์หาระยะการก่อตัวของปูนฉาบสูตรที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน



ภาพประกอบ 16 การวิเคราะห์หาการไหลลื่นของปูนฉาบที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน

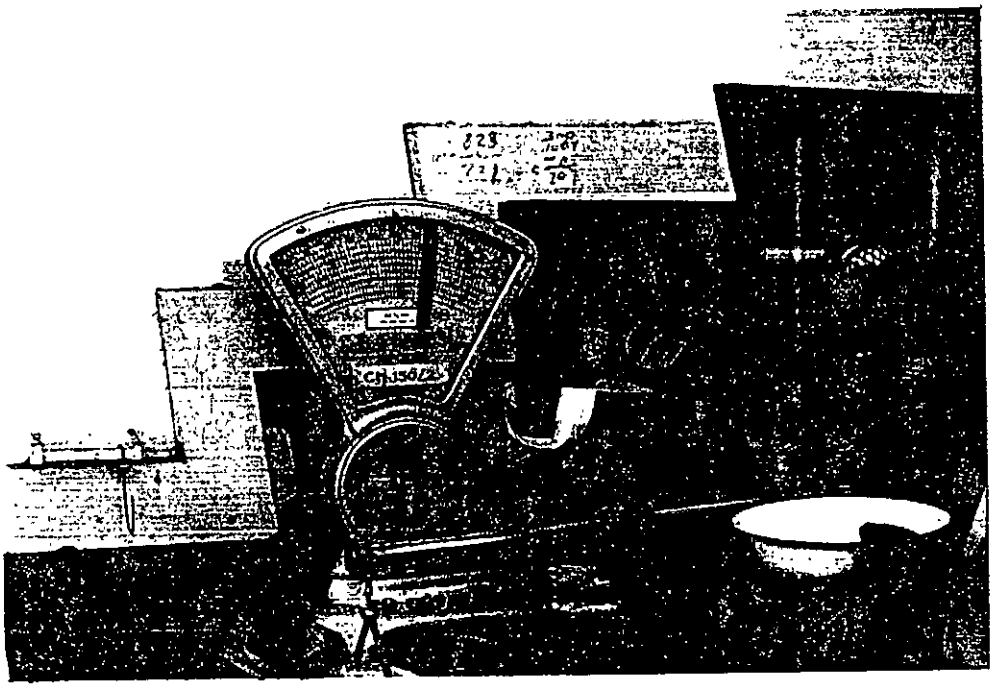
ภาคผนวก

ตอน ค.

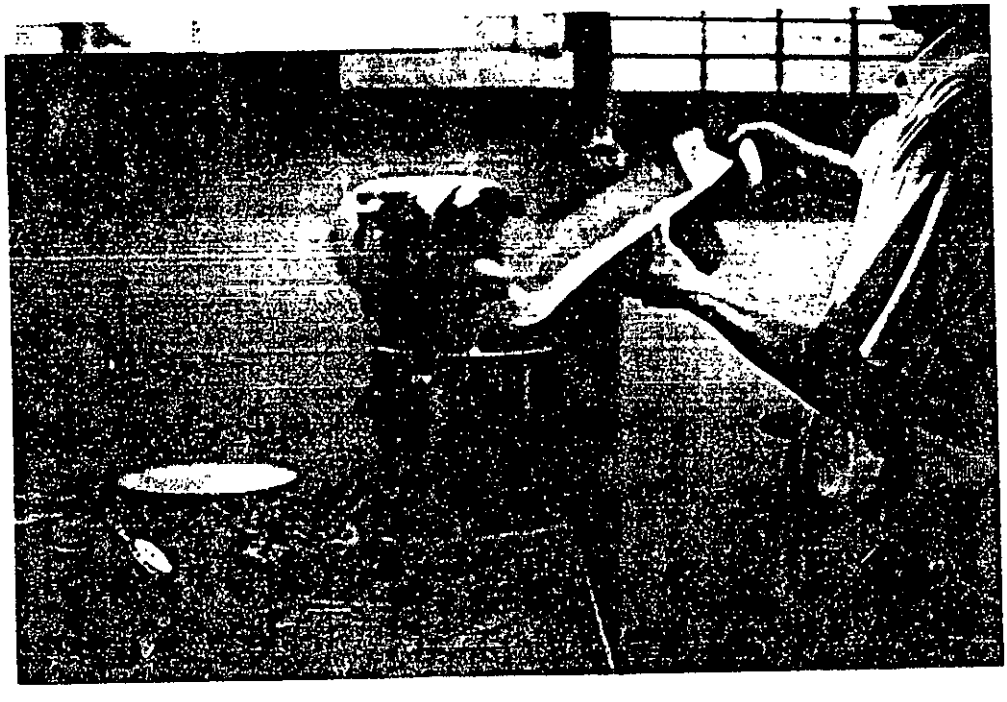


ภาพประกอบ 17 แสดงวัสดุในงานปูนฉาบได้แก่ เถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ตราเสือ สังกะสีซัลเฟต ทรายละเอียด

