

รายงานการวิจัย

บล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด

Renewable by Fine Aggregate in Block Cement

ผู้วิจัย

นายณรงค์ เณติมวัฒน์ชัย

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2556

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

คำนำ

โครงการวิจัย เรื่องบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด เป็นโครงการที่ข้าพเจ้ามีความสนใจด้านการเรียนการสอนด้านวิชาชีพ โดยการนำวัสดุก่อสร้างมาทำการทดสอบการรับแรง เพื่อให้มีการพัฒนาทักษะต่าง ๆ และความชำนาญเฉพาะด้านของนักศึกษา เมื่อหลังจากการทดสอบเรียบร้อยแล้ว พบว่า วัสดุที่ทำการทดสอบ มีจำนวนมากและกองทิ้งไว้ทำให้ทัศนียภาพไม่สวยงาม จึงมีแนวความคิดที่จะนำวัสดุเหล่านั้น ที่เหลือทิ้งจากการเรียนการสอนนำกลับมาใช้ใหม่ คือ จัดทำเป็น บล็อกปูถนน กล่าวว่าเป็นการนำวัสดุที่ทดสอบแล้วมาหาส่วนผสมใหม่ และใส่ส่วนผสมอื่นเพิ่ม โดยมีการหาอัตราส่วนของส่วนผสมต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมและมีความแข็งแรงสามารถทนต่อแรงกดหรือแรงอัดได้ ตามขั้นตอนของการผสมคอนกรีตจะกล่าวไว้ในเนื้อหาภายใน และมีความเป็นเอกลักษณ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ณรงค์ เกลิมวัฒนชัย

สิงหาคม 2556



กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย เรื่องบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด ครั้งนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้ต้องขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัย โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2556 สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ดำเนินการผ่านขั้นตอนเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการวิจัย

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา และภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ห้องปฏิบัติการคอนกรีต เครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ที่เล็งเห็นความสำคัญของการทำวิจัย ที่จะพัฒนาอาจารย์ให้มีความรู้เพิ่มพูนมากขึ้น

ขอขอบคุณ คุณพี่อำนาจ ยิ้มสมบูรณ์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการคอนกรีต คอยอำนวยความสะดวกทุกอย่างในการทำวิจัยครั้งนี้ด้วยความเต็มใจอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณผู้ทำวิจัย (อาจารย์ณรงค์ เกลิมวัฒนชัย) ที่ทำวิจัยเพื่อพัฒนาตนเองและเพื่อเป็นประโยชน์หน่วยงานที่สังกัดในการนำไปประยุกต์หรือพัฒนาให้ดีขึ้นต่อไป

ขอขอบคุณครอบครัวเกลิมวัฒนชัย ที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนสถานที่ที่บ้านให้เป็นห้องทดลองขนาดเล็ก ๆ และเป็นห้องสำหรับการวางแผนการปฏิบัติ ด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณบุคคลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ ที่ให้การสนับสนุนและคอยให้ความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อผลิตบล็อกปูถนนที่มีความแข็งแรง สามารถรับแรงกดได้และเพื่อเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเรียนการสอนนำกลับมาใช้ใหม่ โดยการหล่อแบบมอร์ต้า (Morta) ขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร ที่ใช้วัสดุทดแทนมวลละเอียดจำนวน 2 ชนิดคือ คอนกรีตมวลเบาบดละเอียดและผงแกรนิต มาผสมตามอัตราส่วนที่ออกแบบไปไว้ (เพิ่ม/ลดลง ร้อยละ 10 ของวัสดุทดแทนมวลละเอียด) จำนวน 9 ตัวอย่าง ณ ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตทั้ง 3 ช่วงเวลา (7 วัน 14 วันและ 28 วัน) ช่วงเวลาละ 30 ก่อนรวม 90 ก่อนต่อช่วงเวลา และนำไปเปรียบเทียบกับวัสดุทดแทนมวลละเอียดแต่ละชนิด คือ ทรายคอนกรีตมวลเบาบดละเอียดและผงแกรนิต (อย่างเดี่ยว) จำนวน 3 ตัวอย่างโดยการหล่อแบบมอร์ต้า และระยะเวลาการบ่ม ณ เวลาเดียวกัน พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ 3.5 (ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบาบดละเอียดต่อผงแกรนิต) : น้ำ) ที่มีอัตราส่วนร้อยละของคอนกรีตมวลเบาบดละเอียดต่อผงแกรนิตเท่ากับ 50:50 สามารถรับกำลังอัดเท่ากับ 122.520 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ณ ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน มีน้ำหนักเบากว่ากลุ่มตัวอย่างที่ 1 และกลุ่มตัวอย่างที่ 3 จึงมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นบล็อกปูถนน ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทุกประการ

คำสำคัญ : บล็อกปูถนน , วัสดุทดแทนมวลละเอียด , มอร์ต้า , คอนกรีตมวลเบา

Abstract

The research explores a Renewable by Fine Aggregate in Block Cement. Its purpose to produce a high strength street-paving block. It enables to Compression Strength and to take the waste material from laboratory to recycle being a new one by Mortar Mold (size 5 x 5 x 5 centimeters). It is used to compensate the Replacement Material for Fine Aggregate for two type that are Powdered Lightweight Concrete and Granite Dust to mix by the designed ratio (increase / decrease for 10 percentages of Replacement Material for Fine Aggregate) for nine samples at the duration of curing concrete for all of three periods of time (7, 14 and 28 days). That is each period is 30 blocks and the total is 90 blocks per period of time to compare each category of Replacement Material for Fine Aggregate which is Powdered Lightweight Concrete and Granite Dust (only) for 3 samples by Mortar Mold and period of time at the same time. This is found that the 3.5 sample group (cement : (Powdered Lightweight Concrete : the Granite Dust) : water) with a ratio percentage of Powdered Lightweight Concrete against the Granite Dust to be 50 : 50. It can be Compression Strength to be 122.520 ksc. The 28 days curing time samples are lighter than the first sample group and the third sample group which are suitable for street-paving

Keyword : Street-paving block , Replacement Material for Fine Aggregate , Mortar ,

Light Weight Concrete

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
สารบัญ	จ
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญแผนผัง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	4
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 คอนกรีต	5
2.2 ปูนซีเมนต์	7
2.3 มอร์ต้า	16
2.4 มวลรวมหรือวัสดุผสม	17
2.5 น้ำ	19
2.6 คอนกรีตมวลเบา	21
2.7 ผงแกรนิต	22
2.8 สัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์	22
2.9 การบ่มคอนกรีต	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)	
2.10 คุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัว	28
2.11 อุปกรณ์เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง	30
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	34
3.1 การออกแบบส่วนผสม	34
3.2 การเตรียมวัสดุการทดสอบ	38
3.3 การผสมวัสดุ	39
3.4 การนำซีเมนต์มอร์ต้าลงแบบหล่อก่อนทดสอบ	43
3.5 การบ่มคอนกรีต	44
3.6 การทดสอบกำลังอัด	45
3.7 ปริมาณวัสดุและค่า w/c ที่ออกแบบ	45
3.8 การบันทึกผลการทดสอบกำลังอัด	49
3.9 การทำบล็อกปูถนนที่มีตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย	49
บทที่ 4 ผลการวิจัย	50
4.1 ผลการทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ต้า (วัสดุทดแทนมวลละเอียด)	50
4.2 ผลการทดสอบการรับกำลังอัด	53
4.3 การสรุปผลการรับกำลังอัดของบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด	57
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	62
5.1 สรุปผลการวิจัยด้านการรับกำลังอัด	63
5.2 สรุปผลการวิจัยด้านราคาต้นทุนการผลิตบล็อกปูถนน	75
5.3 ข้อเสนอแนะ	72
บรรณานุกรม	77

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก	หน้า
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการหล่อตัวอย่างแบบมอร์ต้า การทดสอบการไหลแผ่และการทดสอบกำลังอัด	88
ภาคผนวก ข งานวิจัยอ้างอิง	96
ภาคผนวก ค ตารางบันทึกข้อมูลการทดสอบรับกำลังอัดมอร์ต้า	97
ภาคผนวก ง สรุปผลกำลังอัด โดยกราฟและเส้นแนวโน้ม	170
ภาคผนวก จ ตารางบันทึกผลข้อมูลการทดสอบและการรับกำลังอัด กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 9 ก้อน	213
ภาคผนวก ฉ ตารางบันทึกผลข้อมูลการทดสอบการรับกำลังอัดกลุ่มตัวอย่าง ตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย UTK	222
ภาคผนวก ช ผลการทดสอบกำลังอัด บริษัท เอ็มดี โปรเซพเพลยส์ จำกัด	224



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความแข็งแรงรับแรงอัด	10
2.2 ผลของการบ่มที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต	25
2.3 ลักษณะการแตกของก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ที่ถูกต้อง	29
2.4 แบบหล่อคอนกรีตมอร์ต้า	30
2.5 เครื่องน้ำหนักแบบดิจิตอล	30
2.6 ชุดโต๊ะควบคุมการไหล	31
2.7 เครื่องผสมมอร์ต้า	31
2.8 เวอร์เนียคาลิปเปอร์	31
2.9 ถังมือยาง	32
2.10 ตะแกรงร่อนขนาดต่าง ๆ	32
2.11 เครื่องเขย่าตะแกรงร่อน	32
2.12 เครื่องทดสอบกำลังอัด	33
3.1 (ก) รูปแบบการกระทุ้งรอบที่ 1 และรอบที่ 3	44
3.1 (ข) รูปแบบการกระทุ้งรอบที่ 2 และรอบที่ 4	44
4.1 กราฟแสดงค่า w/c ที่ระดับ 110% (ทราย)	50
4.2 กราฟแสดงค่า w/c ที่ระดับ 110% (คอนกรีตมวลเบา)	51
4.3 กราฟแสดงค่า w/c ที่ระดับ 110% (ผงแกรนิต)	52
4.4 กราฟแสดงกำลังอัดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 ที่อายุการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน	59
4.5 กราฟแสดงกำลังอัดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 – 3.9 ที่อายุการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน	61
5.1 ค่ากำลังอัดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 – 3 ที่ 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน	72
5.2 ค่ากำลังอัดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 – 3.9 ที่ 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน	73
5.3 แบบจำลองขั้นตอนผลิตบล็อกลูปูดนจำนวนมาก	77
5.4 แผนภาพสรุปปัจจัยที่มีผลต่อกำลังคอนกรีต	78

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.5	รูปแบบบล็อกรูปถนนแบบที่ 1	79
5.6	รูปแบบบล็อกรูปถนนแบบที่ 2	79
5.7	รูปแบบบล็อกรูปถนนแบบที่ 3	80
5.8	รูปแบบบล็อกรูปถนนแบบที่ 4	80



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	สารประกอบในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	9
2.2	เกณฑ์กำหนดกำลังอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้ามาตรฐาน (มอก.15 เล่ม 2:2528)	17
2.3	ข้อกำหนดของน้ำผสมคอนกรีต	20
3.1	ค่า w/c และปริมาณวัสดุทดสอบ (ทราย) ที่ออกแบบ	37
3.2	ค่า w/c และปริมาณวัสดุทดสอบ (คอนกรีตมวลเบา) ที่ออกแบบ	37
3.3	ค่า w/c และปริมาณวัสดุทดสอบ (ผงแกรนิต) ที่ออกแบบ	37
3.4	การออกแบบส่วนผสม	38
3.5	การทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ต้า (ทราย)	41
3.6	การทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ต้า (คอนกรีตมวลเบา)	42
3.7	การทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ต้า (ผงแกรนิต)	42
3.8	ความคลาดเคลื่อนได้	45
3.9	ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า w/c (ทราย)	46
3.10	ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า w/c (คอนกรีตมวลเบา)	46
3.11	ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า w/c (ผงแกรนิต)	46
3.12	ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า w/c (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 90:10	46
3.13	ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า w/c (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 80:20	47
3.14	ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า w/c (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 70:30	47
3.15	ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า w/c (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 60:40	47
3.16	ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า w/c (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 50:50	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ (ต่อ)	หน้า
3.17 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า w/c (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 40:60	48
3.18 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า w/c (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 30:70	48
3.19 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า w/c (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 20:80	48
3.20 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า w/c (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 10:90	48
4.1 กำลังอัดของบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด (ชนิดเดียว)	54
4.2 กำลังอัดของบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด (สองเดียว)	55
4.3 กำลังอัดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ที่อายุการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน	58
4.4 กำลังอัดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 - 3.9 ที่อายุการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน	60
5.1 กำลังอัดของวัสดุกลุ่มตัวอย่างที่ 1 (ปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำ) จำนวน 90 ก้อน	63
5.2 กำลังอัดของวัสดุกลุ่มตัวอย่างที่ 1 (ปูนซีเมนต์ คอนกรีตมวลเบา และน้ำ) จำนวน 90 ก้อน	64
5.3 กำลังอัดของวัสดุกลุ่มตัวอย่างที่ 1 (ปูนซีเมนต์ ผงแกรนิต และน้ำ) จำนวน 90 ก้อน	65
5.4 กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 (ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) : น้ำ) จำนวน 90 ก้อน (อัตราส่วนผสมร้อยละ 90:10)	66
5.5 กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.2 (ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) : น้ำ) จำนวน 90 ก้อน (อัตราส่วนผสมร้อยละ 80:20)	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ (ต่อ)	หน้า
5.6 กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.3 (ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) : น้ำ) จำนวน 90 ก้อน (อัตราส่วนผสมร้อยละ 70:30)	67
5.7 กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.4 (ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) : น้ำ) จำนวน 90 ก้อน (อัตราส่วนผสมร้อยละ 60:40)	68
5.8 กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.5 (ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) : น้ำ) จำนวน 90 ก้อน (อัตราส่วนผสมร้อยละ 50:50)	68
5.9 กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.6 (ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) : น้ำ) จำนวน 90 ก้อน (อัตราส่วนผสมร้อยละ 40:60)	69
5.10 กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.7 (ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) : น้ำ) จำนวน 90 ก้อน (อัตราส่วนผสมร้อยละ 30:70)	70
5.11 กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.8 (ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) : น้ำ) จำนวน 90 ก้อน (อัตราส่วนผสมร้อยละ 20:80)	70
5.12 กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.9 (ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) : น้ำ) จำนวน 90 ก้อน (อัตราส่วนผสมร้อยละ 10:90)	71
5.13 สรุปผลกำลังอัดเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1 – 3 ที่อายุการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน	72
5.14 สรุปผลกำลังอัดเฉลี่ยของกลุ่มที่ 3.1 – 3.9 ที่อายุการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน	73
5.15 ราคาวัสดุที่ใช้การทดสอบ	76

สารบัญแผนผัง

แผนผังที่		หน้า
2.1	ที่มาของมรดกและคอนกรีต	7
2.2	การบ่มคอนกรีต	26
3.1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	36
3.2	ขั้นตอนการจัดทำบล็อกปูถนนที่มีตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย UTK	52



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

แนวทางการปฏิรูปการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ที่มุ่งเน้นการกระจายอำนาจ การบริหารจัดการสู่สถานศึกษาระดับอุดมศึกษา เพื่อให้สถานศึกษาของรัฐดำเนินการ โดยบริหารจัดการ ได้โดยอิสระ และมีความคล่องตัวในการบริหารจัดการภายใต้การกำกับดูแลของสภาการศึกษาแห่งชาติ ดังนั้น เพื่อให้สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล มีความคล่องตัวในการบริหารจัดการและยกระดับสถานะสถาบันอุดมศึกษาของรัฐที่เน้นทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อีกทั้งสามารถจัดการศึกษาได้ถึงระดับสูง ปริญญาโท เอก จึงได้มีการยกร่างพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ทั้ง 9 แห่งขึ้น โดยมีการรวมวิทยาเขตที่อยู่ใกล้เคียงกันจัดตั้งเป็นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล จำนวน 9 แห่ง จากพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2548 ซึ่งได้ประกาศใช้ในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 18 มกราคม พุทธศักราช 2548 มีผลให้สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลเดิม ตามพระราชบัญญัติสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2518 เปลี่ยนเป็นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ทั้ง 9 แห่งดังต่อไปนี้

1. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
2. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
3. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
4. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
5. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
6. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
7. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
8. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
9. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

ซึ่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ประกอบด้วย

1. วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ ซึ่งเดิมเป็นสถานศึกษาที่มีชื่อเสียงในการจัดการศึกษาด้านช่างอุตสาหกรรม ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเป็นเวลานาน
2. วิทยาเขตบพิตรพิมุขมหาเมฆ มีชื่อเสียงในการจัดการศึกษาด้านบริหารธุรกิจและภาษาต่างประเทศ
3. วิทยาเขตพระนครใต้ มีชื่อเสียงในด้านการเป็นสถานศึกษาด้านการช่างสตรีและคหกรรมศาสตร์เป็นเวลานาน

ปัจจุบัน โครงสร้างการบริหารงานของมหาวิทยาลัย ไม่มีวิทยาเขตโดยจะบริหารงานในรูปแบบคณะแทน จึงนับได้ว่า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ เป็นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลแห่งเดียวที่ไม่มีวิทยาเขตอย่างสมบูรณ์ และเป็นสถาบันการศึกษาที่มีการจัดการเรียนการสอน 7 คณะ และ 1 วิทยาลัย (www.rmutk.ac.th) คือ

- (1) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
- (2) คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
- (3) คณะบริหารธุรกิจ
- (4) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- (5) คณะวิศวกรรมศาสตร์
- (6) คณะศิลปศาสตร์
- (7) คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ
- (8) วิทยาลัยนานาชาติ

ในปัจจุบันการก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัย อาคารพาณิชย์ ห้างสรรพสินค้า โรงงาน และอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่ของตัวอาคารจะมีคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นส่วนประกอบเพื่อความแข็งแรง ความคงทนกับการใช้งานในระยะเวลาที่ยาวนานหรือตลอดอายุของคอนกรีต จะเห็นได้ว่าคอนกรีตที่ใช้เป็นองค์ประกอบของการก่อสร้างอาคารแบบต่าง ๆ นั้นจะมีซีเมนต์ (Cement) หรือปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบหลักและเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมประสานวัสดุอื่น ๆ เข้าด้วยกัน

ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันมีการพัฒนาก้าวหน้าและได้มีการเปลี่ยนแปลงการก่อสร้างอาคารแบบเดิม ๆ คือ ในอดีต การก่อผนัง ก่อกำแพง ด้วยอิฐมอญหรืออิฐบล็อก เป็นต้น ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน มีน้ำหนักมาก ความสามารถในการทนไฟน้อย และราคาแพง จากนั้นได้เกิดการเปลี่ยนแปลงในวงการก่อสร้างอาคาร กล่าวคือ การเปลี่ยนอิฐมอญหรืออิฐบล็อกจากการก่อ

ผนัง ก่อกำแพง มาเป็นคอนกรีตมวลเบา (Autoclaved Aerated Concrete) ที่ถูกผลิตขึ้นจากเทคโนโลยีที่ทันสมัย ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีกว่าวัสดุของเดิม วิธีการก่อสร้างสะดวกกว่า และเป็นที่นิยมมากจนถึงปัจจุบัน (กล่าวในบทที่ 2)

ด้วย คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ประกอบด้วย 2 สาขาวิชา คือ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ได้จัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ซึ่งได้รับการเห็นชอบจากสภาวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลราชชนก กรุงเทพมหานครและได้รับรองจากสภาวิศวกร จากการจัดการเรียนการสอนของภาควิชาวิศวกรรมโยธา ประกอบด้วย ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง รวมถึงเสริมสร้างทักษะวิชาชีพอย่างแท้จริงทางด้านวิศวกรรมโยธา เช่น โครงสร้างอาคารเสริมเหล็ก ประมาณราคา โครงสร้างอาคารไม้ การเขียนแบบวิศวกรรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิศวกร วิศวกรรมฐานราก คอนกรีตเทคโนโลยี และปฏิบัติการทดสอบวัสดุ เป็นต้น

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับรายวิชาด้านคอนกรีต ซึ่งประกอบด้วย วิชาคอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology) และวิชาปฏิบัติการทดสอบวัสดุ (Materials Testing Laboratory) ซึ่งลักษณะรายวิชาจะกล่าวถึงการทดสอบและศึกษาพฤติกรรมของวัสดุก่อสร้าง เพื่อหาค่าหน่วยแรงดึง แรงอัด แรงบิด แรงเฉือนและแรงคด โดยจะเน้นรายวิชาปฏิบัติการทดสอบวัสดุ ซึ่งมีชั่วโมงการปฏิบัติและมีใบงาน เพื่อให้ นักศึกษาลงมือปฏิบัติของจริงเพื่อให้เกิดทักษะและความชำนาญ เช่น การหาคุณสมบัติของวัสดุต่าง ๆ การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต การหาค่าหน่วยแรงอัด แรงดึง เป็นต้น จากตัวอย่างใบงานที่มอบหมายให้กับนักศึกษา คือ การหล่อแบบตัวอย่างคอนกรีต การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุคอนกรีต เช่น ทราช ปูน หิน อิฐต่าง ๆ รวมถึงคอนกรีตมวลเบา

จากการเรียนภาคปฏิบัติของผู้เรียน พบว่า มีการทิ้งวัสดุจากการทดสอบ (เศษวัสดุเหลือทิ้ง) จากการทดสอบหาค่ากำลังอัดของคอนกรีตในแบบต่าง ๆ ตามระยะเวลาการบ่มเพื่อทดสอบการรับแรงอัดคอนกรีตตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เป็นจำนวนมากบริเวณด้านหน้าห้องทดสอบปฏิบัติการทดสอบวัสดุ ซึ่งทำให้เกิดทัศนียภาพที่ไม่สวยงามต่อบริเวณดังกล่าว

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยเกิดความสนใจและมีแนวความคิดที่จะนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเรียนการสอนกลับมาใช้ใหม่ (คอนกรีตมวลเบา) โดยการนำวัสดุเหลือทิ้งมาบดละเอียดและผสมกับวัสดุบางชนิด เพื่อเพิ่มกำลังความแข็งแรงและลดมวลละเอียด (ทราช) หรืออาจจะทดแทนมวลละเอียดก็ได้ และเพื่อเป็นการผลิตบล็อกปูถนนสำหรับใช้ในกิจการของมหาวิทยาลัยฯ และลดภาระการนำไปทิ้งหรือนำไปกำจัด อีกทั้งลดค่าใช้จ่ายในการว่าจ้างหน่วยงานภายนอกมาเก็บไปทิ้งและการ

นำกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงการสร้างมูลค่าเพิ่มของคอนกรีตมวลเบาจากของเหลือทิ้ง (เศษวัสดุเหลือทิ้ง)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อผลิตบล็อกปูถนนที่มีความแข็งแรง สามารถรับแรงกดได้และเป็นเอกลักษณ์ของมหาวิทยาลัย

1.2.2 เพื่อเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเรียนการสอนกลับมาใช้ใหม่

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 จัดทำบล็อกปูถนนที่มีความแข็งแรง

1.3.2 บล็อกปูถนนจะมีวัสดุทดแทนมวลละเอียดเป็นส่วนประกอบ

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

1.4.2 ลงปฏิบัติการผสมคอนกรีตตามที่ได้ออกแบบไว้

1.4.3 บ่มคอนกรีตตามระยะเวลาที่กำหนด

1.4.4 ทดสอบการรับแรงกดของคอนกรีต

1.4.5 บันทึกผลการรับแรงกดและสรุปผล

1.4.6 รายงานผลการปฏิบัติการทดสอบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้บล็อกปูถนนที่มีความแข็งแรง สามารถรับแรงกดและเป็นเอกลักษณ์ของมหาวิทยาลัย

1.5.2 ลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากการเรียนการสอน

1.5.3 ประหยัดงบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำวัสดุเหลือทิ้งไปทิ้งนอกมหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาที่จะกล่าวในบทที่ 2 นี้ คือ ส่วนประกอบของมอร์ต้า กล่าวคือ วัสดุต่าง ๆ ที่นำมาผสมกลายเป็นมอร์ต้า เพื่อนำไปทดสอบหาค่ากำลังแรงอัดสูงตามอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ออกแบบไว้

2.1 คอนกรีต (Concrete)

คอนกรีต เป็นวัสดุเปรียบเสมือนหินที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมาใช้งานเป็น โครงสร้าง ที่ได้จากการผสมซีเมนต์ซึ่งเป็นตัวประสานกับทราย หินหรือกรวดซึ่งเป็นวัสดุผสมและกับน้ำซึ่งจะทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ ทำให้ซีเมนต์มีคุณสมบัติเป็นตัวประสานแทรกตามเม็ดทรายและก้อนหิน รวมตัวกันเป็นก้อนคอนกรีตในแบบหล่อและจะแข็งตัวเมื่ออายุประมาณ 24 ชั่วโมง (วินิต ช่อวิเชียร, 2529) ทนแรงอัดได้ดีขึ้นเรื่อย ๆ ตามอายุ

คอนกรีต เป็นวัสดุผสมที่นิยมใช้ในงานก่อสร้างประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ปูนซีเมนต์ วัสดุผสม (เช่น หิน ทราย หรือกรวด) และ น้ำ โดยอาจจะมีสารเคมีเติมเพิ่มเข้าไปสำหรับคุณสมบัติด้านอื่น เมื่อผสมเสร็จคอนกรีตจะแข็งตัวอย่างช้า ๆ ซึ่งน้ำและซีเมนต์จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกันในลักษณะที่เรียกว่า ไฮเดรชัน (Hydration) โดยซีเมนต์จะเริ่มจับตัวกับวัสดุอื่นและแข็งตัว ซึ่งในสถานะนี้จะนิยมเรียกว่า คอนกรีต ความแข็งแรงของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หลังจากที่ได้ผสม และ ยังแข็งแรงขึ้นหลังจากการแข็งตัว โดยประมาณหลังจากแข็งตัวแล้ว 28 วัน ความแข็งแรงจะเริ่มคงที่

คอนกรีตมีใช้กันในงานก่อสร้างหลายชนิด ซึ่งรวมถึง อาคาร ถนน เขื่อน สะพาน อนุสาวรีย์ และงานก่อสร้างต่าง ๆ ซึ่งมีเห็นได้ทั่วไป

คุณสมบัติหลักของคอนกรีต คือ การรับแรงอัดสูง ในขณะที่สามารถรับแรงดึงได้ต่ำ (ประมาณ 10% ของแรงอัด) โดยเมื่อต้องการให้คอนกรีตสามารถรับแรงดึง จะมีการเสริมวัสดุอื่นเพิ่มเข้าไปในคอนกรีตจะเรียกว่า คอนกรีตเสริมแรง หรือ คอนกรีตเสริมเหล็กที่เรียกกัน (โดยเสริมแรงด้วยเหล็ก) วัสดุเหล่านี้จะช่วยรับแรงดึงภายในคอนกรีต ซึ่งงานโครงสร้างอาคารส่วนใหญ่ นิยมใช้คอนกรีตเสริมแรงแทนที่คอนกรีตเปลือย

นอกจากนี้ในงานก่อสร้างยังมีการใช้วิธีการที่เรียกว่า คอนกรีตอัดแรง โดยทำการใส่แรงเข้าไปในคอนกรีตหล่อสำเร็จที่หล่อมาจากโรงงานโดยเมื่อนำไปใช้งาน แรงที่ใส่เข้าไปในคอนกรีตจะ

หักล้างกับน้ำหนักของตัวคอนกรีตเองและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมา ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้คอนกรีตสามารถรับน้ำหนักได้เพิ่มมากขึ้น โดยงานสะพานและทางยกระดับ นิยมใช้คอนกรีตอัดแรง

เนื้อคอนกรีตอาจแยกออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ วัสดุผสม (Aggregates) และซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste) โดยทั่วไปวัสดุผสมยังแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. วัสดุผสมละเอียด หมายถึง วัสดุที่มีขนาดเล็กที่สามารถลอดผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 ได้แก่ ทราย

2. วัสดุผสมหยาบ หมายถึง วัสดุที่มีก้อนโตที่ไม่ผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 ได้แก่ หินหรือกรวด

เนื้อคอนกรีตมีวัสดุผสมอยู่ประมาณ 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรทั้งหมด ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุผสมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง วัสดุผสมที่จะใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต ต้องแข็งแรงรับแรงอัดได้ดี ทนทาน ไม่ขยายตัวมาก และสะอาดโดยไม่มีสารจำพวกที่จะทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพต่อคอนกรีต นอกจากนี้วัสดุผสมต้องมีส่วนขนาดละเอียด (Gradation) ที่ดี เพื่อช่วยให้ได้คอนกรีตมีเนื้อแน่น สม่ำเสมอ มีช่องว่าง (Void) น้อยซึ่งจะทำให้เปลืองซีเมนต์เพสต์น้อยลงและราคาถูก

ในเนื้อคอนกรีตซีเมนต์เพสต์ ซึ่งเป็นสารที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำจะทำหน้าที่เป็นตัวประสาน โดยจะไปเคลือบหรือหุ้มเม็ดทรายและก้อนหินทั้งหมดและยึดให้ติดเข้าด้วยกันเป็นก้อนแข็ง รวมทั้งจะไปอุดตามช่องว่างระหว่างเม็ดหินและทรายอีกด้วย ทำให้มีเนื้อแน่นขึ้น ฉะนั้น ความแข็งแรงของคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของซีเมนต์เพสต์นี้ด้วย

คุณภาพของซีเมนต์เพสต์ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ (Water - Cement Ratio : W/C) ที่ใช้ในส่วนผสม ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี เรียกว่า ไฮเดรชัน (Hydration) ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำอยู่กับ เวลา อุณหภูมิและความชื้น ปฏิกิริยา ทางเคมีดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในตอนแรก ๆ และช้าลงตามลำดับในตอนหลัง ภายใต้อุณหภูมิที่เหมาะสม

ปริมาณน้ำในส่วนผสมอาจต้องใช้มากกว่าที่ต้องการ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีอย่างสมบูรณ์ และให้คอนกรีตเหลว ทำงานง่าย แต่อย่างไรก็ดีคุณภาพของคอนกรีตในการต้านทานต่อแรงอัดตลอดจนความทนทานจะลดลง ดังนั้นจึงต้องใช้ปริมาณน้ำให้พอเหมาะพอดี

สัดส่วนการผสมของคอนกรีตจะช่วยให้ได้คอนกรีตที่มีความขึ้นเหลวง่ายในการทำงานและทำให้คอนกรีตที่แข็งตัวมีกำลังและความคงทนตามที่ต้องการ ปริมาณวัสดุสำหรับส่วนผสมค่าหนึ่งควรจะสม่ำเสมอในการผสมแต่ละครั้ง และตัววัสดุเองก็ควรจะมีค่าสม่ำเสมอ และมีคุณภาพดี อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะใช้สัดส่วนการผสมให้ดีเพียงใด ถ้าการผสม การลำเลียง การเท การทำให้แน่น ตลอดจนการบ่มคอนกรีตทำได้ไม่ดีพอแล้ว ก็จะไม่ได้อคอนกรีตที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ การผสม

ควรผสมให้ทั่ว พอที่จะกระจายวัสดุต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ และกระจายซีเมนต์เฟสค์ไปบนผิวของวัสดุผสมโดยทั่วถึง

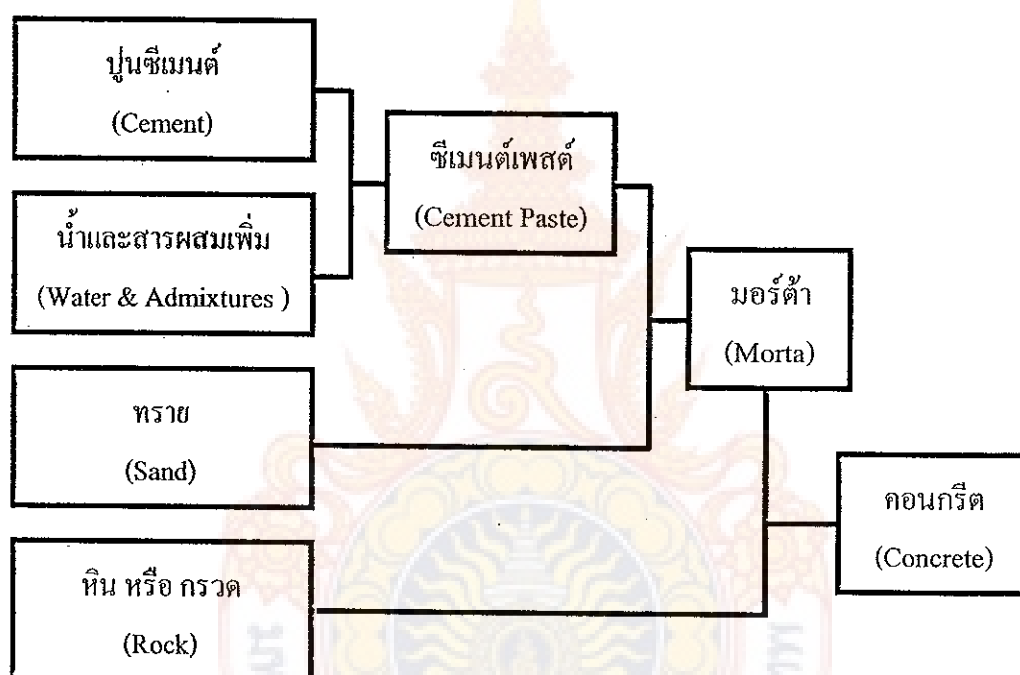
องค์ประกอบของคอนกรีต

คอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และยาผสมคอนกรีต โดยเมื่อนำส่วนต่าง ๆ เหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะ ดังนี้

ปูนซีเมนต์ ผสมกับ น้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต เรียกว่า ซีเมนต์เฟสค์ (Cement Paste)

ซีเมนต์เฟสค์ ผสมกับ ทราย เรียกว่า มอร์ต้า (Mortar)

มอร์ต้า ผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (Concrete)



แผนผังที่ 2.1 ที่มาของมอร์ต้าและคอนกรีต

2.2 ปูนซีเมนต์ (Cement)

ปูนซีเมนต์ เป็นผลผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด ซึ่งเป็นผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนผสมต่าง ๆ จนรวมตัวผสมกันสุกพอดี มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ แคลเซียมและอลูมิเนียมซิลิเกต ปูนซีเมนต์ที่กล่าวนี้จะหมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement) ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydraulic Cement) ที่เมื่อผสมกับน้ำตามส่วนแล้วสามารถก่อตัวและแข็งตัวในน้ำได้ เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับส่วนประกอบของปูนซีเมนต์นั้น การทำปฏิกิริยาดังกล่าวเรียกว่า ไฮเดรชัน (Hydration)

ซีเมนต์ (Cement) มาจากภาษาละติน ซึ่งแปลว่า "ตัด" โดยใช้เรียกหินปูนที่ตัดเป็นชิ้น ๆ เพื่อจะนำมาเผาเป็นปูนขาว (Lime) ในปัจจุบัน ซีเมนต์ หมายถึง ตัวประสานวัสดุสองชนิดหรือหลาย ๆ ชนิดให้ติดแน่น ในสมัยโบราณ ชาวอียิปต์ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุเชื่อมประสานในการสร้างพีระมิด โดยได้มาจากการเผาหินและยิปซัม ส่วนชาวกรีกและชาวโรมันใช้เถ้าภูเขาไฟบดรวมกับปูนขาว ทราย และน้ำ เรียกว่า ปอซโซลานิกซีเมนต์ (Pozzolanic Cement) ซึ่งทำปฏิกิริยาทางเคมีและแข็งตัวได้ในน้ำ ตัวอย่าง สิ่งก่อสร้างต่างๆ ที่สร้างโดยชาวโรมัน อาทิเช่น มหาวิหารทรงกลมในกรุงโรม (Roman Pantheon) และ โรงละครครึ่งวงกลม (Colosseum) เป็นต้น

ซีเมนต์และคอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันมาเป็นเวลานาน จากหลักฐานพบว่า ในยุคต้น ๆ ตั้งแต่ 7,600 ปีที่ผ่านมา มีการใช้ซีเมนต์ในรูปของคอนกรีต เพื่อทำพื้นกระเบื้องของชาวประมงที่อยู่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำดานูบ และกระเบื้องของพวกนักล่าสัตว์สมัยยุคหิน หลังจากนั้น ได้มีการพัฒนาซีเมนต์และคอนกรีตอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน

ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่ง มีชื่อเต็มว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement) ลักษณะเป็นผงละเอียดสีเทา สามารถก่อตัวและแข็งตัวได้ในน้ำ จึงใช้หล่อในแบบให้เป็นรูปร่างต่างๆ ตามที่ต้องการ

ผู้ผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็นคนแรกคือ โจเซฟ แอสปดิน (Joseph Aspdin) ชาวอังกฤษ เมื่อประมาณ 170 ปีมาแล้ว เขาได้นำปูนดินกับหินปูนมาเผาด้วยกัน แล้วนำมาบดจนละเอียด ผลที่ได้เมื่อผสมน้ำและแข็งตัวแล้ว จะเป็นก้อนสีเหลืองเทา เหมือนก้อนหินจากเหมืองของเมืองปอร์ตแลนด์ (Portland) ในประเทศอังกฤษ เขาจึงเรียกชื่อว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และได้จดทะเบียนสิทธิบัตรการผลิตไว้เป็นหลักฐาน

ภายหลังจากนั้นอีกประมาณ 30 ปี จึงได้มีผู้พบว่า ถ้าเผาส่วนผสมให้มีอุณหภูมิสูงมากจนส่วนผสมแข็งตัว จะได้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณภาพสูงขึ้น นอกจากนี้ โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ของประเทศเยอรมนียังได้นำปูนเม็ดมาบดให้เป็นผงทำให้ได้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณภาพดีขึ้นไปอีกในปัจจุบัน การผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สามารถทำได้สองวิธีคือ วิธีเปียกและวิธีแห้ง วิธีแห้งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก เพราะเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตจำนวนมาก การผลิตทำได้โดยการบดวัตถุดิบซึ่งมีหลายชนิด เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต เป็นต้น จนเป็นผงละเอียดเรียกว่า วัตถุดิบสำเร็จ (Raw Meal) แล้วส่งเข้าเตาเผา (Rotary Kiln)

เตาเผาเป็นท่อขนาดใหญ่ วางเป็นมุมเอียงและหมุนรอบตัวช้าๆ ปลดขี้วัตถุดิบให้ไหลมาในท่อทางด้านต่ำสวนทางกับไฟที่พ่นเข้าไปโดยน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง เเผาจนวัตถุดิบแข็งตัวที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,500 องศาเซลเซียส ผลผลิตที่ได้จากการเผาเรียกว่า ปูนเม็ด (Clinker) เมื่อนำปูนเม็ดไปบดให้ละเอียด แล้วผสมยิปซัม (Gypsum) ลงไปประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์ ก็จะได้ปูนซีเมนต์ปอร์ต

แลนด์ตามที่ต้องการ การผสมยิปซัมลงไปจะช่วยให้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สามารถแข็งตัวได้ช้าลงเมื่อนำไปใช้งาน

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่ผลิตได้นี้ใช้มากในการหล่อคอนกรีตเสริมเหล็กและคอนกรีตอัดแรง คอนกรีตเสริมเหล็กมีส่วนผสมเป็นหินย่อย ทราย ปูนซีเมนต์ และน้ำ เมื่อผสมส่วนผสมตามสัดส่วนที่ต้องการแล้ว ก็เทส่วนผสมที่ยังเปียกอยู่ลงในแบบที่มีเหล็กข้อผูกเป็นโครงอยู่ภายใน ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วแกะแบบออก จะได้คอนกรีตเสริมเหล็กที่มีคุณสมบัติแข็งแรง ทนทาน สามารถรับน้ำหนักได้มาก และไม่ติดไฟ นอกจากนั้นยังสามารถทำให้มีรูปร่างทุกอย่างได้ตามต้องการอีกด้วย คอนกรีตเสริมเหล็กจึงมีประโยชน์อย่างมากในการก่อสร้างเกือบทุกประเภท

2.2.1 ชนิดของปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์แบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

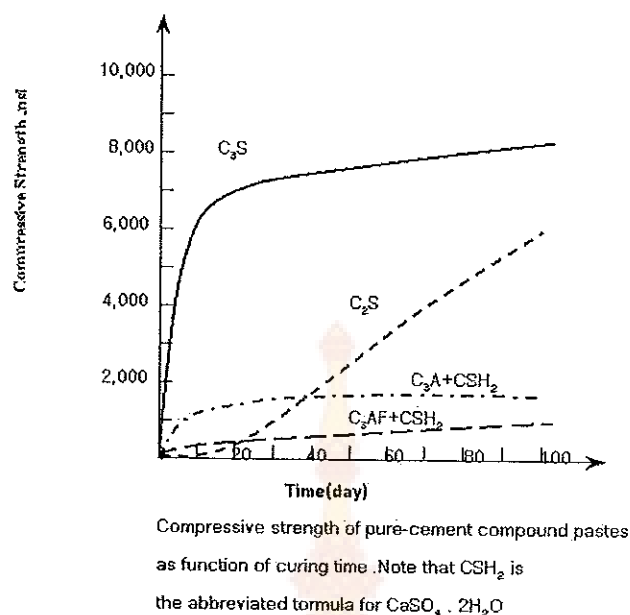
2.2.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland cement) วัตถุดิบนี้พบครั้งแรก ณ เมืองปอร์ตแลนด์ในประเทศอังกฤษ ปูนซีเมนต์แลนด์ประกอบด้วย หินปูน (Limestone) และดินเหนียว (clay) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ก็มีเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) และโคโลไมต์ (MgCO_3) เป็นจำนวนเล็กน้อย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาในบ้านเราที่ใช้กันทั่วไป (ตราเสือ ตราช้าง ตราภูเขา) ปกติจะมีสีเทาแกมเขียว (greenish gray) และมันน้ำหนักประมาณ 92 ปอนด์/ฟุต เมื่อเผาวัตถุดิบของปูนซีเมนต์ซึ่ง ได้แก่ สารออกไซด์ของธาตุแคลเซียมซิลิกอน อลูมิเนียมและเหล็ก สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากันทางเคมีและรวมตัวกันเป็นสารประกอบอยู่ในปูนเม็ด ในรูปของผลึกที่ละเอียดมาก