ภาพประกอบ 18 การร่อนวัสดุที่ใช้ผสมด้วยตะแกรง 150 เมท

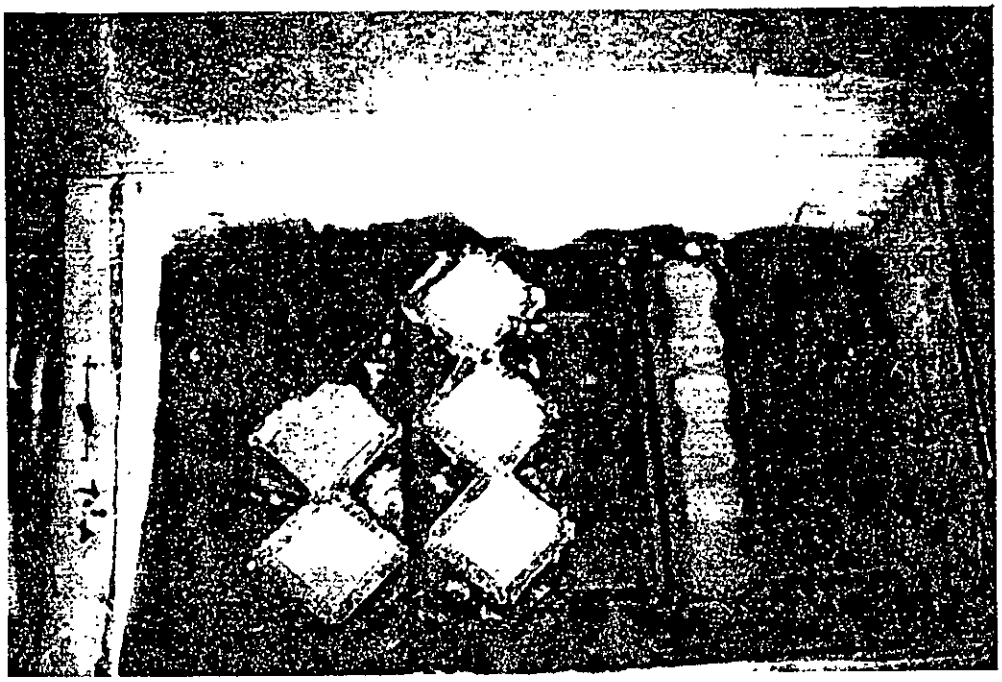


ภาพประกอบ 19 การชั่งวัสดุที่ใช้ในงานปูนฉาบ

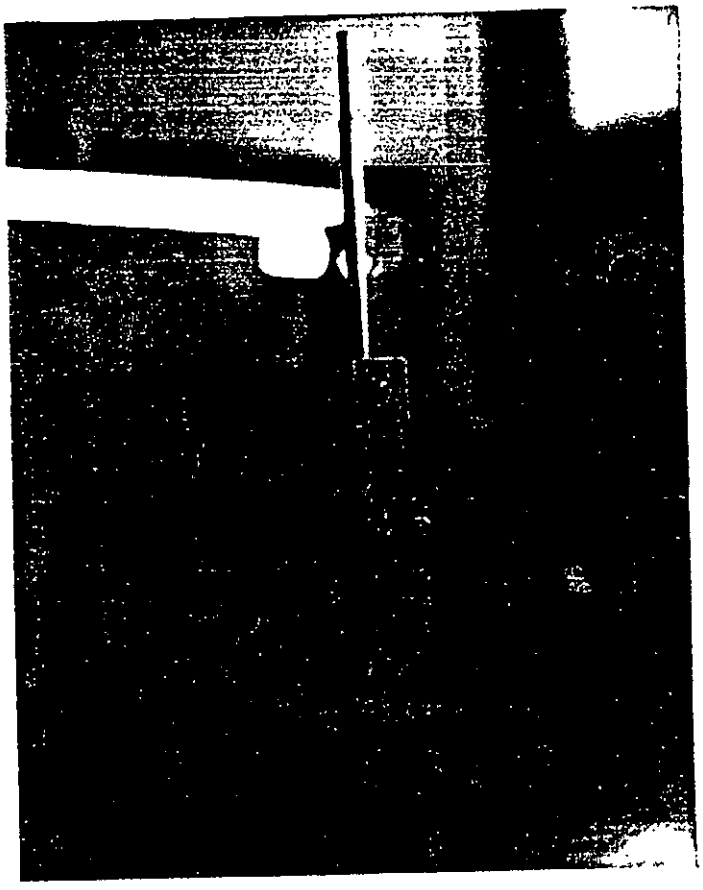


ภาพประกอบ 20 การใส่วัสดุผสมลงในอ่างผสมวัสดุ