ตารางที่ 2.1 สารประกอบในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

สารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์		
ชื่อของสารประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ตัวย่อ
ไตรแคลเซียม ซิลิเกต	$3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
ไดแคลเซียม ซิลิเกต	$2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
ไตรแคลเซียม อะลูมินेट	$3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
เตตราแคลเซียม อะลูมิโน เฟอไรต์	$4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

โดยที่

- C_3S ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้เร็วภายใน 14 วัน
- C_2S ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้ช้า ความร้อนเกิดขึ้นน้อย
- C_3A ทำให้ปูนซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาเริ่มแข็งตัวเกิดความร้อนสูง มีกำลังรับแรงเร็ว
- C_4AF มีผลน้อย ให้ความแข็งแรงเล็กน้อยเดิมเข้าไปเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความแข็งแรงรับแรงอัด

จำนวนสารประกอบที่อยู่ในปูนซีเมนต์ทำให้คุณสมบัติของปูนซีเมนต์เปลี่ยนไป เช่น ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงเร็วหรือช้า ระยะเวลาการก่อตัวและแข็งตัวอาจเร็วขึ้นหรือช้าลง ความร้อนที่ได้จากการปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์อาจสูงหรือต่ำ เป็นต้น

ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (ATM.C.150) (Type I - V) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย (ม.อ.ก.15) แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ 5 ประเภทคือ

ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Normal Portland Cement) ใช้สำหรับลักษณะงานธรรมดาที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว และตราเพชรเม็ดเดียว

ประเภทที่ 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตที่ต้องการลดอุณหภูมิเนื่องจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง งานคอนกรีตเหลาหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง เช่น งานสร้างเขื่อนคอนกรีต กำแพงดินหนา ๆ หรือท่อคอนกรีตขนาดใหญ่ ๆ ต่อม่อ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเจ็ดเศียร

ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความแข็งแรงสูงโดยเร็ว (High Early Strength Portland Cement) หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนซีเมนต์ให้กำลังสูงในระยะแรกมีเนื้อเป็นผงละเอียดกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา มีประโยชน์สำหรับคอนกรีตที่จะต้องใช้งานเร็ว หรือรอ

แบบได้เร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต ถนน พื้น และงานที่ต้องถอดแบบเร็ว เป็นต้น ปูนประเภทนี้ ได้แก่ ปูนตราเอราวัณ ตราพญานาคสีแดง และตราสามเพชร

ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดความร้อนต่ำ (Low Heat Portland Cement) สามารถลดปริมาณความร้อนเนื่องจากการรวมตัวของปูนซีเมนต์กับน้ำซึ่งจะสามารถลดการขยายตัวและหดตัวของคอนกรีตภายหลังการแข็งตัว ใช้มากในการสร้างเขื่อน เนื่องจากอุณหภูมิของคอนกรีตต่ำกว่างานชนิดอื่นไม่เหมาะสำหรับโครงสร้างทั่วไปเพราะแข็งตัวช้า

ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดทนซัลเฟตได้สูง (Sulfate Resistant Portland Cement) ใช้ในบริเวณที่น้ำหรือดิน มีค่าค่าสูง มีระยะการแข็งตัวช้า และมีการกระทำของซัลเฟตอย่างรุนแรง ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลาม

นอกจากนี้ยังมีปูนซีเมนต์ชนิดอื่น ๆ อีก เช่น portland pozzolana cement ซึ่งเหมาะสำหรับงานอาคารคอนกรีตในทะเล ปูนซีเมนต์ผสมซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ซิลิกา (ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา กับทราย 25 – 30%) ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราเสือ ตรางูเห่า และตรานกอินทรี มีราคาถูกแข็งตัวช้า ไม่ยี้ดหรือหดตัวเท่ากับงานก่ออิฐ ท่อดิน เทพื้น คอม่ือ หล่อท่อ เทภาชนะคอนกรีต กระเบื้องมุงหลังคา และตึกแถว เป็นต้น

2.2.1.2 ปูนซีเมนต์ธรรมชาติ (natural cement) ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ทำจากหินที่ขุดได้ในดินซึ่งมีส่วนผสมคล้าย ๆ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์อยู่แล้ว โดยเอาหินนี้มาเผา แต่การเผาไม่ใช้ความร้อนสูงแบบเผาทำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เมื่อเผาแล้วเอาบดเป็นผง ปูนซีเมนต์ชนิดนี้มีคุณภาพแข็งในน้ำได้เหมือนกัน แต่มีกำลังต่ำกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มากและมีส่วนผสมไม่แน่นอน เพราะแล้วแต่คุณสมบัติของหินที่ได้จากธรรมชาติ

2.2.1.3 ปูนซีเมนต์พอซโซลานา (pozzolana cement) ปูนซีเมนต์พอซโซลานาบางครั้งเรียกว่า ปูนซีเมนต์แกล็ก (slag cement) ทำโดยเอาปูนขาวและกาก (slag) จากเตาเผาเหล็กหรือพอซโซลานา ซึ่งเกิดตามธรรมชาติและพวกหินภูเขาไฟมาผสมกันแล้วบดให้ละเอียด ปูนซีเมนต์ที่ชาวโรมันในสมัยโบราณใช้ก็เป็นปูนซีเมนต์ ประเภทนี้ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ไม่แข็งเท่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แต่เมื่อผสมเป็นปูนก่อหรือคอนกรีตแล้วจะเหนียวดีและแตกยากกว่าปูนก่อหรือคอนกรีตที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ใช้ได้ดีในงานที่อยู่ในน้ำเค็มและเหมาะสำหรับใช้น้ำทะเลหรือในที่ชื้นแฉะ เช่น ฐานราก ท่อน้ำ และงานใต้ดินทั่ว ๆ ไป

2.2.1.4 ปูนซีเมนต์อะลูมินัส (aluminous cement) ปูนซีเมนต์อะลูมินัส ทำขึ้นครั้งแรกในฝรั่งเศส โดยเอาบอกไซต์ (bauxite) ซึ่งเป็นแร่ที่มีอะลูมินาสูงและราคาแพงมาผสมกับปูนขาวแล้วเผา หลังจากนั้น นำมาบดให้ละเอียดเช่นเดียวกับการทำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้กำลังเร็ว คอนกรีตที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ชนิดนี้เมื่อหล่อแล้วได้ 24 ชั่วโมง และมีกำลังเท่ากับคอนกรีตซึ่งหล่อ

ด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 3 เดือน เสาเข็มคอนกรีตสำเร็จรูปซึ่งหล่อด้วยปูนซีเมนต์ชนิดนี้อาจนำมาใช้ตอกได้ เมื่อหล่อได้เพียง 24 ชั่วโมงเท่านั้น

ปูนซีเมนต์ชนิดนี้เมื่อนำไปใช้ในประเทศที่มีภูมิอากาศหนาวมากก็ใช้ได้โดยไม่ต้องป้องกันความหนาวแบบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เมื่อเอาปูนซีเมนต์ชนิดนี้ผสมน้ำจะทำให้เกิดความร้อนมากซึ่งเป็นการป้องกันไม่ให้คอนกรีตแข็งด้วยความเย็นจัดเสียก่อน คอนกรีตซึ่งผสมด้วยปูนซีเมนต์นี้เมื่อแข็งแล้ว (ระหว่าง 4 – 6 ชั่วโมง) ต้องรดน้ำหรือคลุมให้ชื้นอยู่เสมอจนครบ 24 ชั่วโมง เพื่อชดเชยน้ำที่ระเหยไปโดยความร้อนอันเกิดขึ้นในขณะที่คอนกรีตกำลังแข็งตัว

2.2.1.5 ปูนซีเมนต์ซิลิกา (silica cement) ปูนซีเมนต์ซิลิกาเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ซึ่งนำมาผสมกับทรายเพื่อให้ราคาถูกลง โดยบดปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเม็ด 70 เปอร์เซ็นต์ ผสมทราย 30 เปอร์เซ็นต์ และผสมยิปซัมลงไปด้วยเล็กน้อย อังกฤษและประเทศต่าง ๆ ในยุโรปส่วนมากก็ผลิตปูนซีเมนต์ชนิดนี้ขึ้นใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศที่ไม่ค่อยมีเชื้อเพลิงธรรมชาติใช้ มักนิยมปูนซีเมนต์ชนิดนี้มากเพราะใช้เชื้อเพลิงในการผลิตน้อยกว่าการผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานของปูนซีเมนต์ซิลิกาส่วนมาก กำหนดค่าความต่ำสุดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ซึ่งใช้ผสมไว้ 50 เปอร์เซ็นต์ ปูนซีเมนต์ซิลิกาในประเทศไทย คือ ปูนซีเมนต์ตราเสือของบริษัทปูนซีเมนต์ไทยจำกัด ปูนซีเมนต์ตรางูเห่า ของบริษัทชลประทานซีเมนต์จำกัด และปูนซีเมนต์ตราอินทรีของบริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวงจำกัด

2.2.2 ชนิดของคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ที่ใช้ในประเทศ

ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทยมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.2.1 ปูนซีเมนต์ผสมหรือปูนซีเมนต์ซิลิกา ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราเสือ ตรางูเห่า และตราอินทรี

2.2.2.2 ปูนซีเมนต์ตราเสือ คือ ปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษมีทรายประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ บดละเอียดรวมอยู่ด้วยมีคุณภาพทดสอบได้แรงตามมาตรฐานอังกฤษ (ordinary portland cement BSS 12 – 1958) ปูนซีเมนต์ตราเสือนี้นี้ใช้ในงานที่ไม่สำคัญนัก ไม่ยึดหดมากเมื่อทำคอนกรีตและที่สำคัญคือ ราคาถูก เนื่องด้วยราคาถูกและมีแรงดีพอสมควรงานอุตสาหกรรมทำกระเบื้องมุงหลังคา ทำโถงถึงส้วม ตอม่อ ฯลฯ ตลอดจนงานสร้างบ้านเอกชนขนาด 2 – 3 ชั้น หรืองานทำถนนในบ้าน มักนิยมใช้ปูนซีเมนต์นี้ นอกจากนั้นเมื่อหล่อเป็นคอนกรีตแล้ว ถึงแม้ว่าจะบ่มไม่เต็มที่ ดังเช่นที่ควรทำในการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาหรือปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว ก็จะไม่ยุ่งยากในเรื่องที่จะมีรอยร้าวลายงา เพราะความยึดหดของปูนซีเมนต์มีน้อย

ปัจจุบันมีการผลิตปูนซีเมนต์ตราเสือออกจำหน่ายโดยบริษัทปูนซีเมนต์ไทยจำกัด ปูนชนิดนี้เป็นปูนซีเมนต์ขาวคุณภาพพิเศษใช้สำหรับงานปูกระเบื้องพื้นและผนังหรืองานยาแนว เซรามิค รวมทั้งใช้ในงานปูนตกแต่งทั่ว ๆ ไป ปูนชนิดนี้มีคุณสมบัติดังนี้

1. เนื้อซีเมนต์ละเอียด เหนียวนุ่ม ยึดเกาะได้ดี คุณภาพเท่าปูนซีเมนต์เทาตราเสือ
2. ระยะเวลาแข็งตัวช้า เหมาะสำหรับงานปูกระเบื้องหรืองานตกแต่งที่ต้องใช้

เวลานาน

3. มีความลื่นในตัว ทำงานง่าย
4. ยึดหรือหดตัวน้อย ไม่แตกถายงา ให้ผิวงานที่เรียบร้อย สวยงาม
5. มีสารอัลคาไลน์ผสมน้อยมาก จึงเหมาะสำหรับการปูกระเบื้องเซรามิคซึ่งดีกว่า

ปูนซีเมนต์เทา ปูนซีเมนต์ขาวตราเสือ 1 ถุง บรรจุซีเมนต์หนัก 20 กิโลกรัม 1 ถุง ใช้ปูกระเบื้องได้ ประมาณ 5 – 6 ตารางเมตร ใช้ยาแนวกระเบื้องเซรามิคได้ประมาณ 80 ตารางเมตร

2.2.2.3 ปูนซีเมนต์ตรางูเห่า เป็นปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นให้มีผลในทางประหยัด และเหมาะสำหรับใช้สร้างอาคาร ดิถถว งานทำกระเบื้อง หล่อถึง หล่อท่อ เทพื้นคอนกรีต และอาคารคอนกรีตทั่ว ๆ ไป มีคุณภาพตามมาตรฐาน ASTM X340.58T และ federal specification SS – C – 208b ถูกกระดากที่ใช้บรรจุพิมพ์ด้วยสีน้ำเงิน

การใช้ปูนซีเมนต์ตรางูเห่านี้ มีส่วนผลที่ทำให้เกิดความและเมื่อผสมคอนกรีตแล้ว ทำให้สะดวกและง่ายในการเทลงแบบเหมาะสำหรับเป็นปูนก่อปูนฉาบพร้อมกับปูนซีเมนต์ชนิดนี้ก็มีคุณภาพทำให้คอนกรีตรับน้ำหนักได้มากและมีกำลังสูงดีที่สุดสำหรับการก่อสร้างดิถถว พื้นคอนกรีตงานทำโอ่ง ทำกระเบื้อง หล่อถึง และอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ต้องการกำลังสูงเป็นพิเศษปูนซีเมนต์ชนิดนี้ใช้ได้โดยทั่วไปมีราคาต่ำกว่าชนิดอื่น เป็นที่นิยมในหมู่ช่างผู้รับเหมาและผู้ผลิตวัสดุก่อสร้างอย่างกว้างขวาง

2.2.2.4 ปูนซีเมนต์ตรานกอินทรี เป็นปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นโดยใช้วัสดุจำพวกซิลิกา บดละเอียดผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เมื่อใช้ทำคอนกรีตปูนก่อ หรือปูนฉาบ จะมีการยึดหดตัวน้อย การแข็งตัวระยะแรกช้ากว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราเพชร แต่เมื่อแข็งตัวแล้วก็มีกำลังตามเกณฑ์ปกติเช่นเดียวกัน เหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์คอนกรีตโดยทั่วไปและงานก่อสร้างที่ไม่เร่งรัดเช่นการสร้างบ้านพักอาศัยทำถนนหรือทางคอนกรีตในบ้านทำกระเบื้องคอนกรีตทั่วไปทำเสาตอม่อ ทำท่อคอนกรีตระบายน้ำ ทำถังส้วมและทำโอ่ง เป็นต้น เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ตรานกอินทรีทำคอนกรีตแล้ว แม้จะไม่ได้พิถีพิถันในเรื่องการบ่มเท่าที่ควร ก็ไม่ค่อยจะมีรอยร้าวลายงาเกิดขึ้น เพราะปูนซีเมนต์ยึดตัวหดตัวน้อย นอกจากนี้ก็ยังเกิดความร้อนน้อย จึงเหมาะสำหรับทำคอนกรีตหยา (mass concrete) เช่น ทำเขื่อนกันน้ำ เป็นต้น

2.2.3 คุณสมบัติปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

Type I ปูนซีเมนต์นี้ได้แก่ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราพญานาคเศียรเดียว ตราเพชร ตราพญานาค 7 เศียร และตราปลาฉลาม

2.2.3.1 ปูนซีเมนต์ตราช้าง คือ ปูนซีเมนต์ชนิดธรรมดาผลิตตามมาตรฐานอังกฤษ คือ ordinary portland cement : 1058 และตามมาตรฐานอเมริกัน คือ ASTM.C.150 – 53 type I ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปตามความนิยมของผู้ออกแบบ เพราะแรงที่เกิดขึ้นโดยปูนซีเมนต์ชนิดนี้สม่ำเสมอ ไม่เปลี่ยนแปลง แรงมากขึ้นหรือน้อยลงตามส่วนของน้ำและปูนซีเมนต์ที่ใส่ลงในคอนกรีตหรือปูนทราย ถ้าใช้คอนกรีตที่มีปูนซีเมนต์ไม่น้อยกว่า 350 กิโลกรัมต่อหนึ่งลูกบาศก์เมตรของคอนกรีต แรงที่เกิดขึ้นใน 14 วันที่บ่มไว้จะขึ้นถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ของแรงทั้งหมดเมื่ออายุ 90 วัน

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาวตราช้างของบริษัทปูนซีเมนต์ไทยจำกัด มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับปูนซีเมนต์สีเทาตราช้างของบริษัทเดียวกันวัตถุดิบในการผลิตมีหินสบูหินและทรายแล้วโดยนำวัตถุดิบทั้งสามชนิดมารวมกันตามอัตราส่วน แล้วบดให้ละเอียดแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,500 องศาเซลเซียส จนละลายเข้าด้วยกันและจับเป็นเม็ดเรียกว่าปูนเม็ด ต่อจากนั้นนำไปบดให้ละเอียดอีกครั้งหนึ่งจนละเอียดเป็นแป้งก็จะได้ปูนซีเมนต์ขาวตามต้องการ

ปูนซีเมนต์ขาวใช้ในการทำหินขัด ปูกระเบื้องพื้นห้องน้ำ หรือกรุกระเบื้องฝาผนัง ขาแนวกระเบื้องห้องน้ำ เป็นต้น

โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ขาวตราช้างของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด อยู่ที่อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี มีกำลังผลิตประมาณ 50,000 ตันต่อปี

2.2.3.2 ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเศียรเดียว เป็นปูนซีเมนต์ชนิดปอร์ตแลนด์มีคุณภาพตามมาตรฐานของอเมริกา คือ federal specification SS.C. 192b และ ASTM.C. 150 – 60 และมาตรฐานอังกฤษ B.S. 12 : 1958 ถูกกระดากที่ใช้บรรจุปูนซีเมนต์แบบนี้พิมพ์ด้วยสีเขียว

ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเศียรเดียวนี้นี้มีคุณภาพสูง เหมาะสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องการกำลังสูง ๆ การใช้ปูนซีเมนต์ตราช้างนี้ทำให้ลดค่าใช้จ่ายลง เพราะทุนค่าปูนซีเมนต์มากกว่าใช้ปูนซีเมนต์ตราอื่น ๆ ในท้องตลาด เช่น ถ้าต้องการกำลังคอนกรีต 140 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ตามเทศบัญญัติแล้วจะใช้ปูนขนาดนี้เพียง 5.5 ถุง (275 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรคอนกรีต)

2.2.3.3 ปูนซีเมนต์ตราเพชร เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ผลิตตามกำหนดรายการมาตรฐานอเมริกัน ASTM.C.150 type 1 เหมาะสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องการกำลังสูงซึ่งใช้ในการก่อสร้างทั่วไปตลอดจนการทำผลิตภัณฑ์คอนกรีตทุกชนิดเช่นทำกระเบื้องกระดากกระเบื้องคอนกรีตคุณภาพสูง เสาคอนกรีตทุกประเภท ผนังและชิ้นส่วนอาคารสำเร็จรูป และ

ผลิตภัณฑ์คอนกรีตอัดแรงเหล่านี้ เป็นต้น สิ่งก่อสร้างและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ปูนซีเมนต์ชนิดนี้จะมีคุณภาพสูง เพราะการแข็งตัวและกำลังที่เกิดขึ้นเป็นไปโดยสม่ำเสมอตามมาตรฐาน

2.2.3.4 ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เสียร เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เหมือน type I แต่ผลิตเป็นพิเศษ โดยจะเกิดความร้อนขณะผสมต่ำกว่าชนิดอื่น (moderate heat cement) มีคุณภาพตามมาตรฐาน ASTM.C. 130 – 60 และ B.S.1370 : 1958 ถูกกระคายที่ใช้บรรจุปูนซีเมนต์แบบนี้พิมพ์ด้วยสีเขียวเช่นกัน

การใช้ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เสียรนี้ มีคุณภาพเหมือนกับแบบ 1 แต่ผลิตพิเศษในเชิงเคมีเพื่อให้ปูนซีเมนต์เกิดความร้อนขึ้นช้า ๆ เพียงปานกลางในเมื่อผสมเข้าเป็นคอนกรีตแล้ว ปูนซีเมนต์แบบนี้จึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องเทคอนกรีตคราวละมาก ๆ และกำแพงหนา ๆ โดยไม่ทำให้เกิดการแตกร้าว เช่น กำแพงคอนกรีตคราวละมาก ๆ และกำแพงหนา ๆ โดยไม่ทำให้เกิดการแตกร้าว เช่น กำแพงคอนกรีตกันดินเขื่อนคอนกรีตสูง ๆ เช่น เขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก ถังน้ำประปาและโรงประปาที่สามเสน ก็ได้ใช้ปูนซีเมนต์แบบนี้

2.2.3.5 ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลาม เป็นปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ผสมคอนกรีต แล้วจะทำให้มีความแกร่งไม่สึกกร่อนหรือสลายตัวเมื่อคอนกรีตนี้ถูกดองกับน้ำเกลือเหมาะสำหรับใช้เทในดินหรือในบริเวณที่มีส่วนผสมของน้ำเกลืออยู่ด้วย มีคุณภาพตามมาตรฐานของ federal specification SS.C. 192 b และ ASTM.C. 150 – 6 - ถูกกระคายที่ใช้บรรจุปูนซีเมนต์แบบนี้พิมพ์ด้วยสีดำ

การใช้ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลามชนิดนี้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับใช้ในงานคอนกรีตที่อยู่กับดินเค็ม เช่น ชายทะเล ใช้ผสมงานอัดฉีดน้ำปูน (fountain grouting) เข้าไปในฐานรากหิน งานอัดฉีดน้ำปูนเข้าไปในชั้นหิน เป็นการประสารและทำให้รอยร้าวหายไปช่วยเพิ่มกำลังของหินฐานราก

2.2.4 ปูนซีเมนต์แข็งตัวเร็ว

Type III ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราเอราวัณ ตราพญานาคเขียวสีแสด ตราสามเพชร

2.2.4.1 ปูนซีเมนต์ตราเอราวัณ คือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดแข็งตัวและรับแรงได้เร็วผลิตตามมาตรฐานอังกฤษ คือ Rapid hardening portland cement B.S. 12 : 1958 และตามมาตรฐานอเมริกัน คือ ASTM.C.150 – 63 type III

ปูนซีเมนต์ตราเอราวัณนี้ เหมาะสำหรับใช้ในงานคอนกรีตหรือปูนทรายที่จะให้รับแรงได้เร็วขึ้น ทุ่นเวลาการถอดแบบรับกำลังได้มากแต่ต้องบ่มให้ดี ใช้ในงานก่อสร้างที่ต้องการให้คอนกรีตรับแรงได้เร็วและรับน้ำหนักได้เร็วขึ้น แทนที่จะรอให้คอนกรีตภายหลังการเท 21 วัน

ดังเช่น กรณีใช้ปูนซีเมนต์ตราเสือหรือรอ 14 วัน เช่น กรณีใช้ปูนซีเมนต์ตราช้างแต่ปูนซีเมนต์ตราเอราวัณลดเวลาเหลือเพียง 7 วันสำหรับใช้เข็มและคานเหลือ 3 วันสำหรับถอดแบบเสาธรรมดา

2.2.4.2 ปูนซีเมนต์ตราพานาคเคียร์เคียวสีแดง ชนิดแข็งตัวเร็ว เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ผลิตขึ้นใช้กับคอนกรีตที่ต้องการให้แข็งตัวเร็วและรับน้ำหนักได้เร็วกว่าปูนแบบอื่นมีคุณภาพตามมาตรฐาน ASTM.C 150 – 50 และ B.S. 12 : 1958 ถูกกระดากที่ใช้บรรจุปูนซีเมนต์แบบนี้พิมพ์ด้วยสีแดง

ปูนซีเมนต์ตราพานาคเคียร์เคียว สีแดง ชนิดแข็งตัวเร็วนี้มีส่วนประกอบในปูนซีเมนต์ ซึ่งเมื่อใช้ผสมในคอนกรีตแล้วจะทำให้แข็งตัวเร็วขึ้น และรับน้ำหนักได้เร็วกว่าใช้ปูนซีเมนต์ชนิดอื่น ปูนซีเมนต์แบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานหล่อฐานรากที่มีน้ำขังงานคอนกรีตที่เทในน้ำ งานหล่อเข็มคอนกรีตและงานหล่อเสาไฟฟ้าสูง ๆ เป็นต้น เพราะถอดแบบได้เร็วกว่าใช้ปูนซีเมนต์ชนิดอื่น

2.2.4.3 ปูนซีเมนต์ตราสามเพชร เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่เกิดแรงสูงเร็วผลิตตามกำหนดรายการมาตรฐานอเมริกัน ASTM.C.150 type 111 ปูนซีเมนต์ชนิดนี้มีเนื้อละเอียดกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา จึงเกิดแรงสูงเร็วกว่า เหมาะสำหรับการก่อสร้างที่ต้องการกำลังสูงและต้องกระทำอย่างเร่งรีบเช่นทำเสาเข็มคอนกรีตให้ใช้ตอกลงดินได้เร็วใช้หล่อคานหรือเสาให้ถอดแบบได้เร็ว และใช้ทำสิ่งก่อสร้างเพื่อให้ใช้งานได้เร็ว เป็นต้น

2.3 มอร์ต้า (Morta)

มอร์ต้า (Morta) คือ การนำวัสดุประสานมาผสมกันระหว่างปูนซีเมนต์กับทราย ตามแผนผังที่ 2.1 สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ทรายหยาบ เหมาะสมสำหรับงานประเภทโครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรงสูง เช่น อาคาร บ้านพักอาศัย ถนน ทางด่วน สนามกีฬา และสนามบิน นอกจากนี้ยังเหมาะสมสำหรับงานผลิตภัณฑ์คอนกรีต เช่น ฐานราก เสา คาน พื้น ซึ่งปูนซีเมนต์ดังกล่าวยังได้รับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 สอดคล้องตามมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา ASTM C 150 TYPE I

มอร์ต้า สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบหล่อรูปทรงลูกบาศก์ ขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร ซึ่งสามารถรับแรงอัดได้ตามมาตรฐาน ASTM C 109-80 ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์กำหนดกำลังอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้ามาตรฐาน (มอก. 15 เล่ม 12 : 2528)

อายุการบ่ม	กำลังอัด (กก. / ตร.ซม.)				
	ประเภท	ประเภท	ประเภท	ประเภท	ประเภท
	ที่ 1	ที่ 2	ที่ 3	ที่ 4	ที่ 5
1 วัน ในอากาศชื้น	-	120	-	-	-
1 วัน ในอากาศชื้น 2 วัน ในน้ำ	85	70	210	-	-
1 วัน ในอากาศชื้น 6 วัน ในน้ำ	150	130	-	55	65
1 วัน ในอากาศชื้น 27 วัน ในน้ำ	245	245	-	140	210

CPAC . 2000 อธิบายว่า กำลังของมอร์ต้า มีบทบาทอย่างมากต่อกำลังอัดของคอนกรีต โดยกำลังของมอร์ต้า จะขึ้นอยู่กับความพรุนภายในเนื้อมอร์ต้า อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ และ Degree of Hydration แต่ความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังและความพรุน จะถูกควบคุมด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

การเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติของมวลรวม เช่น การเปลี่ยนแปลงขนาดและ ปริมาณ กำลังลักษณะผิว ขนาดใหญ่สุด การดูดซึม และแร่ธาตุต่าง ๆ จะส่งผลต่อกำลังของคอนกรีตไม่มากนัก

การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังคั้งน้อยกว่ากำลังอัด โดยอัตราส่วนของกำลังคั้งต่อกำลังอัดของคอนกรีต จะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้น

2.4 มวลรวมหรือวัสดุผสม (Aggregates)

หินย่อย กรวดและทราย รวมเรียกว่า วัสดุผสม (Aggregates) ซึ่งเป็นพวกแร่ธาตุที่เฉื่อยไม่มีปฏิกิริยา อาจได้จากธรรมชาติ ได้แก่ หินอัคนี หินชั้นและหินแปร หรือทำเทียมขึ้น เช่น วัสดุผสมตะกรันเตาถลุงในเนื้อคอนกรีตจะมีวัสดุผสมอยู่ประมาณ 3 ใน 4 ส่วน และเนื่องจากราคาของวัสดุผสมถูกกว่าของปูนซีเมนต์ ดังนั้น วัสดุผสมจึงมีส่วนทำให้ได้คอนกรีตราคาต่ำลง วัสดุผสมอาจเรียกว่าเป็นตัวแทรก (Filler Material) ในคอนกรีต

การเลือกใช้วัสดุผสมนี้ มีส่วนสำคัญที่จะช่วยให้ได้คอนกรีตที่ดี คือ คุณสมบัติของหินและทราย จะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต สัดส่วนของการผสม และในด้านความประหยัด วัสดุผสมที่จะใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต ต้องสะอาด แข็งแกร่ง ทนทาน มีเหลี่ยมคม ไม่ขยายตัวมาก มีสารที่จะทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพต่อคอนกรีตน้อยที่สุด วัสดุผสมที่ไม่ควรให้มีปะปนอยู่ ได้แก่ วัสดุผสมที่อ่อน ปั่นง่าย พรุนและแยกได้เป็นชิ้น ๆ หรือพวกดินดานต่าง ๆ ซึ่งไม่

ทนทานต่อดินฟ้าอากาศ วัสดุผสมต้องมีขนาดคล้อยอยู่ในพิสัยกำหนด ซึ่งจะช่วยให้ได้คอนกรีตมีเนื้อแน่น สม่าเสมอ คุณภาพดี และประหยัด โดยทั่วไปจะแบ่งวัสดุออกเป็น

2.4.1 วัสดุผสมละเอียด (Fine Aggregates) หมายถึง ทรายซึ่งเป็นวัสดุผสมที่มีขนาดเล็กกว่า 4.50 มิลลิเมตร หรือที่สามารถลอดผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ทั้งนี้ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 0.07 มิลลิเมตร วัสดุผสมที่เล็กกว่านี้จะเรียกว่า ฝุ่น (Silt หรือ Clay)

ทรายเกิดขึ้นเองธรรมชาติ มีทั้งทรายที่เกิดเองบนบก เรียกว่า ทรายบก ที่เกิดจากลำธารแม่น้ำ เรียกว่า ทรายแม่น้ำ ที่เกิดจากทะเล เรียกว่า ทรายน้ำเค็ม โดยการแปรรูปหรือกะเทาะแบ่งส่วนมาจากหินและกรวด เช่น ถูกกระแสน้ำในลำธารแม่น้ำพัดพาไหลสลับกลับไปกลับมาจนแตกละเอียดเป็นผงและมีขนาดต่าง ๆ กัน จะประกอบด้วยแร่ควอตซ์หรือหินบะซอลต์ ทรายแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

ก. ทรายบก ทรายบกเกิดจากหินทรายที่แตกแยกชำรุดออกมาเป็นเม็ดทรายตามสภาพภูมิอากาศสิ่งแวดล้อมและจะฝังจมอยู่ในพื้นดินเป็นแห่ง ๆ ทรายชนิดนี้จะมีดิน ซากพืชและซากสัตว์ปะปนอยู่ด้วย ในการใช้งานจึงต้องนำทรายมาล้างแยกดิน ซากพืชและซากสัตว์ออกให้สะอาด ทรายจากทะเลทรายก็จัดเป็นทรายบกด้วย

ข. ทรายแม่น้ำ ทรายชนิดนี้มีอยู่ทั่ว ๆ ไปในที่ราบลุ่มของแม่น้ำ ทรายชนิดนี้เกิดจากปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ โดยกระแสน้ำได้พัดพาทรายจากที่ต่าง ๆ มาตกตะกอนรวมกันในพื้นที่ราบลุ่มที่เป็นที่รวมของทราย

ขนาดของทราย ในการก่อสร้างทั่ว ๆ ไป ทรายแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. ทรายละเอียดเม็ดเล็ก ขนาด 0.5 – 1.5 มิลลิเมตร ใช้สำหรับงานปูนสอ ปูนฉาบ ปูนฉาบ
2. ทรายเม็ดกลาง ขนาด 1 – 2 และ 3 มิลลิเมตร ใช้สำหรับงานเทคอนกรีตปูนก่อที่ต้องรับแรงอัด ปูนฉาบผนังได้ดิน พื้น คานและงานคอนกรีตทั่วไป
3. ทรายหยาบเม็ดใหญ่ ขนาด 2 – 4 มิลลิเมตร ใช้สำหรับงานคอนกรีตประเภทเทพื้น ฐานราก และงานประเภทที่ต้องการรับแรงอัดมาก ๆ

2.4.2 วัสดุผสมหยาบ (Coarse Aggregates) เป็นวัสดุที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มิลลิเมตรขึ้นไป หรือไม่สามารถลอดผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 ได้แก่ กรวดและหินย่อยหรือหินโม

ความสำคัญของวัสดุผสม ต่อ คอนกรีต

1. วัสดุผสมมีราคาถูกกว่า ปูนซีเมนต์ อาจใช้วัสดุผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อลดต้นทุนการผลิต
2. วัสดุผสมมีความทนทานและต้านทานต่อการสึกกร่อนได้ดีกว่า ซีเมนต์เพสต์

3. วัสดุผสมมีการหดตัวและขยายตัวได้ดีกว่าซีเมนต์เพสต์
4. วัสดุผสมสามารถบดแต่งผิวแล สี ให้สวยงามได้
5. วัสดุผสมต้านทานต่อไฟ ความร้อนและเสียง ได้ดี
6. วัสดุผสมมีหลายชนิดและหลายหน่วยน้ำหนักให้เลือกใช้ นำมาสร้างคอนกรีตได้

หลายลักษณะ

2.5 น้ำ (Water)

ปริมาณและคุณภาพของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อกำลังอัดของคอนกรีต เช่น เวลาการแข็งตัว กำลังอัด ทำให้สีของคอนกรีตไม่สม่ำเสมอและอาจก่อให้เกิดการกัดกร่อน เหล็กเสริม เป็นต้น

น้ำเป็นปัจจัยและส่วนประกอบที่สำคัญยิ่งสำหรับงานคอนกรีต หากแบ่งออกตามสภาพการใช้งาน คือ

1. น้ำผสมคอนกรีตใช้ผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน อันมีผลต่อความสามารถในการเทได้ง่ายและกำลังและความคงทนของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว
2. น้ำบ่มคอนกรีต ใช้บ่มคอนกรีตให้แข็งตัวและมีกำลังเพิ่มขึ้นและเป็นการป้องกันปัญหาการแตกร้าวเนื่องจากการสูญเสียน้ำของคอนกรีต
3. น้ำล้างมวลรวม ใช้ล้างมวลรวมที่สกปรกให้สะอาดพอที่จะนำมวลรวมมาใช้ผสมทำคอนกรีตได้

น้ำที่ใช้สำหรับผสมคอนกรีต จะต้องมีความสะอาดมีความขุ่นไม่เกิน 2,000 ppm. (ส่วนในล้าน) ปราศจากความเป็นกรด ต่าง น้ำมันและสารอินทรีย์อื่น ๆ ในปริมาณที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีต โดยปกติจะใช้น้ำประปาและน้ำจืดจากแหล่งตามธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะไม่มีส่วนผสมของน้ำเสียจากบ้านเรือน หรือจากโรงงานอุตสาหกรรม ถือว่าคุณภาพดีพอสำหรับงานคอนกรีต

คุณภาพและปริมาณของน้ำผสมคอนกรีต เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อความแข็งแรงและความคงทนของคอนกรีต น้ำผสมคอนกรีตควรสะอาด ใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และสามารถดื่มได้ หรือถ้าไม่สามารถดื่มได้ก็ควรมีคุณสมบัติผ่านข้อกำหนดของน้ำผสมคอนกรีต นอกจากนี้ น้ำผสมคอนกรีตจะต้องมีสิ่งเจือปนต่างๆ ที่ส่งผลเสียต่อคุณภาพของคอนกรีต เช่น ความสามารถในการเทได้ ระยะเวลาการก่อตัว การแข็งตัว กำลัง และการเปลี่ยนแปลงปริมาตร อีกทั้งต้องไม่มีผลทำให้เหล็กเสริมเป็นสนิม

หน้าที่ของน้ำที่ใช้สำหรับการผสมคอนกรีต

1. เคลือบหินและทรายให้เปียกเพื่อปูนซีเมนต์จะเข้ายึดเกาะโดยรอบและแข็งตัวให้ติดกัน
2. หล่อลื่นในวัสดุผสมทั้ง 3 ชนิด ให้เกิดความชื้นเหลว มีความสามารถในการเทคอนกรีต และการกระทุ้งหรือการเขย่าเข้าแบบหล่อ
3. ทำหน้าที่เข้าผสมกับปูนซีเมนต์ เกิดปฏิกิริยาทางเคมี แล้วเกิดความร้อนที่เรียกว่า Heat of Hydration ทำให้ผงซีเมนต์กลายเป็นวุ้นและเป็นซีเมนต์เหนียว ซึ่งเป็นตัวประสานผิวระหว่างเม็ดของวัสดุผสมเกาะยึดกันแน่นเมื่อแข็งตัว

สารที่เจือปนอยู่ในน้ำ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการก่อตัวและกำลังคอนกรีต ได้แก่ ฝุ่นหรือผง (Silt) น้ำมัน กรด ต่าง เกลือต่าง สารอินทรีย์ต่าง ๆ นำเสียจากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น สำหรับข้อกำหนดทั่วไปที่เกี่ยวกับการผสมคอนกรีต จะต้องมีการควบคุมระดับความเข้มข้นไม่เกิน

ตารางที่ 2.3 ข้อกำหนดของน้ำผสมคอนกรีต

ข้อกำหนด	ปริมาณที่ยอมให้สูงสุด
ปริมาณของแข็ง (ความขุ่น) ไม่มากกว่า	2,000 ppm.
ค่าความเป็นกรด - ค่า (PH)	6 - 8
ปริมาณซัลเฟต ไม่มากกว่า	1,000 ppm.
ปริมาณคลอไรด์ ไม่มากกว่า	500 ppm

การบ่มคอนกรีต จะดำเนินการจากหลังจากการเทคอนกรีตเสร็จแล้วคอนกรีตมีเซตตัว จนสามารถบ่มได้ การบ่มนั้นจะมีกำลังอัดดีกว่าคอนกรีตที่เทแล้วไม่ได้รับการบ่ม หากเวลาบ่มมีไม่มากพอ ก็อาจจะบ่มคอนกรีต ประมาณ 7 วันเป็นอย่างน้อย วิธีการบ่มคอนกรีตมีดังนี้

1. การบ่มคอนกรีตด้วยกระสอบ เมื่อคอนกรีตเริ่มก่อตัว เราก็หากระสอบมาคลุมตรงหน้าผิวคอนกรีตแล้วฉีบน้ำเปียกขึ้นตลอดห้ามให้กระสอบแห้งก่อนที่จะถึงเวลากำหนด
2. การบ่มคอนกรีตโดยการขังน้ำ เหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่เป็นพื้นราบ เช่น พื้น ดาดฟ้า สะพานน้ำ เป็นต้น
3. การบ่มโดยใช้ถุงพลาสติก จะใช้สำหรับ เสา พื้น ที่ต้องการ ไม่ให้ความชื้นของคอนกรีตออก แล้วฉีบน้ำรดทุกวัน

วิธีสังเกตอย่างง่ายว่าน้ำนั้นใช้ผสมคอนกรีตได้หรือไม่ ดังนี้ (CPAC,2000)

1. ความสะอาด น้ำต้องไม่มีสารเน่าเปื่อย ปรักฎูล หรือ ตะไคร่น้ำ
2. สี น้ำต้องใส ถ้ามีสีแสดงว่า มีสารแขวนลอยต่าง ๆ มาก
3. กลิ่น น้ำต้องไม่มีกลิ่นเน่า ถ้ามีกลิ่นก็มักจะมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่
4. รส น้ำต้องไม่มีรส ถ้ามีรสกร่อยหรือเค็ม แสดงว่าเกลือแร่อยู่มาก ถ้ามีรสเปรี้ยว แสดงว่าเป็นกรด ถ้าฝาด แสดงว่าเป็นด่าง แต่โดยทั่วไปความเป็นกรดหรือด่างของน้ำมักไม่มากจนสามารถชิมรสแล้วรู้

2.6 คอนกรีตมวลเบา (Autoclaved Aerated Concrete)

คอนกรีตมวลเบา เป็นนวัตกรรมวัสดุก่อสร้างรูปแบบใหม่สำหรับวงการก่อสร้างของไทย ซึ่งได้รับความนิยมอย่างสูง และเป็นทางเลือกใหม่แก่วงการก่อสร้าง เนื่องจากคอนกรีตมวลเบา มีคุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างจากคอนกรีตชนิดอื่น ๆ คือ สามารถนำไปใช้ก่อสร้างบ้านได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ประหยัดแรงงาน และลดต้นทุนในการดำเนินการก่อสร้าง รวมทั้งสามารถช่วยประหยัดพลังงาน ป้องกันความร้อนได้ดี ทนเสียง มีความคงทนแข็งแรงและมีอายุการใช้งานนานกว่า 50 ปี

คอนกรีตมวลเบาที่เป็นที่นิยม สำหรับขนาดก็มีหลายขนาด คูณย้าย ๆ คอนกรีตบล็อก แต่มีสีอ่อนแทบจะขาว มีรูพรุนตลอดทั้งก้อน น้ำหนักเบา คอนกรีตมวลเบาที่ถูกผลิตออกมาใช้เพื่องานก่อสร้างผนัง พื้น เพราะคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา คือ มีน้ำหนักเบา ทนความร้อนได้ดี ประหยัดการใช้พลังงาน ทนต่อเพลิงไหม้ที่อุณหภูมิสูงได้ สามารถกันไฟได้นานกว่าผนังอิฐมวลเบา และคอนกรีตบล็อกได้ถึง 2-4 เท่า คอนกรีตมวลเบาที่สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท แยกตามกระบวนการการผลิต (บริษัท ลออลิตคอนสตรัคชั่นโปรดักส์ จำกัด มหาชน : เรื่องของคอนกรีตมวลเบา)

1. ผลิตโดยไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การใช้วัสดุที่เบากว่าทดแทน เช่น ขี้เถ้า ขี้เถ้า และการใช้สารเคมีเพิ่มหรือเรียกว่า คอนกรีตมวลเบาระบบ CLC โดยการเติมสารเคมีให้คอนกรีตฟู

2. กรรมวิธีผลิตด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การใช้ปูนขาวเป็นหลักในการผลิตหรือ Lime Base และใช้ปูนซีเมนต์เป็นหลักในการผลิต เรียกว่า Cement Base

คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาทั้ง 2 กลุ่มนี้ คุณภาพจะแตกต่างกัน เช่น คอนกรีตมวลเบา กลุ่มที่หนึ่งกล่าวว่า สามารถใช้ปูนก่อและปูนฉาบทั่ว ๆ ไปได้ แต่ยังไม่มีการรองรับอัตราการดูดซึมน้ำและมีการหดตัวมาก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ปูนฉาบแตกร้าวได้ง่ายและไม่ค่อยแข็งแรง

ต้องบ่มให้ได้อายุจึงจะได้รับความแข็งแรงสูงและใช้งานได้ดี ส่วนกลุ่มที่ 2 ต้องใช้ปูนก่อและปูนฉาบเฉพาะสำหรับคอนกรีตมวลเบาเท่านั้น แต่การใช้ปริมาณปูนก่อและปูนฉาบต้องน้อยกว่าปูนก่อหนาเพียง 2-3 มิลลิเมตร ขณะที่ปูนฉาบหนาเพียง 0.5-1.0 มิลลิเมตร

2.7 ผงแกรนิต

ผงแกรนิต หมายถึง ผงแกรนิตเหลือการ ได้มาจากตัดแผ่นหินแกรนิตตามขนาดที่ต้องการของผู้บริโภค

หินแกรนิต (granite) เป็นหินอัคนีชนิดหนึ่ง รวมถึงหินแปรชนิดหินในสตัด้วย ซึ่งมีความแข็งและเหนียวกว่าหินอ่อนมาก ราคาจะขึ้นอยู่กับสี ลวดลาย และเนื้อหิน หินอ่อนและหินแกรนิตจัดอยู่ในกลุ่มของทรัพยากรแร่ ประเภทกลุ่มหินประดับและหินอุตสาหกรรมก่อสร้าง แกรนิตมีเนื้อแน่นเสมอ (ปราศจากโครงสร้างภายใน) แข็งแรง ทนทาน ดังนั้นจึง ถูกนำไปใช้เป็นหินก่อสร้างกันอย่างกว้างขวาง

2.8 สัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water/Cement Ratio : W/C)

สัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ คือ ปริมาณของน้ำต่อปริมาณปูนซีเมนต์ ที่ใช้ในการผสมคอนกรีตตามที่ต้องการแบบไว้หรือได้จากการทดลองหาค่า W/C ซึ่งค่า W/C ถือว่าเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่ากำลังรับแรงของคอนกรีต (แรงอัด) โดยพบว่า กำลังของคอนกรีตมีความสัมพันธ์เชิงผกผันต่อค่าสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (ปิติ สุคนธ์สุขกุล, 2556) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ ค่ากำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงตามค่าสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น

2.9 การบ่มคอนกรีต (Concrete Curing)

การบ่มคอนกรีต เป็นการควบคุมและป้องกันมิให้น้ำในคอนกรีตระเหยออกจากคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วเร็วเกินไป ทั้งนี้ เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุดสำหรับปฏิกิริยาไฮเดรชัน ซึ่งจะส่งผลต่อกำลังของคอนกรีตโดยตรง ดังนั้น หลังจากที่ผิวหน้าคอนกรีตแข็งตัวแล้ว จะต้องบ่มคอนกรีตให้มีความชื้นอยู่เสมอ เป็นเวลาอย่างน้อย 7 วัน กำลังของคอนกรีตจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตราบเท่าที่ยังมีความชื้นให้ปูนซีเมนต์ได้ทำปฏิกิริยากับน้ำ

วิธีการบ่มคอนกรีต

วิธีการบ่มคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับสภาพของงานคอนกรีตนั้นๆ เป็นหลัก ลักษณะของการบ่มคอนกรีตสามารถแบ่งได้ 3 ลักษณะ คือการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต การป้องกันการเสียน้ำของคอนกรีต และการเร่งกำลัง

1. การบ่มโดยการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต การบ่มลักษณะนี้จะเพิ่มความชื้นให้กับผิวคอนกรีตโดยตรง เพื่อทดแทนการระเหยของน้ำออกจากคอนกรีต การบ่มลักษณะนี้สามารถทำได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

1.1 การขังหรือหล่อหน้า เป็นการขังน้ำไว้ไม่ให้ระเหยออกมามีการใช้กับงานทางระดับ เช่น พื้น หรือถนน เป็นต้น วัสดุที่ใช้ทำทำนบอาจจะเป็นดินเหนียว หรืออิฐก็ได้ ข้อควรระวังสำหรับวิธีนี้ คือ ต้องระวังอย่าให้ทำนบกั้นน้ำพัง และหลังจากบ่มเสร็จแล้ว อาจจะต้องทำความสะอาดผิวหน้าคอนกรีต

1.2 การฉีบน้ำหรือรดน้ำ เป็นการฉีบน้ำให้ผิวคอนกรีตเปียกอยู่เสมอวิธีนี้ใช้ได้กับงานคอนกรีต ทั้งในแนวดิ่ง แนวระดับ หรือแนวเอียง ข้อควรระวัง คือต้องฉีบน้ำให้ทั่วถึงทุกส่วนของคอนกรีต และแรงดันน้ำต้องไม่แรงเกินไปจนชะเอาผิวหน้าคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัวออกไป วิธีนี้ต้องสิ้นเปลืองน้ำมาก และต้องอาศัยที่ที่มีแรงดันน้ำมากพอ

1.3 การคลุมด้วยวัสดุเปียกชื้น เป็นวิธีที่ใช้กันมาก เพราะสะดวก ประหยัด และสามารถใช้ได้กับงานทั้งแนวระดับ แนวดิ่ง และแนวเอียง วัสดุที่ใช้คลุมอาจจะใช้ ผ้าใบ กระสอบ หรือวัสดุอื่นที่ทนน้ำ ข้อควรระวัง คือวัสดุที่คลุมต้องเปียกชุ่มอยู่เสมอ การคลุมต้องคลุมให้วัสดุคลุมเหลื่อมกัน วัสดุที่ใช้คลุมต้องปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต หรือทำให้คอนกรีตต่าง สำหรับการคลุมงานคอนกรีตในแนวดิ่ง ต้องยึดวัสดุคลุมให้แน่นหนา ไม่เลื่อนหลุดลงมาได้ โดยเฉพาะเวลาที่รดน้ำ ซึ่งจะต้องทำเป็นประจำ

2. การบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต วิธีการนี้ใช้การผกผิวของคอนกรีตเพื่อป้องกันมิให้ความชื้นจากคอนกรีตระเหยออกจากเนื้อคอนกรีต การบ่มลักษณะนี้สามารถกระทำได้หลายวิธีดังนี้

2.1 การบ่มในแบบหล่อ แบบหล่อไม้ที่เปียก และแบบหล่อเหล็ก สามารถป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ดี วิธีนี้จัดได้ว่าง่ายที่สุด เพียงแค่ทิ้งแบบหล่อให้อยู่กับคอนกรีตที่หล่อไว้ให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ และคอยดูแลให้ผิวด้านบนคอนกรีตมีน้ำอยู่ โดยน้ำนั้นสามารถไหลซึมลงมาระหว่างแบบหล่อกับคอนกรีตได้

2.2 การใช้กระดาษกันน้ำซึม เป็นการใช้กระดาษกันน้ำซึม ปิดทับผิวคอนกรีตให้สนิทเป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน วิธีนี้มักนิยมใช้กับงานคอนกรีตแนวระดับ กระดาษกันน้ำซึมนี้เป็นกระดาษเหนียวสองชั้นยึดติดกันด้วยยางมะตอย และเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว มีคุณสมบัติในการยึดเหนี่ยวไม่มากนักเวลาที่เปียกและแห้ง ข้อควรระวังในการใช้กระดาษ คือ บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นจะต้องฉีกให้แน่นด้วยกาว หรือเทป และกระดาษต้องไม่มีรอยรอยฉีกขาด หรือชำรุด

2.3 การใช้แผ่นผ้าพลาสติกคลุม วิธีนี้จะเหมือนกับการใช้กระดากกันน้ำ แต่แผ่นผ้าพลาสติกจะเบาอย่างมาก จึงสะดวกในการใช้มากกว่า สามารถใช้กับงานโครงสร้างทุกชนิด ข้อควรระวังก็เช่นเดียวกับกระดากกันน้ำ คือ รอยต่อและการชำรุดฉีกขาด และเนื่องจากมีน้ำหนักเบา จึงต้องระวังเรื่องการผูกยึด ป้องกันลมพัดปลิวด้วย

2.4 การใช้สารเคมีเคลือบผิวคอนกรีต เป็นการพ่นสารเคมีลงบนผิวคอนกรีตซึ่งสารเคมีที่พ่นนี้จะกลายเป็นเยื่อบางๆ คลุมผิวคอนกรีตป้องกันการระเหยออกของน้ำในคอนกรีตได้ การบ่มวิธีนี้ทั้งสะดวกและรวดเร็วแต่ค่าใช้จ่ายจะสูง จึงมักใช้กับงานที่บ่มด้วยวิธีอื่นได้ลำบาก การพ่นสารเคมีนี้ต้องกระทำในขณะที่ผิวคอนกรีตยังชื้นอยู่ และต้องพ่นให้ทั่วถึง ข้อที่ควรทราบ คือ สารเคมีประเภทนี้จะทำให้การยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตที่จะเทใหม่เสียไป จึงไม่ควรใช้กับงานคอนกรีตที่ต้องต่อเติม หรือฉาบปูนในภายหลัง และหากใช้สารเคมีฉีดพ่นแล้ว ไม่ควรฉีดน้ำซ้ำ เพราะน้ำจะไปชะล้างสารเคมีออก ควรชี้แจงให้คนที่ทำงานทราบถึงประเด็นนี้ เพื่อจะได้ไม่ฉีดชะล้างสารเคมีออกโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์

3. การบ่มด้วยการเร่งกำลัง เป็นการบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำ โดยให้ความชื้น และความร้อนกับคอนกรีตที่หล่อเสร็จใหม่ๆ วิธีนี้จะทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงขึ้นโดยรวดเร็วช่วยลดการหดตัว และเพิ่มความต้านทานต่อสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต การบ่มคอนกรีตด้วยวิธีนี้สามารถทำได้สองวิธี คือการบ่มด้วยไอน้ำที่มีความดันต่ำ และการบ่มด้วยไอน้ำที่มีความดันสูง การบ่มด้วยการเร่งกำลัง นิยมใช้กันในงานอุตสาหกรรมคอนกรีตสำเร็จรูป

หน้าที่สำคัญของการบ่มคอนกรีตมีด้วยกัน 2 ประการ

1. ป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีต
2. รักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

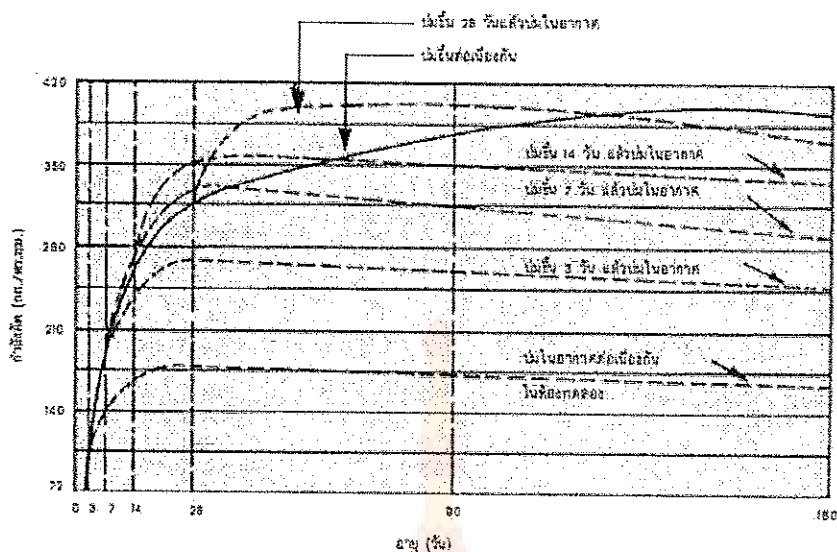
วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการบ่มคอนกรีต

1. เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังและความทนทาน
2. เพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต
3. เพื่อเป็นการคอยดูแลเอาใจใส่ในชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงสร้างให้ถูกต้องตามแบบ

มากที่สุด

4. เป็นการทำงานที่ถูกขั้นตอน ถูกหลักวิชาการ ทำให้ได้คุณภาพของงานที่ดี

มีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 2.2 ผลของการบ่มที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต

ที่มา : The Concrete Products and Aggregate Co.,Ltd. (CPAC)

วิธีการบ่มคอนกรีตแบ่งได้ คือ

1. การบ่มที่อุณหภูมิปกติ

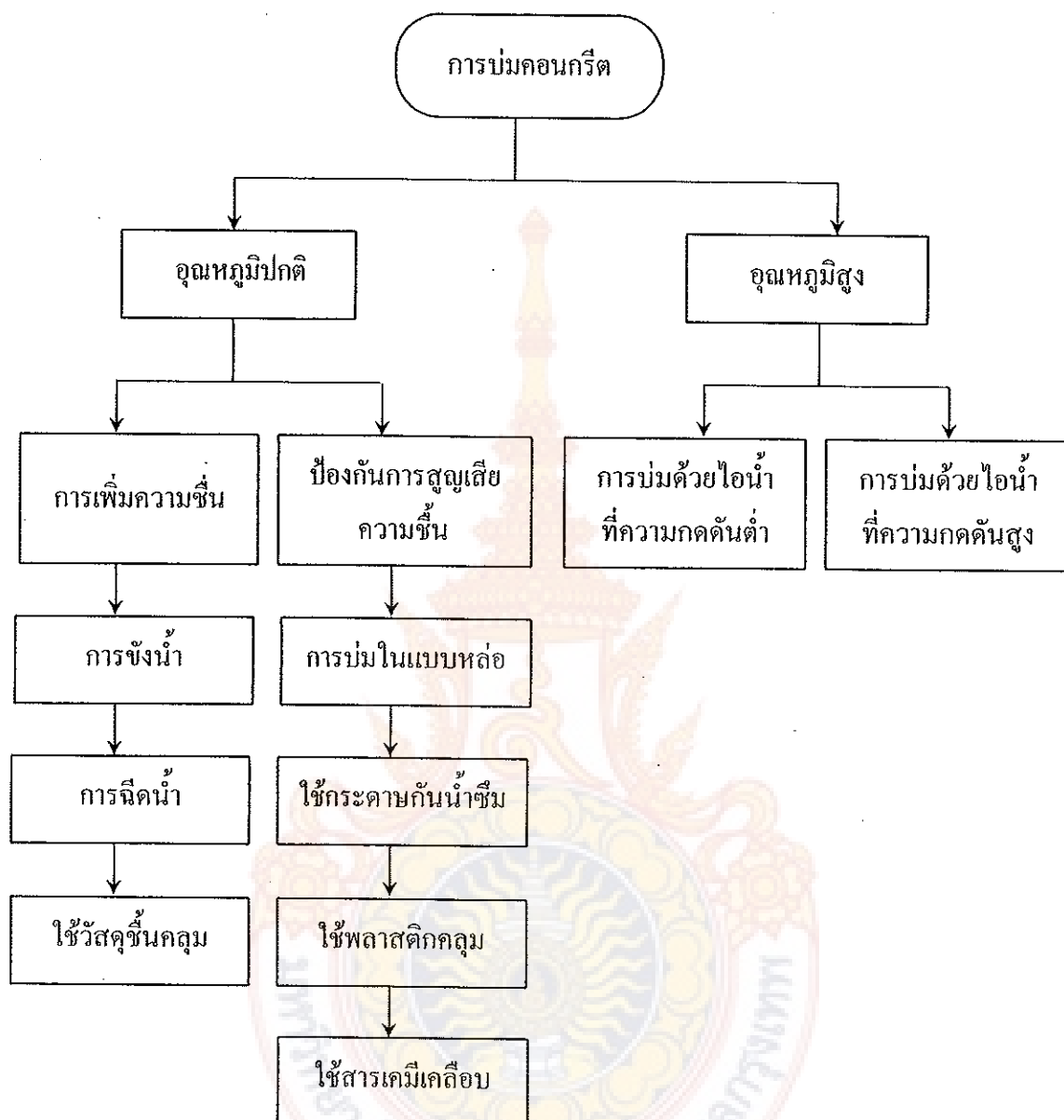
สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ การบ่มโดยการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต และการบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต

1.1 การบ่มโดยการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต เป็นการบ่มที่เพิ่มความชื้นให้กับผิวคอนกรีตโดยตรง ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้ (www.sampsbuilder.com)

1.1.1 การขังหรือหล่อน้ำ (Ponding) เป็นการทำทาบกัน น้ำไม่ให้น้ำไหลออก มักจะใช้กับงานทางระดับ เช่น พื้น หรือถนน เป็นต้น วัสดุที่ใช้ทำทาบอาจจะเป็นดินเหนียว หรืออิฐก็ได้ วิธีการ คือ ใช้ดินเหนียว หรืออิฐทำเป็นคันรอบงานคอนกรีตที่จะบ่ม สำหรับข้อควรระวัง คือ อย่าให้น้ำที่ใช้บ่มมีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีต 10°C และระวังทำทาบกันน้ำพัง

1.1.2 การฉีดน้ำหรือรดน้ำ (Sprinkling or Spraying) เป็นการฉีดน้ำหรือพรมน้ำด้วยหัวฉีดหรือท่ออย่างให้ผิวคอนกรีตเปียกอยู่เสมอวิธีนี้ใช้ได้กับงานคอนกรีต ทั้งในแนวตั้ง แนวระดับ หรือแนวเอียง วิธีนี้ต้องสิ้นเปลืองน้ำมาก และต้องอาศัยที่ที่มีแรงดันน้ำมากพอ วิธีการ คือ ฉีดหรือพรมน้ำให้ทั่วถึงทุกส่วนของคอนกรีต สำหรับข้อควรระวัง คือ แรงดันน้ำต้องไม่แรงเกินไปจนชะเอาผิวหน้าคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัวคือออก

แผนผังที่ 2.2 การบ่มคอนกรีต



1.1.3 การคลุมด้วยวัสดุเปียกชื้น (Wet Covering) เป็นวิธีที่ใช้กันมาก เพราะสะดวก ประหยัด และสามารถใช้ได้กับงานทั้งแนวระดับ แนวโค้ง และแนวเอียง วัสดุที่ใช้คลุมอาจจะใช้ ผ้าใบ กระสอบ หรือวัสดุอื่นที่ทอมน้ำ ถ้าใช้ฟางหรือขี้เลื่อยคลุมควรหนาไม่น้อยกว่า 15 cm. สำหรับการคลุมงานคอนกรีตในแนวโค้ง ต้องยึดวัสดุคลุมให้แน่นหนา ไม่เลื่อนหล่นลงมาได้ โดยเฉพาะเวลาที่รดน้ำ ซึ่งจะต้องทำเป็นประจำ วิธีการ คือ นำวัสดุที่ใช้คลุมคอนกรีตให้ทั่ว และฉีดน้ำให้ชุ่ม

อยู่เสมอ สำหรับข้อควรระวัง คือ วัสดุที่ใช้คลุมต้องปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต หรือ ทำให้คอนกรีตค้าง

1.2 การบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต เพื่อป้องกันมิให้ความชื้นจากคอนกรีตระเหยออกจากเนื้อคอนกรีต การบ่มลักษณะนี้สามารถกระทำได้หลายวิธีดังนี้

1.2.1 การบ่มในแบบหล่อ (Curing The Mold) แบบหล่อไม้ที่เปียก และแบบหล่อเหล็ก สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดีเพียงแต่ทิ้งแบบหล่อให้อยู่กับคอนกรีตที่หล่อไว้ให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ และคอยดูแลให้ผิวด้านบนคอนกรีตมีน้ำอยู่ โดยน้ำนั้นสามารถไหลซึมลงมาระหว่างแบบหล่อกับคอนกรีตได้

1.2.2 การใช้กระดาษกันน้ำซึม (Waterproof Paper) เป็นการใช้กระดาษกันน้ำซึม ปิดทับผิวคอนกรีตให้สนิท เป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน วิธีนี้มักนิยมใช้กับงานคอนกรีตแนวระดับ กระดาษกันน้ำซึมได้ ควรมีคุณภาพตามข้อกำหนดของ ASTM C 171 มี 2 ชั้น ประกอบด้วย ชั้นของกระดาษเหนียวยึดติดด้วยชั้นของกาวยางมะตอย เสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว และมีคุณสมบัติยึดหดตัวไม่มาก วิธีการ คือ นำกระดาษที่ใช้ปิดทับผิวคอนกรีต แล้วนำกาวยาง เทป หรือ ทรายมาปิดผนึกตรงรอยต่อกระดาษให้แน่น

2. การบ่มที่อุณหภูมิสูง

การบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิสูงหรือการบ่มแบบเร่งกำลัง สามารถเร่งอัตราการเพิ่มกำลังได้อย่างรวดเร็ว สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือการบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันต่ำ และการบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันสูง

ข้อดีของการบ่มที่อุณหภูมิสูง

1. สามารถผลิตได้รวดเร็วขึ้น
2. ประหยัดแบบหล่อ เพราะสามารถถอดแบบได้เร็ว
3. คอนกรีตมีกำลังสูงเร็ว ทำให้ทนต่อการเคลื่อนย้าย และใช้งานได้ดี
4. นิยมใช้กันในงานอุตสาหกรรมคอนกรีตสำเร็จรูป

2.1 การบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันต่ำ (low pressure steam curing) อุณหภูมิที่ใช้อยู่ระหว่าง 40-100 °C ส่วนอุณหภูมิที่ได้ผลดีที่สุดจะอยู่ระหว่าง 65-80 °C การเลือกอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นอยู่กับอัตราการเพิ่มกำลังและกำลังสูงสุดที่ต้องการ อุณหภูมิสูงจะทำให้กำลังสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และกำลังประลัยสูงสุดจะมีค่าต่ำ อุณหภูมิที่ต่ำทำให้กำลังประลัยสูงสุดที่สูง แต่ด้วยอัตราการเพิ่มกำลังที่ต่ำ

2.2 การบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันสูง (High pressure steam curing) หากต้องการบ่มคอนกรีตด้วยอุณหภูมิเกิน 100 °C เราต้องให้ความกดดันสูงขึ้น และต้องบ่มคอนกรีตในสถานะที่ปิดสนิท ซึ่งมีชื่อว่า Autoclave อุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ในช่วง 160-210 °C ที่ความดัน 6-20 atm สารประกอบที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีภายใต้สภาวะดังกล่าวมีคุณสมบัติต่างจากสารประกอบ ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C

ระยะเวลาการบ่ม

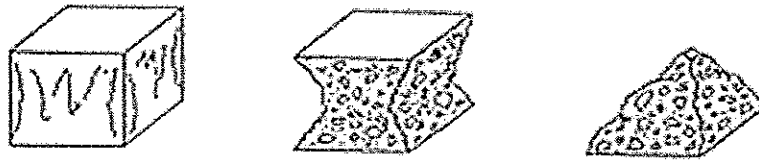
โดยทั่วไประยะเวลาการบ่มคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการ อาทิ เช่น ชนิดของปูนซีเมนต์ที่ใช้ อัตราส่วนผสมของคอนกรีต กำลังของคอนกรีตที่ต้องการ ขนาดและรูปร่างของแท่งคอนกรีต อุณหภูมิที่ใช้บ่ม ความชื้นในขณะบ่ม เป็นต้น องค์ประกอบเหล่านี้ถือได้ว่าจะมีผลต่อระยะเวลาของการบ่มคอนกรีต ซึ่งอาจจะถึง 1 เดือน สำหรับคอนกรีตที่ใช้ทำเสาเข็ม หรือเพียง 3 วัน สำหรับคอนกรีตที่มีปูนซีเมนต์ผสมอยู่ในปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดกำลังสูงเร็ว สำหรับงานโครงสร้างทั่ว ๆ ไป ส่วนใหญ่จะกำหนดระยะเวลาในการบ่มไว้ 3 วัน จนถึง 2 สัปดาห์ ซึ่งกำหนดเวลาดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยปกตินิยมกำหนดระยะเวลาการบ่มไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดระยะเวลาการบ่มคอนกรีตไว้ที่ 28 วัน ทุกกลุ่มตัวอย่าง

2.10 คุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัว (Properties of Harden Concrete)

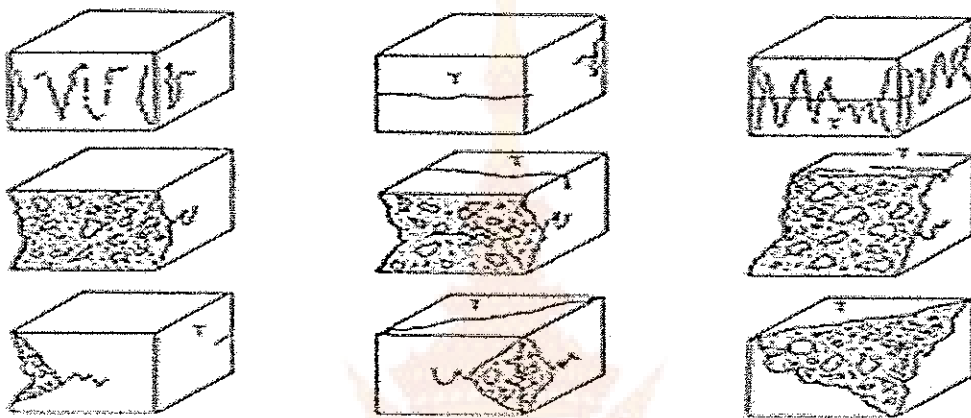
ปิติ สุคนธ์สุขกุล (2556) กล่าวว่า คุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัว แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ คุณสมบัติเชิงกล เช่น คุณสมบัติด้านกำลังรับแรงประเภทต่าง ๆ (แรงอัด แรงดึง แรงดัด และแรงเฉือน) พฤติกรรมการรับแรง รูปแบบการวิบัติ รวมถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังรับแรง และคุณสมบัติเชิงกายภาพ เช่น คุณสมบัติการเป็นตัวนำและการต้านทานความร้อน การดูดซับเสียง ความคงทน เป็นต้น รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติอื่น ๆ

2.10.1 คุณสมบัติเชิงกล (Mechanical Properties)

(1) กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ในด้านกำลังรับแรง คอนกรีตจัดเป็นวัสดุเปราะ มีกำลังรับแรงอัดสูงและกำลังรับแรงดึงต่ำ (ประมาณ 10% ของกำลังรับแรงอัด) มาตรฐาน ASTM C109-80 ระบุถึงการทดสอบปูนซีเมนต์มอร์ต้าด้วยการอัดก้อนคอนกรีตเหลี่ยมขนาด 2 นิ้ว (50 มม.) จนเกิดการแตกหัก



Explosive Failure (a)



T = Tensile Crack (b)

ภาพที่ 2.3 (a) ลักษณะการแตกของก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ที่ถูกต้อง
(b) การแตกที่ไม่ถูกต้อง

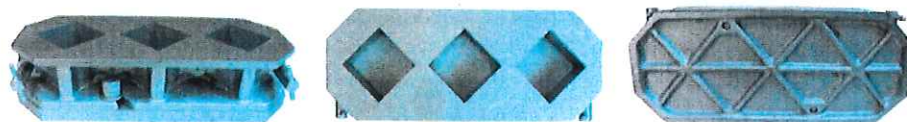
(2) กำลังรับแรงดึง (Tensile Strength) คอนกรีตจัดเป็นวัสดุเปราะที่มีกำลังรับแรงดึงค่อนข้างต่ำ คิดเป็นประมาณ 5-15% ของกำลังรับแรงอัด ดังนั้น ในการใช้งานคอนกรีตโครงสร้าง เช่น ในการออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ค่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีตมักจะถูกละเลยหรือไม่นับเป็นศูนย์และไม่ถูกนำมาใช้ในการออกแบบ

ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต มีอยู่ 3 วิธี

1. กำลังรับแรงดึงโดยตรง (Direct Tensile Strength)
2. กำลังรับแรงดึงแบบผ่าซีก (Split Tensile Strength)
3. ค่าโมดูลัสการแตกร้าว (Modulus of Rupture)

2.11 อุปกรณ์เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง

2.11.1 แบบหล่อคอนกรีตมอร์ต้า (Morta Molds) มีขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร มีให้เลือกจากวัสดุที่ผลิต คือ ทองเหลือง หรือ เหล็ก

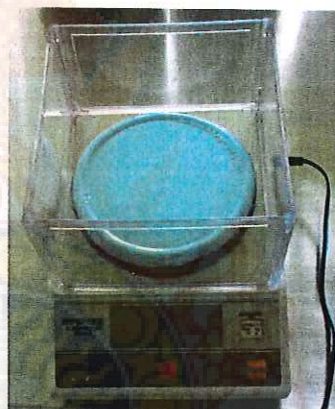


ภาพที่ 2.4 แบบหล่อคอนกรีตมอร์ต้า (Morta Molds)

2.11.2 เครื่องน้ำหนักแบบดิจิตอล



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.5 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (ก) สำหรับชั่งวัสดุปริมาณมาก
(ข) สำหรับชั่งวัสดุปริมาณน้อย

2.11.3 ชุดโต๊ะควบคุมการไหล (Flow Table) พร้อมแบบหล่อทองเหลืองรูปกรวย



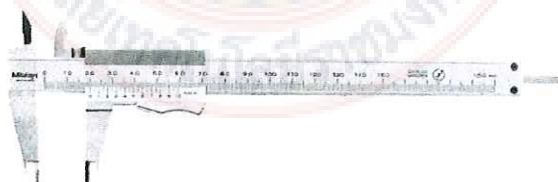
ภาพที่ 2.6 ชุดโต๊ะควบคุมการไหล

2.11.4 เครื่องผสมมอร์ต้าตามมาตรฐาน ASTM C 305-65



ภาพที่ 2.7 เครื่องผสมมอร์ต้า

2.11.5 เวอร์เนียคาลิปเปอร์ ขนาดวัดระยะ 8-10 นิ้ว



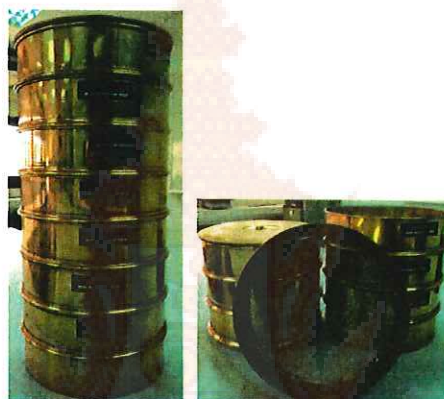
ภาพที่ 2.8 เวอร์เนีย คาลิปเปอร์

2.11.6 ถุงมือยาง



ภาพที่ 2.9 ถุงมือยาง

2.11.7 ตะแกรงร่อน



ภาพที่ 2.10 ตะแกรงร่อนขนาดต่าง ๆ

2.11.8 เครื่องเขย่าตะแกรงร่อน



ภาพที่ 2.11 เครื่องเขย่าตะแกรงร่อน

2.11.9 เครื่องทดสอบกำลังอัด



ภาพที่ 2.12 เครื่องทดสอบกำลังอัด



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัย เรื่องบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด (Renewable by Fine Aggregate in Block Cement) มีหลายขั้นตอนที่ต้องปฏิบัติ ดังแผนผังที่ 3.1

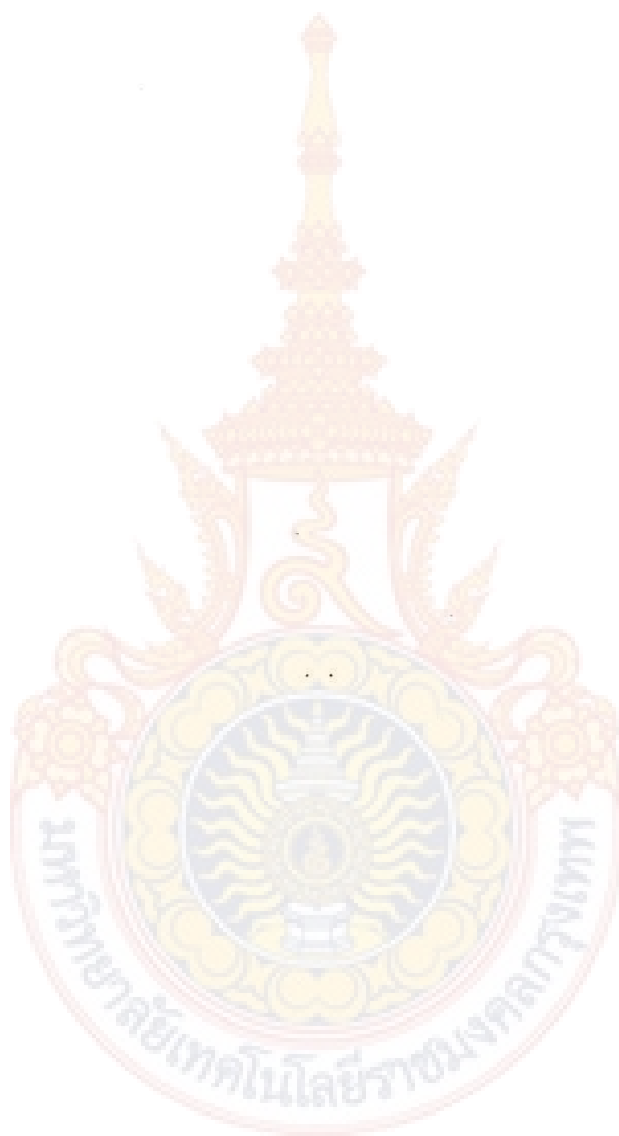
3.1 การออกแบบส่วนผสม

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความแข็งแรงของมอร์ต้า (กำลังอัดของมอร์ต้า) ซึ่งสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำนวนมากของมหาวิทยาลัยฯ หรืออาจจะนำเป็นสิ่งที่ตกแต่งทางเดินเท้า คือ บล็อกปูถนนทางเดินเท้าภายในมหาวิทยาลัยฯ โดยไม่ต้องจัดหาหรือจัดซื้อบล็อกปูถนนจากหน่วยงานภายนอก จากที่กล่าวมาแล้วว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้ต้องสามารถรับแรงกดได้มากที่สุดตามระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งการที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงและสามารถรับแรงอัดได้มากจะต้องมีการเตรียมการก่อนล่วงหน้า ซึ่งขอก้าวเป็นส่วน ๆ ดังนี้

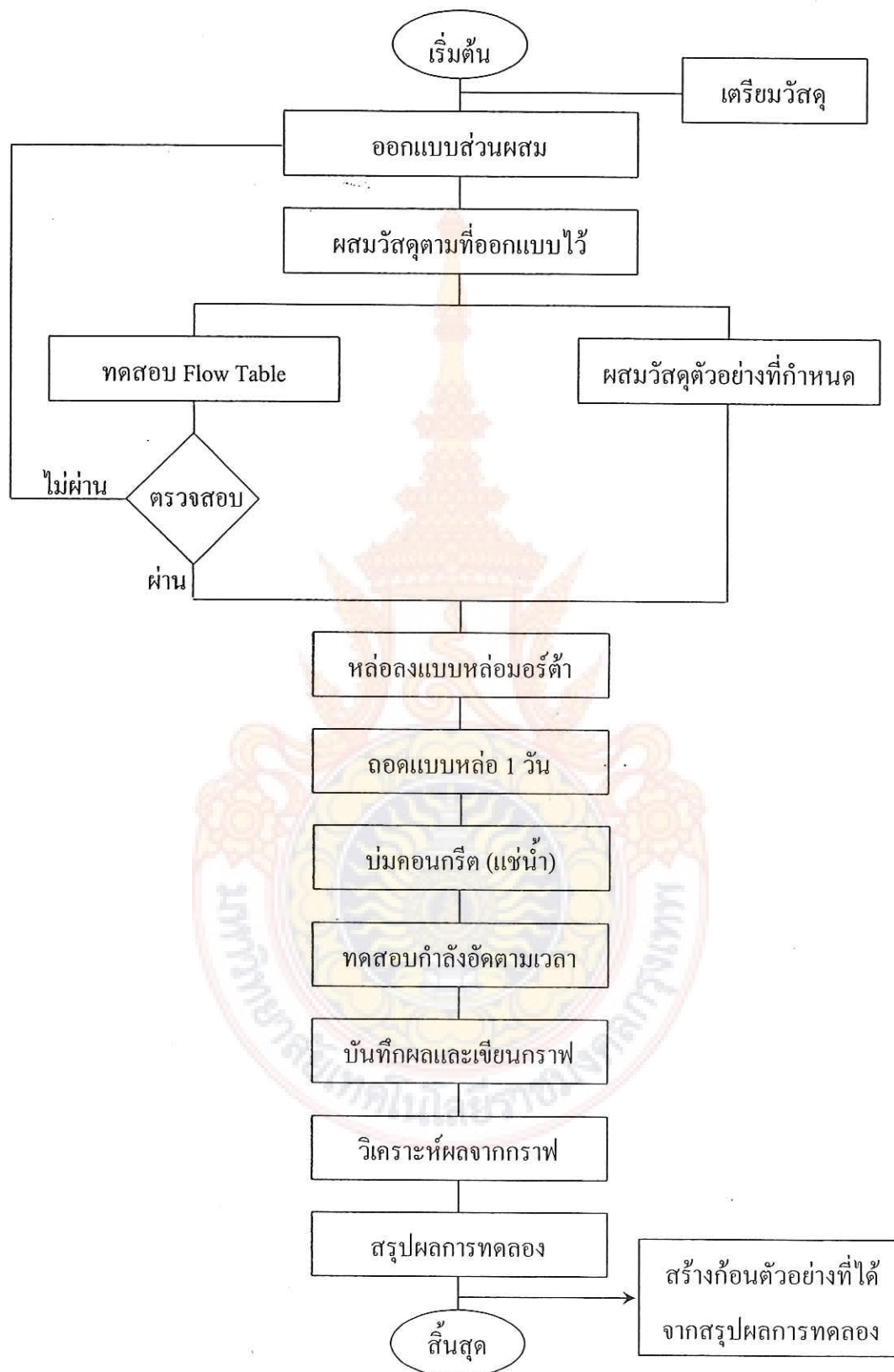
3.1.1 การออกแบบค่า W/C (ปริมาตรน้ำต่อปริมาตรคอนกรีต) เพื่อทดสอบหาความชื้นเหลวของซีเมนต์มอร์ต้า คือ วัดการกระจายตัวของมอร์ต้าบนโต๊ะควบคุมการไหล (Flow Table) สำหรับการวิจัยครั้งนี้จะต้องออกแบบค่าต่าง ๆ ให้สอดคล้องกัน กล่าวคือ การทดสอบกำลังอัดของปูนซีเมนต์ (Compressive Strength of Mortar) ตามมาตรฐาน ASTM C – 109 ผสมมอร์ต้า ซึ่งประกอบด้วยปูนซีเมนต์ 1 ส่วน โดยน้ำหนักกับทราย มาตรฐานออตตาวา (Ottawa Sand) 2.75 ส่วน ค่า Water Cement Ration (W/C) เท่ากับ 0.485 (วิจัยครั้งนี้ ใช้ทรายแม่น้ำแทนทรายมาตรฐานออตตาวา ดูภาคผนวก ข.)