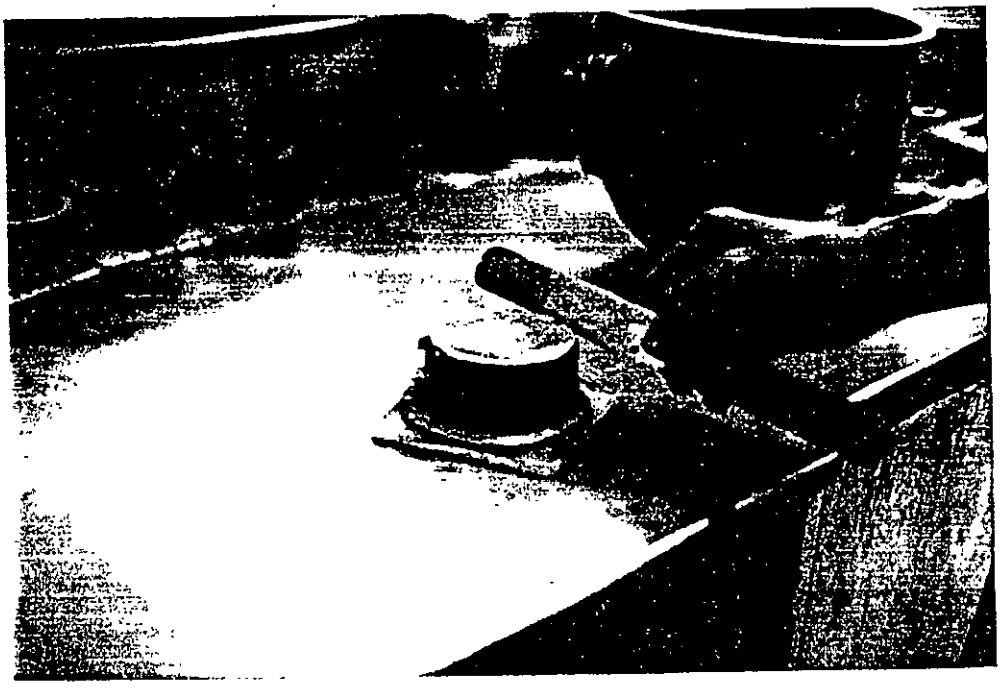
ภาพประกอบ 21 การเทวัสดุลงในอ่างผสมเพื่อทำปูนฉาบ



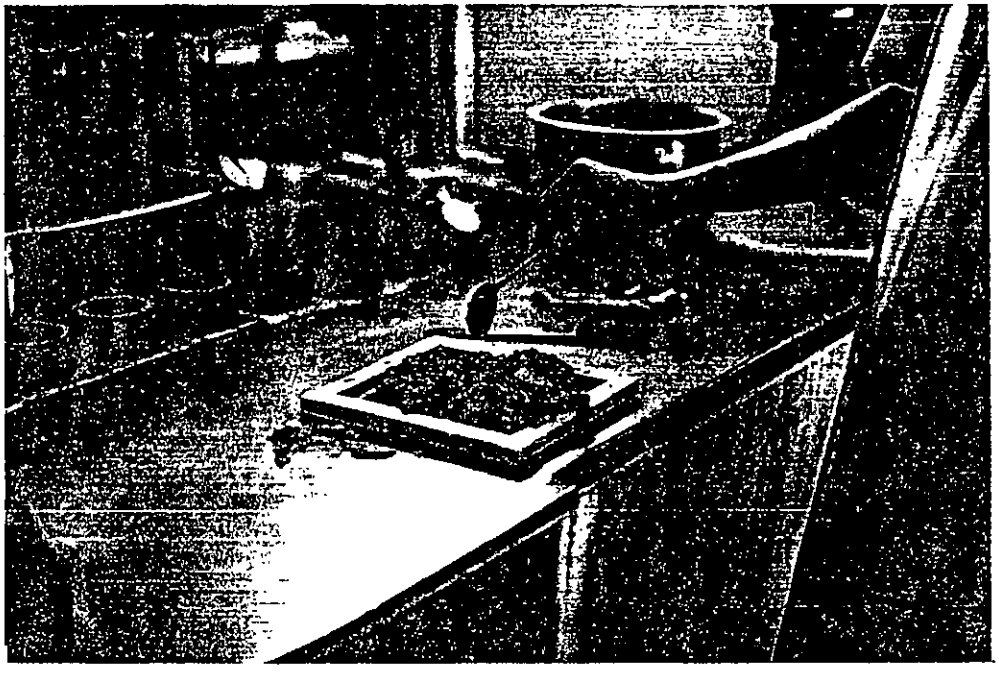
ภาพประกอบ 22 ชิ้นทดลองแรงอัด และชิ้นทดลองความต้านทานแรงดึง ขณะที่อยู่ในแบบ