สำหรับค่า W/C ที่ใช้ในงานวิจัย คือ 0.485 แต่เนื่องจากการทดสอบต้องมีการวัดการกระจายของปูนซีเมนต์มอร์ต้าบนโต๊ะควบคุมการไหล อยู่ในขอบเขตที่กำหนด คือ ประมาณ 110% – 115% ของเส้นผ่านศูนย์กลางเดิม จึงได้ออกแบบค่า W/C ให้ครอบคลุมจากที่กำหนดเป็น 0.45 0.485 และ 0.550 (ดังตารางที่ 3.1) จากการที่ผู้วิจัยกำหนดค่า W/C เท่ากับ 0.485 นั้น เพราะ

ต้องการทดสอบดูว่า การกระจายตัว อยู่ในช่วง 110% – 115% หรือไม่ (เฉพาะทราย) ส่วนคอนกรีต
มวลเบา ใช้ค่า W/C เท่ากับ 1.81 และผงหินแกรนิต ใช้ค่า W/C เท่ากับ 1.04



แผนผังที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



ตารางที่ 3.1 ค่า W/C และปริมาณวัสดุทดสอบ (ทราย) ที่ออกแบบ

ที่	ค่า W/C	ปริมาณวัสดุ (กรัม)		
		ปูนซีเมนต์	ทราย	น้ำ
1	0.450	740	2,035	333.00
2	0.485	740	2,035	358.90
3	0.550	740	2,035	407.00

ตารางที่ 3.2 ค่า W/C และปริมาณวัสดุทดสอบ (คอนกรีตมวลเบา) ที่ออกแบบ

ที่	ค่า W/C	ปริมาณวัสดุ (กรัม)		
		ปูนซีเมนต์	คอนกรีตมวลเบา	น้ำ
1	1.46	740	2,035	1265.7
2	1.95	740	2,035	1410.0

ตารางที่ 3.3 ค่า W/C และปริมาณวัสดุทดสอบ (ผงแกรนิต) ที่ออกแบบ

ที่	ค่า W/C	ปริมาณวัสดุ (กรัม)		
		ปูนซีเมนต์	ผงแกรนิต	น้ำ
1	0.890	740	2,035	666.00
2	0.970	740	2,035	720.10
3	1.200	740	2,035	888.30

3.1.2 การออกแบบส่วนผสม คือ วัสดุส่วนผสม เช่น ปูนซีเมนต์ ทราย เศษหินแกรนิต น้ำ และคอนกรีตมวลเบา ผู้วิจัยจะทำการทดสอบกำลังอัดของปูนซีเมนต์ (Compressive Strength of Mortar) ตามมาตรฐาน ASTM C – 109 ผสมมอร์ต้า ซึ่งประกอบด้วยปูนซีเมนต์ 1 ส่วน โดย

น้ำหนักกับทราย มาตรฐานออตตาวา (Ottawa Sand) 2.75 ส่วน ค่า Water Cement Ration (W/C) เท่ากับ 0.485 โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

กลุ่มที่ 1 แบบส่วนผสม คือ ปูนซีเมนต์ : ทราย : น้ำ

กลุ่มที่ 2 แบบส่วนผสม คือ ปูนซีเมนต์ : คอนกรีตมวลเบา : น้ำ

กลุ่มที่ 3 แบบส่วนผสม คือ ปูนซีเมนต์ : อัตราส่วนผสมวัสดุผสม : น้ำ

วัสดุผสม คือ คอนกรีตมวลเบา : เศษผงหินแกรนิต ที่คิดเป็นสัดส่วนตามเปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถแบ่งตัวอย่างออกได้ตามตารางที่ 3.4 ดังนี้

ตารางที่ 3.4 การออกแบบส่วนผสม

แบบส่วนผสม	ปูนซีเมนต์	อัตราส่วนผสม	
		คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต	น้ำ
3.1	ปูนซีเมนต์	90 : 10	น้ำ
3.2	ปูนซีเมนต์	80 : 20	น้ำ
3.3	ปูนซีเมนต์	70 : 30	น้ำ
3.4	ปูนซีเมนต์	60 : 40	น้ำ
3.5	ปูนซีเมนต์	50 : 50	น้ำ
3.6	ปูนซีเมนต์	40 : 60	น้ำ
3.7	ปูนซีเมนต์	30 : 70	น้ำ
3.8	ปูนซีเมนต์	20 : 80	น้ำ
3.9	ปูนซีเมนต์	10 : 90	น้ำ

3.2 การเตรียมวัสดุการทดสอบ

1. นำคอนกรีตมวลเบาที่เหลือทิ้งจากการเรียนการสอน มาทำความสะอาดให้เรียบร้อย ตามน้ำหนักที่ออกแบบไว้

2. หลังจากทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว ให้นำคอนกรีตมวลเบามาทุบให้ละเอียด เก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้องปกติ

3. นำทรายแม่น้ำมาผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 เบอร์ 30 เบอร์ 50 และเบอร์ 100
4. นำผงหินแกรนิต มาคัดแยกเศษหิน เศษไม้ ที่ปะปนรวมกันมาก
5. น้ำที่ใช้สำหรับผสม ควรทิ้งไว้ก่อนผสมประมาณ 2 – 3 วัน เพื่อลดปริมาณคลอรีนในน้ำ
6. ตรวจสอบแบบหล่อมอร์ต้า ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
7. ตรวจสอบอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

3.3 การผสมวัสดุ

ขั้นตอนการผสมวัสดุ ตามที่ได้ออกแบบไว้ มีขั้นตอนที่จะต้องดำเนินการหลายขั้นตอน ซึ่งมีขั้นตอน (ดูภาคผนวก ก.) ดังต่อไปนี้

3.3.1 การทดสอบหาความชื้นเหลวของซีเมนต์มอร์ต้า (Test for Consistency of Cement Mortar)

3.3.2 การผสมวัสดุตามที่ได้ออกแบบ และเป็นไปตามความชื้นเหลวของซีเมนต์มอร์ต้า

3.3.1 การทดสอบหาความชื้นเหลวของซีเมนต์มอร์ต้า (Test for Consistency of Cement Mortar) ตามมาตรฐาน ASTM : C 230-61T โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับความชื้นเหลวของซีเมนต์มอร์ต้า ซึ่งมีขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังนี้

3.3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

- (1) ปูนซีเมนต์
- (2) ทราย ที่อยู่ระหว่างตะแกรงเบอร์ 100 และ No. 16 (1.18 mm.)
- (3) โต๊ะควบคุมการไหล (Flow Table) พร้อมแบบหล่อทองเหลืองรูปกรวย
- (4) เครื่องผสมมอร์ต้า (Mechanical Mixer) ตามมาตรฐาน ASTM C 305-65
- (5) ตะแกรงเบอร์ 20 และ 30
- (6) ตาชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (Balance)
- (7) เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)
- (8) เกรียง (Trowel)
- (9) นาฬิกาจับเวลา (Stop Watch)
- (10) ถุงมือยาง (Rubber Glove)
- (11) ตลับเมตร

3.3.1.2 ขั้นตอนปฏิบัติ

- (1) เตรียมปูนซีเมนต์ (จากซีเมนต์ 1 ส่วน และทรายมาตรฐาน 2.75 ส่วน)
- (2) เตรียมน้ำสะอาด ตามสัดส่วนที่ออกแบบไว้
- (3) ทำความสะอาดใบพาย หม้อผสม ให้แห้ง และใส่น้ำสะอาดที่เตรียมไว้ (ข้อ (2)) ในหม้อผสม
- (4) ใส่ปูนซีเมนต์ (ข้อ (1)) ลงในน้ำที่อยู่ในหม้อผสม แล้วเปิดเครื่องผสม โดยใช้ความเร็วต่ำ (140 ± 5 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 30 วินาที
- (5) ในขณะที่เปิดเครื่องผสม โดยใช้ความเร็วต่ำ ค่อย ๆ เติมทรายที่เตรียมไว้ (ข้อ (1)) ลงไปในหม้อผสมอย่างช้า ๆ ให้หมด
- (6) ปิดเครื่องผสม แล้วปรับความเร็วของเครื่องผสมในระดับปานกลาง (ความเร็ว 285 ± 10 รอบต่อนาที) จากนั้นเปิดเครื่องผสมเป็นเวลา 30 วินาที
- (7) ปิดเครื่องผสมเป็นเวลา 1 นาที 30 วินาที ระหว่างนี้ให้ชุดซีเมนต์มอร์ต้า (โดยใช้มือที่สวมถุงมือยาง) ที่ติดอยู่ข้าง ๆ หม้อผสม และที่ใบพาย ให้มารวมกันอยู่ตรงกลางหม้อผสม ให้เสร็จภายในเวลา 15 วินาที แล้วนำภาชนะมาปิดหม้อผสมไว้จนครบเวลาตามที่กำหนดไว้ ระหว่างรอก็ให้นำใบพายมาทำความสะอาดและเช็ดให้แห้ง แล้วจึงทำการผสมต่อไป
- (8) เปิดเครื่องผสมในระดับความเร็วปานกลาง (ความเร็ว 285 ± 10 รอบต่อนาที) อีกเป็นเวลา 1 นาที เสร็จแล้วปิดเครื่องผสม นำส่วนผสมที่ได้ออกไปใช้งาน

3.3.1.3 การทดสอบการไหลแผ่ (อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์, 2537)

หลังจากทำการผสมซีเมนต์มอร์ต้า (3.3.2) ให้ทำการทดสอบการไหลแผ่ตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- (1) ทำความสะอาด Flow Table และ Flow Mold ให้เรียบร้อย ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของ Flow Mold ทางด้านฐานไว้ให้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร วาง Flow Mold ไว้ตรงกลางในวงกลมบนแผ่นของ Flow Table
- (2) ใส่ซีเมนต์มอร์ต้าลงใน Flow Mold เป็น 2 ชั้น ชั้นแรกสูงประมาณ 25 มิลลิเมตร กระทุ้งด้วยแท่งกระทุ้ง (Tamper) จำนวน 20 ครั้ง ให้ซีเมนต์มอร์ต้าแผ่เต็มแบบ แล้วใส่อีกชั้นหนึ่งจนเต็ม Flow Mold แล้วกระทุ้งอีก 20 ครั้ง หลังจากนั้นปาดซีเมนต์มอร์ต้าออกให้เรียบเสมอขอบบนของ Flow Mold ด้วยเกรียงเหล็ก และทำความสะอาดมอร์ต้าที่ไหลออกมาให้หมด
- (3) ทำการยก Flow Mold ขึ้นตรง ๆ ซึ่งจะเหลือเฉพาะกองของซีเมนต์มอร์ต้าอยู่บนแผ่น Flow Table

(4) หมุนให้แท่นของ Flow Table สูง ½ นิ้ว (1.271 มิลลิเมตร) กระแทก 25 ครั้งในเวลา 15 วินาที เสร็จแล้ว ทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของซีเมนต์มอร์ต้าที่ไหลแผ่อยู่บนแท่นจำนวน 4 ค่า ตามแนวเส้นเฉลี่ย ออกมาเป็นค่าเดียว

3.3.1.4 การคำนวณการไหลแผ่ (Percent Flow)

$$\% \text{ การไหลแผ่ (\% Flow)} = \frac{(D_1 - D_0)}{D_0} \times 100$$

กำหนดให้

D_0 = เส้นผ่านศูนย์กลางพื้นฐานของ Flow Mold

D_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของมอร์ต้าที่กระจายบนแผ่น Flow Table

ให้ทำการทดสอบซ้ำอีก โดยเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่ใช้ จนกระทั่งได้การไหลแผ่ 105% – 115% (ในการทดลองแต่ละครั้งต้องใช้ซีเมนต์มอร์ต้าใหม่เสมอ)

ตารางที่ 3.5 การทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ต้า (ทราย)

ที่	W/C	ปริมาณวัสดุ (กรัม)			วันที่ทดสอบ	D_0 (ซม.)	D_1 (ซม.)	% การไหล
		ปูนซีเมนต์	ทราย	น้ำ				
1	0.450	740	2,035	333.0	25 ธ.ค.55	10.10	20.1	100.000
2	0.485	740	2,035	358.9	25 ธ.ค.55	10.10	21.4	111.881
3	0.550	740	2,035	407.0	25 ธ.ค.55	10.10	22.4	121.782

*นำค่า W/C และค่า % การไหล ไปเขียนรูป (ดูบทที่ 4)

ตารางที่ 3.6 การทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ต้า (คอนกรีตมวลเบา)

ที่	W/C	ปริมาณวัสดุ (กรัม)			วันที่ ทดสอบ	D ₀ (ซม.)	D ₁ (ซม.)	% การไหล
		ปูนซีเมนต์	คอนกรีต	น้ำ				
1	1.46	740	2,035	1265.7	26 ธ.ค.55	10.10	19.0	88.1
2	1.95	740	2,035	1410	26 ธ.ค.55	10.10	22.1	118.8

*นำค่า W/C และค่า % การไหล ไปเขียนรูป (ดูบทที่ 4)

ตารางที่ 3.7 การทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ต้า (ผงหินแกรนิต)

ที่	W/C	ปริมาณวัสดุ (กรัม)			วันที่ ทดสอบ	D ₀ (ซม.)	D ₁ (ซม.)	% การไหล
		ปูนซีเมนต์	ทราย	น้ำ				
1	0.890	740	2,035	666.00	21 ม.ค. 56	10.10	20.08	98.76
2	0.970	740	2,035	720.1	21 ม.ค. 56	10.10	20.23	100.25
3	1.200	740	2,035	888.3	21 ม.ค. 56	10.10	23.43	131.93

*นำค่า W/C และค่า % การไหล ไปเขียนรูป (ดูบทที่ 4)

จากการทดลองปฏิบัติกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 9 ตัวอย่างของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 พบว่า กลุ่มที่ 1 มีค่า W/C ที่เหมาะสมที่ผ่านการทดสอบการไหลแผ่ที่ 110% ทำให้มีค่า W/C เท่ากับ 0.480 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผู้ทำวิจัยกำหนดไว้คือ 0.485 และจะใช้ค่า W/C เท่ากับ 0.485 สำหรับการทดลองครั้งต่อไปของกลุ่มที่ 1 จำนวน 90 ตัวอย่าง

สำหรับการทดลองของคอนกรีตมวลเบา เริ่มแรกผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับค่า W/C เท่ากับการทดสอบโดยใช้ทรายเป็นวัสดุ (ตารางที่ 3.1) จากการลงมือปฏิบัติพบว่า ใช้ปริมาณน้ำมากกว่าที่กำหนด และได้มีการเติมปริมาณน้ำและคำนวณแก้ไข พบว่า ใช้ปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 250% (ตารางที่ 3.2) และได้ทดสอบการไหลแผ่พบว่า ค่าที่เหมาะสมการไหลแผ่ที่ 110% มีค่า W/C เท่ากับ 1.81 ใช้สำหรับการทดลองครั้งต่อไปของกลุ่มที่ 2 จำนวน 90 ตัวอย่าง

สำหรับการทดลองของผงหินแกรนิต ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับค่า W/C เท่ากับการทดสอบโดยใช้ทรายเป็นวัสดุ คือ 0.450 0.485 และ 0.55 (ตารางที่ 3.3) จากการลงมือปฏิบัติพบว่า

ใช้ปริมาณน้ำมากกว่าที่กำหนดและได้มีการเติมปริมาณน้ำและคำนวณแก้ไข พบว่า ใช้ปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 100% (ตารางที่ 3.3) และได้ทดสอบการไหลพบว่า ค่าที่เหมาะสมการไหลอยู่ที่ 110% มีค่า W/C เท่ากับ 1.04 ใช้สำหรับการทดลองครั้งต่อไปของกลุ่มที่ 3 จำนวน 90 ตัวอย่าง

3.3.2 การผสมวัสดุตามที่ได้ออกแบบ และเป็นไปตามความชันเหลวของซีเมนต์มอร์ต้า

หลังจากที่ได้ปฏิบัติตามขั้นตอนที่ 3.3.1 แล้ว ให้ดำเนินการหาค่า W/C ใหม่ เพื่อความเหมาะสม คือ ค่า W/C ของ ทราย คอนกรีตมวลเบา และผงหินแกรนิต เป็น 0.485 1.81 และ 1.04 ตามลำดับ เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณน้ำใหม่ ที่ใช้สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ 2 และกลุ่มตัวอย่างที่ 3 จำนวนตัวอย่างละ 90 ก้อน คือ 3.64 13.58 และ 7.80 กิโลกรัม (ตามลำดับ)

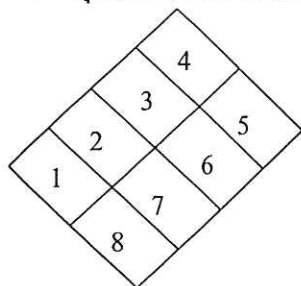
สำหรับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 9 ตัวอย่าง (ตารางที่ 3.4) ทางผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบตามสัดส่วนเช่นเดิม คือ 1:2.75 (หัวข้อ 3.11) กล่าวคือ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วนโดยน้ำหนักกับทรายมาตรฐานออตตาวา (Ottawa Sand) 2.75 ส่วน (ภาคผนวก ข.) ซึ่งได้กำหนดค่า W/C เท่ากับ 1.27 ให้กับทุกกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้เป็นตัวแปรหลักในการเปรียบเทียบการทดสอบหาค่ากำลังอัดของมอร์ต้าทั้ง 9 กลุ่มตัวอย่าง สำหรับค่า W/C ที่กำหนดใช้ได้มาจากการเทียบค่า W/C ของคอนกรีตมวลเบาเป็นหลักของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 (W/C เท่ากับ 1.81) กับปริมาณน้ำหนักวัสดุที่ใช้ (คอนกรีตมวลเบา) เพราะฉะนั้นกลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 – 3.9 จะมีค่า W/C ปริมาณปูนซีเมนต์และปริมาณน้ำที่ใช้ผสมเท่ากัน (ตารางที่ 3.12 – 3.20) สำหรับวัสดุที่ใช้ทดแทนวัสดุมวลละเอียดในงานวิจัยครั้งนี้ คือ คอนกรีตมวลเบา กับผงแกรนิต ซึ่งจะมีอัตราส่วนที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3.4) เพื่อหาผลการทดสอบกำลังอัดสูงสุด

3.4 การนำซีเมนต์มอร์ต้าลงแบบหล่อก่อนทดสอบ

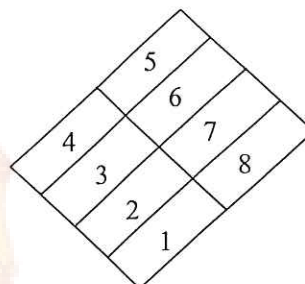
หลังจากปฏิบัติตามข้อ 3.3.1 เรียบร้อยแล้ว จะนำซีเมนต์มอร์ต้าลงไปใส่ลงในแบบหล่อก่อนทดสอบ (Morta Mold) มีขั้นตอน (ดูภาคผนวก ก.) ดังต่อไปนี้

3.4.1 หล่อซีเมนต์มอร์ต้าลงบนก่อนทดสอบ จะทำให้เสร็จภายใน 2 นาที 30 วินาที หลังจากผสมซีเมนต์มอร์ต้าเสร็จแล้ว ใส่ซีเมนต์มอร์ต้าลงไปในแบบหล่อเป็น 2 ชั้น ชั้นแรกหนาประมาณ 25 มิลลิเมตร โดยใส่ลงในช่องหล่อก่อนทดสอบก่อน

3.4.2 กระทุ้งด้วยเหล็ก (Temper) จำนวน 32 ครั้ง ในเวลา 10 วินาที โดยให้กระทุ้งเป็น 4 รอบ โดยแต่ละรอบให้ตั้งฉากกับรอบอื่น ๆ น้ำหนักในการกระทุ้งให้แรงพอที่จะให้มอร์ต้าแผ่ไปทั่วแบบหล่อเท่านั้น เมื่อกระทุ้งครบ 4 รอบ จึงไปกระทุ้งช่องต่อไป



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.1 (ก) รูปแบบการกระทุ้งรอบที่ 1 และรอบที่ 3

(ข) รูปแบบการกระทุ้งรอบที่ 2 และรอบที่ 4

(ที่มา : อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์, 2537)

3.4.3 เมื่อกระทุ้งครบทุกช่องแล้ว ให้ใส่ซีเมนต์มอร์ต้าที่เหลือลงไปแบบหล่อ แล้วกระทุ้งเช่นเดียวกับชั้นแรก โดยเมื่อกระทุ้งเสร็จให้ซีเมนต์มอร์ต้าสูงกว่าแบบหล่อเล็กน้อย

3.4.4 ใช้เกรียงปาดซีเมนต์มอร์ต้าที่ล้นติดขอบแบบหล่อลงมาในแบบ แล้วปาดผิวให้เรียบร้อย โดยเฉยเกรียงด้านนำเล็กน้อยไปทางขวาของขอบแบบหล่อแต่ละช่องเพียงครั้งเดียว

3.4.5 เพื่อให้ผิวหนาแบบหล่อเรียบยิ่งขึ้น ให้ใช้เกรียงปาดเบา ๆ อีกหนึ่งครั้งตลอดตามยาวของแบบหล่อ โดยเฉยด้านนำเล็กน้อย ตัดผิวหน้ามอร์ต้าให้เรียบเสมอกับขอบบนของแบบหล่อโดยใช้ขอบด้านตรงของเกรียงวางเกือบบนกับแบบหล่อแล้ว ขยับเกรียงไป - มา ตลอดความยาวของแบบหล่อ

3.4.6 เมื่อดำเนินการตามขั้นตอนข้างต้นเรียบร้อยแล้ว ปล่อยให้แบบหล่อมอร์ต้าทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิปกติ

3.4.7 เมื่อระยะเวลาครบ 24 ชั่วโมง ให้ดำเนินการถอดแบบหล่อ และนำไปชั่งน้ำหนัก พร้อมกำหนดหมายเลขตัวอย่าง

3.4.8 นำตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปทำการบ่มคอนกรีต ตามหัวข้อถัดไป

3.5 การบ่มคอนกรีต

หลังจากหล่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้เก็บตัวอย่าง ซึ่งอยู่ในแบบหล่อไว้ในห้องบ่มชื้นโดยผิวหน้าให้สัมผัสกับความชื้น แต่ไม่ให้ถูกหยดน้ำเป็นเวลา 20 - 24 ชั่วโมง ถ้าต้องถอดแบบก่อน 24 ชั่วโมง

ให้เก็บก้อนตัวอย่างในตู้ขึ้นหรือห้องขึ้น จนครบ 24 ชั่วโมง แล้วจึงแช่น้ำสะอาด (ยกเว้นก่อนทดสอบที่จะทดสอบ เมื่อครบเกณฑ์ 24 ชั่วโมง) โดยคอยเปลี่ยนน้ำที่ใช้ให้สะอาดอยู่เสมอ เมื่อบ่มจนอายุตามต้องการแล้ว ก็นำไปทดสอบกำลังอัดของก้อนทดสอบ โดยอายุที่กำหนดไว้ต้องให้มีความคลาดเคลื่อนได้ ดังนี้ (ดูภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 3.8 ความคลาดเคลื่อนได้

อายุการทดสอบ	ความคลาดเคลื่อนได้
24 ชั่วโมง	$\pm \frac{1}{2}$ เซนติเมตร
3 วัน	± 1 เซนติเมตร
7 วัน	± 3 เซนติเมตร
28 วัน	± 12 เซนติเมตร

3.6 การทดสอบกำลังอัด

3.6.1 ให้ทดสอบกำลังอัดทันทีนำตัวอย่างออกจากห้องบ่ม ก่อนการทดสอบให้เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้ง ปิดเอาเม็ดยาหรือสะเก็ด ที่ติดผิวหน้าออกให้สะอาด

3.6.2 วัดขนาดของหน้าตัด ความสูง และชั่งน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละก้อนไว้ เวลานำก้อนตัวอย่างไปทดสอบ ห้ามใช้ด้านข้างที่มีผิวหน้าทั้งสองหน้ารับแรง ถ้าด้านบนและด้านล่างของก้อนตัวอย่างไม่เรียบ ให้ฝนให้เรียบและขนานกัน (ดูภาคผนวก ก.)

ผิวหน้าของก้อนทดสอบ หากสัมผัสกับแป้นทดสอบไม่เรียบจริงจะได้ค่ากำลังอัดต่ำกว่าค่ากำลังอัดจริงไปมาก ในกรณีที่ฝนก้อนทดสอบให้ผิวเรียบให้ฝนบนกระดาษทรายเนื้อละเอียด (Emery Paper หรือกระดาษทรายน้ำ) หรือผ้าทรายที่ทากาวติดกับพื้นแบบเรียบ เวลาฝนอย่ากดแรงเกินไป หากก้อนทดสอบขรุขระมาก (เกินกว่า 0.08 มิลลิเมตร) ควรทิ้งก้อนตัวอย่างนั้น แต่ทั้งนี้ต้องเหลือตัวอย่างไว้ใช้ทดสอบอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง

3.6.3 นำก้อนทดสอบเข้าเครื่องทดสอบ ให้อยู่ในแนวศูนย์กลางของเส้นทดสอบและผิวก้อนตัวอย่างสัมผัสกับแป้นกด เดินเครื่องทดสอบในอัตราที่เหมาะสมสม่ำเสมอ จนกระทั่งก้อนทดสอบแตก โดยใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 – 30 วินาทีต่อตัวอย่าง (ห้ามปรับกลไกควบคุมเครื่องทดสอบในขณะที่ก้อนทดสอบตัวอย่างถูกกดอย่างรวดเร็วก่อนที่จะแตก) (ดูภาคผนวก ก.)

3.7 ปริมาณวัสดุ และค่า W/C ที่ออกแบบ

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกลุ่มตัวอย่างข้างต้น ตามขั้นตอนต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ผู้วิจัยขอสรุปปริมาณวัสดุต่าง ๆ คือ ปูนซีเมนต์ คอนกรีตมวลเบา ผงหินแกรนิต และน้ำ ที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ สำหรับคอนกรีตมวลเบาและผงหินแกรนิต จะคิดเป็นร้อยละ เริ่มจากร้อยละ 90 ลดลงถึงร้อยละ 10 และเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 10 จนกระทั่งถึงร้อยละ 90 (ตามลำดับ) ซึ่งวัสดุดังกล่าวที่ใช้ นั้นจะใช้แทนวัสดุมวลละเอียด (ทราย) ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ที่ได้ตั้งไว้ โดยจะศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำวัสดุเหลือทิ้งนำกลับมาใช้ใหม่ (คอนกรีตมวลเบา) และนำมาผสมกับผงหินแกรนิตที่เหลือทิ้งจากโรงงานโมหิน ทำเป็นบล็อกสี่เหลี่ยม ขนาด 5 x 5 เซนติเมตร สำหรับปูถนนทางเดิน เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าและสามารถรับแรงกดมากที่สุด

ตารางที่ 3.9 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า W/C (ทราย)

กลุ่มที่	จำนวน (ก้อน)	ค่า W/C	ปริมาณวัสดุที่ใช้ (กิโลกรัม)		
			ปูนซีเมนต์	ทราย	น้ำ
1	90	0.485	7.50	20.62	3.64

ตารางที่ 3.10 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า W/C (คอนกรีตมวลเบา)

กลุ่มที่	จำนวน (ก้อน)	ค่า W/C	ปริมาณวัสดุที่ใช้ (กิโลกรัม)		
			ปูนซีเมนต์	คอนกรีตมวลเบา	น้ำ
2	90	1.81	7.50	20.62	13.58

ตารางที่ 3.11 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า W/C (ผงแกรนิต)

กลุ่มที่	จำนวน (ก้อน)	ค่า W/C	ปริมาณวัสดุที่ใช้ (กิโลกรัม)		
			ปูนซีเมนต์	ผงแกรนิต	น้ำ
3	90	1.04	7.50	20.62	7.80

ตารางที่ 3.12 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า W/C (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 90:10

กลุ่มที่	จำนวน (ก้อน)	ค่า W/C	ปริมาณวัสดุที่ใช้ (กิโลกรัม)			
			ปูนซีเมนต์	คอนกรีตมวลเบา	ผงแกรนิต	
				เปอร์เซ็นต์ปริมาณวัสดุที่ใช้		
				90 %	10 %	
3.1	90	1.27	7.50	18.56	2.06	9.52

ตารางที่ 3.13 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า W/C (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 80:20

กลุ่มที่	จำนวน (ก้อน)	ค่า W/C	ปริมาณวัสดุที่ใช้ (กิโลกรัม)			น้ำ
			ปูนซีเมนต์	คอนกรีตมวลเบา	ผงแกรนิต	
				เปอร์เซ็นต์ปริมาณวัสดุที่ใช้		
				80 %	20 %	
3.2	90	1.27	7.50	16.50	4.12	9.52

ตารางที่ 3.14 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า W/C (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 70:30

กลุ่มที่	จำนวน (ก้อน)	ค่า W/C	ปริมาณวัสดุที่ใช้ (กิโลกรัม)			น้ำ
			ปูนซีเมนต์	คอนกรีตมวลเบา	ผงแกรนิต	
				เปอร์เซ็นต์ปริมาณวัสดุที่ใช้		
				70 %	30 %	
3.3	90	1.27	7.50	14.44	6.18	9.52

ตารางที่ 3.15 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า W/C (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 60:40

กลุ่มที่	จำนวน (ก้อน)	ค่า W/C	ปริมาณวัสดุที่ใช้ (กิโลกรัม)			น้ำ
			ปูนซีเมนต์	คอนกรีตมวลเบา	ผงแกรนิต	
				เปอร์เซ็นต์ปริมาณวัสดุที่ใช้		
				60 %	40 %	
3.4	90	1.27	7.50	12.37	8.25	9.52

ตารางที่ 3.16 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า W/C (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 50:50

กลุ่มที่	จำนวน (ก้อน)	ค่า W/C	ปูนซีเมนต์	ปริมาณวัสดุที่ใช้ (กิโลกรัม)		น้ำ
				คอนกรีตมวลเบา	ผงแกรนิต	
				เปอร์เซ็นต์ปริมาณวัสดุที่ใช้		
				50 %	50 %	
3.5	90	1.27	7.50	10.31	10.31	9.52

ตารางที่ 3.17 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า W/C (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 40:60

กลุ่มที่	จำนวน (ก้อน)	ค่า W/C	ปูนซีเมนต์	ปริมาณวัสดุที่ใช้ (กิโลกรัม)		น้ำ
				คอนกรีตมวลเบา	ผงแกรนิต	
				เปอร์เซ็นต์ปริมาณวัสดุที่ใช้		
				40 %	60 %	
3.6	90	1.27	7.50	8.24	12.38	9.52

ตารางที่ 3.18 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า W/C (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 30:70

กลุ่มที่	จำนวน (ก้อน)	ค่า W/C	ปูนซีเมนต์	ปริมาณวัสดุที่ใช้ (กิโลกรัม)		น้ำ
				คอนกรีตมวลเบา	ผงแกรนิต	
				เปอร์เซ็นต์ปริมาณวัสดุที่ใช้		
				30 %	70 %	
3.7	90	1.27	7.50	6.19	14.43	9.52

ตารางที่ 3.19 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า W/C (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 20:80

กลุ่มที่	จำนวน (ก้อน)	ค่า W/C	ปูนซีเมนต์	ปริมาณวัสดุที่ใช้ (กิโลกรัม)		น้ำ
				คอนกรีตมวลเบา	ผงแกรนิต	
				เปอร์เซ็นต์ปริมาณวัสดุที่ใช้		
				20 %	80 %	
3.8	90	1.27	7.50	4.12	16.50	9.52

ตารางที่ 3.20 ปริมาณวัสดุที่ใช้ผสมและค่า W/C (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) อัตราส่วน 10:90

กลุ่มที่	จำนวน (ก้อน)	ค่า W/C	ปูนซีเมนต์	ปริมาณวัสดุที่ใช้ (กิโลกรัม)		น้ำ
				คอนกรีตมวลเบา	ผงแกรนิต	
				เปอร์เซ็นต์ปริมาณวัสดุที่ใช้		
				10 %	90 %	
3.9	90	1.27	7.50	2.06	18.56	9.52

3.8 การบันทึกผลการทดสอบกำลังอัด

การทดสอบหาลำดับรับแรงอัด จะดำเนินการตามระยะเวลาการบ่มคอนกรีต คือ ที่ 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน (ดูภาคผนวก ก.)

3.9 การทำบล็อกปูถนนที่มีตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการจัดทำแบบหล่อมอร์ต้า ขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตรที่มีตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของมหาวิทยาลัย ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนดังนี้ (แผนผังที่ 3.2)

3.12.1 จัดทำตราสัญลักษณ์ UTK (ภาพที่ 3.2)



ภาพที่ 3.2 แผ่นโลหะตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย UTK

3.12.2 นำผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 – 3.9 ที่อายุการบ่ม 28 วัน วิเคราะห์ คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่รับกำลังอัดที่ดีที่สุด

3.12.3 ทำการผสมวัสดุตามที่เลือกไว้ตาม 3.12.2

3.12.4 หล่อแบบมอร์ต้าขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร พร้อมนำตราสัญลักษณ์ UTK ไปกดลง ด้านบนของแบบมอร์ต้า



ภาพที่ 3.3 แบบมอร์ต้าที่มีตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย UTK

3.12.5 ปลดทิ้งไว้ 1 วัน จากนั้นถอดแบบและนำไปแช่น้ำ (บ่มคอนกรีต) จำนวน 28 วัน



ภาพที่ 3.4 แบบมอร์ต้าที่มีตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย UTK ที่ถอดแบบ 1 วัน

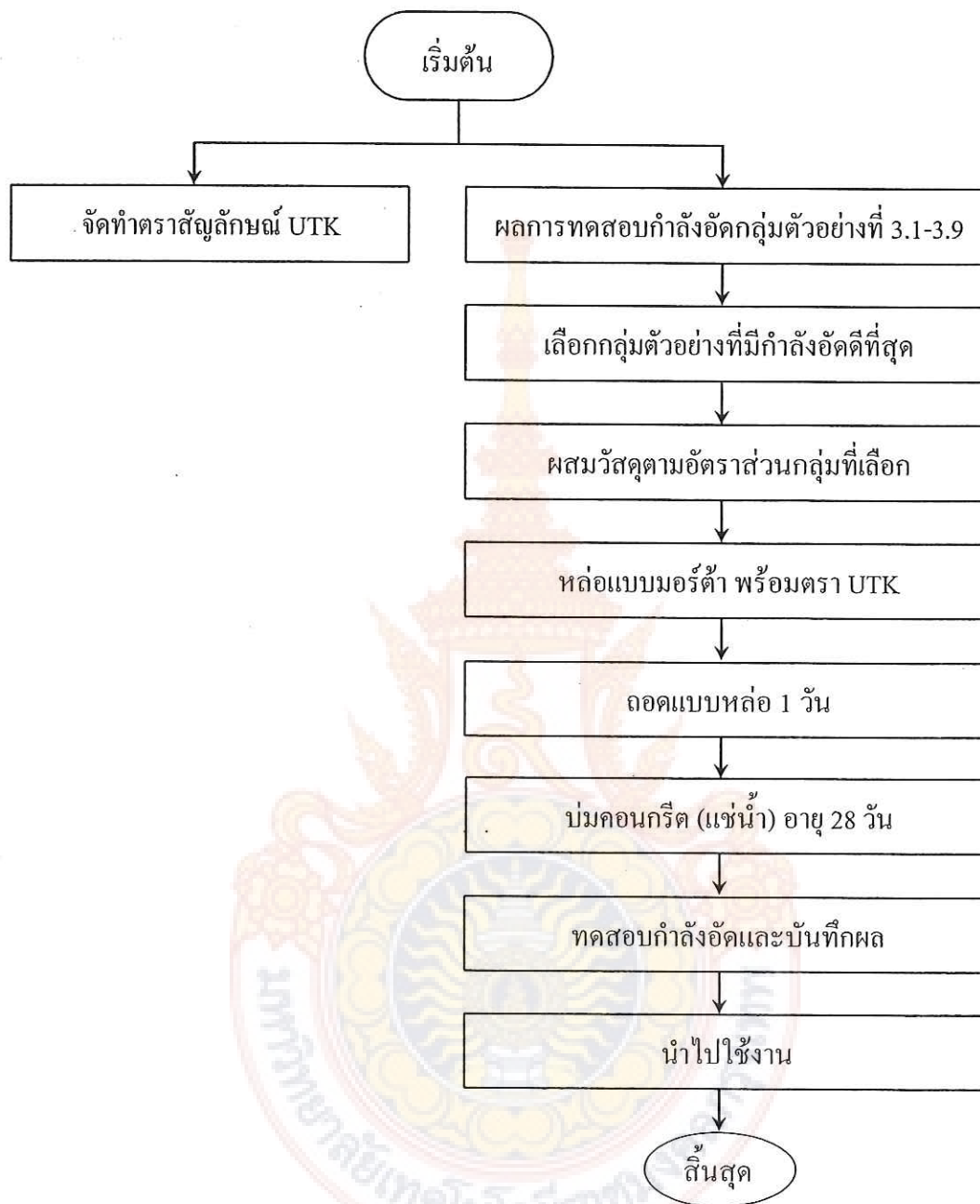
3.12.6 เมื่อครบอายุการบ่ม 28 วัน แบ่งตัวอย่างจำนวนหนึ่งไปทำการทดสอบกำลังอัด (ดูภาคผนวก ก.และภาคผนวก จ.) และสามารถนำไปใช้เป็นบล็อกปูถนนที่มีตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย UTK ที่เป็นเอกลักษณ์ของมหาวิทยาลัย (ภาพที่ 5.1 – 5.8)



ภาพที่ 3.5 การทดสอบกำลังอัดที่อายุการบ่ม 28 วัน
แบบมอร์ต้าที่มีตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย UTK



แผนผังที่ 3.2 ขั้นตอนการจัดทำบล็อกปูถนนที่มีตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย UTK



บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ต้า (วัสดุทดแทนมวลละเอียด)

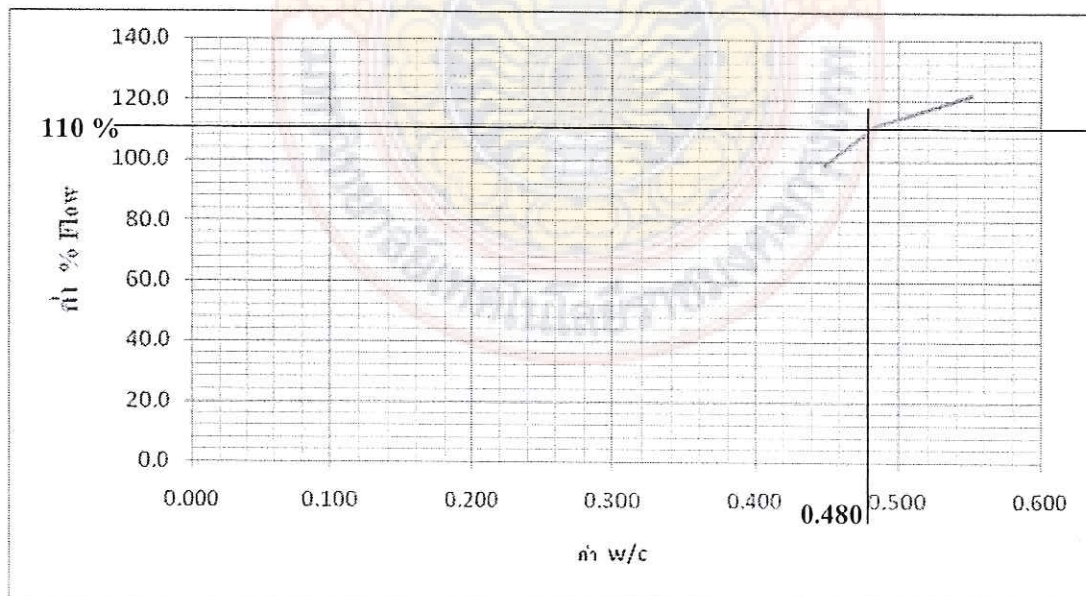
4.1.1 การทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ต้า (ทราย)

ที่	ค่า w/c	ปริมาณของวัสดุ (กรัม)			D ₀	D ₁	% Flow
		ปูนซีเมนต์	ทราย	น้ำ			
1	0.450	740	2035	333.00	10.10	20.1	100.000
2	0.485	740	2035	358.90	10.10	21.4	111.881
3	0.550	740	2035	407.00	10.10	22.4	121.782

D₀ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ฐานของ Flow Mold

D₁ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของมอร์ต้าที่กระจายบน Flow Mold

$$\% \text{ Flow} = \frac{(D_1 - D_0)}{D_0} \times 100$$



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงค่า w/c ที่ระดับ 110% (ทราย)

ค่า W/C เท่ากับ 0.480 (จากกราฟ) มีค่าใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้ จึงใช้ค่า W/C เท่ากับ 0.485 สำหรับการทดสอบ กลุ่มที่ 1 จำนวน 90 ตัวอย่าง