ภาพประกอบ 23 การทดสอบระยะการก่อตัวด้วยเครื่องมือ ไว แคต

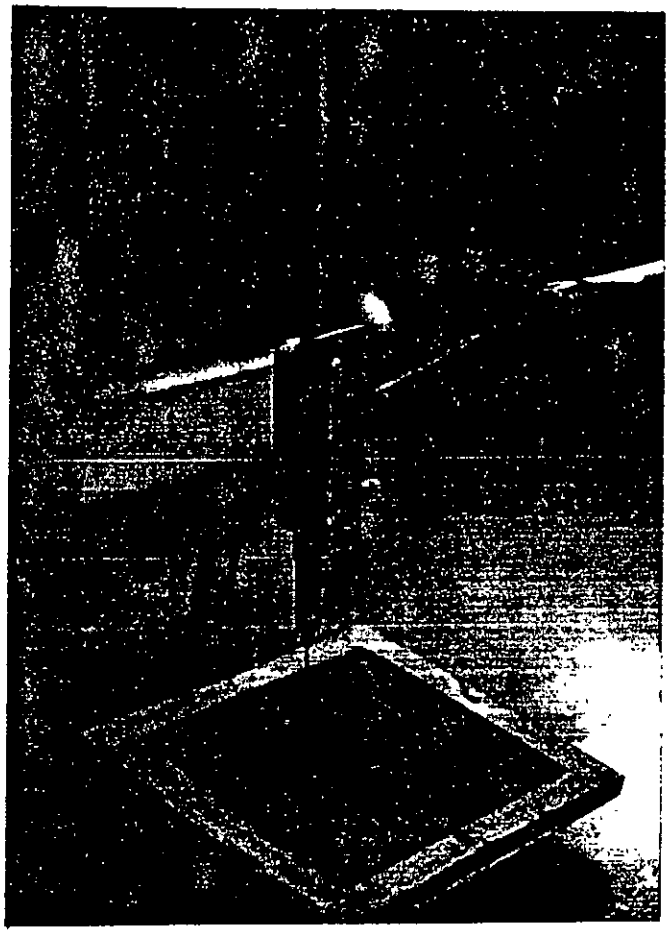


ภาพประกอบ 24 การอัดวัสดุปูนฉาบที่ใช้ทดสอบระยะการก่อตัวลงในแบบทดสอบ



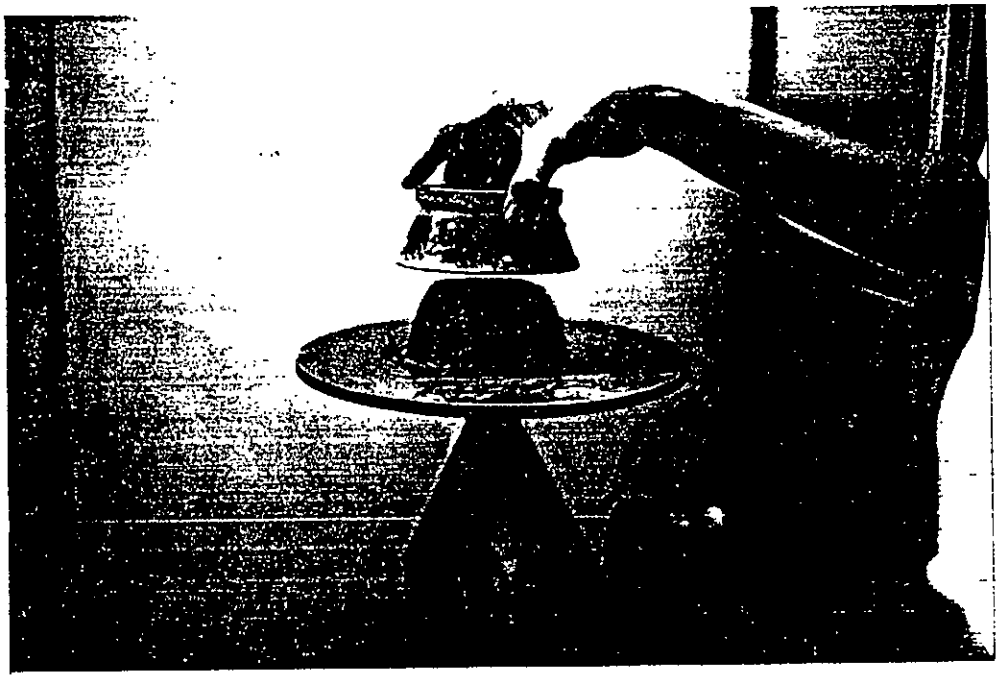
ภาพประกอบ 25 การใส่ปูนฉาบอัดลงในแบบพิมพ์ เพื่อตรวจดูการก่อตัวและรอยแตกร้าว

ภาพประกอบ 26 การฉาบปูนฉาบลงในแบบพิมพ์เพื่อดูการไหลตัว การก่อตัว และพื้นผิว หลังการฉาบว่ามีการแตกร้าวหรือไม่