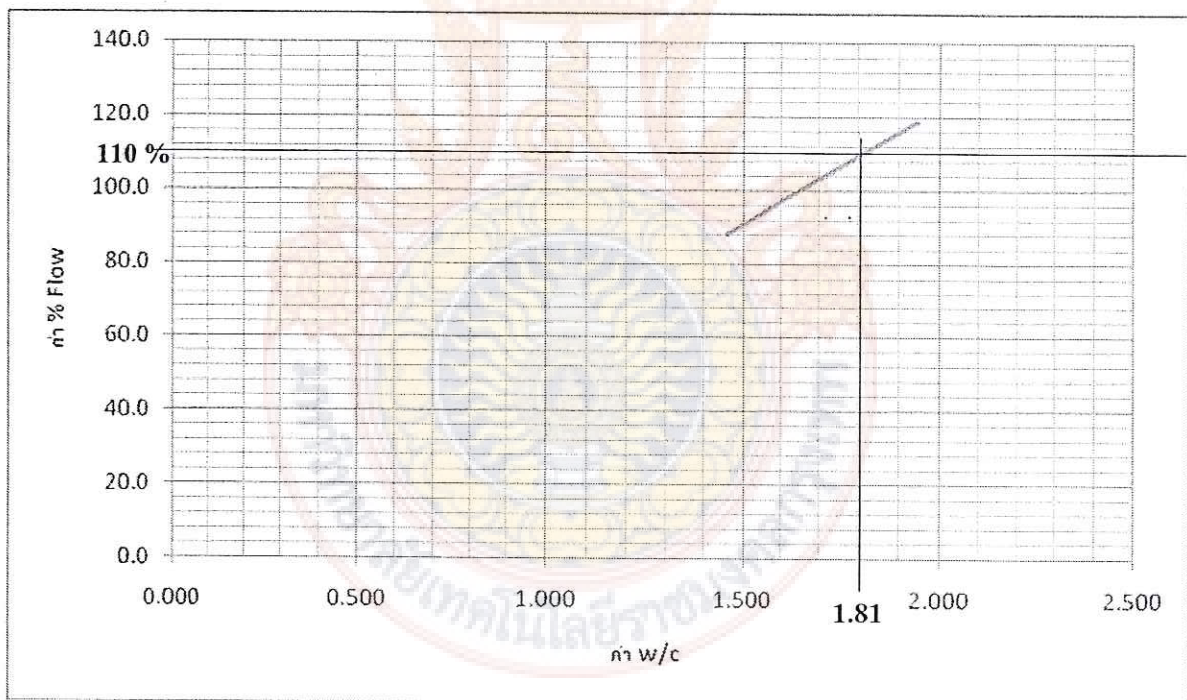
4.1.2 การทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ต้า (คอนกรีตมวลเบา)

ที่	ค่า w/c	ปริมาณของวัสดุ (กรัม)			D ₀	D ₁	% Flow
		ปูนซีเมนต์	คอนกรีตมวลเบา	น้ำ			
1	1.46	740	2035	1265.7	10.10	19.0	88.100
2	1.95	740	2035	1410.0	10.10	22.1	118.800

D₀ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ฐานของ Flow Mold

D₁ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของมอร์ต้าที่กระจายบน Flow Mold

$$\% \text{ Flow} = \frac{(D_1 - D_0)}{D_0} \times 100$$



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงค่า w/c ที่ระดับ 110% (คอนกรีตมวลเบา)

จากการลงปฏิบัติการทดสอบกลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 ตัวอย่าง ตามค่า W/C ที่ได้ออกแบบไว้ คือ 0.450 0.485 และ 0.550 พบว่า ส่วนผสมดังกล่าวมีสภาพแห้ง ร่วน มีความชื้นเหลวน้อย ผู้วิจัย

ได้เติมน้ำเพิ่มขึ้นจนกระทั่งส่วนผสมเข้ากันได้ดีและมีความชื้นเหลวที่เหมาะสม คิดเป็นประมาณร้อยละ 200-250 (ตารางข้างต้น) โดยการไหลแผ่ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 เมื่อนำไปเขียนกราฟ จะได้การไหลแผ่ที่เหมาะสมที่ 110% อ่านค่า W/C เท่ากับ 1.81 (จากกราฟภาพที่ 4.2) และนำไปใช้สำหรับการทดสอบ กลุ่มที่ 2 จำนวน 90 ตัวอย่าง

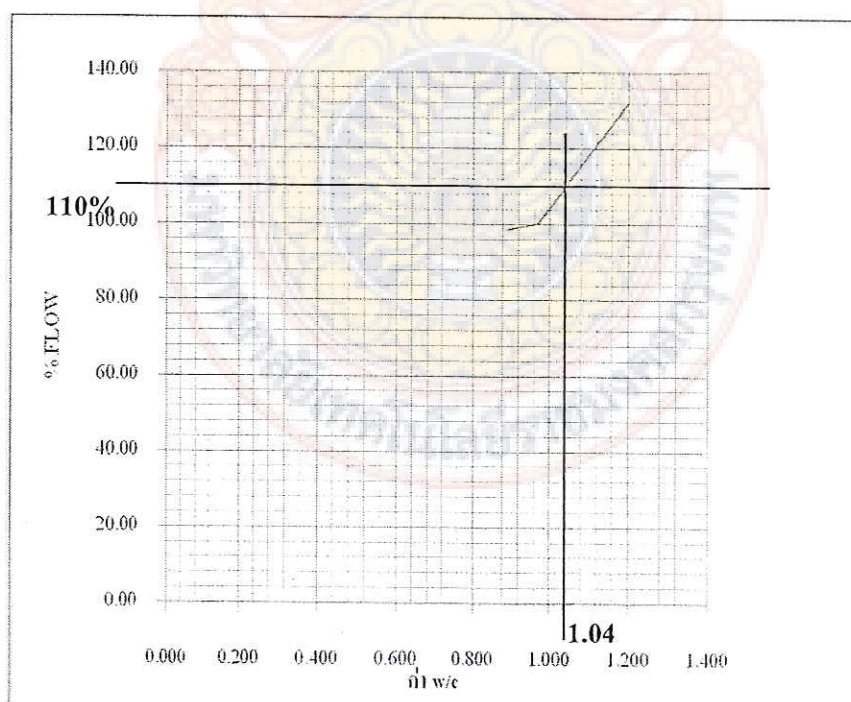
4.1.3 การทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ต้า (ผงแกรนิต)

ที่	ค่า w/c	ปริมาณของวัสดุ (กรัม)			D ₀	D ₁	% Flow
		ปูนซีเมนต์	ผงแกรนิต	น้ำ			
1	0.890	740	2035	666.00	10.10	20.08	98.76
2	0.970	740	2035	720.10	10.10	20.23	100.25
3	1.200	740	2035	888.30	10.10	23.43	131.93

D₀ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ฐานของ Flow Mold

D₁ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของมอร์ต้าที่กระจายบน Flow Mold

$$\% \text{ Flow} = \frac{(D_1 - D_0)}{D_0} \times 100$$



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงค่า w/c ที่ระดับ 110% (ผงแกรนิต)

จากการลงปฏิบัติการทดสอบกลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 ตัวอย่าง ตามค่า W/C ที่ได้ออกแบบไว้ คือ 0.450 0.485 และ 0.550 พบว่า ส่วนผสมดังกล่าวมีสภาพแห้ง ร่วน มีความชื้นเหลวน้อย ผู้วิจัย ได้เติมน้ำเพิ่มขึ้นจนกระทั่งส่วนผสมเข้ากันได้ดีและมีความชื้นเหลวที่เหมาะสม คิดเป็นประมาณ ร้อยละ 100 (ตารางข้างต้น) โดยการไหลผ่านของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 เมื่อนำไปเขียนกราฟ จะได้กราฟไหลผ่านที่เหมาะสมที่ 110% อ่านค่า W/C เท่ากับ 1.04 (จากกราฟภาพที่ 4.3) และนำไปใช้สำหรับการทดสอบ กลุ่มที่ 3 จำนวน 90 ตัวอย่าง

4.2 ผลการทดสอบการรับกำลังอัด

การทดสอบการรับกำลังอัดทั้ง 12 ตัวอย่าง (ดูภาคผนวก. ค) สรุปผลการทดสอบการรับกำลังอัด พร้อมอัตราส่วนผสม (ตารางที่ 4.1 และ 4.2)



ตารางที่ 4.1 กำลังอัดของบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด (ชนิดเดียว)

กลุ่ม	อัตราส่วนผสม โดยน้ำหนัก	กำลังอัดที่อายุ (กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร)		
		7 วัน	14 วัน	28 วัน
1	ปูนซีเมนต์ : วัสดุทดแทนมวลละเอียด : น้ำ 1 : 2.75 : 0.485 W/C = 0.485	สูงสุด	154.428	161.480
		ต่ำสุด	81.064	63.075
		ค่าเฉลี่ย	109.522	113.469
		ค่าเบี่ยงเบน	4.518	5.252
		นน. 1 วัน	251.915	256.558
		นน. อายุ	257.373	262.782
			266.512	
2	ปูนซีเมนต์ : คอนกรีตมวลเบา : น้ำ 1 : 2.75 : 0.485 W/C = 1.810	สูงสุด	51.633	59.609
		ต่ำสุด	25.726	24.577
		ค่าเฉลี่ย	40.888	47.705
		ค่าเบี่ยงเบน	1.727	1.710
		นน. 1 วัน	196.517	197.117
		นน. อายุ	198.905	199.755
			200.261	
3	ปูนซีเมนต์ : ผงแกรนิต : น้ำ 1 : 2.75 : 0.485 W/C = 1.040	สูงสุด	114.718	133.221
		ต่ำสุด	38.894	62.195
		ค่าเฉลี่ย	93.875	100.103
		ค่าเบี่ยงเบน	4.685	3.574
		นน. 1 วัน	244.053	245.711
		นน. อายุ	247.800	252.244
			252.701	

ตารางที่ 4.2 กำลังอัดของบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด (สองชนิด)

กลุ่ม ต.ย.	อัตราส่วนผสม โดยน้ำหนัก ปูนซีเมนต์ : วัสดุทดแทนมวลละเอียด : น้ำ	กำลังอัดที่อายุ (กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร)			
		7 วัน	14 วัน	28 วัน	
3.1	ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา:ผงแกรนิต) : น้ำ 1 : 2.75 : 1.270 (1 : (90% : 10%) : 1.270) W/C = 1.270	สูงสุด	59.652	80.252	115.514
		ต่ำสุด	27.167	53.350	50.664
		ค่าเฉลี่ย	50.236	64.539	95.850
		ค่าเบี่ยงเบน	2.024	1.765	3.457
		นน. 1 วัน	198.677	200.074	204.009
		นน. อายุ	198.780	200.681	202.191
3.2	ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา:ผงแกรนิต) : น้ำ 1 : 2.75 : 1.270 (1 : (80% : 20%) : 1.270) W/C = 1.270	สูงสุด	36.737	46.093	141.663
		ต่ำสุด	23.195	31.476	44.724
		ค่าเฉลี่ย	29.391	38.550	59.360
		ค่าเบี่ยงเบน	0.942	0.997	1.908
		นน. 1 วัน	204.171	203.090	203.919
		นน. อายุ	205.734	201.944	204.121
3.3	ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา:ผงแกรนิต) : น้ำ 1 : 2.75 : 1.270 (1 : (70% : 30%) : 1.270) W/C = 1.270	สูงสุด	69.893	95.183	139.042
		ต่ำสุด	30.778	52.181	70.054
		ค่าเฉลี่ย	53.984	74.404	95.942
		ค่าเบี่ยงเบน	2.097	2.677	4.715
		นน. 1 วัน	208.925	212.400	214.873
		นน. อายุ	216.665	217.628	220.962
3.4	ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา:ผงแกรนิต) : น้ำ 1 : 2.75 : 1.270 (1 : (60% : 40%) : 1.270) W/C = 1.270	สูงสุด	91.927	222.597	140.419
		ต่ำสุด	56.436	71.740	47.608
		ค่าเฉลี่ย	71.250	98.825	104.687
		ค่าเบี่ยงเบน	2.491	3.774	4.522
		นน. 1 วัน	217.974	214.563	279.330
		นน. อายุ	222.728	222.271	223.955

ตารางที่ 4.2 กำลังอัดของบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด (สองชนิด) (ต่อ)

กลุ่ม	อัตราส่วนผสม โดยน้ำหนัก	กำลังอัดที่อายุ (กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร)			
ค.ย.	ปูนซีเมนต์ : วัสดุทดแทนมวลละเอียด : น้ำ		7 วัน	14 วัน	28 วัน
3.5	ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา:ผงแกรนิต) : น้ำ 1 : 2.75 : 1.270 (1 : (50% : 50%) : 1.270) W/C = 1.270	สูงสุด	114.070	131.415	160.752
		ต่ำสุด	74.024	87.262	101.937
		ค่าเฉลี่ย	89.988	109.986	122.520
		ค่าเบี่ยงเบน	2.080	3.254	4.076
		นน. 1 วัน	220.900	220.919	223.257
		นน. อายุ	221.941	221.678	225.232
3.6	ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา:ผงแกรนิต) : น้ำ 1 : 2.75 : 1.270 (1 : (40% : 60%) : 1.270) W/C = 1.270	สูงสุด	71.883	106.192	122.277
		ต่ำสุด	14.997	64.336	77.904
		ค่าเฉลี่ย	46.613	81.085	95.297
		ค่าเบี่ยงเบน	4.150	2.443	2.653
		นน. 1 วัน	211.336	221.621	222.842
		นน. อายุ	214.489	225.094	221.251
3.7	ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา:ผงแกรนิต) : น้ำ 1 : 2.75 : 1.270 (1 : (30% : 70%) : 1.270) W/C = 1.270	สูงสุด	92.718	116.730	143.887
		ต่ำสุด	59.705	66.066	96.888
		ค่าเฉลี่ย	78.972	94.768	122.770
		ค่าเบี่ยงเบน	2.061	2.805	3.597
		นน. 1 วัน	226.847	228.285	228.720
		นน. อายุ	229.126	229.838	232.784
3.8	ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา:ผงแกรนิต) : น้ำ 1 : 2.75 : 1.270 (1 : (20% : 80%) : 1.270) W/C = 1.270	สูงสุด	44.457	70.665	87.316
		ต่ำสุด	23.771	47.327	49.279
		ค่าเฉลี่ย	37.357	56.281	73.335
		ค่าเบี่ยงเบน	1.237	1.629	2.418
		นน. 1 วัน	218.781	226.749	228.397
		นน. อายุ	224.128	226.720	229.463

ตารางที่ 4.2 กำลังอัดของบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด (สองชนิด) (ต่อ)

กลุ่ม	อัตราส่วนผสม โดยน้ำหนัก	กำลังอัดที่อายุ (กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร)			
ต.ย.	ปูนซีเมนต์ : วัสดุทดแทนมวลละเอียด : น้ำ	7 วัน	14 วัน	28 วัน	
3.9	ปูนซีเมนต์ : (คอนกรีตมวลเบา:ผงแกรนิต) : น้ำ	สูงสุด	91.250	109.115	136.901
	1 : 2.75 : 1.270	ต่ำสุด	54.608	64.167	95.034
	(1 : (80% : 90%) : 1.270)	ค่าเฉลี่ย	64.447	88.242	110.824
		ค่าเบี่ยงเบน	1.853	2.143	2.645
		นน. 1 วัน	235.884	234.915	234.122
	W/C = 1.270	นน. อายุ	241.097	240.755	237.869

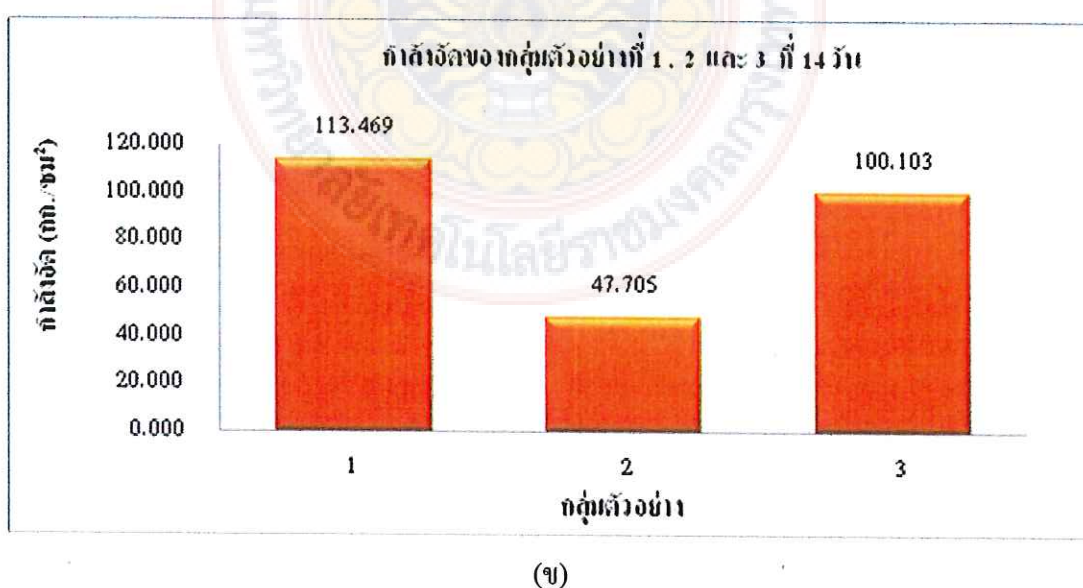
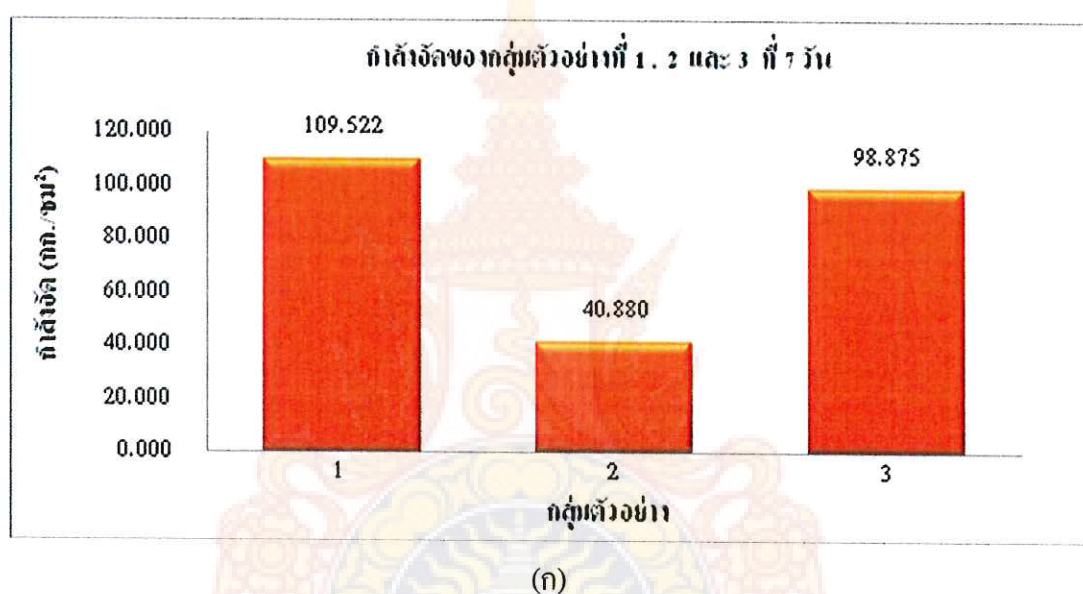
4.3 การสรุปผลการรับกำลังอัดของบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด

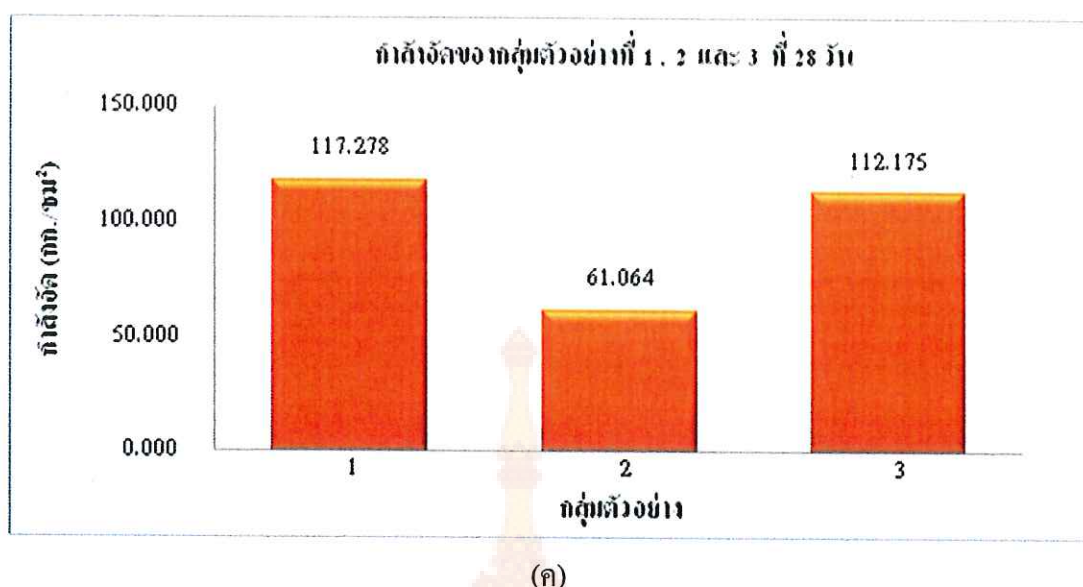
4.3.1 ด้านกำลังอัด (ชนิดเดียว)

จากการวิจัยทดลอง พบว่า การรับกำลังอัดของบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด (ชนิดเดียว) คือ ทราบ (ตัวอย่างที่ 1) คอนกรีตมวลเบา (ตัวอย่างที่ 2) และผงแกรนิต (ตัวอย่างที่ 3) โดยทางผู้วิจัยได้ทดสอบค่า W/C ในกลุ่มทดสอบจำนวน 9 ก้อน เพื่อนำค่า W/C ที่ได้มาใช้ในกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3 เท่ากับ 0.485 1.810 และ 1.040 ตามลำดับ เพื่อทำการทดสอบหาลังอัดในช่วงระยะเวลาทั้ง 3 ช่วง คือ ที่ 7 วัน ที่ 14 วัน และที่ 28 วัน จำนวนตัวอย่างช่วงระยะเวลา 30 ตัวอย่าง รวม 90 ตัวอย่าง เมื่อรวมทั้ง 3 ตัวอย่างเท่ากับ 270 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4.3) พบว่า ค่ากำลังอัดเฉลี่ยที่ดีที่สุดของการทดสอบครั้งนี้ คือ ตัวอย่างที่ 1 ทั้ง 3 ช่วงระยะเวลาในการบ่ม เท่ากับ 109.522 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 113.469 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 117.278 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สรุปผลการทดสอบ ถือว่า ตัวอย่างที่ 1 คือ ทราบ ที่เป็นวัสดุมวลละเอียด ที่สามารถรับกำลังอัดได้ดี ที่ระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน ซึ่งเป็นไปตามการพัฒนาการรับกำลังอัดของคอนกรีตทั่ว ๆ ไป คือ ระยะเวลาการบ่มมากขึ้น การรับกำลังอัดก็มากขึ้นตาม (ตารางที่ 2.2 บทที่ 2 หน้าที่ 17)

ตารางที่ 4.3 กำลังอัดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 ที่อายุการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน

ที่	อายุการบ่ม	ค่ากำลังอัดเฉลี่ย (กก./ซม ²)		
	(วัน)	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
1	7	109.522	40.888	98.875
2	14	113.469	47.705	100.103
3	28	117.278	61.064	112.175





ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงกำลังอัดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3
ที่อายุการบ่ม (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

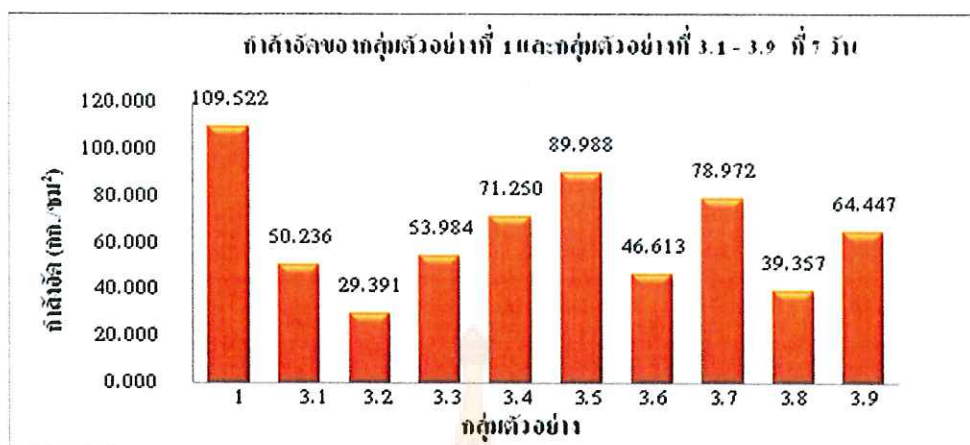
4.3.2 ด้านกำลังอัด (สองชนิด)

จากการวิจัยทดลอง พบว่า การรับกำลังอัดของบล็อกรูปถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด (สองเดี่ยว) คือ คอนกรีตมวลเบาบดละเอียดกับผงแกรนิต นำมาผสมตามอัตราส่วนที่ออกแบบไว้โดยผู้วิจัยเพื่อที่จะศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ให้กำลังอัดที่เหมาะสม (ตารางที่ 3.4) และกำหนดค่า W/C เท่ากับ 1.270 เป็นค่าคงที่ (ใช้สัดส่วนของคอนกรีตมวลเบาเป็นหลัก) เพื่อทำการทดสอบหาลังอัดจำนวน 9 กลุ่มตัวอย่าง ในช่วงระยะเวลาทั้ง 3 ช่วง คือ ที่ 7 วัน ที่ 14 วัน และที่ 28 วัน ช่วงระยะเวลาตัวอย่างจำนวน 30 ตัวอย่าง รวม 90 ตัวอย่าง เมื่อรวมทั้ง 9 ตัวอย่าง เท่ากับ 810 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4.4) พบว่า ค่ากำลังอัดเฉลี่ยที่เหมาะสมของการทดสอบครั้งนี้ คือ กลุ่มตัวอย่างที่ 3.5 (คอนกรีตมวลเบาบดละเอียด ต่อ ผงแกรนิต คือ 50 : 50) สามารถรับกำลังอัดเท่ากับ 89.988 109.986 และ 122.520 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อายุการบ่มที่ 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ

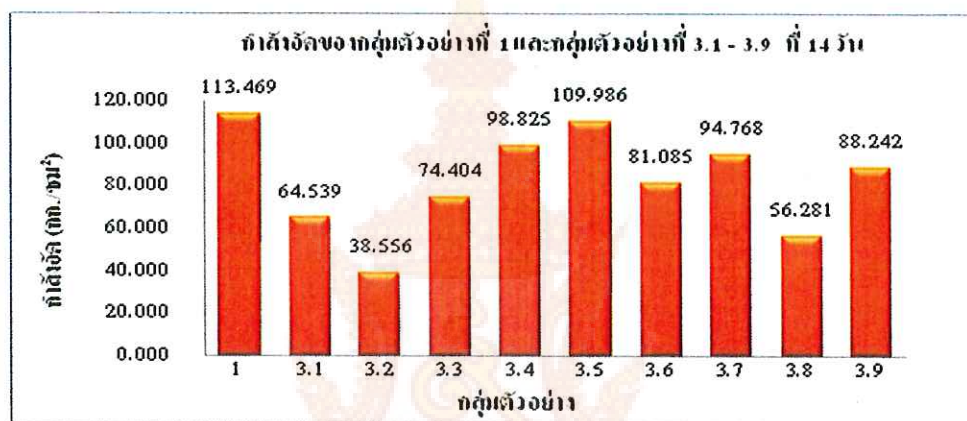
ตารางที่ 4.4 กำลังอัดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 – 3.9 ที่อายุการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน

ตัวอย่างที่	ค่ากำลังอัดเฉลี่ย (กก./ซม ²)		
	อายุการบ่ม		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
3.1	50.236	64.539	95.850
3.2	29.391	38.550	59.360
3.3	53.984	74.404	95.942
3.4	71.250	98.825	104.687
3.5	89.988	109.986	122.520
3.6	46.613	81.085	95.297
3.7	78.972	94.768	122.770
3.8	37.357	56.281	73.335
3.9	64.447	88.242	110.824

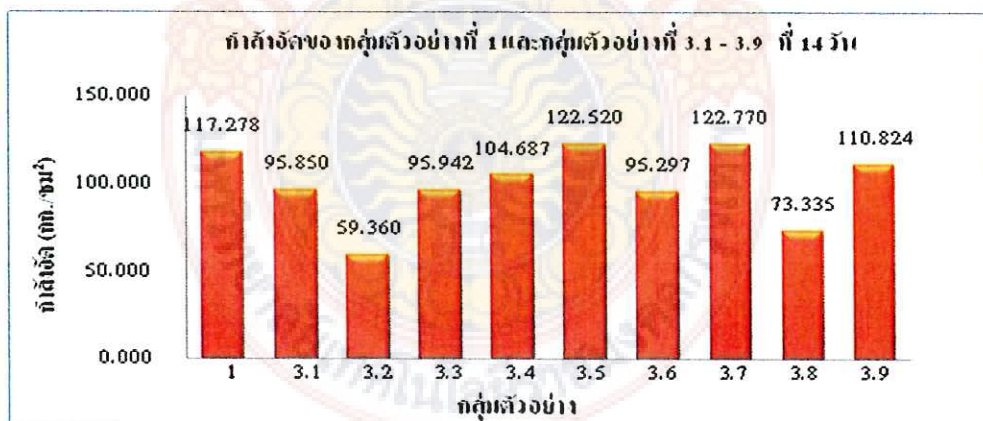




(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงกำลังอัดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 – 3.9
ที่อายุการบ่ม (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัย เรื่องบล็อกลูณนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด ครั้งนี้ ทางผู้วิจัยได้จัดทำตัวอย่างและทดสอบ จำนวน 12 ตัวอย่าง ๆ ละ 90 ก้อน รวมจำนวนทั้งสิ้น 1,080 ก้อน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อผลิตบล็อกลูณนที่มีความแข็งแรงและสามารถรับแรงกดได้สูงสุด และเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเรียนการสอนกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งประโยชน์ที่ทางมหาวิทยาลัยฯ จะได้รับหรือนำไปใช้ประโยชน์ คือ นำผลผลิต (บล็อกลูณน) ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ ใช้สำหรับการปูถนนทางเดินภายในมหาวิทยาลัยฯ อีกทั้ง ยังเป็นการลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากการเรียนการสอน รวมถึงมหาวิทยาลัยฯ ประหยัดงบประมาณค่าใช้จ่ายในจ้างหน่วยงานภายนอกนำวัสดุเหลือทิ้งไปทิ้งนอกมหาวิทยาลัยฯ และเป็นการสร้างงานและการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือและผงหินแกรนิตให้สูงขึ้น

ทางผู้วิจัย ขอสรุปตัวอย่างทั้ง 12 ตัวอย่าง อีกครั้ง คือ

กลุ่มที่ 1 แบบส่วนผสม คือ ปูนซีเมนต์ : ทราย : น้ำ

กลุ่มที่ 2 แบบส่วนผสม คือ ปูนซีเมนต์ : คอนกรีตมวลเบา : น้ำ

กลุ่มที่ 3 แบบส่วนผสม คือ ปูนซีเมนต์ : ผงแกรนิต : น้ำ

กลุ่มที่ 4 แบบส่วนผสม คือ ปูนซีเมนต์ : อัตราส่วนวัสดุผสม : น้ำ

วัสดุผสม คือ คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต ที่คิดเป็นสัดส่วนตามเปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถแบ่งตัวอย่างออกได้ ดังนี้

แบบส่วนผสม	ปูนซีเมนต์	อัตราส่วนร้อยละ	
		คอนกรีตมวลเบา : ผงเกรนิต	
3.1	ปูนซีเมนต์	90 : 10	น้ำ
3.2	ปูนซีเมนต์	80 : 20	น้ำ
3.3	ปูนซีเมนต์	70 : 30	น้ำ
3.4	ปูนซีเมนต์	60 : 40	น้ำ
3.5	ปูนซีเมนต์	50 : 50	น้ำ
3.6	ปูนซีเมนต์	40 : 60	น้ำ
3.7	ปูนซีเมนต์	30 : 70	น้ำ
3.8	ปูนซีเมนต์	20 : 80	น้ำ
3.9	ปูนซีเมนต์	10 : 90	น้ำ

ผู้วิจัย ขอสรุปผลการวิจัยที่ได้จากการทดสอบ โดยแบ่งออกเป็น ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัยด้านการรับกำลังอัด

5.1.1 กลุ่มตัวอย่างของวัสดุชนิดเดียว (ทราย คอนกรีตมวลเบา และผงหินแกรนิต)

พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด คือ ทราย ในการจัดทำแบบมอร์ต้า ขนาด $5 \times 5 \times 5$ เซนติเมตร จำนวน 90 ก้อน ทั้ง 3 ช่วงระยะเวลา ๆ ละ 30 ก้อน และจากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ค่ากำลังอัดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างนี้ สามารถรับกำลังอัดสูงสุด คือ 117.278 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยมีวัสดุทดแทนมวลละเอียดที่ใช้สำหรับการทดสอบ คือ ทราย พบว่า ทราย ที่ใช้เป็นส่วนผสมอย่าง เดียว สามารถรับกำลังอัดได้ดีซึ่งเป็นตามระยะเวลาของการบ่มคอนกรีต

พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด คือ คอนกรีตมวลเบา ในการจัดทำแบบมอร์ต้าขนาด $5 \times 5 \times 5$ เซนติเมตร จำนวน 90 ก้อน ทั้ง 3 ช่วงระยะเวลา ๆ ละ 30 ก้อน และจากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ค่ากำลังอัดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างนี้ สามารถรับกำลังอัดสูงสุด คือ 61.064 กิโลกรัมต่อตาราง

เซนติเมตร โดยมีวัสดุทดแทนมวลละเอียดที่ใช้สำหรับการทดสอบ คือ คอนกรีตมวลเบา ซึ่งพบว่า คอนกรีตมวลเบา ที่ใช้เป็นส่วนผสมอย่างเดียวกับที่แทนทราย ปรากฏว่า ส่วนผสมที่มีคอนกรีตมวลเบา อย่างเดียว สามารถรับกำลังอัดได้ไม่ดีพอ เนื่องจากคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา มีรูพรุนตลอดทั้ง ก้อน น้ำหนักเบา คอนกรีตมวลเบาที่ถูกผลิตออกมาใช้เพื่องานก่อสร้างผนัง พื้น สามารถทนความร้อน ได้ดี ประหยัดการใช้พลังงาน ทนต่อเพลิงไหม้ที่อุณหภูมิสูงได้

พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด คือ ผงแกรนิต ในการจัดทำแบบมอร์ ต้าขนาด $5 \times 5 \times 5$ เซนติเมตร จำนวน 90 ก้อน ทั้ง 3 ช่วงระยะเวลา ๆ ละ 30 ก้อน และจากการวิจัย ครั้งนี้ พบว่า ค่ากำลังอัดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่ม ที่ 28 วัน ของตัวอย่างนี้ สามารถรับกำลังอัดสูงสุด คือ 112.175 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยมี วัสดุทดแทนมวลละเอียดที่ใช้สำหรับการทดสอบ คือ ผงแกรนิต ซึ่งพบว่า ผงแกรนิต ที่ใช้เป็นส่วนผสมอย่างเดียวกับที่แทนทราย ปรากฏว่า ส่วนผสมที่มีผงแกรนิตอย่างเดียวน้ำหนักของตัวอย่าง เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 สรุปได้ว่า ส่วนผสมใดที่มีผงแกรนิตเป็นส่วนผสม สามารถรับกำลังอัดได้มากขึ้นและมีน้ำหนักมากขึ้นตาม

จากข้างต้นสรุปผลการวิจัยได้ว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด คือ ทราย รับกำลังอัดสูงสุดได้ดีกว่า

5.1.2 กลุ่มตัวอย่างของวัสดุสองเดี่ยว (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) ตามอัตราส่วนผสม ร้อยละที่ออกแบบไว้

กลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) เป็น วัสดุทดแทนมวลละเอียด ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 90 : 10 ในการจัดทำแบบมอร์ต้าขนาด $5 \times 5 \times 5$ เซนติเมตร จำนวน 90 ก้อน ทั้ง 3 ช่วงระยะเวลา ๆ ละ 30 ก้อน และจากการทดลองวิจัยครั้งนี้ พบว่า ค่ากำลังอัดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน ของ ตัวอย่างที่ 3.1 สามารถรับกำลังอัดสูงสุด คือ 95.850 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

กลุ่มตัวอย่างที่ 3.2 มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) เป็น วัสดุทดแทนมวลละเอียด ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 80 : 20 ในการจัดทำแบบมอร์ต้าขนาด $5 \times 5 \times 5$ เซนติเมตร จำนวน 90 ก้อน ทั้ง 3 ช่วงระยะเวลา ๆ ละ 30 ก้อน และจากการทดลองวิจัยครั้งนี้ พบว่า

ค่ากำลังอัดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน ของ ตัวอย่างที่ 3.2 สามารถรับกำลังอัดสูงสุด คือ 59.360 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

กลุ่มตัวอย่างที่ 3.3 มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) เป็น วัสดุทดแทนมวลละเอียด ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 70 : 30 ในการจัดทำแบบมอร์ต้าขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร จำนวน 90 ก้อน ทั้ง 3 ช่วงระยะเวลา ๆ ละ 30 ก้อน และจากการทดลองวิจัยครั้งนี้ พบว่า ค่ากำลังอัดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน ของ ตัวอย่างที่ 3.3 สามารถรับกำลังอัดสูงสุด คือ 95.942 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

กลุ่มตัวอย่างที่ 3.4 มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) เป็น วัสดุทดแทนมวลละเอียด ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 60 : 40 ในการจัดทำแบบมอร์ต้าขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร จำนวน 90 ก้อน ทั้ง 3 ช่วงระยะเวลา ๆ ละ 30 ก้อน และจากการทดลองวิจัยครั้งนี้ พบว่า ค่ากำลังอัดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน ของ ตัวอย่างที่ 3.4 สามารถรับกำลังอัดสูงสุด คือ 104.687 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

กลุ่มตัวอย่างที่ 3.5 มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) เป็น วัสดุทดแทนมวลละเอียด ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 50 : 50 ในการจัดทำแบบมอร์ต้าขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร จำนวน 90 ก้อน ทั้ง 3 ช่วงระยะเวลา ๆ ละ 30 ก้อน และจากการทดลองวิจัยครั้งนี้ พบว่า ค่ากำลังอัดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน ของ ตัวอย่างที่ 3.5 สามารถรับกำลังอัดสูงสุด คือ 122.520 กิโลกรัมต่อตาราง ได้ดีกว่ากลุ่มตัวอย่างทั้ง 9

กลุ่มตัวอย่างที่ 3.6 มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) เป็น วัสดุทดแทนมวลละเอียด ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 40 : 60 ในการจัดทำแบบมอร์ต้าขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร จำนวน 90 ก้อน ทั้ง 3 ช่วงระยะเวลา ๆ ละ 30 ก้อน และจากการทดลองวิจัยครั้งนี้ พบว่า ค่ากำลังอัดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน ของ ตัวอย่างที่ 3.6 สามารถรับกำลังอัดสูงสุด คือ 95.297 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

กลุ่มตัวอย่างที่ 3.7 มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) เป็น วัสดุทดแทนมวลละเอียด ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 30 : 70 ในการจัดทำแบบมอร์ต้าขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร จำนวน 90 ก้อน ทั้ง 3 ช่วงระยะเวลา ๆ ละ 30 ก้อน และจากการทดลองวิจัยครั้งนี้ พบว่า

ค่ากำลังอัดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน ของตัวอย่างที่ 3.7 สามารถรับกำลังอัดสูงสุด คือ 122.770 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

กลุ่มตัวอย่างที่ 3.8 มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) เป็นวัสดุทดแทนมวลละเอียด ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 20 : 80 ในการจัดทำแบบมอร์ต้าขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร จำนวน 90 ก้อน ทั้ง 3 ช่วงระยะเวลา ๆ ละ 30 ก้อน และจากการทดลองวิจัยครั้งนี้ พบว่าค่ากำลังอัดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน ของตัวอย่างที่ 3.8 สามารถรับกำลังอัดสูงสุด คือ 73.335 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

กลุ่มตัวอย่างที่ 3.9 มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) เป็นวัสดุทดแทนมวลละเอียด ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 10 : 90 ในการจัดทำแบบมอร์ต้าขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร จำนวน 90 ก้อน ทั้ง 3 ช่วงระยะเวลา ๆ ละ 30 ก้อน และจากการทดลองวิจัยครั้งนี้ พบว่าค่ากำลังอัดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน ของตัวอย่างที่ 3.9 สามารถรับกำลังอัดสูงสุด คือ 110.824 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อก้อนเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่ม ทั้งนี้เนื่องมาจากมีผงแกรนิตเป็นส่วนผสม จึงทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น

จากข้างต้นสรุปผลการวิจัยได้ว่า กลุ่มตัวอย่างที่ 3.5 ที่มีวัสดุผสมเป็นวัสดุมวลละเอียด (คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต) เป็นวัสดุทดแทนมวลละเอียด ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 50 : 50 สามารถรับกำลังอัดสูงสุด คือ 122.520 กิโลกรัมต่อตาราง ได้ดีกว่ากลุ่มตัวอย่างทั้ง 9

5.2 สรุปผลการวิจัยด้านราคาค้นทุนการผลิตบล็อกปูถนน

การวิจัย เรื่องบล็อกปูถนนด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด ครั้งนี้ ได้มีการจัดหาวัสดุทดแทนมวลละเอียด (คอนกรีตมวลเบาและผงแกรนิต) มาทดแทนทราย ที่เป็นส่วนผสมของมอร์ต้า (แบบเดิม) มาทำการทดสอบตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ คือ ผลิตบล็อกปูถนนที่มีความแข็งแรงด้วยด้วยวัสดุทดแทนมวลละเอียด พบว่า สามารถรับกำลังอัดได้ดี และเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเรียนการสอนกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดต้นทุนการผลิตในการนำไปใช้ประโยชน์ภายในมหาวิทยาลัย (ถ้ามีการนำไปปฏิบัติจริง)

ตารางที่ 5.1 ราคาวัสดุที่ใช้การทดสอบ

ที่	ชื่อวัสดุ	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	รวมราคา
1	คอนกรีตมวลเบา	30 ก้อน	35	1,050
2	ปูนซีเมนต์	3 ถุง	180	540
3	ผงแกรนิต	150 กิโลกรัม	25	3,750

จากตารางที่ 5.15 เป็นราคาวัสดุที่ใช้สำหรับการทดสอบ ขณะทำการทดสอบ เมื่อระยะเวลาผ่านไปอาจทำให้ราคาวัสดุเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามราคาตลาด และตารางที่ 5.16 เป็นราคาที่เกิดขึ้นทุนต่อหน่วยการผลิต คือ ตัวอย่างมอร์ต้า ขนาด $5 \times 5 \times 5$ เซนติเมตร จำนวน 1 ตัวอย่าง พบว่า ราคาต่อหน่วยของปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมคงที่ แต่ราคาของคอนกรีตมวลเบากับผงแกรนิตจะแปรผันตามปริมาณการใช้มากหรือน้อยของอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันตามที่ออกแบบไว้ (กรณีที่ซื้อคอนกรีตมวลเบามาทำการทดสอบ) เท่ากับ 3.89 บาทต่อก้อน หรือ เท่ากับ 350.32 บาทต่อ 90 ก้อน (ตารางที่ 5.16)

ถ้าพิจารณาวัสดุทดแทนมวลละเอียด คือ คอนกรีตมวลเบา ได้จากการเหลือทิ้งจากการเรียนการสอน พบว่า ราคาต่อหน่วยการผลิตจะลดลง เท่ากับ 3.16 บาทต่อก้อน หรือ 284.40 บาทต่อ 90 ก้อน (ตารางที่ 5.16)

ตารางที่ 5.16 ราคาต้นทุนต่อหน่วยกับค่ากำลังซื้อ (ที่มา : บริษัท เอ็มซี โปรดักส์ จำกัด วันซื้อวัสดุ)

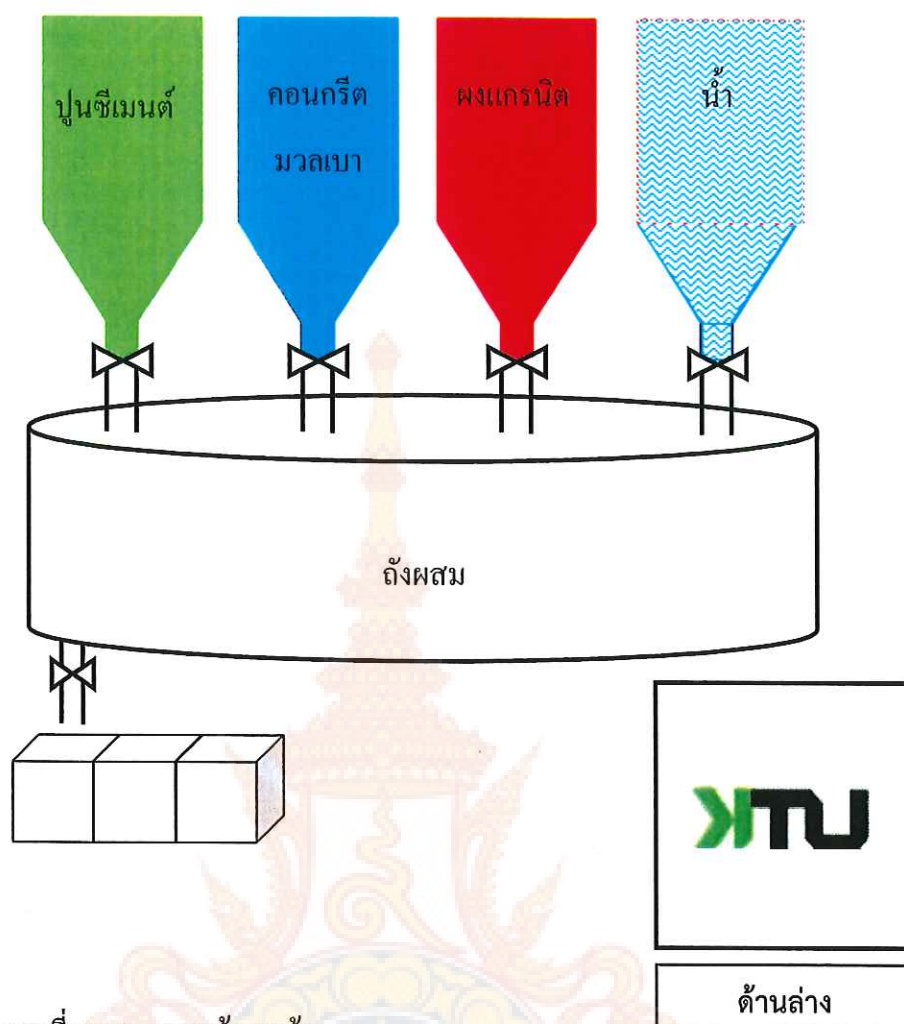
ชื่อ ที่ ตัวอย่าง	จำนวนวัสดุที่ใช้ (90 ก่อน)		ราคาวัสดุต่อ 1 ก่อน (บาท)		ราคา รวมต่อก่อน (บาท)	ราคา รวม (บาท)		กำลังซื้อเฉลี่ยตามอายุการปัม	
	มวลเบา (กิโลกรัม)	ปูนซีเมนต์ (กิโลกรัม)	มวลเบา 6.36 บ/กก.	ปูนซีเมนต์ 3.6 บ/กก.		90 ก่อน	7 วัน	14 วัน	28 วัน
1 กลุ่มที่ 1	-	7.50	-	0.30	0.30	27.00	109.522	113.469	117.278
2 กลุ่มที่ 2	20.625	7.50	-	0.30	1.76	158.18	40.888	47.705	61.064
3 กลุ่มที่ 3	-	7.50	20.625	0.30	6.03	542.63	93.875	100.103	112.175
4 ต.ย. 3.1	18.56	7.50	2.06	0.30	2.18	196.54	50.236	64.539	95.850
5 ต.ย. 3.2	16.50	7.50	4.13	0.30	2.61	235.19	29.391	38.550	59.360
6 ต.ย. 3.3	14.44	7.50	6.19	0.30	3.04	273.59	53.984	74.404	95.942
7 ต.ย. 3.4	12.38	7.50	8.25	0.30	3.47	311.99	71.250	98.825	104.687
8 ต.ย. 3.5	10.31	7.50	10.31	0.30	3.89	350.32	89.988	109.986	122.520
9 ต.ย. 3.6	8.25	7.50	12.38	0.30	4.32	388.97	46.613	81.085	95.297
10 ต.ย. 3.7	6.19	7.50	14.44	0.30	4.75	427.37	78.972	94.768	122.770
11 ต.ย. 3.8	4.13	7.50	16.50	0.30	5.18	465.77	37.357	56.281	73.335
12 ต.ย. 3.9	2.06	7.50	18.56	0.30	5.60	504.10	64.447	88.242	110.824

5.3 ข้อเสนอแนะ

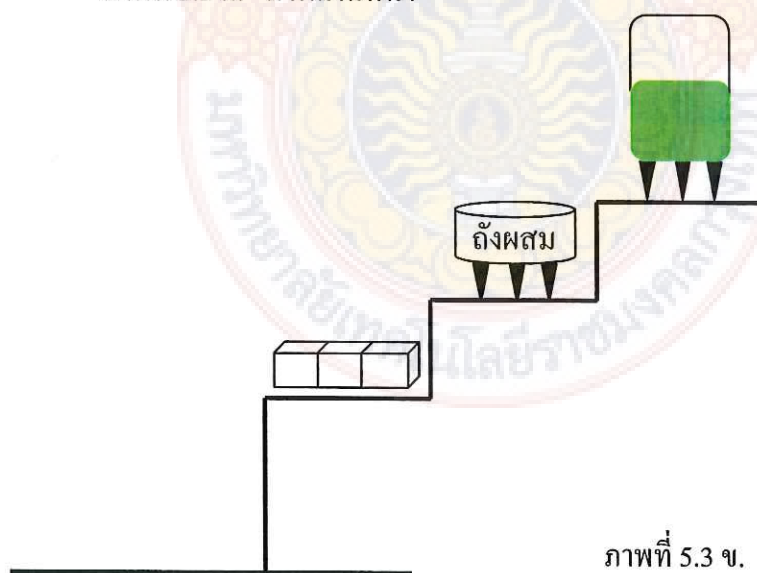
1. ควรจัดหาเครื่องมือสำหรับผสม (เครื่อง โม่ปูน) สำหรับผสมเครื่องใหม่ที่มีขนาดที่เหมาะสมกับงาน เนื่องจากเครื่อง โม่ปูน เป็นเครื่องเก่า มีสภาพเก่า กำลังหมุนที่ใช้ไม่สม่ำเสมอไม่เพียงพอ ทำให้ส่วนผสมคละเคล้ากันไม่ดีพอ เป็นผลต่อเนื่องถึงกำลังอัดคอนกรีต

2. ถ้าทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ มีความสนใจหรือมีความต้องการจะผลิตบล็อกปูถนนไว้ใช้ภายในมหาวิทยาลัยเป็นจำนวนมาก ควรจัดตั้งโรงงานหรือหน่วยงานขนาดย่อม ๆ ในการผลิตและควรจัดหาวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับใช้ที่จำเป็น ตามภาพที่ 5.3 และสามารถนำไปจัดรูปแบบที่ต้องการได้ โดยผู้วิจัยได้นำเสนอ 4 รูปแบบ ดังภาพที่ 5.5 – 5.8



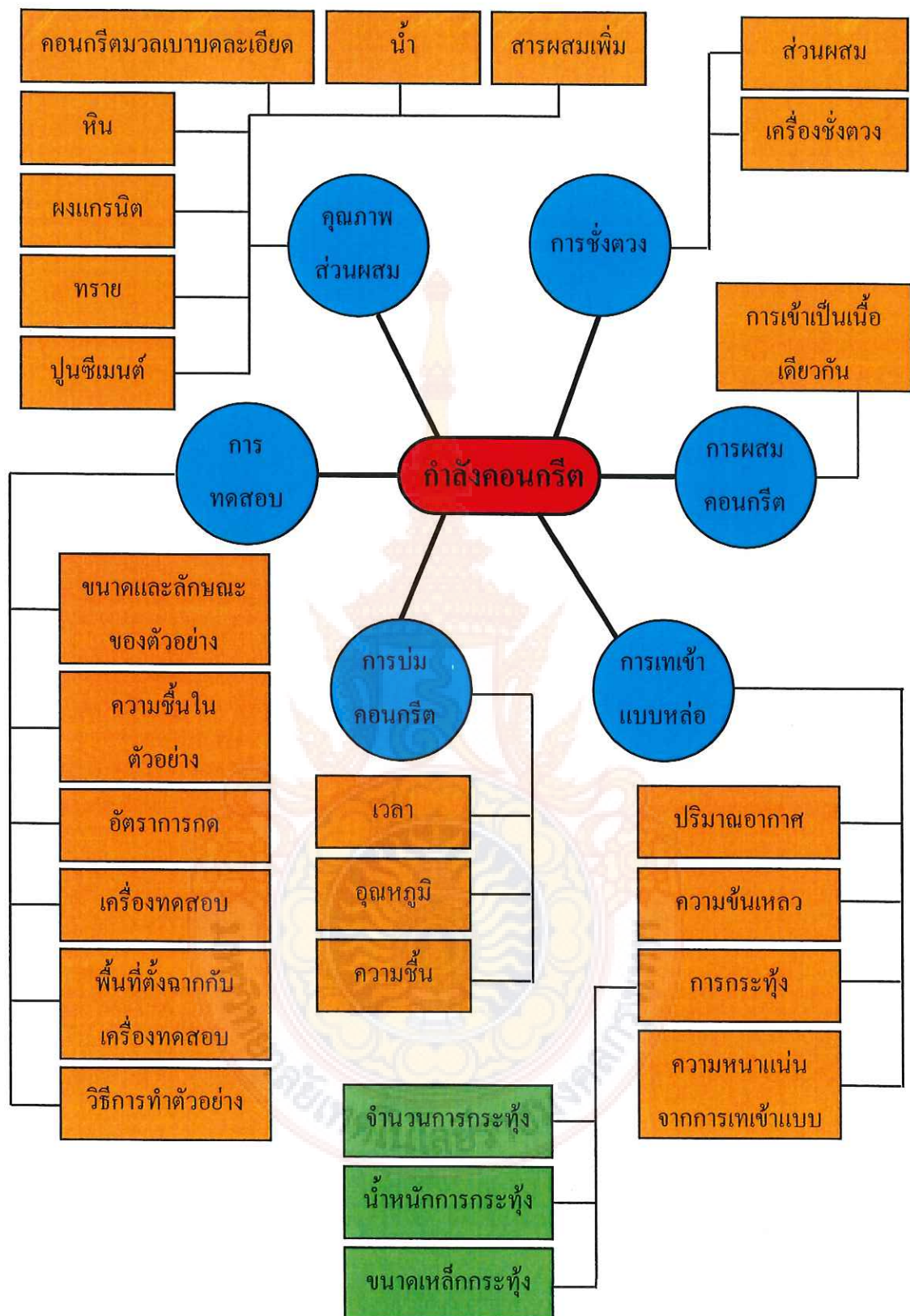


ภาพที่ 5.3 ก. ภาพด้านหน้า

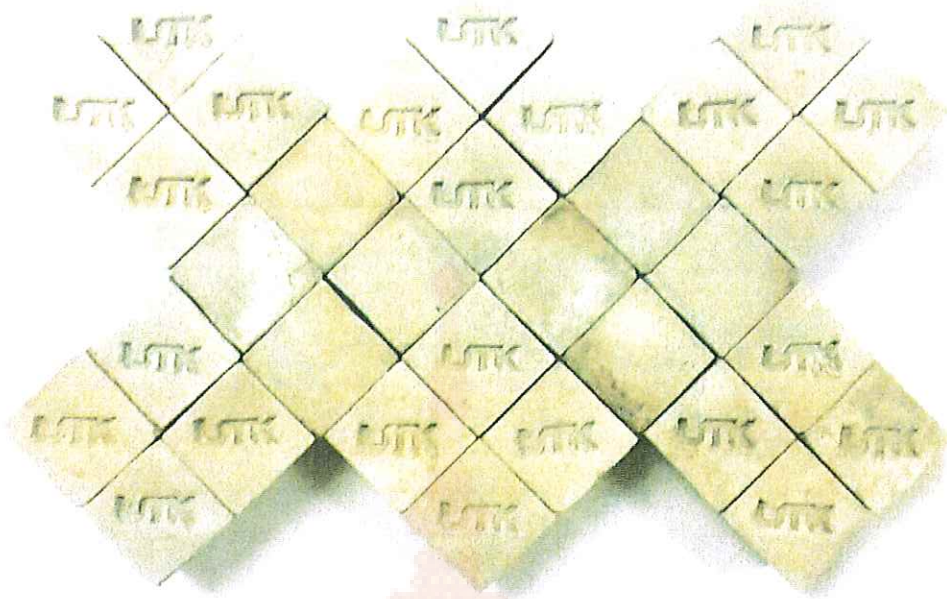


ภาพที่ 5.3 ข. ภาพด้านข้าง

ภาพที่ 5.3 แบบจำลองขั้นตอนผลิตบล็อกปูถนนจำนวนมาก



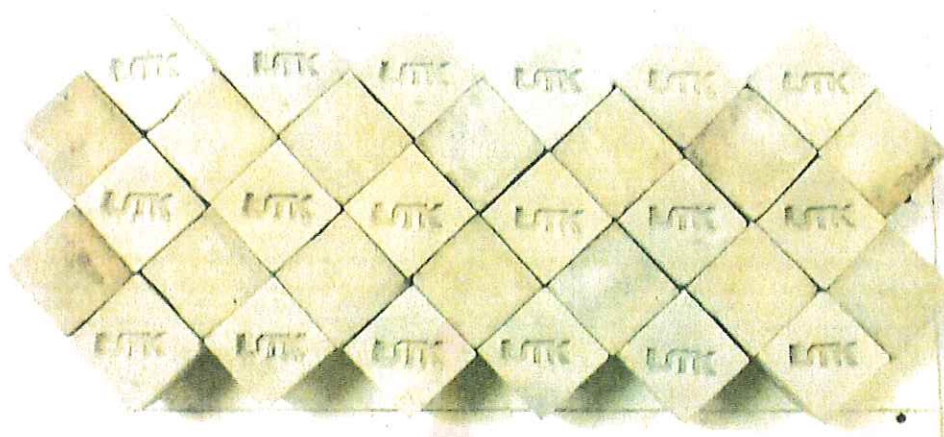
ภาพที่ 5.4 แผนภาพสรุปปัจจัยที่มีผลต่อกำลังคอนกรีต



ภาพที่ 5.5 รูปแบบบล็อกปูถนน แบบที่ 1



ภาพที่ 5.6 รูปแบบบล็อกปูถนน แบบที่ 2



ภาพที่ 5.7 รูปแบบลือกปูนน แบบที่ 3



ภาพที่ 5.8 รูปแบบลือกปูนน แบบที่ 4

บรรณานุกรม

ประณต กุลประสูตร.2548. เทคนิคงานปูน-คอนกรีต.พิมพ์ครั้งที่ 7. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรุงเทพฯ.

ปิติ สุคนธ์สุขกุล.2556. คอนกรีต. วรรณกวี. ปทุมธานี.

พิภพ สุนทรสมัย. 2543. วัสดุวิศวกรรมการก่อสร้าง.พิมพ์ครั้งที่ 8 .สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี

(ไทย-ญี่ปุ่น).กรุงเทพฯ.

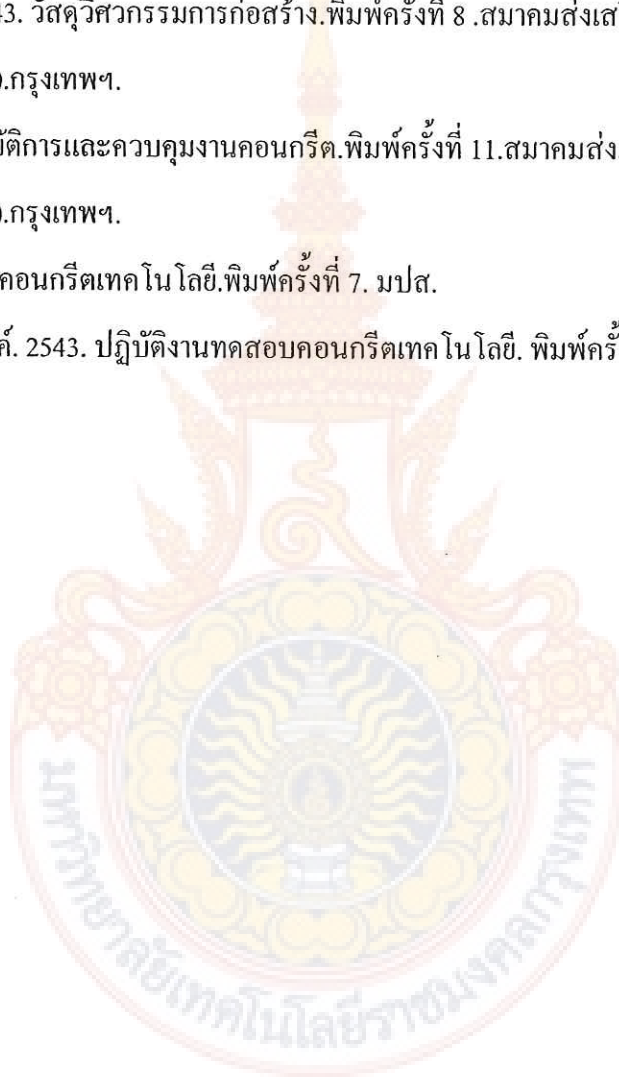
_____. 2536. ปฏิบัติการและควบคุมงานคอนกรีต.พิมพ์ครั้งที่ 11.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี

(ไทย-ญี่ปุ่น).กรุงเทพฯ.

วินิต ช่อวิเชียร.2529. คอนกรีตเทคโนโลยี.พิมพ์ครั้งที่ 7. มปส.

อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. 2543. ปฏิบัติงานทดสอบคอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 4. สกายบุ๊กส์.

กรุงเทพฯ



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก.

ขั้นตอนการหล่อตัวอย่างแบบ Morta

การทดสอบการไหลแผ่ และการทดสอบกำลังอัด

ก.1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุ ผสมวัสดุและการหล่อแบบมอร์ต้า

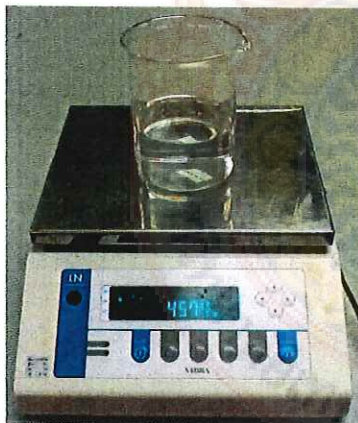
1.1 ชั่งปริมาณวัสดุที่ได้ออกแบบไว้ เช่น ทราย ปูนซีเมนต์ น้ำ และคอนกรีตมวลเบา



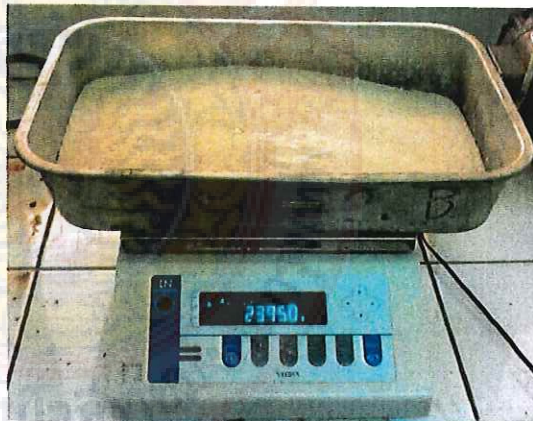
ทราย



ปูนซีเมนต์



น้ำ



คอนกรีตมวลเบา

2. นำส่วนผสมที่ออกแบบไว้ตามน้ำหนัก เทลงในเครื่องผสม ตามขั้นตอนที่ 3.3 ข้อที่ 3.3.2 (บทที่ 3)



3. เมื่อส่วนผสมดังกล่าวได้กล่าว เข้ากันดีแล้ว ให้ทำการทดสอบการไหลแผ่ ตามขั้นตอนที่ 3.3.3 (บทที่ 3)

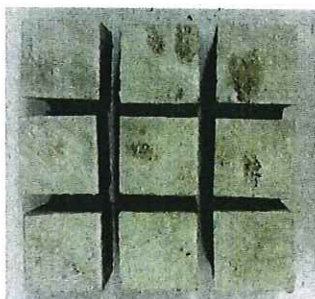




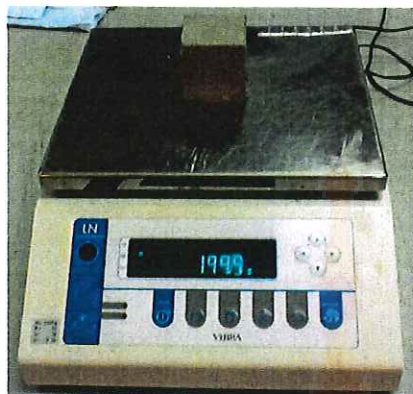
4. นำน้ำมันเครื่อง ทาในแบบหล่อมอร์ต้า เพื่อป้องกันการติด และสะดวกต่อการถอดแบบ เมื่อทดสอบการไหลแผ่ เรียบร้อยแล้ว นำส่วนผสมมาเทใส่ใน Morta Mold ที่เตรียมไว้ ตามหัวข้อที่ 3.4 (บทที่ 3)



5. เมื่อครบกำหนด 24 ชั่วโมง (1 วัน) ให้ถอดแบบหล่อ Morta Mold



6. นำก้อนตัวอย่างมอร์ต้า ที่ครบ 24 ชั่วโมง (1 วัน) มาถอดแบบ และชั่งน้ำหนัก พร้อมบันทึกค่า และติดหมายเลขก้อนตัวอย่าง



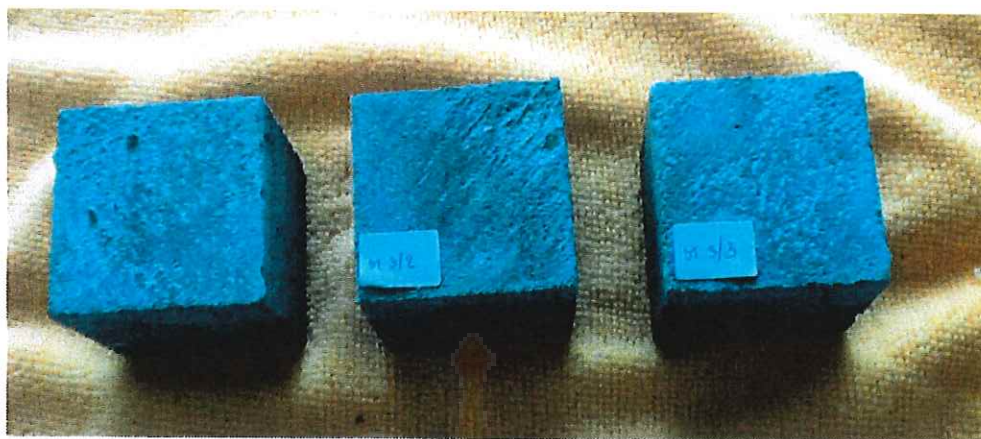
8. นำก้อนตัวอย่างมอร์ต้า ที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปแช่น้ำ (การบ่มคอนกรีต)



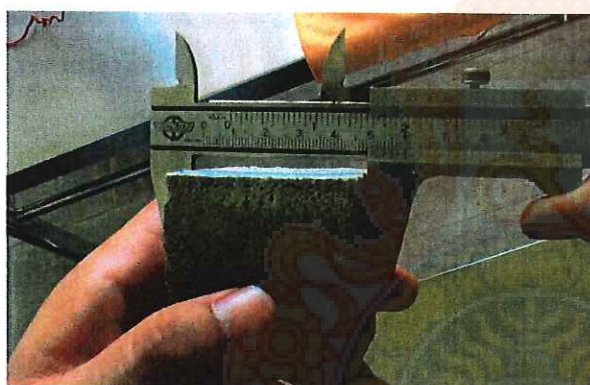
9. เมื่อครบกำหนดระยะเวลาที่ถอดแบบไว้ นำ Morta Mold มาเข้าเครื่องทดสอบกำลังอัด พร้อมบันทึกค่าและเขียนกราฟ สรุปผลการทดสอบ (หัวข้อ ค.2)

ก.2 ขั้นตอนการทดสอบกำลังอัด

1. นำก้อนตัวอย่างมอร์ต้า ที่อายุครบกำหนดการทดสอบ ขึ้นจากการบ่มคอนกรีต มาฟึ่งทิ้งไว้ และแช่น้ำให้แห้ง



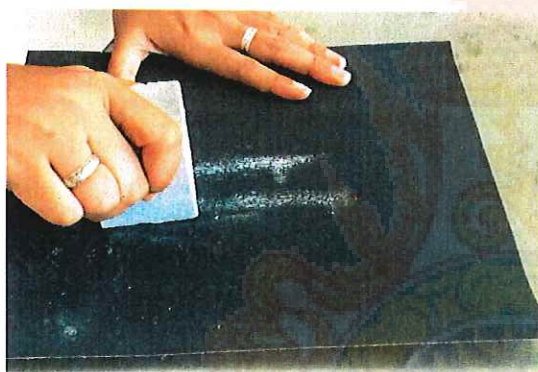
2. การวัดขนาดของก้อนตัวอย่างมอร์ต้า (กว้าง ยาว และสูง) ด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ (แบบธรรมดาหรือแบบดิจิตอล) พร้อมบันทึกข้อมูล



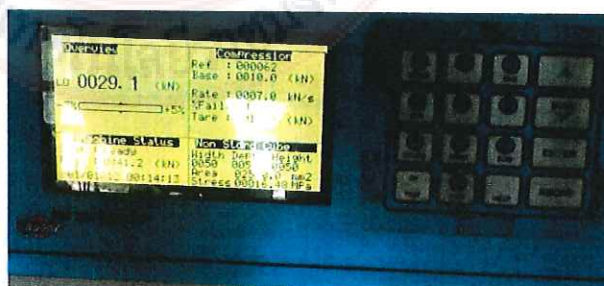
3. นำก้อนตัวอย่างมอร์ต้า ชั่งน้ำหนัก (ก่อนการทดสอบ) พร้อมบันทึกข้อมูล



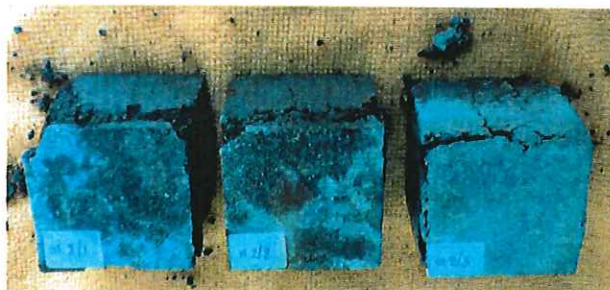
4. ถ้าก้อนตัวอย่างมอร์ต้า มีผิวหน้าไม่เรียบ (ด้านที่จะสัมผัสเครื่องทดสอบกำลังอัด) ต้องดำเนินการขัดด้วยกระดาษทรายละเอียด ให้มีผิวเรียบก่อนนำเข้าเครื่องทดสอบกำลังอัด



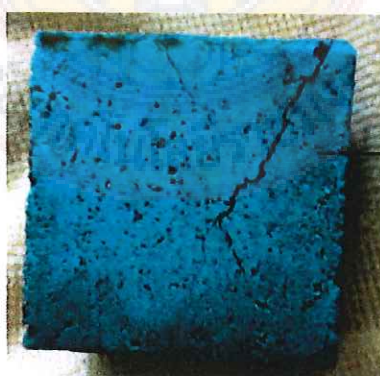
5. นำก้อนตัวอย่างมอร์ต้า เข้าเครื่องทดสอบกำลังอัด เพื่อหาค่าแรงอัดสูงสุด พร้อมบันทึกผล



5. ก้อนอย่างมอร์ต้า หลังจากเข้าเครื่องทดสอบแรงอัดแล้ว จะมีสภาพการแตกหักเมื่อได้แรงอัดสูงสุด



รอยแตกร้าวของก้อนตัวอย่างมอร์ต้า เมื่อได้รับแรงอัดสูงสุด (ด้านข้าง)



→ รอยแตกร้าว

รอยแตกร้าวของก้อนตัวอย่างมอร์ต้า เมื่อได้รับแรงอัดสูงสุด (ด้านบน)



รอยแตกร้าวของก้อนตัวอย่างมอร์ต้า เมื่อได้รับแรงอัดสูงสุด (ด้านข้าง)



รอยแตกร้าวของก้อนตัวอย่างมอร์ต้า ลักษณะที่ถูกต้องตามการแตกร้าวของคอนกรีต
รูปทรงลูกบาศก์ เป็นรูปปิรามิด เมื่อได้รับแรงอัดสูงสุด (ภายในก้อนตัวอย่าง)

เรียกว่า Explosive failure

ภาคผนวก ข.

งานวิจัยอ้างอิง

การศึกษาเพื่อใช้ทรายแม่น้ำทดแทนออกตาวาในการทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าร์

นักวิจัย

ประสิทธิ์ชัย แก้วพิชัย, สมบูรณ์ เจริญไทย และ อนันต์ นนท์ศิริ¹

¹กลุ่มทดสอบและวิเคราะห์คุณภาพ สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน

ปีที่เผยแพร่ 2549

บทคัดย่อ : การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ทรายแม่น้ำมาทดแทนทรายออกตาวาในการทดสอบ กำลังอัดของมอร์ต้าร์ โดยทรายแม่น้ำที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดแรกเป็นทรายร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16 ค้างเบอร์ 30 ผสมกับทรายร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 ค้างเบอร์ 50 อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก ชุดสองเป็น ทรายร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16 ค้างเบอร์ 30 ผสมกับทรายร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 ค้างเบอร์ 50 ผสมกับทรายร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 50 ค้างเบอร์ 100 อัตราส่วน 1:1:1 โดยน้ำหนัก โดยเปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่อายุ 7 และ 28 วัน เมื่อควบคุมการไหลแผ่ 105-115% และ W/C เท่ากับ 0.485 ตามลำดับ

ผลการวิจัยพบว่า ในการทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่ใช้ทรายแม่น้ำ เมื่อทดสอบโดยใช้การไหลแผ่เป็นตัวควบคุม การผสมจะง่ายกว่าการใช้ W/C เป็นตัวควบคุม เนื่องจากเมื่อใช้ W/C เป็นตัวควบคุมจะทำให้ส่วนผสมแห้งกว่าปกติทำให้การผสมยากขึ้น แต่ค่าเฉลี่ยกำลังอัดของมอร์ต้าร์เมื่อใช้ทรายทั้งแม่น้ำทั้ง 2 ชุด มีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าใกล้เคียงกับกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่ใช้ทรายออกตาวาอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนระหว่างกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่ใช้ทรายแม่น้ำกับกำลังอัดของ มอร์ต้าร์ที่ใช้ทรายออกตาวามีค่าคงที่ ดังนั้นจึงสามารถใช้ทรายแม่น้ำมาทดแทนทรายออกตาวาในการทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ได้ โดยค่ากำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่ใช้ทรายออกตาวาเท่ากับกำลังอัดของ มอร์ต้าร์คูณด้วยค่าคงที่ที่กำหนด ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวควบคุมที่ใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางบันทึกข้อมูลการทดสอบรับกำลังแรงอัดมอร์ต้า

กลุ่มที่ใช้วัสดุทดแทนมวลละเอียดชนิดเดียว (ต้นแบบ)

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 (ปูนซีเมนต์ : ทราย : น้ำ)	จำนวน 9 ก้อน
กลุ่มตัวอย่างที่ 2 (ปูนซีเมนต์ : คอนกรีตมวลเบา : น้ำ)	จำนวน 9 ก้อน
กลุ่มตัวอย่างที่ 3 (ปูนซีเมนต์ : ผงแกรนิต : น้ำ)	จำนวน 9 ก้อน

กลุ่มที่ใช้วัสดุทดแทนมวลละเอียดชนิดเดียว

กลุ่มที่ 1 (ปูนซีเมนต์ : ทราย : น้ำ)	จำนวน 90 ก้อน
กลุ่มที่ 2 (ปูนซีเมนต์ : คอนกรีตมวลเบา : น้ำ)	จำนวน 90 ก้อน
กลุ่มที่ 3 (ปูนซีเมนต์ : ผงแกรนิต : น้ำ)	จำนวน 90 ก้อน

กลุ่มที่ใช้วัสดุทดแทนมวลละเอียด 2 ชนิด

จำนวนกลุ่มละ 90 ก้อน

กลุ่มที่	ปูนซีเมนต์	อัตราส่วนผสมร้อยละ	
		คอนกรีตมวลเบา : ผงแกรนิต	น้ำ
3.1	ปูนซีเมนต์	90 : 10	น้ำ
3.2	ปูนซีเมนต์	80 : 20	น้ำ
3.3	ปูนซีเมนต์	70 : 30	น้ำ
3.4	ปูนซีเมนต์	60 : 40	น้ำ
3.5	ปูนซีเมนต์	50 : 50	น้ำ
3.6	ปูนซีเมนต์	40 : 60	น้ำ
3.7	ปูนซีเมนต์	30 : 70	น้ำ
3.8	ปูนซีเมนต์	20 : 80	น้ำ
3.9	ปูนซีเมนต์	10 : 90	น้ำ

ก.9 บันทึกข้อมูลและผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 1 (ปูนซีเมนต์ทราย และน้ำ) ค่า w/c เท่ากับ 0.485 จำนวน 90 ตัวอย่าง

ตารางที่ ค.9 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 1

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1	22 ม.ค. 56	252.50	7	30 ม.ค. 56	256.20	5.01	5.08	5.10	25.45	24.6	98.529	
2		250.57	7		255.76	5.01	5.01	5.05	25.10	23.7	96.251	
3		252.40	7		259.15	4.99	5.04	5.09	25.15	38.1	154.428	
4		245.82	7		249.88	5.01	5.02	5.03	25.15	25.8	104.571	
5		246.39	7		251.06	5.01	5.02	5.00	25.15	24.6	99.707	
6		245.52	7		251.37	4.99	5.04	5.06	25.15	20.0	81.064	
7		250.93	7		255.55	4.99	5.01	5.07	25.00	28.5	116.208	
8		251.97	7		256.77	4.98	5.05	5.03	25.15	31.4	127.274	
9		250.82	7		255.95	5.01	5.02	5.03	25.15	26.1	105.786	
10		248.74	7		254.18	5.00	5.00	5.00	25.00	26.3	107.238	
11		247.65	7		250.71	5.01	5.02	5.01	25.15	21.1	85.521	
12		253.46	7		259.15	5.02	5.00	5.05	25.10	26.4	107.216	
13		250.28	7		257.34	4.97	4.99	5.01	24.80	34.9	143.450	
14		251.17	7		257.27	5.02	5.01	5.06	25.15	22.0	89.169	
15		250.69	7		256.74	4.99	5.02	5.05	25.05	26.8	109.059	

ตารางที่ ก.9 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 1 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักแห้ง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
16	22 ม.ค. 56	248.34	7	30 ม.ค. 56	253.59	5.00	5.04	5.05	25.20	24.8	100.319	
17		252.09	7		257.84	5.01	5.03	5.04	25.20	28.3	114.475	
18		255.98	7		261.74	5.01	5.04	5.08	25.25	29.8	120.304	
19		247.58	7		255.19	5.00	5.01	5.03	25.05	24.4	99.292	
20		255.04	7		260.19	5.00	5.00	5.03	25.00	35.0	142.712	
21		251.48	7		255.55	5.01	5.03	5.00	25.20	30.1	121.756	
22		251.84	7		257.49	5.00	5.00	5.07	25.00	25.5	103.976	
23		273.41	7		280.18	5.12	5.15	5.23	26.37	27.2	105.153	
24		267.14	7		274.1	5.11	5.16	5.17	26.37	25.6	98.969	
25		249.35	7		255.26	5.00	5.02	5.11	25.10	22.3	90.565	
26		249.39	7		255.13	5.01	5.00	5.06	25.05	23.0	93.595	
27		250.23	7		256.72	4.98	5.00	5.04	24.90	24.4	99.890	
28		255.01	7		260.73	4.99	4.99	5.06	24.90	37.1	151.881	
29		250.33	7		255.21	5.00	5.01	5.00	25.05	28.2	114.755	
30		251.32	7		255.18	5.00	5.01	5.04	25.05	25.2	102.547	

ตารางที่ ก.9 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 1 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
31	22 ม.ค. 56	247.93	14	6 ก.พ. 56	253.18	4.99	5.01	5.02	25.00	26.7	108.869	
32		255.32	14		260.99	5.08	4.99	5.05	25.35	31.4	126.269	
33		254.19	14		261.18	5.03	5.08	5.08	25.55	26.8	106.914	
34		249.15	14		253.86	5.00	5.01	5.04	25.05	28.5	115.976	
35		267.65	14		274.97	5.08	5.14	5.22	26.11	37.7	147.179	
36		260.67	14		268.85	5.08	5.08	5.18	25.81	27.4	108.232	
37		248.89	14		255.36	5.00	5.01	5.03	25.05	15.5	63.075	
38		251.28	14		258.65	5.02	5.00	5.09	25.10	33.4	135.645	
39		267.51	14		273.82	5.16	5.18	5.08	26.73	33.8	128.905	
40		248.23	14		254.21	4.99	5.01	5.02	25.00	25.2	102.753	
41		266.16	14		270.37	5.11	5.14	5.12	26.27	30.3	117.595	
42		266.35	14		273.68	5.12	5.12	5.14	26.21	27.1	105.381	
43		248.56	14		254.9	5.02	5.00	5.07	25.10	31.0	125.898	
44		266.35	14		272.94	5.16	5.15	5.19	26.57	25.7	98.584	
45		262.25	14		269.42	5.11	5.12	5.14	26.16	27.5	107.145	

ตารางที่ ค.9 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 1 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร. ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
46	22 ม.ค. 56	247.33	14	6 ก.พ. 56	253.69	5.01	5.00	4.99	25.05	29.3	119.231	
47		268.50	14		275.28	5.16	5.10	5.17	26.32	34.5	133.638	
48		280.05	14		287.38	5.28	5.29	5.08	27.93	34.6	126.275	
49		251.01	14		259.29	5.01	5.02	5.01	25.15	27.6	111.866	
50		252.19	14		258.69	5.03	5.02	5.03	25.25	40.0	161.480	
51		265.76	14		270.94	5.12	5.10	5.19	26.11	30.7	119.848	
52		278.30	14		284.91	5.25	5.26	5.13	27.62	31.6	116.647	
53		250.23	14		257.41	5.00	5.00	5.16	25.00	28.6	116.616	
54		250.06	14		256.49	5.00	5.03	5.04	25.15	32.6	132.133	
55		245.85	14		250.48	4.99	4.99	5.06	24.90	22.0	90.064	
56		245.72	14		250.5	5.00	5.01	5.04	25.05	20.0	81.387	
57		247.28	14		252.66	5.00	5.00	5.00	25.00	22.3	90.928	
58		246.81	14		251.09	5.02	5.02	5.06	25.20	22.0	88.991	
59		257.71	14		263.2	5.06	5.10	5.14	25.81	24.8	97.963	
60		249.44	14		255.06	5.00	5.02	5.06	25.10	29.2	118.588	