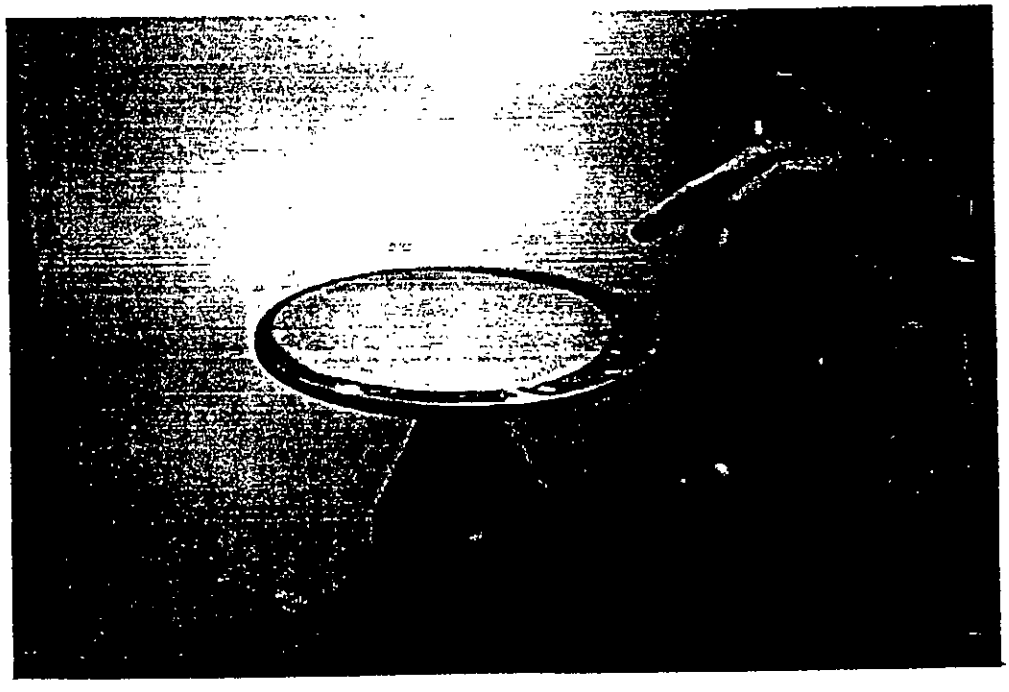


ภาพประกอบ 27 การทดสอบระยะการก่อตัวหลังจากทิ้งไว้หลัง 45 นาที ด้วยเครื่องมือไวแคต

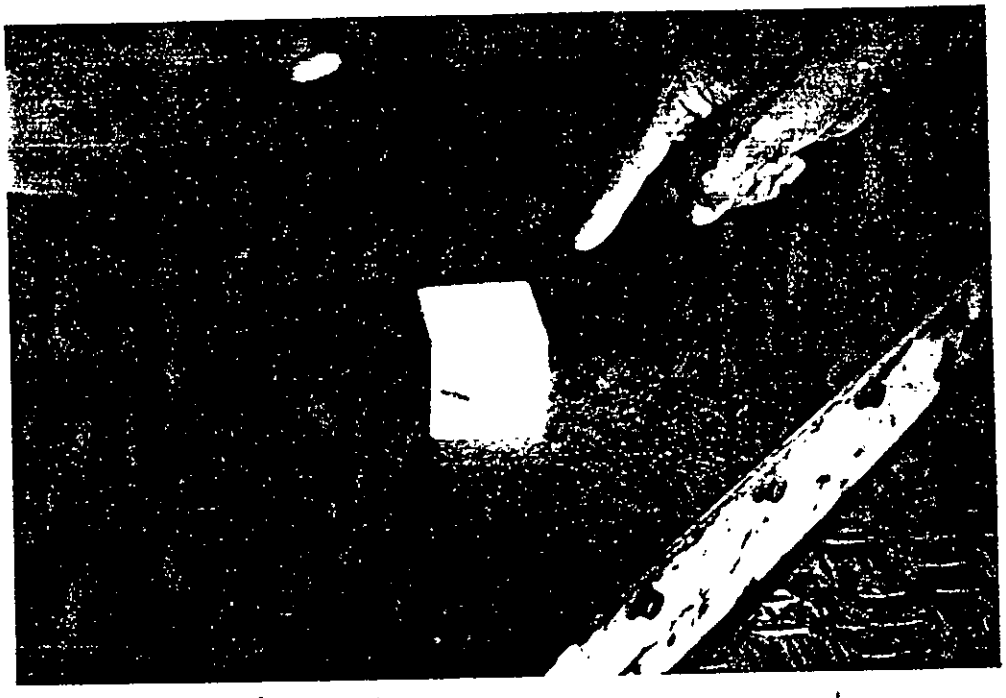
ภาพประกอบ 28 การอัดปูนฉาบลงในแบบพิมพ์เพื่อหาการไหลลื่น