ตารางที่ ก.9 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 1 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
61	22 ม.ค. 56	262.70	28	20 ก.พ. 56	269.18	5.07	5.09	5.20	25.806	27.60	109.022	
62		263.93	28		271.68	5.06	5.10	5.14	25.806	34.80	137.464	
63		250.61	28		258.79	5.02	5.00	5.08	25.100	28.70	116.557	
64		248.68	28		256.94	4.98	4.98	5.09	24.800	31.50	129.474	
65		261.52	28		269.42	5.07	5.08	5.16	25.756	25.90	102.508	
66		265.67	28		273.08	5.08	5.07	5.20	25.756	27.50	108.841	
67		249.64	28		257.67	5.00	4.99	5.04	24.950	36.00	147.083	
68		253.77	28		262.73	5.03	5.05	5.08	25.402	29.90	119.989	
69		248.48	28		254.69	5.01	5.01	5.03	25.100	21.50	87.316	
70		251.39	28		285.52	4.99	5.00	5.06	24.950	29.60	120.935	
71		251.07	28		257.47	5.01	5.02	5.02	25.150	27.40	111.056	
72		244.31	28		251.88	5.00	5.00	5.07	25.000	19.30	78.695	
73		263.57	28		272.48	5.08	5.07	5.19	26.313	47.30	183.239	
74		260.35	28		268.43	5.05	5.10	5.15	25.755	22.90	90.637	
75		264.27	28		270.79	5.08	5.10	5.16	25.908	28.50	112.135	

ตารางที่ ค.9 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 1 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร. ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
76	22 ม.ค. 56	279.31	28	20 ก.พ. 56	285.45	5.22	5.25	5.15	27.405	30.9	114.937	
77		267.01	28		275.82	5.07	5.12	5.25	25.958	25.2	98.959	
78		249.82	28		256.79	4.99	5.01	5.06	25.000	22.0	89.705	
79		267.18	28		275.86	5.14	5.07	5.21	26.060	24.6	96.227	
80		263.19	28		270.90	5.08	5.11	5.21	25.959	25.2	98.957	
81		249.80	28		255.82	5.00	5.01	5.18	25.050	22.2	90.339	
82		268.05	28		274.43	5.16	5.11	5.20	26.368	29.2	112.887	
83		265.89	28		274.44	5.10	5.09	5.22	25.959	37.1	145.686	
84		252.78	28		258.76	5.01	5.02	5.22	25.150	12.9	52.285	
85		275.15	28		281.41	5.19	5.17	5.16	26.832	33.7	128.027	
86		266.39	28		272.81	5.11	5.11	5.16	26.112	30.0	117.114	
87		245.20	28		250.83	5.00	5.00	5.04	25.000	22.0	89.704	
88		249.25	28		254.95	4.99	5.00	5.06	24.950	25.3	103.367	
89		268.62	28		276.48	5.10	5.13	5.18	26.163	31.4	122.341	
90		243.93	28		249.86	5.00	4.99	5.02	24.950	23.9	97.647	

ค.10 บันทึกข้อมูลและผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 2 (ปูนซีเมนต์ คอนกรีตมวลเบา และน้ำ) ค่า w/c เท่ากับ 1.81 จำนวน 90 ตัวอย่าง

ตารางที่ ค.10 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 2

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1	23 ม.ค. 56	25.51	7	31 ม.ค. 56	205.34	5.07	5.11	5.27	25.908	8.6	33.838	
2		191.56	7		194.07	5.01	5.00	5.13	25.050	12.1	49.239	
3		203.96	7		207.55	5.10	5.12	5.19	26.132	10.9	42.518	
4		194.25	7		198.83	5.00	5.14	5.15	25.700	8.8	34.904	
5		191.57	7		194.08	5.05	5.03	5.05	25.402	11.0	44.143	
6		214.30	7		214.18	5.28	5.29	5.10	27.931	12.7	46.350	
7		201.49	7		205.35	5.10	5.09	5.20	25.959	9.9	38.876	
8		191.05	7		193.50	5.04	5.02	5.03	25.301	8.6	34.649	
9		190.31	7		193.13	5.03	5.05	5.06	25.402	9.4	37.722	
10		208.32	7		211.30	5.16	5.19	5.18	26.780	9.4	35.780	
11		203.60	7		201.80	5.13	5.08	5.17	26.060	13.2	51.633	
12		191.77	7		193.53	5.02	5.02	5.07	25.200	11.9	48.136	
13		191.08	7		196.36	5.00	5.00	5.06	25.000	9.7	39.551	
14		193.14	7		199.01	5.03	5.03	5.12	25.301	8.0	32.232	
15		200.75	7		206.36	5.09	5.10	5.27	25.959	11.2	43.981	

ตารางที่ ค.10 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 2 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
16	23 ม.ค. 56	192.41	7	31 ม.ค. 56	195.30	5.06	5.03	5.05	25.452	12.6	50.464	
17		194.13	7		197.45	5.02	5.05	5.07	25.351	12.6	50.665	
18		196.32	7		199.97	5.06	5.09	5.09	25.755	6.5	25.726	
19		193.10	7		196.21	5.01	5.01	5.07	25.100	11.0	44.673	
20		206.13	7		205.85	5.11	5.11	5.26	26.112	11.2	43.723	
21		191.26	7		189.34	4.98	5.15	5.05	25.647	12.1	48.093	
22		194.47	7		195.20	5.00	5.00	5.15	25.000	12.5	50.968	
23		192.80	7		195.03	5.03	5.04	5.15	25.351	9.6	38.601	
24		202.49	7		205.29	5.04	5.06	5.14	25.502	8.6	34.375	
25		189.07	7		192.95	5.06	5.01	5.07	25.351	8.7	34.983	
26		188.06	7		190.67	5.01	5.02	5.00	25.150	8.7	35.262	
27		196.76	7		193.67	5.00	5.00	5.03	25.000	9.1	37.105	
28		201.59	7		207.05	5.09	5.07	5.18	25.806	10.4	41.081	
29		195.45	7		198.46	5.07	5.05	5.12	25.604	8.2	32.647	
30		188.81	7		190.31	5.04	5.02	5.12	25.301	11.1	44.722	

ตารางที่ ค.10 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 2 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
31	23 ม.ค. 56	205.8	14	7 ก.พ. 56	204.79	5.17	5.16	5.18	26.677	15.6	59.609	
32		196.9	14		199.08	5.08	5.04	5.10	25.603	13.8	54.943	
33		193.9	14		197.21	5.10	5.10	5.16	26.010	9.4	36.840	
34		207.2	14		210.55	5.19	5.16	5.19	26.780	12.5	47.580	
35		204.6	14		207.09	5.11	5.16	5.17	26.368	12.5	48.325	
36		204.2	14		207.25	5.13	5.13	5.17	26.317	13.2	51.129	
37		189.5	14		192.48	5.00	5.00	5.08	25.000	11.9	48.522	
38		190.2	14		192.97	5.00	5.00	5.06	25.000	11.5	46.891	
39		192.7	14		192.08	5.01	5.00	5.03	25.050	14.1	57.378	
40		191.8	14		188.01	5.02	5.00	5.08	25.100	12.7	51.578	
41		193.4	14		191.88	5.01	5.00	5.08	25.050	13.1	53.308	
42		192.3	14		195.17	5.01	5.00	5.09	25.050	11.0	44.763	
43		219.5	14		224.31	5.31	5.32	5.12	28.249	13.2	47.632	
44		191.2	14		198.52	5.02	5.04	5.13	25.301	6.1	24.577	
45		190.9	14		199.14	5.00	5.00	5.21	25.000	10.5	42.813	

ตารางที่ ค.10 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 2 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักถัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
46	23 ม.ค. 56	193.03	14	7 ก.พ. 56	197.05	5.01	5.01	5.10	25.100	10.3	41.830	
47		189.07	14		193.40	5.01	5.01	5.05	25.100	11.8	47.922	
48		188.46	14		194.72	5.01	5.04	5.11	25.250	10.5	42.389	
49		193.14	14		197.10	5.05	5.04	5.08	25.452	12.6	50.464	
50		191.87	14		192.10	5.00	5.01	5.12	25.050	12.1	49.239	
51		198.80	14		198.83	5.07	5.09	5.11	25.806	12.8	50.561	
52		196.15	14		197.84	5.00	5.00	5.18	25.000	11.7	47.706	
53		204.84	14		206.49	5.08	5.10	5.23	25.908	12.7	49.969	
54		196.44	14		201.08	5.07	5.08	5.11	25.756	11.7	46.307	
55		202.45	14		207.69	5.08	5.10	5.18	25.908	13.3	52.330	
56		203.86	14		208.12	5.09	5.14	5.15	26.163	10.5	40.911	
57		192.78	14		195.86	5.03	5.07	5.06	25.502	12.0	47.966	
58		204.55	14		204.47	5.06	5.14	5.24	26.008	11.2	43.897	
59		203.48	14		206.73	5.10	5.11	5.19	26.061	13.4	52.414	
60		190.68	14		190.65	5.02	5.06	5.08	25.401	12.8	51.367	

ตารางที่ ค.10 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 2 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
61	23 ม.ค. 56	201.28	28	21 ก.พ. 56	201.07	5.09	5.06	5.25	25.755	15.5	61.347	
62		192.18	28		195.26	5.01	5.00	5.12	25.050	14.5	59.005	
63		205.33	28		208.31	5.09	5.07	5.25	25.806	14.7	58.066	
64		194.95	28		197.53	5.01	4.99	5.16	25.000	15.5	63.201	
65		203.81	28		206.28	5.10	5.07	5.17	25.857	16.7	65.837	
66		190.87	28		192.14	5.01	4.99	5.11	25.000	14.3	58.308	
67		208.95	28		212.82	5.17	5.20	5.18	26.884	18.1	68.630	
68		191.42	28		194.15	5.01	5.01	5.14	25.100	13.5	54.826	
69		192.06	28		194.78	5.00	4.99	5.12	24.950	12.0	49.028	
70		191.68	28		191.39	5.00	5.01	5.07	25.050	15.6	63.482	
71		202.32	28		204.06	5.06	5.10	5.26	25.806	14.1	55.697	
72		192.74	28		196.54	5.00	4.99	5.16	24.950	16.5	67.413	
73		191.50	28		196.15	5.00	5.00	5.06	25.000	14.3	58.308	
74		189.95	28		195.61	5.02	4.99	5.04	25.150	16.7	67.689	
75		204.77	28		209.64	5.12	5.08	5.27	26.772	17.8	67.776	

ตารางที่ ค.10 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 2 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
76	23 ม.ค. 56	206.01	28	21 ก.พ. 56	211.66	5.09	5.15	5.31	26.214	15.4	59.886	
77		194.60	28		198.53	5.05	5.03	5.17	25.402	11.9	47.755	
78		194.41	28		200.12	5.02	5.00	5.12	25.600	16.4	65.303	
79		196.58	28		199.63	5.01	5.01	5.24	26.252	18.5	71.835	
80		193.87	28		194.30	5.01	5.00	5.12	25.050	14.0	56.971	
81		203.67	28		204.80	5.08	5.10	5.21	25.908	15.9	62.560	
82		191.73	28		195.16	4.99	5.00	5.11	24.950	15.7	64.145	
83		194.88	28		201.04	5.06	5.05	5.15	25.553	15.5	61.833	
84		194.62	28		197.47	5.04	5.03	5.16	25.351	15.5	62.325	
85		194.31	28		196.50	5.00	5.00	5.15	25.000	15.2	61.978	
86		213.77	28		216.34	5.24	5.22	5.21	27.353	17.5	65.218	
87		196.08	28		200.05	5.01	5.01	5.22	25.100	12.9	52.390	
88		203.72	28		208.92	5.10	5.15	5.21	26.265	15.9	61.709	
89		190.55	28		194.37	5.00	5.01	5.18	25.050	14.0	56.971	
90		193.91	28		193.20	5.02	5.01	5.15	25.150	15.4	62.418	

ค.11 บันทึกข้อมูลและผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3 (ปูนซีเมนต์ ผงหินแกรนิต และน้ำ) ค่า w/c เท่ากับ 1.04 จำนวน 90 ตัวอย่าง

ตารางที่ ค.11 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1	24 ม.ค. 56	242.29	7	1 ก.พ. 56	242.38	4.99	5.00	5.12	24.950	17.8	72.724	
2		241.67	7		246.87	5.03	5.03	5.09	25.301	25.4	102.336	
3		256.24	7		260.12	5.11	5.11	5.24	26.112	19.0	74.172	
4		245.49	7		250.39	5.04	5.04	5.14	25.402	19.7	79.056	
5		255.51	7		260.00	5.11	5.10	5.13	26.061	12.6	49.285	
6		227.84	7		234.25	5.16	5.13	5.18	26.471	10.1	38.894	
7		237.49	7		244.77	5.21	5.25	5.32	27.353	18.4	68.573	
8		261.47	7		266.87	5.14	5.08	5.37	26.111	20.2	78.860	
9		258.25	7		259.39	5.11	5.08	5.28	25.959	25.2	98.957	
10		243.96	7		244.64	5.08	5.09	5.34	25.857	25.7	101.317	
11		227.05	7		227.74	5.01	5.00	5.05	25.050	19.5	79.352	
12		238.90	7		242.09	5.00	4.99	5.11	24.950	25.1	102.550	
13		251.94	7		258.47	5.09	5.10	5.20	25.959	27.8	109.166	
14		240.00	7		246.35	5.04	5.06	5.08	25.502	21.2	84.739	
15		245.98	7		251.72	5.02	5.04	5.19	25.301	23.5	94.681	

ตารางที่ ค.11 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนัก ก่อนการทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
16	24 ม.ค. 56	242.94	7	1 ก.พ. 56	250.37	5.02	5.02	5.17	25.200	28.0	113.261	
17		264.35	7		268.72	5.25	5.26	5.06	27.615	28.1	103.727	
18		242.01	7		246.97	5.01	5.00	5.11	25.050	27.7	112.721	
19		242.70	7		248.85	4.99	5.00	5.18	24.950	26.6	108.678	
20		233.80	7		236.81	5.01	5.01	5.09	25.100	19.7	80.006	
21		243.47	7		242.93	5.05	5.04	5.14	25.452	25.4	101.729	
22		244.00	7		246.25	5.01	5.01	5.13	25.100	25.1	101.936	
23		245.80	7		249.24	5.05	5.05	5.10	25.503	28.7	114.718	
24		241.67	7		244.48	5.01	4.99	5.08	25.000	27.6	112.539	
25		242.42	7		245.14	4.99	4.99	5.13	24.900	27.6	112.990	
26		240.15	7		242.67	5.01	5.02	5.10	25.150	25.3	102.544	
27		243.48	7		247.97	5.01	5.02	5.16	25.150	23.1	93.627	
28		238.73	7		242.16	5.01	5.01	5.09	25.100	26.4	107.216	
29		241.12	7		244.60	5.00	5.00	5.14	25.000	27.1	110.499	
30		240.87	7		240.80	4.99	5.02	5.11	25.050	25.9	105.397	

ตารางที่ ก.11 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนัก ก่อนการทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ชม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ชม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ชม. ²)
						กว้าง (ชม.)	ยาว (ชม.)	สูง (ชม.)				
31	24 ม.ค. 56	244.71	14	8 ก.พ. 56	248.83	5.03	5.04	5.25	25.351	19.4	78.007	
32		256.37	14		262.36	5.08	5.18	5.16	26.314	28.6	110.791	
33		240.08	14		246.81	5.03	5.05	5.07	25.402	23.1	92.701	
34		271.07	14		279.94	5.31	5.33	5.30	28.302	24.6	88.602	
35		238.49	14		244.61	4.98	4.99	5.09	24.850	28.3	116.088	
36		240.27	14		247.04	5.02	5.01	5.10	25.150	25.6	103.760	
37		244.47	14		253.80	5.03	5.00	5.25	25.150	21.4	86.737	
38		260.32	14		267.94	5.14	5.10	5.26	26.214	25.0	97.216	
39		240.19	14		244.42	4.99	5.01	5.07	25.000	28.3	115.393	
40		242.52	14		247.92	5.05	5.03	5.12	25.402	28.6	114.772	
41		246.92	14		250.90	5.08	5.14	5.20	26.111	23.3	90.962	
42		234.04	14		240.14	5.01	5.00	5.08	25.050	21.9	89.118	
43		258.76	14		267.71	5.05	5.04	5.37	25.452	26.5	106.134	
44		246.48	14		253.19	5.03	5.02	5.19	25.251	26.7	107.788	
45		253.86	14		260.08	5.13	5.10	5.19	26.163	25.0	97.405	

ตารางที่ ค.11 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนัก ก่อนการทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
46	24 ม.ค. 56	248	14	8 ก.พ. 56	257.50	5.14	5.16	5.18	26.522	23.6	90.705	
47		238	14		246.86	5.04	5.02	5.10	25.301	23.2	93.473	
48		243	14		249.67	5.05	5.03	5.16	25.402	26.5	106.345	
49		242	14		250.15	5.05	5.03	5.18	25.402	26.2	105.141	
50		245	14		249.78	5.03	5.05	5.18	25.402	25.9	103.937	
51		258	14		262.29	5.14	5.15	5.18	26.471	25.6	98.583	
52		245	14		249.95	5.03	5.02	5.10	25.251	33.0	133.221	
53		256	14		262.51	5.09	5.09	5.19	25.908	31.5	123.938	
54		241	14		249.76	5.03	5.00	5.24	25.150	20.1	81.468	
55		235	14		242.82	5.07	5.14	5.37	26.060	15.9	62.195	
56		240	14		247.70	5.01	5.00	5.20	25.050	23.1	94.002	
57		238	14		244.52	5.01	5.02	5.10	25.150	25.6	103.679	
58		241	14		246.45	5.02	5.02	5.10	25.200	28.2	114.070	
59		237	14		242.12	5.01	5.02	5.08	25.150	21.4	86.737	
60		245	14		249.54	5.02	5.09	5.15	25.552	27.6	110.108	

ตารางที่ ค.11 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนัก ก่อนการทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
61	24 ม.ค. 56	240.34	28	22 ก.พ. 56	247.30	5.00	4.99	5.14	24.950	30.2	123.386	
62		260.12	28		269.22	5.11	5.09	5.11	26.010	28.3	110.912	
63		242.44	28		254.33	5.17	5.19	5.21	26.832	24.5	93.076	
64		252.67	28		262.00	5.08	5.07	5.38	25.756	24.6	97.363	
65		240.44	28		247.18	5.01	5.01	5.12	25.100	35.1	142.549	
66		242.11	28		248.12	4.98	5.01	5.13	24.950	28.8	117.667	
67		255.73	28		262.53	5.13	5.07	5.16	26.009	25.1	98.374	
68		242.43	28		250.07	5.00	5.01	5.23	25.050	26.6	108.244	
69		240.61	28		248.00	4.99	5.01	5.21	25.000	25.3	103.160	
70		240.25	28		246.57	5.01	5.03	5.23	25.200	28.0	113.262	
71		241.75	28		248.89	5.02	5.02	5.10	25.200	34.6	139.959	
72		245.10	28		252.61	4.99	4.98	5.13	24.850	33.6	137.829	
73		240.85	28		249.00	5.00	5.01	5.14	25.050	25.8	104.989	
74		239.80	28		249.06	5.12	5.17	5.19	26.470	19.6	75.479	
75		243.61	28		252.00	5.00	5.09	5.21	25.450	31.3	125.368	

ตารางที่ ค.11 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนัก ก่อนการทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
76	24 ม.ค. 56	242.08	28	22 ก.พ. 56	251.82	5.14	5.10	5.27	26.214	19.50	75.828	
77		245.88	28		256.37	5.13	5.14	5.35	26.368	21.20	81.957	
78		239.75	28		249.02	5.11	5.13	5.26	26.214	16.80	65.328	
79		240.38	28		249.12	5.09	5.00	5.10	25.450	32.10	128.573	
80		223.40	28		229.80	5.01	4.99	5.43	25.000	21.80	88.889	
81		256.13	28		262.70	5.07	5.08	5.24	25.756	34.20	135.358	
82		255.54	28		264.80	5.11	5.10	5.21	26.061	32.60	127.514	
83		246.53	28		255.72	5.02	5.03	5.26	25.251	27.90	112.632	
84		259.08	28		266.87	5.10	5.10	5.21	26.010	36.10	141.481	
85		234.14	28		241.66	5.01	5.01	5.11	25.100	25.20	102.343	
86		258.00	28		265.18	5.07	5.08	5.38	25.756	29.10	115.173	
87		243.57	28		253.00	5.06	5.02	5.28	25.401	24.30	97.518	
88		238.89	28		247.13	5.01	4.99	5.14	25.000	30.00	122.325	
89		245.40	28		253.66	5.00	5.00	5.19	25.000	31.80	129.664	
90		243.53	28		247.30	5.01	5.01	5.07	25.100	36.70	149.046	

ก.12 บันทึกข้อมูลและผลการทดสอบกำลังอัดของวัสดุผสมที่ทดแทนวัสดุมวลละเอียด จำนวน 9 กลุ่มตัวอย่าง ๆ ละ 90 ตัวอย่าง

ก.12.1 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.1 (ปูนซีเมนต์ คอนกรีตมวลเบาต่อผงหินแกรนิต และน้ำ) ค่า w/c เท่ากับ 1.81 จำนวน 90 ตัวอย่าง

ตารางที่ ก.12 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.1

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1	28 ม.ค. 56	191.51	7	5 ก.พ. 56	188.34	5.14	5.11	5.25	26.265	7.0	27.167	
2		195.20	7		194.85	5.02	5.03	5.1	25.251	12.8	51.674	
3		202.82	7		203.60	5.21	5.25	5.37	27.353	10.5	39.131	
4		198.77	7		198.28	5.03	5.02	5.13	25.251	14.0	56.518	
5		201.50	7		202.85	5.08	5.11	5.28	25.959	12.7	49.871	
6		195.49	7		199.04	5.12	5.13	5.29	26.266	12.1	46.960	
7		193.98	7		196.19	5.02	5.01	5.22	25.150	13.2	53.501	
8		201.70	7		203.42	5.08	5.13	5.39	26.060	13.0	50.850	
9		198.37	7		197.48	5.09	5.1	5.22	25.959	12.2	47.907	
10		189.81	7		188.11	5.04	5.04	5.17	25.402	12.4	49.761	
11		207.71	7		206.14	5.13	5.11	5.43	26.214	13.5	52.496	
12		190.23	7		192.80	5.02	5.02	5.2	25.200	8.5	34.383	
13		193.16	7		194.75	5.02	5.05	5.06	25.351	12.6	50.665	
14		194.25	7		197.74	5.02	5.04	5.15	25.301	14.7	59.226	
15		192.90	7		194.65	5.03	5.03	5.11	25.301	12.3	49.556	

ตารางที่ ค.12 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.1 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
16	28 ม.ค. 56	195.73	7	5 ก.พ. 56	197.71	5.01	5.01	5.13	25.100	11.9	48.328	
17		197.29	7		199.92	5.01	5.02	5.17	25.150	14.3	57.960	
18		199.64	7		202.44	5.02	4.99	5.22	25.050	11.7	47.612	
19		194.99	7		195.55	4.99	5.03	5.07	25.100	14.1	57.264	
20		195.49	7		191.70	5.01	5.03	5.06	25.200	14.3	57.844	
21		204.13	7		200.62	5.11	5.15	5.16	26.317	15.4	59.652	
22		197.60	7		198.03	5.02	5.03	5.16	25.251	14.6	58.940	
23		209.75	7		209.53	5.12	5.13	5.19	26.266	14.4	55.886	
24		198.10	7		198.37	5.02	5.02	5.18	25.200	13.4	54.204	
25		198.38	7		198.16	5.02	5.01	5.12	25.150	8.3	33.641	
26		208.37	7		207.68	5.14	5.14	5.18	26.420	14.9	57.490	
27		206.08	7		204.89	5.08	5.14	5.18	26.111	15.0	58.559	
28		196.17	7		195.33	5.02	5.03	5.14	25.251	11.7	47.233	
29		208.63	7		207.40	5.15	5.12	5.20	26.368	12.7	49.097	
30		202.57	7		197.83	5.07	5.06	5.16	25.654	11.0	43.708	

ตารางที่ ค.12 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.1 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
31	28 ม.ค. 56	196.57	14	12 ก.พ. 56	194.19	5.02	5.01	5.19	25.150	16.3	66.066	
32		193.58	14		192.90	5.02	5.01	5.08	25.150	15.6	63.229	
33		199.30	14		200.30	5.03	5.03	5.17	25.301	18.1	72.925	
34		206.19	14		207.30	5.13	5.11	5.13	26.214	16.0	62.218	
35		200.40	14		200.30	5.02	5.05	5.22	25.351	14.1	56.696	
36		201.36	14		201.22	5.06	5.05	5.15	25.553	14.6	58.243	
37		194.86	14		196.07	5.03	5.02	5.18	25.251	14.2	57.325	
38		200.66	14		200.52	5.05	5.07	5.20	25.604	15.0	59.720	
39		196.60	14		196.32	5.02	5.02	5.18	25.200	17.3	69.979	
40		199.89	14		195.58	5.06	5.06	5.22	25.604	13.4	53.350	
41		201.66	14		199.13	5.03	5.05	5.19	25.402	18.3	73.438	
42		196.35	14		198.48	5.02	5.02	5.12	25.200	14.8	59.867	
43		207.76	14		211.53	5.13	5.09	5.24	26.112	18.1	70.660	
44		196.33	14		199.30	5.05	5.07	5.19	25.598	13.5	53.759	
45		199.41	14		202.77	5.03	5.05	5.24	25.402	13.4	53.775	

ตารางที่ ค.12 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.1 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักถัง ลดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
46	28 ม.ค. 56	196.18	14	12 ก.พ. 56	199.54	5.03	5.01	5.15	25.200	14.9	60.271	
47		199.39	14		202.37	5.02	5.05	5.18	25.351	15.2	61.119	
48		200.70	14		202.06	5.01	5.02	5.23	25.150	14.9	60.392	
49		201.77	14		202.96	5.02	5.02	5.24	25.200	15.6	63.103	
50		200.42	14		199.57	5.02	5.02	5.24	25.200	18.4	74.429	
51		199.61	14		196.60	5.02	5.02	5.18	25.200	19.1	77.260	
52		208.74	14		209.17	5.15	5.07	5.24	26.111	16.6	64.807	
53		208.60	14		210.03	5.11	5.13	5.18	26.214	16.8	65.328	
54		199.67	14		201.55	5.08	5.08	5.17	25.806	15.6	61.621	
55		201.57	14		203.70	5.05	5.06	5.10	25.553	16.6	66.221	
56		196.10	14		197.28	5.02	5.01	5.13	25.150	15.8	64.039	
57		197.83	14		198.45	5.00	5.00	5.09	25.000	16.8	68.502	
58		196.60	14		198.64	5.02	5.01	5.13	25.150	19.8	80.252	
59		198.14	14		198.40	5.04	5.02	5.20	25.301	15.8	63.658	
60		205.97	14		204.20	5.09	5.12	5.21	26.061	18.9	73.927	

ตารางที่ ค.12 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.1 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
61	28 ม.ค. 56	196.55	28	26 ก.พ. 56	191.81	5.01	5.01	5.11	25.100	23.4	95.032	
62		196.79	28		193.58	5.02	5.00	5.16	25.100	22.2	90.159	
63		197.82	28		194.57	5.03	5.02	5.12	25.251	21.7	87.603	
64		199.32	28		195.88	5.03	5.02	5.12	25.251	18.9	76.299	
65		201.90	28		208.89	5.14	5.17	5.35	26.574	23.5	90.146	
66		199.42	28		198.17	5.07	5.04	5.19	25.553	12.7	50.664	
67		208.18	28		204.18	5.02	5.09	5.24	25.526	26.2	104.627	
68		198.41	28		196.87	5.02	5.01	5.16	25.150	28.5	115.514	
69		210.12	28		209.30	5.16	5.12	5.24	26.419	26.8	103.406	
70		216.01	28		214.72	5.26	5.24	5.27	27.562	27.7	102.446	
71		215.30	28		210.12	5.17	5.21	5.25	26.936	24.4	92.341	
72		203.61	28		202.19	5.06	5.05	5.22	25.553	27.3	108.906	
73		199.50	28		198.66	5.05	5.03	5.13	25.402	25.4	101.931	
74		198.84	28		196.21	5.06	5.06	5.16	25.604	24.4	97.145	
75		208.94	28		205.15	5.11	5.10	5.27	26.061	23.5	91.920	

ตารางที่ ค.12 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.1 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันสิ้นปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
76	28 ม.ค. 56	206.54	28	26 ก.พ. 56	205.58	5.11	5.06	5.33	26.970	25.3	95.626	
77		201.25	28		200.18	5.02	5.01	5.19	26.002	26.9	105.458	
78		203.49	28		202.01	5.04	5.02	5.24	26.305	22.6	87.580	
79		209.53	28		208.18	5.12	5.11	5.25	26.828	22.0	83.594	
80		208.31	28		206.27	5.13	5.12	5.21	26.675	21.7	82.925	
81		219.17	28		216.86	5.32	5.31	5.15	27.347	25.6	95.427	
82		218.01	28		216.84	5.28	5.28	5.17	27.298	24.3	90.743	
83		207.78	28		207.54	5.18	5.17	5.16	26.677	28.3	108.138	
84		207.95	28		207.60	5.12	5.10	5.25	26.775	29.8	113.453	
85		196.35	28		194.21	5.00	5.01	5.11	25.601	22.4	89.191	
86		196.59	28		196.52	5.01	5.04	5.24	26.410	25.2	97.268	
87		198.39	28		195.91	5.02	5.02	5.10	25.602	28.4	113.077	
88		199.64	28		196.76	5.05	5.02	5.12	25.702	21.8	86.460	
89		195.47	28		192.40	5.02	5.02	5.11	25.652	26.8	106.498	
90		201.08	28		198.56	5.03	5.03	5.16	25.955	28.5	111.933	

ค.12.2 บันทึกข้อมูลและผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.2 (ปูนซีเมนต์ คอนกรีตมวลเบาต่อผนังแกนดิน และน้ำ) ค่า w/c เท่ากับ 1.81 จำนวน 90 ตัวอย่าง

ตารางที่ ค.13 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.2

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1	29 ม.ค. 56	200.92	7	6 ก.พ. 56	199.64	5.04	5.04	5.12	25.402	7.7	30.900	
2		199.96	7		201.31	5.01	5.03	5.12	25.200	7.2	29.124	
3		201.64	7		205.44	5.05	5.03	5.19	25.402	7.7	30.900	
4		197.02	7		199.12	5.00	5.00	5.16	25.000	7.5	30.581	
5		194.23	7		197.12	5.00	4.98	5.10	24.900	6.4	26.201	
6		197.50	7		199.50	5.00	5.00	5.06	25.000	6.4	26.096	
7		199.41	7		201.93	5.01	5.02	5.13	25.150	6.7	27.156	
8		207.26	7		209.61	5.13	5.06	5.17	25.958	6.5	25.526	
9		205.88	7		209.28	5.09	5.10	5.23	25.959	7.7	30.237	
10		200.72	7		200.33	5.03	5.04	5.18	25.351	7.0	28.147	
11		212.43	7		212.33	5.11	5.12	5.20	26.163	9.2	35.845	
12		195.48	7		198.78	5.03	5.00	5.09	25.150	8.1	32.831	
13		198.10	7		199.71	5.00	5.01	5.15	25.050	5.7	23.195	
14		199.51	7		201.56	4.99	5.00	5.15	24.950	8.8	35.954	
15		206.91	7		211.18	5.03	5.06	5.25	25.452	6.7	26.834	

ตารางที่ ค.13 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.2 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนัก ก่อนการทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
16	29 ม.ค. 56	203.37	7	6 ก.พ. 56	207.29	5.03	5.03	5.21	25.301	6.3	25.383	
17		202.36	7		206.58	5.03	5.00	5.27	25.150	7.1	28.777	
18		199.24	7		201.95	5.01	5.04	5.16	25.250	6.5	26.241	
19		203.88	7		207.04	5.06	5.05	5.18	25.553	8.1	32.313	
20		197.62	7		193.55	5.00	5.01	5.05	25.050	6.9	28.078	
21		201.24	7		198.87	5.03	5.02	5.10	25.251	9.1	36.737	
22		200.61	7		200.45	5.01	5.04	5.15	25.250	7.1	28.663	
23		202.40	7		201.30	5.03	5.03	5.16	25.301	6.5	26.188	
24		199.37	7		199.96	5.01	5.00	5.14	25.050	7.0	28.485	
25		218.90	7		221.89	5.26	5.25	5.29	27.615	7.7	28.423	
26		216.83	7		218.69	5.17	5.18	5.26	26.781	6.7	25.503	
27		211.42	7		214.32	5.15	5.08	5.26	26.162	7.4	28.833	
28		220.05	7		222.69	5.22	5.22	5.26	27.248	8.8	32.921	
29		211.73	7		212.15	5.11	5.12	5.24	26.163	8.2	31.949	
30		219.14	7		218.45	5.24	5.25	5.27	27.510	9.1	33.720	

ตารางที่ ก.13 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.2 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนัก ก่อนการทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
31	29 ม.ค. 56	198.09	14	13 ก.พ. 56	191.14	4.99	4.99	5.17	24.900	10.4	42.576	
32		198.67	14		196.21	4.99	5.00	5.17	24.950	9.7	39.631	
33		200.61	14		200.83	4.99	5.00	5.29	24.950	10.6	43.308	
34		197.79	14		199.08	5.02	5.02	5.28	25.200	8.4	33.978	
35		212.61	14		212.44	5.07	5.11	5.25	25.908	9.9	38.953	
36		209.91	14		208.45	5.04	5.11	5.34	25.754	8.2	32.456	
37		211.67	14		211.49	5.11	5.06	5.41	25.857	9.9	39.030	
38		205.20	14		204.25	5.08	5.09	5.19	25.857	10.3	40.606	
39		214.32	14		215.58	5.09	5.11	5.30	26.010	8.6	33.705	
40		211.90	14		208.92	5.09	5.09	5.21	25.908	8.0	31.476	
41		201.45	14		197.05	5.08	5.02	5.18	25.502	11.1	44.370	
42		198.35	14		198.73	5.06	5.00	5.22	25.300	8.8	35.456	
43		196.79	14		195.31	5.03	4.99	5.10	25.100	10.5	42.643	
44		197.99	14		198.13	4.99	5.01	5.20	25.000	9.7	39.552	
45		200.92	14		200.03	5.04	5.05	5.15	25.452	10.4	41.653	

ตารางที่ ค.13 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.2 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนัก ก่อนการทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง	ยาว	สูง				
46	29 ม.ค. 56	198.83	14	13 ก.พ. 56	199.07	4.99	5.02	5.14	25.050	10.6	43.135	
47		194.70	14		196.43	4.98	4.98	5.17	24.800	9.4	38.637	
48		200.00	14		197.92	5.00	4.99	5.15	24.950	8.8	35.954	
49		201.22	14		199.43	5.03	5.05	5.10	25.402	11.3	45.347	
50		198.69	14		194.35	5.03	5.04	5.12	25.351	8.7	34.983	
51		211.34	14		206.66	5.08	5.09	5.23	25.857	8.5	33.510	
52		210.57	14		207.87	5.08	5.05	5.20	25.654	11.6	46.093	
53		198.78	14		199.35	5.02	5.00	5.24	25.100	9.1	36.957	
54		200.58	14		200.26	5.02	5.01	5.16	25.150	10.1	40.937	
55		199.16	14		201.74	5.00	4.99	5.18	24.950	9.2	37.588	
56		198.05	14		199.16	4.97	4.99	5.18	24.800	9.2	37.815	
57		208.03	14		207.32	5.06	5.10	5.25	25.806	8.4	33.181	
58		207.41	14		207.03	5.04	5.11	5.31	25.754	10.4	41.164	
59		203.88	14		203.45	5.03	5.02	5.30	25.251	8.3	33.507	
60		205.19	14		200.65	5.09	5.07	5.24	25.806	9.7	38.316	

ตารางที่ ค.13 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.2 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนัก ก่อนการทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
61	29 ม.ค. 56	209.89	28	27 ก.พ. 56	203.46	5.06	5.12	5.26	25.907	16.4	64.529	
62		200.58	28		198.04	4.99	4.99	5.13	24.900	16.2	66.320	
63		200.82	28		200.34	4.99	5.00	5.23	24.950	13.7	55.973	
64		200.83	28		200.45	4.99	4.99	5.21	24.900	15.8	64.683	
65		198.43	28		199.13	1.99	4.99	5.20	9.930	13.8	141.663	
66		201.30	28		201.73	4.99	4.99	5.24	24.900	13.7	56.085	
67		203.37	28		203.85	4.98	4.99	5.21	24.850	12.3	50.455	
68		208.32	28		210.28	5.08	5.07	5.17	25.756	18.0	71.241	
69		208.03	28		210.11	5.12	5.04	5.24	25.805	15.8	62.415	
70		207.56	28		203.13	5.13	5.05	5.13	25.907	17.1	67.285	
71		200.55	28		197.97	4.99	5.00	5.17	24.950	12.4	50.662	
72		203.02	28		204.82	5.00	5.00	5.25	25.000	12.6	51.376	
73		201.08	28		201.67	5.00	5.00	5.21	25.000	14.6	59.531	
74		199.78	28		199.92	5.03	5.00	5.14	25.150	14.2	57.555	
75		213.31	28		216.12	5.06	5.08	5.42	25.705	17.5	69.399	

ตารางที่ ค.13 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.2 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนัก ก่อนการทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
76	29 ม.ค. 56	211.65	28	27 ก.พ. 56	215.44	5.06	5.07	5.39	25.654	11.3	44.900	
77		203.77	28		206.29	5.05	5.05	5.17	25.503	12.7	50.764	
78		208.23	28		211.69	5.07	5.09	5.24	25.806	11.4	45.031	
79		213.10	28		215.30	5.09	5.06	5.39	25.755	11.3	44.724	
80		200.55	28		197.39	4.97	5.00	5.20	24.850	13.0	53.327	
81		198.01	28		192.59	4.97	4.98	5.14	24.751	15.5	63.838	
82		199.46	28		196.98	4.97	4.98	5.15	24.751	15.1	62.190	
83		198.35	28		196.70	4.97	4.98	5.21	24.751	12.8	52.718	
84		198.83	28		203.37	5.00	5.02	5.23	25.100	11.9	48.329	
85		210.48	28		211.53	5.07	5.10	5.31	25.857	12.3	48.491	
86		197.55	28		200.08	4.99	5.03	5.17	25.100	11.7	47.517	
87		200.47	28		203.46	5.00	5.04	5.16	25.200	14.2	57.441	
88		200.27	28		199.94	4.99	4.97	5.23	24.800	15.0	61.655	
89		210.83	28		213.90	5.09	5.06	5.42	25.755	14.1	55.806	
90		209.15	28		207.96	5.09	5.07	5.36	25.806	13.9	54.906	

ก.12.3 บันทึกข้อมูลและผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.3 (ปูนซีเมนต์ คอนกรีตมวลเบาต่อผิวนั้นแกรนิต และน้ำ) ค่า w/c เท่ากับ 1.81 จำนวน 90 ตัวอย่าง

ตารางที่ ค.146 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.3

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1	30 ม.ค. 56	203.46	7	7 ก.พ. 56	207.75	5.04	5.07	5.18	25.553	14.6	58.243	
2		213.93	7		220.01	5.05	5.03	5.33	25.402	15.2	60.998	
3		222.23	7		229.89	5.10	5.13	5.36	26.163	13.9	54.157	
4		219.08	7		225.42	5.05	5.05	5.44	25.503	12.0	47.966	
5		207.76	7		214.21	5.03	5.03	5.21	25.301	14.7	59.226	
6		217.44	7		222.72	5.02	5.03	5.33	25.251	17.0	68.629	
7		214.60	7		222.12	5.12	5.09	5.30	26.061	13.0	50.849	
8		211.04	7		217.53	5.02	5.06	5.27	25.401	15.9	63.808	
9		206.93	7		212.97	5.02	5.02	5.25	25.200	13.1	52.990	
10		211.17	7		212.71	5.05	5.03	5.23	25.402	13.3	53.373	
11		208.49	7		210.93	5.00	5.02	5.10	25.100	13.0	52.796	
12		206.63	7		215.12	5.03	5.00	5.24	25.150	10.1	40.937	
13		201.50	7		212.52	5.02	5.05	5.23	25.351	12.6	50.665	
14		208.22	7		234.82	5.24	5.25	5.17	27.510	15.7	58.175	
15		207.11	7		217.41	5.02	5.02	5.23	25.200	11.0	44.496	

ตารางที่ ค.14 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.3 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ	วันที่ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
							กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
16	30 ม.ค. 56		219.85	7	7 ก.พ. 56	218.31	5.04	5.03	5.23	25.351	13.8	55.490	
17			207.96	7		215.32	5.04	5.04	5.26	25.402	13.0	52.169	
18			210.39	7		219.12	5.02	5.04	5.23	25.301	13.0	52.377	
19			191.69	7		201.16	5.04	5.06	5.21	25.502	7.7	30.778	
20			211.89	7		217.26	5.03	5.04	5.30	25.351	14.9	59.913	
21			208.70	7		212.05	5.06	5.02	5.20	25.401	14.8	59.393	
22			209.57	7		215.35	5.01	5.01	5.24	26.252	18.0	69.893	
23			200.75	7		207.22	5.00	5.00	5.24	25.000	11.6	47.299	
24			213.07	7		219.64	5.05	5.04	5.22	25.452	12.5	50.063	
25			208.19	7		213.18	5.00	4.99	5.28	24.950	13.5	55.156	
26			209.74	7		216.62	5.02	5.03	5.24	25.251	11.5	46.426	
27			220.40	7		227.53	5.10	5.08	5.35	25.908	11.5	45.248	
28			215.01	7		220.68	5.15	5.10	5.25	26.265	14.6	56.664	
29			200.23	7		205.17	5.01	5.01	5.15	25.100	14.3	58.075	
30			212.39	7		215.20	5.03	5.03	5.26	25.301	15.7	63.255	

ตารางที่ ค.14 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.3 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
31	30 ม.ค. 56	205.72	14	14 ก.พ. 56	206.60	4.99	5.00	5.23	24.950	19.0	77.627	
32		208.60	14		214.75	5.02	5.03	5.22	25.251	18.1	73.070	
33		212.47	14		218.26	5.00	5.07	5.24	25.350	19.3	77.609	
34		213.23	14		219.15	5.02	5.04	5.36	25.301	15.8	63.658	
35		222.15	14		227.65	5.13	5.12	5.43	27.802	18.9	69.298	
36		203.93	14		208.30	5.00	5.00	5.11	25.000	18.7	76.249	
37		210.67	14		215.15	4.99	5.01	5.21	25.000	18.2	74.210	
38		213.23	14		219.73	5.07	5.08	5.28	25.756	16.4	64.909	
39		215.87	14		223.86	5.07	5.15	5.29	26.111	19.0	74.177	
40		204.68	14		208.30	4.99	4.99	5.17	24.900	19.5	79.830	
41		218.88	14		222.06	5.09	5.09	5.40	27.486	20.7	76.770	
42		209.59	14		215.81	5.00	5.01	5.28	25.050	17.1	69.586	
43		212.70	14		219.18	5.04	5.04	5.24	25.402	20.1	80.661	
44		221.31	14		228.34	5.07	5.11	5.30	25.908	18.8	73.971	
45		209.61	14		216.15	5.02	5.00	5.34	25.100	16.8	68.229	

ตารางที่ ค.14 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.3 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
46	30 ม.ค. 56	210.43	14	14 ก.พ. 56	216.60	5.00	5.01	5.24	25.050	16.3	66.330	
47		208.90	14		217.97	5.00	4.98	5.28	24.900	18.1	74.099	
48		218.88	14		226.52	5.14	5.15	5.23	26.471	17.6	67.776	
49		208.13	14		214.14	5.04	5.04	5.18	25.402	15.4	61.800	
50		235.31	14		228.84	5.11	5.10	5.44	27.744	25.2	92.590	
51		201.53	14		213.74	5.00	5.02	5.26	25.100	18.5	75.133	
52		224.13	14		228.81	5.25	5.20	5.19	26.988	25.2	95.183	
53		210.61	14		217.25	5.00	4.99	5.29	24.950	18.5	75.584	
54		211.94	14		218.94	5.00	5.01	5.30	26.553	24.4	93.671	
55		220.83	14		228.00	5.07	5.09	4.42	25.806	18.1	71.496	
56		212.46	14		216.99	5.00	5.03	5.34	25.150	18.5	74.983	
57		217.76	14		223.34	5.10	5.11	5.32	26.061	17.1	66.886	
58		208.02	14		212.39	5.01	5.01	5.24	25.100	18.7	75.945	
59		196.04	14		198.21	5.03	5.01	5.19	25.200	12.9	52.181	
60		204.39	14		203.80	4.99	4.98	5.14	24.850	21.6	88.604	

ตารางที่ ค.14 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.3 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
61	30 ม.ค. 56	217.45	28	28 ก.พ. 56	222.23	5.13	5.06	5.29	25.958	27.5	107.993	
62		217.82	28		223.82	5.03	5.02	5.36	25.251	34.0	137.258	
63		210.78	28		216.41	5.01	5.01	5.20	25.100	26.3	106.810	
64		211.52	28		217.97	5.00	4.99	5.31	24.950	18.0	73.542	
65		216.40	28		222.92	5.08	5.08	5.29	25.822	21.6	85.271	
66		216.18	28		211.36	5.00	4.99	5.19	24.950	21.8	89.067	
67		224.22	28		229.10	5.08	5.08	5.42	25.806	35.2	139.042	
68		216.64	28		225.60	5.12	5.13	5.28	26.266	30.5	118.371	
69		208.97	28		214.78	5.00	5.01	5.22	25.050	18.9	76.910	
70		206.04	28		207.54	5.00	5.00	5.18	25.000	22.3	90.928	
71		213.71	28		221.31	5.12	5.08	5.31	26.010	21.6	84.655	
72		227.21	28		235.47	5.15	5.11	5.44	26.317	23.5	91.027	
73		216.30	28		225.37	5.07	5.08	5.36	25.756	23.3	92.218	
74		208.56	28		214.43	5.00	5.02	5.25	25.100	20.8	84.474	
75		208.50	28		215.92	5.01	5.01	5.35	25.100	23.0	93.408	

ตารางที่ ค.14 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.3 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
76	30 ม.ค. 56	214.42	28	28 ก.พ. 56	222.35	5.08	5.07	5.38	25.756	17.7	70.054	
77		208.93	28		216.48	5.01	4.99	5.25	25.000	25.2	102.753	
78		208.41	28		216.88	5.03	5.00	5.20	25.150	24.9	100.924	
79		224.93	28		232.39	5.12	5.11	5.36	26.163	34.8	135.587	
80		205.05	28		209.71	5.01	5.00	5.24	25.050	20.2	82.201	
81		213.63	28		218.94	5.13	5.10	5.24	26.163	21.3	82.989	
82		222.76	28		230.63	5.10	5.06	5.37	25.806	19.0	75.052	
83		224.64	28		229.63	5.17	5.15	5.18	26.626	29.7	113.708	
84		222.40	28		226.55	5.05	5.06	5.44	25.553	23.9	95.343	
85		209.62	28		216.49	5.00	5.01	5.27	25.050	22.6	91.967	
86		223.32	28		228.80	5.12	5.06	5.41	25.907	27.0	106.237	
87		208.70	28		214.59	5.00	5.00	5.28	25.000	21.2	86.442	
88		225.56	28		231.15	5.23	5.24	5.19	27.405	23.7	88.155	
89		203.90	28		220.34	5.07	5.08	5.34	25.756	21.2	83.906	
90		209.61	28		209.70	5.00	5.01	5.26	25.050	22.6	91.967	

ค.12.4 บันทึกข้อมูลและผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.4 (ปูนซีเมนต์ คอนกรีตมวลเบาต่อผนังแกนกริด และน้ำ) ค่า w/c เท่ากับ 1.81 จำนวน 90 ตัวอย่าง
ตารางที่ ค.15 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.4

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1		216.90	7		219.11	5.03	4.99	5.27	25.100	15.7	63.762	
2		216.53	7		222.98	5.00	4.98	5.40	24.900	16.9	69.186	
3		211.77	7		217.83	5.02	5.03	5.21	25.251	17.5	70.648	
4		208.72	7		209.69	5.00	5.01	5.07	25.050	20.4	83.014	
5		214.09	7		220.71	4.99	5.02	5.27	25.050	17.9	72.842	
6		206.25	7		211.21	5.01	5.01	5.21	25.100	16.2	65.792	
7		215.20	7		218.81	5.02	5.02	5.20	25.200	16.1	65.125	
8		211.43	7		220.02	5.08	5.07	5.29	25.756	18.6	73.616	
9		209.44	7		217.33	5.00	5.00	5.22	25.000	14.0	57.085	
10		212.10	7		215.36	4.99	5.01	5.25	25.000	20.2	82.365	
11		208.90	7		208.95	4.99	4.97	5.02	24.800	21.5	88.372	
12		231.22	7		235.24	5.20	5.18	5.25	26.936	20.2	76.445	
13		216.56	7		226.02	5.08	5.12	5.23	26.010	14.4	56.436	
14		212.25	7		217.09	4.99	4.99	5.23	24.900	16.7	68.367	
15		222.70	7		233.86	5.13	5.14	5.29	26.368	16.3	63.014	

ตารางที่ ก.15 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.4 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
16		225.41	7		229.51	5.11	5.10	5.17	26.061	15.1	59.063	
17		224.45	7		232.85	5.09	5.14	5.29	26.163	17.8	69.354	
18		219.05	7		228.06	5.01	5.00	5.43	25.050	14.1	57.378	
19		212.77	7		216.16	5.04	5.03	5.09	25.351	17.0	68.357	
20		234.40	7		237.01	5.23	5.26	5.25	27.510	18.9	70.033	
21		221.30	7		221.73	5.06	5.05	5.25	25.553	19.3	76.992	
22		222.02	7		227.60	5.10	5.06	5.26	25.806	18.0	71.102	
23		209.48	7		212.32	4.99	5.00	5.02	24.950	22.5	91.927	
24		226.57	7		229.71	5.16	5.17	5.20	26.677	15.0	57.317	
25		228.30	7		235.26	5.31	5.16	5.27	27.415	19.9	73.994	
26		227.59	7		229.05	5.15	5.17	5.21	26.626	18.4	70.445	
27		235.75	7		240.20	5.30	5.30	5.30	28.090	24.5	88.909	
28		212.62	7		219.43	5.02	5.00	5.33	25.100	17.8	72.290	
29		217.51	7		221.24	5.01	5.05	5.34	25.301	19.3	77.761	
30		207.95	7		207.49	5.00	5.01	5.18	25.050	18.8	76.503	

ตารางที่ ค.15 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.4 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
31		217.25	14		221.43	5.07	5.05	5.20	25.604	24.9	99.136	
32		230.25	14		235.75	5.19	5.23	5.19	27.144	19.5	73.231	
33		211.41	14		219.20	5.00	5.00	5.13	25.000	20.3	82.773	
34		214.75	14		225.64	5.04	5.02	5.20	25.301	27.3	109.992	
35		217.53	14		227.54	5.02	5.02	5.27	25.200	28.6	115.688	
36		214.57	14		224.16	5.03	5.03	5.28	25.301	24.3	97.904	
37		219.49	14		223.25	5.11	5.06	5.15	25.857	24.7	97.377	
38		214.58	14		219.84	5.01	5.01	5.20	25.100	21.4	86.910	
39		222.09	14		227.94	2.14	5.20	5.16	11.128	24.3	222.597	
40		208.97	14		213.95	5.00	5.01	5.15	25.050	23.8	96.850	
41		211.94	14		218.51	5.00	5.00	5.25	26.250	31.9	123.877	
42		211.63	14		218.05	5.02	5.02	5.07	25.200	21.1	85.350	
43		212.11	14		230.46	5.01	5.02	5.25	26.355	28.7	111.007	
44		218.73	14		230.86	5.02	5.03	5.38	25.251	22.1	89.218	
45		217.89	14		226.72	5.02	5.02	5.28	26.506	29.8	114.607	

ตารางที่ ค.15 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.4 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ชม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ชม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ชม. ²)
						กว้าง (ชม.)	ยาว (ชม.)	สูง (ชม.)				
46		210.49	14		218.28	5.00	5.01	5.16	25.050	20.3	82.607	
47		209.13	14		217.51	5.02	5.00	5.13	25.100	21.5	87.316	
48		214.14	14		224.60	5.03	5.02	5.26	25.251	21.7	87.603	
49		227.88	14		239.48	5.11	5.16	5.50	28.380	33.6	120.686	
50		209.77	14		212.20	5.03	5.03	5.10	25.301	21.4	86.220	
51		209.90	14		214.31	5.05	5.10	5.14	25.755	19.7	77.971	
52		211.29	14		219.07	5.04	5.07	5.12	25.553	22.6	90.157	
53		214.29	14		221.76	5.00	5.02	5.21	25.100	24.6	99.906	
54		214.01	14		220.72	5.01	5.01	5.24	25.100	23.2	94.220	
55		202.77	14		208.95	5.00	5.11	5.12	25.550	21.2	84.582	
56		214.49	14		218.96	5.08	5.07	5.16	25.756	21.8	86.281	
57		211.55	14		221.35	5.00	5.09	5.28	25.450	21.8	87.317	
58		213.51	14		219.64	5.02	5.01	5.25	25.150	17.7	71.740	
59		215.41	14		224.52	5.03	5.04	5.26	26.510	26.5	101.897	
60		215.06	14		223.47	5.01	5.04	5.29	25.250	24.7	99.715	

ตารางที่ ค.15 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.4 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
61		223.46	28		228.66	5.09	5.09	5.25	25.908	12.1	47.608	
62		211.47	28		224.08	5.02	5.03	5.29	25.251	18.2	73.473	
63		222.82	28		232.04	5.08	5.08	5.27	25.806	25.6	101.122	
64		221.32	28		230.64	5.07	5.05	5.24	25.604	24.4	97.145	
65		210.20	28		222.25	5.00	5.02	5.17	25.100	24.1	97.876	
66		217.23	28		227.60	5.02	5.02	5.07	25.200	24.0	97.081	
67		213.13	28		220.58	4.98	5.01	5.12	24.950	23.9	97.648	
68		217.65	28		223.98	5.09	5.11	5.21	26.010	29.1	114.047	
69		216.10	28		224.63	5.01	5.12	5.32	25.651	20.9	83.056	
70		231.71	28		240.31	5.19	5.17	5.42	26.832	28.8	109.412	
71		213.87	28		217.64	5.04	5.05	5.07	25.452	28.9	115.746	
72		2098.40	28		218.47	4.99	4.98	5.18	24.850	24.3	99.680	
73		209.11	28		220.68	4.99	4.98	5.17	24.850	28.0	114.857	
74		212.35	28		220.38	5.02	4.99	5.13	25.050	22.7	92.375	
75		212.81	28		221.35	5.00	5.03	5.17	25.150	27.4	111.056	

ตารางที่ ค.15 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.4 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
76		210.66	28		216.13	4.98	4.98	5.16	24.800	20.9	85.905	
77		229.92	28		238.31	5.16	5.15	5.40	26.574	25.3	97.050	
78		211.60	28		217.28	5.01	5.01	5.12	25.100	30.3	123.055	
79		211.67	28		221.78	5.01	5.01	5.24	25.100	34.1	138.487	
80		232.39	28		240.71	5.28	5.27	5.18	27.826	29.3	107.338	
81		220.02	28		225.58	5.05	5.07	5.25	25.604	25.8	102.719	
82		218.53	28		226.32	5.07	5.11	5.22	25.908	27.2	107.022	
83		209.02	28		218.34	5.02	4.99	5.16	25.050	26.3	107.024	
84		213.21	28		221.22	4.98	5.00	5.25	24.900	34.3	140.419	
85		209.72	28		212.71	4.99	5.00	5.09	24.950	24.2	98.873	
86		219.52	28		223.38	5.06	5.13	5.16	25.958	27.3	107.208	
87		220.53	28		228.98	5.03	5.08	5.37	25.552	30.7	122.472	
88		208.84	28		212.61	4.98	5.00	5.06	24.900	29.1	119.131	
89		210.22	28		214.98	4.99	5.00	5.09	24.950	27.4	111.947	
90		222.41	28		227.02	5.11	5.13	5.20	26.214	30.8	119.769	

ค.12.5 บันทึกข้อมูลและผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.5 (ปูนซีเมนต์ คอนกรีตมวลเบาต่อแผงแกรนิต และน้ำ) ค่า w/c เท่ากับ 1.81 จำนวน 90 ตัวอย่าง

ตารางที่ ค.16 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.5

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1		217.23	7		217.46	5.02	5.01	5.08	25.150	23.3	94.438	
2		215.48	7		218.00	5.01	5.00	5.05	25.050	21.8	88.711	
3		215.32	7		217.88	4.99	5.00	5.14	24.950	20.1	82.121	
4		214.98	7		217.70	5.00	5.04	5.05	25.200	21.4	86.565	
5		217.06	7		220.52	5.05	5.02	5.10	25.351	21.6	86.854	
6		218.13	7		221.76	5.01	5.01	5.07	25.100	24.8	100.718	
7		216.78	7		219.31	5.02	5.02	5.10	25.200	18.3	74.024	
8		217.26	7		219.17	5.01	5.01	5.14	25.100	22.7	92.189	
9		229.10	7		228.70	5.09	5.08	5.17	25.857	24.7	97.375	
10		220.78	7		216.04	5.02	5.02	5.11	25.200	28.2	114.070	
11		228.00	7		227.18	5.10	5.06	5.21	25.806	23.4	92.433	
12		218.58	7		220.64	5.01	5.02	5.13	25.150	24.2	98.086	
13		230.57	7		232.77	5.08	5.10	5.17	25.908	21.1	83.019	
14		223.20	7		226.48	5.02	5.02	5.16	25.200	19.1	77.260	
15		217.48	7		222.81	5.04	5.01	5.07	25.250	18.8	75.896	

ตารางที่ ค.16 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.5 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
16		216.94	7		221.01	5.01	5.05	5.13	25.301	22.7	91.459	
17		227.71	7		233.33	5.11	5.15	5.21	26.317	20.1	77.857	
18		218.42	7		220.95	5.01	5.04	5.12	25.250	22.0	88.815	
19		216.66	7		217.52	5.00	5.00	5.09	25.000	22.0	89.704	
20		214.49	7		211.36	4.99	4.97	5.03	24.800	21.4	87.961	
21		214.29	7		212.01	5.01	5.04	5.04	25.250	22.6	91.237	
22		226.95	7		230.23	5.09	5.14	5.20	26.163	22.9	89.225	
23		218.53	7		219.56	4.99	5.04	5.09	25.150	21.7	87.955	
24		217.52	7		218.39	4.99	5.01	5.07	25.000	22.0	89.705	
25		214.36	7		215.06	5.00	5.01	5.06	25.050	23.0	93.595	
26		222.11	7		221.72	5.04	5.09	5.09	25.654	24.3	96.558	
27		221.84	7		221.33	5.04	5.07	5.09	25.553	24.5	97.737	
28		223.87	7		221.95	5.05	5.09	5.12	25.705	24.5	97.160	
29		234.56	7		232.86	5.20	5.19	5.15	26.988	22.6	85.363	
30		238.81	7		234.53	5.25	5.26	5.10	27.615	24.8	91.546	

ตารางที่ ค.16 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.5 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
31		221.73	14		219.29	5.05	5.02	5.09	25.351	25.2	101.330	
32		217.79	14		218.79	5.00	5.00	5.09	25.000	28.6	116.616	
33		217.52	14		220.62	4.98	5.00	5.13	24.900	26.1	106.849	
34		227.98	14		229.32	5.15	5.10	5.15	26.265	26.1	101.296	
35		226.29	14		226.80	5.09	5.14	5.17	26.163	28.3	110.265	
36		228.80	14		227.54	5.11	5.14	5.17	26.265	25.4	98.578	
37		225.48	14		226.46	5.15	5.09	5.19	26.214	22.8	88.663	
38		229.86	14		231.74	5.10	5.08	5.21	25.908	33.4	131.415	
39		216.30	14		218.24	4.99	5.02	5.14	25.050	26.6	108.245	
40		217.83	14		216.53	5.02	5.02	5.13	25.200	24.9	100.722	
41		219.04	14		219.99	5.01	5.02	5.10	25.150	30.0	121.594	
42		227.34	14		230.17	5.09	5.10	5.14	25.959	30.5	119.769	
43		228.20	14		231.20	5.12	5.13	5.16	26.266	32.7	126.909	
44		216.46	14		218.46	5.00	5.01	5.08	25.050	25.6	104.175	
45		220.28	14		222.38	5.02	5.02	5.07	25.200	29.9	120.947	

ตารางที่ ก.16 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.5 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
46		220.94	14		222.97	5.01	5.02	5.12	25.150	25.2	102.139	
47		217.45	14		219.49	5.02	4.99	5.07	25.050	26.2	106.617	
48		214.68	14		216.93	4.99	5.03	5.04	25.100	21.8	88.536	
49		219.45	14		219.96	5.01	5.02	5.08	25.150	25.6	103.760	
50		217.22	14		215.42	5.08	4.99	5.10	25.349	21.7	87.262	
51		231.04	14		229.46	5.17	5.12	5.13	26.470	33.8	130.163	
52		220.69	14		222.16	5.03	4.99	5.19	25.100	24.6	99.907	
53		216.07	14		216.77	4.99	4.99	5.04	24.900	25.6	104.802	
54		217.53	14		217.97	4.98	4.99	5.08	24.850	28.3	116.088	
55		218.16	14		217.27	5.05	5.01	5.05	25.301	30.8	124.095	
56		228.58	14		229.50	5.11	5.09	5.17	26.010	31.2	122.278	
57		217.17	14		218.42	5.00	5.01	5.07	25.050	28.7	116.790	
58		215.62	14		216.13	5.00	5.01	5.03	25.050	24.3	98.885	
59		216.75	14		217.33	4.98	5.00	5.11	24.900	28.3	115.856	
60		215.33	14		213.02	5.00	4.99	5.12	24.950	30.6	125.021	

ตารางที่ ค.16 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.5 (ต่อ)

คย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
61		217.39	28		215.22	4.98	4.98	5.13	24.800	25.3	103.990	
62		218.00	28		219.39	5.02	5.01	5.15	25.150	28.3	114.703	
63		218.79	28		220.73	5.02	5.02	5.06	25.200	32.7	132.273	
64		220.11	28		223.56	5.03	5.00	5.12	25.150	30.4	123.216	
65		217.71	28		219.97	5.00	5.03	5.13	25.150	27.0	109.435	
66		227.02	28		220.13	5.02	5.02	5.08	25.200	30.4	122.969	
67		226.10	28		231.22	5.17	5.13	5.11	26.522	29.9	114.920	
68		226.34	28		230.46	5.06	5.10	5.30	25.806	34.1	134.699	
69		227.76	28		230.44	5.06	5.13	5.19	25.958	27.2	106.815	
70		220.73	28		226.78	5.08	5.11	5.22	25.959	33.3	130.765	
71		218.19	28		220.10	5.01	5.03	5.16	25.200	27.9	112.857	
72		220.26	28		223.23	5.05	5.03	5.14	25.402	29.9	119.989	
73		233.24	28		237.46	5.11	5.16	5.22	26.368	31.1	120.232	
74		236.28	28		240.14	5.14	5.14	5.26	26.420	29.2	112.665	
75		232.63	28		235.92	5.13	5.11	5.21	26.214	37.4	145.433	

ตารางที่ ค.16 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.5 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
76		217.09	28		219.53	4.99	5.00	5.09	24.950	26.9	109.904	
77		215.72	28		220.35	5.00	5.02	5.11	25.100	37.1	150.672	
78		230.34	28		234.33	5.12	5.12	5.19	26.214	28.8	111.991	
79		230.08	28		232.65	5.12	5.11	5.18	26.163	35.7	139.094	
80		214.85	28		214.16	4.99	5.01	5.04	25.000	27.5	112.131	
81		215.23	28		214.94	4.99	5.00	5.04	24.950	35.2	143.815	
82		225.42	28		226.78	5.08	5.08	5.23	25.806	25.9	102.307	
83		225.45	28		227.50	5.04	5.09	5.17	25.654	31.8	126.360	
84		215.68	28		218.25	4.98	5.00	5.08	24.900	30.6	125.272	
85		213.34	28		214.36	5.00	4.98	5.06	24.900	24.9	101.937	
86		216.65	28		218.00	4.98	4.98	5.09	24.800	32.0	131.529	
87		216.01	28		218.14	5.00	4.98	5.13	24.900	28.1	115.037	
88		226.07	28		227.24	5.10	5.06	5.02	25.806	30.3	119.689	
89		239.99	28		240.57	5.24	5.24	5.14	27.458	43.3	160.752	
90		235.25	28		235.40	5.24	5.23	5.14	27.405	32.3	120.144	

ก.12.6 บันทึกข้อมูลและผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.6 (ปูนซีเมนต์ คอนกรีตมวลเบาต่อผงแกรนิต และน้ำ) ค่า w/c เท่ากับ 1.81 จำนวน 90 ตัวอย่าง

ตารางที่ ค.17 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.6

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน	อายุ การทดสอบ	วันเดือนปี ทดสอบ	น้ำหนักก่อน การทดสอบ	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด	แรงอัด ประลัย	กำลังอัด	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด
						กว้าง	ยาว	สูง				
	มอร์ต้า	(กรัม)	(วัน)	แรงกด	(กรัม)	(ซม.)	(ซม.)	(ซม.)	(ตร.ซม.)	(กิโลนิวตัน)	(กก./ซม. ²)	(กก./ซม. ²)
1		157.40	7		155.91	5.02	5.01	5.11	25.150	3.7	14.997	
2		189.40	7		192.60	5.11	5.16	5.26	26.368	6.7	25.902	
3		190.25	7		194.49	5.00	5.01	5.12	25.050	7.9	32.148	
4		194.56	7		202.62	5.06	5.04	5.18	25.502	8.5	33.976	
5		197.10	7		199.10	5.06	5.04	5.10	25.502	6.5	25.981	
6		207.90	7		208.55	5.02	5.05	5.05	25.351	14.4	57.903	
7		198.53	7		200.91	5.03	5.00	5.05	25.150	11.5	46.611	
8		205.12	7		211.18	5.13	5.11	5.27	26.214	8.1	31.498	
9		174.04	7		177.69	5.01	5.01	5.07	25.100	5.6	22.743	
10		179.74	7		180.22	5.01	5.02	5.10	25.150	6.4	25.940	
11		204.61	7		205.77	5.05	5.07	5.05	25.604	11.0	43.795	
12		200.21	7		207.22	5.00	5.02	5.12	25.100	8.1	32.896	
13		214.87	7		220.49	5.12	5.16	5.10	26.419	10.8	41.671	
14		197.03	7		201.24	5.04	5.07	5.10	25.553	10.0	39.893	
15		205.51	7		213.52	5.15	5.13	5.29	26.420	6.2	23.922	

ตารางที่ ค.17 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.6 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง	ยาว	สูง				
16		228.44	7		233.10	5.10	5.12	5.19	26.112	14.9	58.167	
17		230.14	7		232.63	5.09	5.11	5.22	26.010	13.4	52.517	
18		228.19	7		231.17	5.14	5.06	5.14	26.008	15.1	59.183	
19		225.54	7		231.30	5.06	5.09	5.27	25.755	14.5	57.389	
20		216.28	7		215.58	4.99	4.98	5.07	24.850	14.7	60.300	
21		213.47	7		213.84	4.99	4.97	5.11	24.800	13.4	55.078	
22		232.65	7		235.52	5.11	5.10	5.26	26.061	15.3	59.845	
23		232.27	7		235.02	5.10	5.10	5.20	26.010	13.8	54.084	
24		227.59	7		232.89	5.06	5.12	5.27	25.907	14.7	57.840	
25		227.40	7		231.12	5.12	5.06	5.22	25.907	15.3	60.201	
26		245.90	7		249.40	5.34	5.33	5.17	28.462	17.6	63.034	
27		242.35	7		245.81	5.30	5.25	5.20	27.825	18.4	67.408	
28		218.18	7		221.20	5.02	5.01	5.12	25.150	14.4	58.365	
29		233.19	7		234.84	5.12	5.07	5.19	25.958	16.1	63.224	
30		222.22	7		219.73	5.01	5.01	5.15	25.100	17.7	71.883	

ตารางที่ ค.17 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.6 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
31		218.65	14		219.91	5.01	5.02	5.11	25.150	26.2	106.192	
32		233.11	14		236.60	5.11	5.12	5.16	26.163	22.4	87.275	
33		218.25	14		223.02	5.01	5.02	5.10	25.150	19.2	77.820	
34		229.39	14		237.26	5.15	5.19	5.24	26.729	20.0	76.276	
35		214.53	14		219.98	5.02	5.03	5.06	25.251	19.9	80.336	
36		217.53	14		222.53	5.00	5.04	5.08	25.200	18.3	74.026	
37		218.18	14		224.18	5.01	5.04	5.11	25.754	23.3	92.222	
38		222.71	14		227.11	5.03	5.05	5.13	25.907	23.4	92.074	
39		225.68	14		229.98	5.08	5.06	5.14	26.008	24.6	96.417	
40		219.25	14		219.50	5.02	5.00	5.11	25.100	20.6	83.661	
41		220.94	14		221.49	5.00	5.00	5.09	25.000	22.2	90.520	
42		220.34	14		224.30	5.01	5.04	5.11	25.250	20.3	81.952	
43		222.33	14		227.25	5.03	5.05	5.11	25.402	20.7	83.070	
44		220.68	14		226.24	5.03	5.02	5.16	25.251	18.2	73.473	
45		224.79	14		229.03	5.02	5.03	5.13	25.251	18.5	74.685	

ตารางที่ ค.17 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.6 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
46		219.96	14		225.38	5.02	5.04	5.12	25.301	18.0	72.522	
47		219.47	14		224.40	4.99	5.00	5.09	24.950	17.8	72.724	
48		218.75	14		223.42	4.99	5.00	5.07	24.950	19.0	77.627	
49		220.42	14		224.40	4.99	5.01	5.10	25.000	16.1	65.648	
50		223.06	14		224.47	5.02	5.01	5.10	25.551	22.8	90.962	
51		221.92	14		220.23	5.01	5.02	5.10	25.150	19.3	78.225	
52		219.89	14		221.27	5.00	5.01	5.11	25.050	20.7	84.235	
53		218.75	14		222.40	5.02	5.04	5.16	25.301	18.2	73.328	
54		218.94	14		222.22	5.02	5.05	5.14	25.351	16.0	64.336	
55		218.94	14		222.06	5.01	5.02	5.10	25.150	17.6	71.335	
56		232.49	14		235.92	5.06	5.12	5.21	25.907	19.7	77.513	
57		217.74	14		220.89	4.99	4.99	5.10	24.900	20.7	84.742	
58		219.67	14		222.44	5.00	5.00	5.11	25.000	18.0	73.394	
59		219.64	14		222.04	5.00	5.00	5.09	25.000	21.5	87.666	
60		232.64	14		232.91	5.10	5.07	5.19	25.857	22.4	88.308	

ตารางที่ ค.17 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.6 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ลดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ชม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ชม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ชม. ²)
						กว้าง	ยาว	สูง				
61		217.27	28	แรงกด	212.40	4.99	5.00	5.07	24.950	27.3	111.538	
62		217.09	28		214.82	5.00	4.98	5.06	24.900	21.3	87.199	
63		214.85	28		213.77	5.00	5.00	5.07	25.000	21.8	88.889	
64		233.77	28		233.34	5.06	5.10	5.21	25.806	27.3	107.838	
65		215.71	28		214.13	4.99	4.98	5.06	24.850	23.1	94.757	
66		221.62	28		219.38	5.05	5.02	5.15	25.351	23.3	93.690	
67		221.99	28		219.06	5.01	5.04	5.11	25.250	21.9	88.411	
68		234.64	28		231.46	5.15	5.11	5.16	26.317	22.2	85.992	
69		230.65	28		228.10	5.14	5.11	5.16	26.265	25.7	99.742	
70		228.50	28		223.97	5.08	5.13	5.16	26.060	26.1	102.092	
71		225.51	28		223.82	5.08	5.10	5.26	25.908	19.8	77.904	
72		219.00	28		218.60	5.00	4.99	5.14	24.950	26.7	109.087	
73		219.57	28		220.26	5.04	5.02	5.15	25.301	22.7	91.458	
74		215.43	28		215.88	5.02	5.00	5.11	25.100	20.8	84.474	
75		235.06	28		234.82	5.27	5.24	5.13	27.615	24.7	91.177	

ตารางที่ ค.17 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.6 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักถัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
76		217.50	28		217.89	4.99	5.00	5.10	24.950	19.5	79.670	
77		227.72	28		229.78	5.07	5.11	5.24	25.908	22.7	89.316	
78		216.20	28		216.40	4.99	4.99	5.08	24.900	24.2	99.071	
79		219.68	28		220.25	5.00	4.99	5.16	24.950	19.3	78.853	
80		231.85	28		229.35	5.21	5.19	5.18	27.040	22.7	85.576	
81		220.27	28		215.50	4.99	5.00	5.11	24.950	24.0	98.055	
82		218.12	28		217.97	5.00	5.00	5.11	25.000	22.9	93.374	
83		216.15	28		216.76	5.01	5.01	5.13	25.100	24.7	100.312	
84		222.17	28		218.32	5.02	5.02	5.12	25.200	24.6	99.508	
85		218.45	28		217.10	5.01	5.00	5.14	25.050	26.7	108.651	
86		219.02	28		217.28	5.03	5.03	5.13	25.301	25.8	103.948	
87		220.27	28		218.43	5.05	5.04	5.11	25.452	25.7	102.930	
88		232.09	28		230.00	5.10	5.10	5.14	26.010	31.2	122.277	
89		229.72	28		227.12	5.09	5.10	5.15	25.959	24.5	96.208	
90		225.39	28		221.56	5.08	5.08	5.22	25.806	22.0	86.901	

ค12.7 บันทึกข้อมูลและผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.7 (ปูนซีเมนต์ คอนกรีตมวลเบาต่อผงบแกรนิต และน้ำ) ค่า w/c เท่ากับ 1.81 จำนวน 90 ตัวอย่าง

ตารางที่ ค.18 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.7

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1		219.16	7		216.78	5.00	4.98	5.01	24.900	20.0	81.877	
2		224.08	7		227.08	4.99	5.03	5.17	25.100	20.0	81.226	
3		221.99	7		227.62	5.03	5.00	5.14	25.150	20.1	81.468	
4		220.06	7		226.35	5.00	4.98	5.21	24.900	19.7	80.649	
5		224.51	7		226.65	5.00	4.99	5.18	24.950	21.3	87.024	
6		239.84	7		241.83	5.19	5.19	5.18	26.936	24.5	92.718	
7		222.23	7		226.75	4.96	5.00	5.18	24.800	21.4	87.962	
8		242.72	7		244.38	5.20	5.20	5.12	27.040	22.0	82.937	
9		235.72	7		241.80	5.16	5.15	5.26	26.574	19.5	74.801	
10		223.87	7		222.99	4.99	5.00	5.15	24.950	21.4	87.433	
11		228.17	7		225.58	5.03	5.02	5.18	25.251	21.5	86.796	
12		226.84	7		232.83	5.00	5.02	5.23	25.100	18.9	76.757	
13		223.52	7		227.57	5.01	5.02	5.17	25.150	19.5	79.036	
14		223.96	7		227.06	5.01	5.00	5.12	25.050	18.0	73.248	
15		223.09	7		225.83	5.00	5.01	5.11	25.601	23.0	91.580	

ตารางที่ ก.18 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.7 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
16		226.72	7		232.63	5.00	5.03	5.21	26.206	21.5	83.630	
17		227.98	7		234.74	5.00	5.01	5.31	26.603	22.7	86.981	
18		228.58	7		235.59	5.10	5.06	5.23	26.464	15.5	59.705	
19		231.62	7		234.55	5.08	5.06	5.28	25.705	20.8	82.486	
20		229.24	7		229.91	5.07	5.12	5.26	25.958	16.5	64.794	
21		220.78	7		220.68	4.99	5.01	5.22	25.000	17.6	71.764	
22		222.61	7		225.79	5.03	5.05	5.14	25.402	16.8	67.419	
23		235.86	7		235.78	5.08	5.15	5.14	26.162	20.6	80.265	
24		227.09	7		231.54	5.00	5.01	5.22	25.050	18.5	75.283	
25		222.43	7		223.08	5.00	4.99	5.11	24.950	16.8	68.639	
26		224.25	7		227.09	5.01	5.02	5.08	25.150	20.4	82.684	
27		222.75	7		224.09	5.03	5.04	5.11	25.351	18.9	75.997	
28		223.13	7		223.57	5.00	5.01	5.06	25.050	18.8	76.503	
29		232.19	7		228.06	5.10	5.10	5.18	26.010	18.4	72.112	
30		230.42	7		225.57	5.08	5.11	5.27	25.959	19.2	75.396	

ตารางที่ ค.18 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.7 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
31		221.17	14		222.27	5.00	5.01	5.13	25.050	22.9	93.188	
32		222.60	14		226.80	5.00	5.00	5.14	25.000	22.5	91.743	
33		222.04	14		225.51	5.00	5.00	5.13	25.000	18.4	75.025	
34		221.98	14		224.24	5.00	5.00	5.08	25.000	23.2	94.597	
35		235.59	14		239.17	5.08	5.07	5.26	25.756	21.0	83.115	
36		237.44	14		243.13	5.01	5.08	5.13	25.451	22.5	90.118	
37		232.27	14		236.54	5.10	5.07	5.20	25.857	22.9	90.279	
38		232.68	14		233.75	5.06	5.08	5.13	25.705	25.8	102.314	
39		224.69	14		225.81	5.01	5.03	5.07	25.200	26.5	107.194	
40		234.57	14		231.27	5.14	5.12	5.13	26.317	25.0	96.836	
41		226.73	14		224.88	5.01	5.01	5.05	25.100	28.4	115.338	
42		233.92	14		238.48	5.07	5.11	5.23	25.908	25.2	99.152	
43		238.81	14		240.17	5.09	5.09	5.22	25.908	25.0	98.364	
44		225.45	14		227.58	5.06	5.06	5.10	25.604	22.1	87.988	
45		222.62	14		225.01	5.02	5.14	5.03	25.803	23.9	94.420	

ตารางที่ ค.18 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.7 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
46		225.41	14		226.62	5.00	5.01	5.14	25.050	25.2	102.547	
47		236.68	14		238.93	5.11	5.11	5.21	26.112	26.1	101.890	
48		235.46	14		238.85	5.10	5.10	5.16	26.010	24.3	95.235	
49		227.39	14		229.82	5.04	5.13	5.12	25.855	25.4	100.142	
50		234.91	14		231.90	5.07	5.13	5.12	26.009	24.3	95.238	
51		226.20	14		224.90	5.04	5.03	5.11	25.351	26.0	104.546	
52		225.90	14		227.96	5.01	5.02	5.16	25.150	16.3	66.066	
53		223.25	14		225.30	5.00	5.00	5.24	25.000	25.6	104.383	
54		223.81	14		224.78	5.00	5.00	5.07	25.000	24.9	101.529	
55		223.09	14		223.89	5.02	5.00	5.09	25.100	20.5	83.255	
56		225.09	14		225.75	5.02	5.00	5.11	25.100	23.3	94.627	
57		237.84	14		239.46	5.10	5.14	5.21	26.214	24.3	94.494	
58		220.51	14		225.09	5.02	5.04	5.23	25.301	18.3	73.731	
59		222.62	14		223.89	5.02	5.00	5.20	25.100	21.9	88.941	
60		227.82	14		223.40	5.02	5.01	5.10	25.150	28.8	116.730	

ตารางที่ ค.18 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.7 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
61		234.42	28		234.86	5.13	5.09	5.16	26.112	34.3	133.903	
62		248.65	28		251.39	5.27	5.24	5.20	27.615	32.7	120.708	
63		225.10	28		228.00	4.94	4.99	5.11	24.651	27.0	111.652	
64		223.56	28		229.11	5.00	5.01	5.12	25.050	31.9	129.812	
65		223.68	28		226.84	4.98	4.97	5.18	24.751	25.4	104.611	
66		224.35	28		227.67	5.03	5.00	5.14	25.150	27.7	112.272	
67		224.15	28		247.50	5.17	5.20	5.33	26.884	29.0	109.960	
68		221.48	28		224.25	4.98	4.98	5.03	24.800	30.2	124.131	
69		238.03	28		242.95	5.07	5.13	5.31	26.009	34.9	136.783	
70		238.18	28		237.83	5.16	5.10	5.31	26.316	30.6	118.531	
71		223.84	28		224.46	5.02	5.00	5.17	25.100	23.9	97.063	
72		223.94	28		226.42	5.02	4.99	5.10	25.050	25.7	104.583	
73		227.74	28		233.45	5.00	5.03	5.21	25.150	34.2	138.618	
74		237.23	28		242.61	5.08	5.11	5.30	25.959	33.4	131.157	
75		222.36	28		227.62	4.99	4.98	5.20	24.850	34.8	142.751	

ตารางที่ ค.18 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.7 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหัง ลดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ชม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ชม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ชม. ²)
						กว้าง (ชม.)	ยาว (ชม.)	สูง (ชม.)				
76		226.35	28		229.39	5.04	5.02	5.11	25.301	30.5	122.884	
77		231.99	28		235.39	5.15	5.00	5.27	25.750	26.8	106.093	
78		222.05	28		224.95	5.00	4.98	5.04	24.900	26.5	108.487	
79		233.47	28		234.43	5.03	5.07	5.31	25.502	34.7	138.703	
80		237.99	28		237.63	5.06	5.10	5.25	25.806	30.8	121.664	
81		235.22	28		236.61	5.05	5.10	5.28	25.755	28.8	113.989	
82		236.32	28		238.28	5.07	5.09	5.23	25.806	33.8	133.513	
83		237.10	28		241.60	5.06	5.10	5.29	25.806	30.3	119.689	
84		222.79	28		226.99	5.03	5.04	5.12	25.351	30.6	123.042	
85		223.98	28		228.17	5.03	5.02	5.19	25.251	24.0	96.888	
86		227.44	28		236.17	5.05	5.06	5.30	25.553	34.7	138.426	
87		224.95	28		230.77	5.00	5.03	5.17	25.150	35.5	143.887	
88		218.50	28		223.69	4.98	5.00	5.13	24.900	34.3	140.419	
89		221.29	28		226.99	5.02	5.01	5.25	25.150	29.1	117.946	
90		225.45	28		227.51	4.99	5.03	5.17	25.100	34.7	140.926	

ก.12.8 บันทึกข้อมูลและผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.8 (ปูนซีเมนต์ คอนกรีตมวลเบาต่อแผงแกรนิต และน้ำ) ค่า w/c เท่ากับ 1.81 จำนวน 90 ตัวอย่าง

ตารางที่ ก.19 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.8

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1		213.77	7		216.41	5.01	5.04	5.05	25