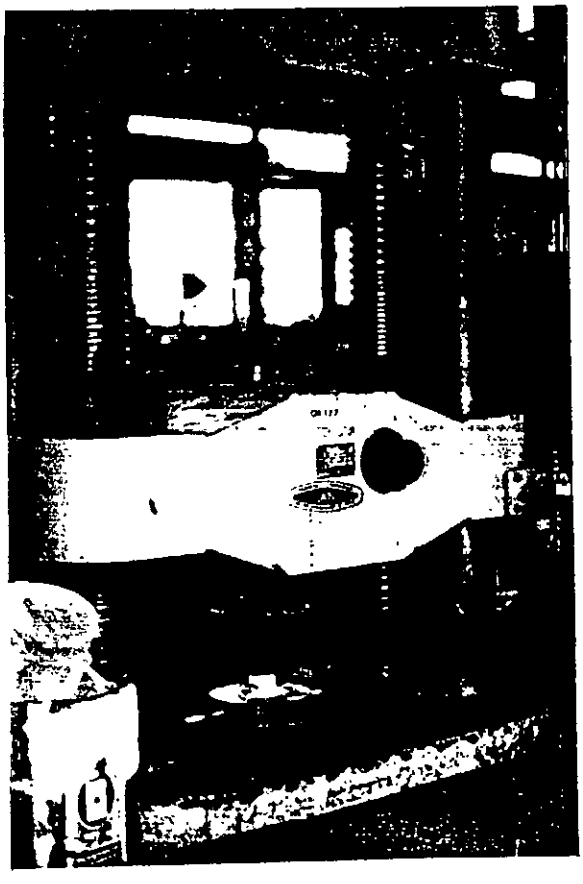
ภาพประกอบ 29 การถอดแบบพิมพ์เพื่อเตรียมทดสอบการไหลลื่นของปูนฉาบ



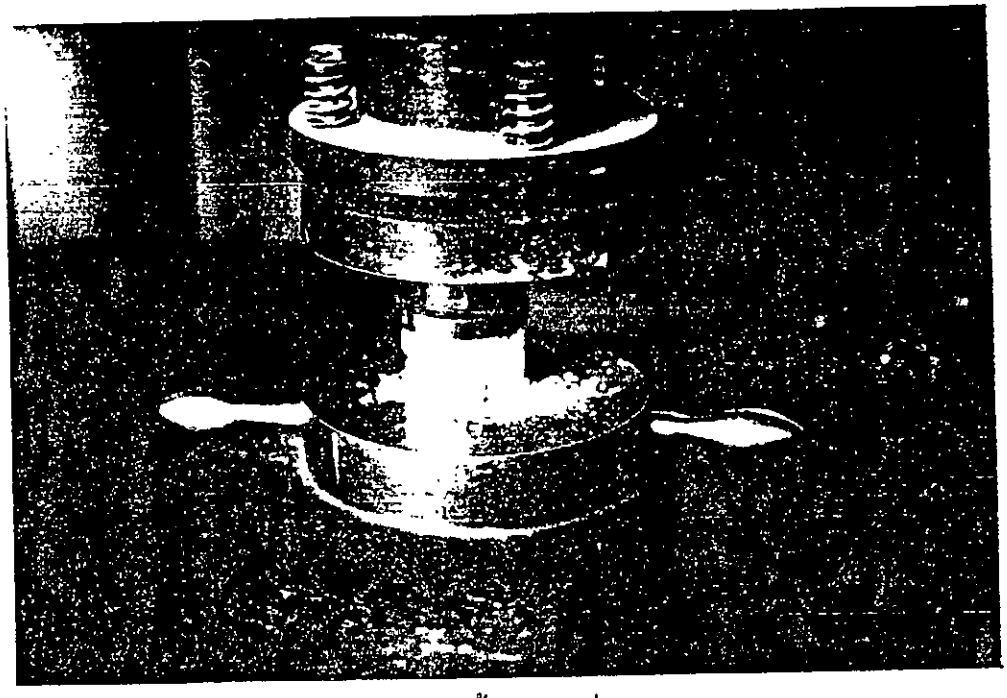
ภาพประกอบ 30 การทดสอบการไหลลื่นของปูนฉาบด้วยโต๊ะทดสอบการไหล



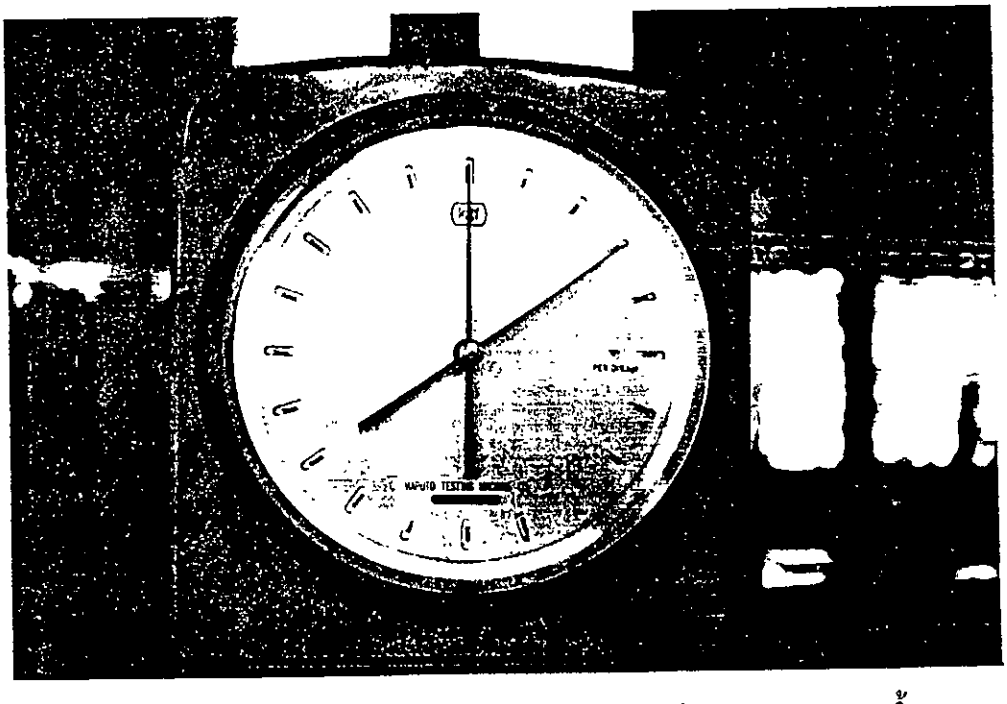
ภาพประกอบ 31 ชิ้นทดสอบที่จะนำมาทดสอบหากำลังอัดของปูนฉาบที่นำมาทดลอง



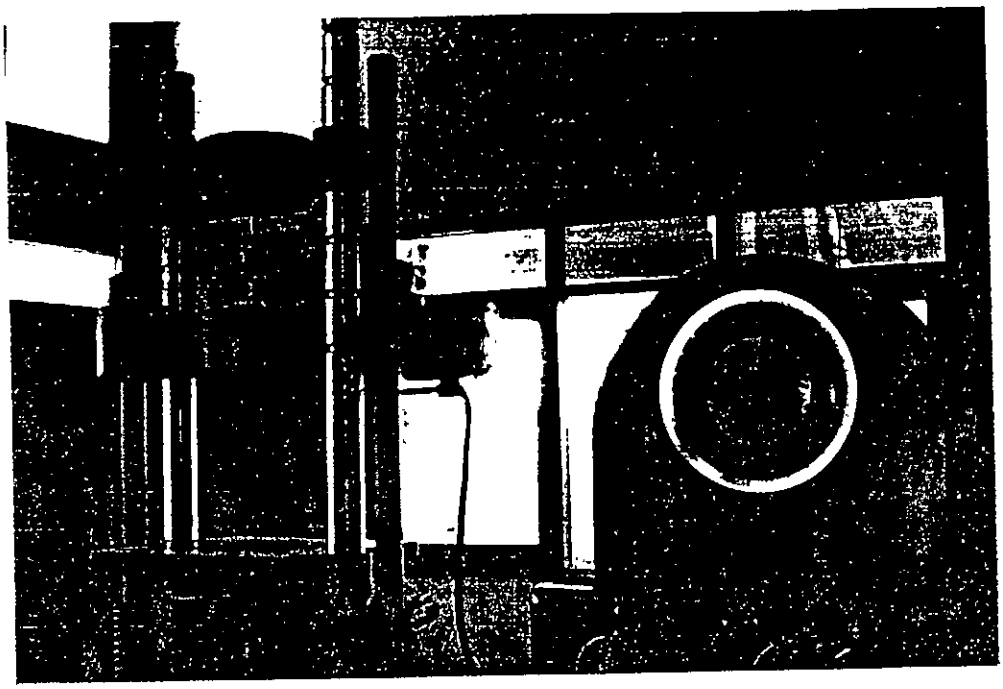
ภาพประกอบ 32 การเตรียมชิ้นทดสอบในเครื่องทดสอบกำลังอัด ของงานทดสอบวัสดุคอนกรีต ที่กรมชลประทาน ถนนติวานนท์



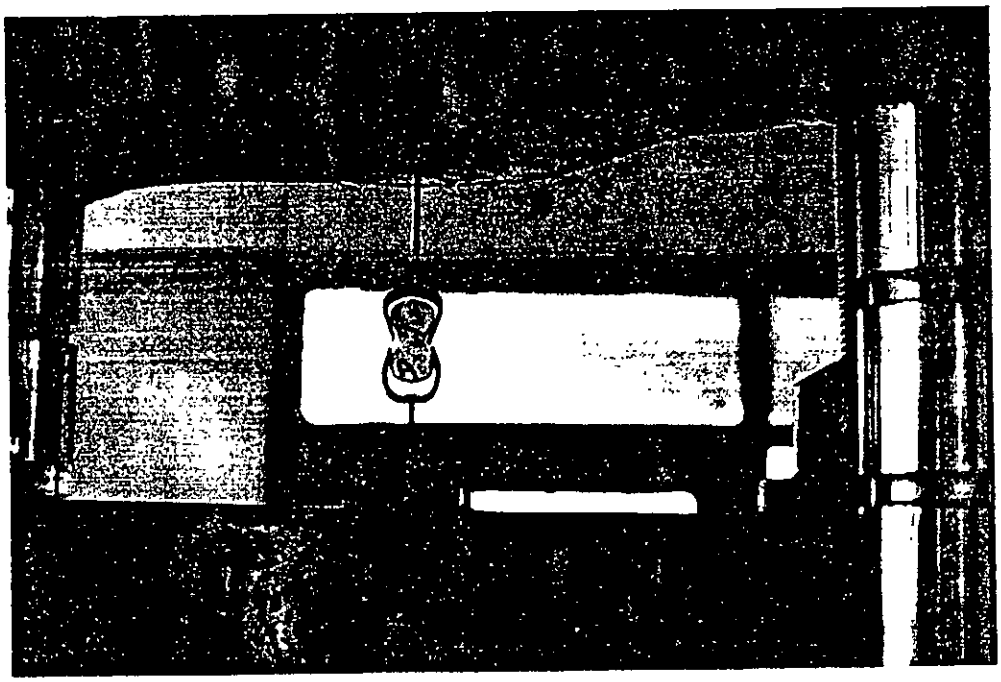
ภาพประกอบ 33 สภาพชิ้นทดสอบที่รับกำลังอัดได้ก่อนถูกทำลาย



ภาพประกอบ 34 การอ่านสเกลการวัดหาค่ากำลังอัดจากการทดสอบชิ้นทดลอง



ภาพประกอบ 35 การเตรียมชิ้นทดสอบความต้านทานแรงดึงกับเครื่องทดสอบแรงดึงที่งานทดสอบวัสดุคอนกรีต ที่กรมชลประทาน ถนนติวานนท์



ภาพประกอบ 36 การทดสอบหาความต้านทานแรงดึงในขณะที่ชิ้นทดสอบอยู่ในเครื่องทดสอบแรงดึง

ตาราง 13 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของปูนฉาบอัตราส่วนผสมเดิม กับปูนฉาบสูตรที่ 7

องค์ประกอบทางเคมี	ส่วนผสมร้อยละ	
	ปูนฉาบ อัตราส่วนผสมเดิม	ปูนฉาบ สูตรที่ 7
ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2)	72.45	71.94
อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	1.52	1.15
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.92	0.70
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	20.72	19.24
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	1.06	0.87
ซัลเฟต (SO_4)	1.06	0.98
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Ignition loss)	1.83	3.85
กากที่ไม่ละลายในด่าง (Insoluble residue)	0.03	0.03
แคลเซียมออกไซด์อิสระ (free CaO)	0.40	0.30
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.14	0.34
โปรตัสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.08	0.09
ผลรวมสารประกอบระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับไฮโดรคาร์บอน (Total Alcalites CO_2+HCO_3)	0.19	0.20
ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)	-	0.10
ผลรวม	100.04	99.79

ภาคผนวก

ตอน ง.

ที่ ทม 1007/4205

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

16 ตุลาคม 2537

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน หัวหน้าภาควิชา คณะวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางสาววนิดา ฉินนะโสต เป็นนิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปูนฉาบจากเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา ทรายละเอียด และสังกะสีซัลเฟต

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

อ.เพ็ญสิทธิ์ โพธิจินดา ประธาน

ผศ.ดร.วิชัย แหวนเพชร กรรมการ

สิ่งที่นิสิตใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอใช้เครื่องบดวัตถุดิบ เครื่องมือทดสอบหาค่ากำลังอัด ความต้านทานแรงดึง การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว และการไหลลื่นของซีเมนต์มอร์ตา ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม 2537 เพื่อเป็นข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/๔๐๖๒ บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๖ ตุลาคม 2537

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน หัวหน้าฝ่ายทดสอบคอนกรีตและวัสดุก่อสร้าง

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางสาววนิดา ฉินนะโสต เป็นนิสิตระดับบริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำบริญญานิพนธ์ เรื่อง การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปูนฉาบจากเถ้าแกลบ ปูนขาว ปูนซีเมนต์ซิลิกา ทรายละเอียดและสังกะสีชับเฟต

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

อ.เกียรติสิทธิ์ โพธิจินดา ประธาน

ผศ.ดร.วิชัย แหวนเพชร กรรมการ

สิ่งที่นิสิตใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอใช้เครื่องทดสอบหาค่าด้านกำลังอัด ความต้านทานแรงดึง การดูดซึมน้ำ ระยะการก่อตัว และการไหลลื่นของซีเมนต์มอร์ตา ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม 2537 เพื่อเป็นข้อมูลในการทำบริญญานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.สิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นางสาววนิดา จินนะรัสต

เกิดวันที่ 8 เดือนธันวาคม พุทธศักราช 2501

สถานที่เกิด อำเภอบางเขน กรุงเทพมหานคร

สถานที่อยู่ปัจจุบัน 171/598 ป.2103 ถ.พหลโยธิน เขตบางเขน จ.กรุงเทพมหานคร

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน อาจารย์ 1 ระดับ 5

สถานที่ทำงานปัจจุบัน แผนกเครื่องปั้นดินเผา ภาควิชาหัตถกรรม คณะศิลปกรรม
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ต.คลองหก อ.ธัญญบุรี จ.ปทุมธานี

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2520	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนดอนเมือง (ทหารอากาศบำรุง) เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร
พ.ศ.2525	ค.บ. (เครื่องปั้นดินเผา) จากวิทยาลัยครูพระนคร กรุงเทพมหานคร
พ.ศ.2538	กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร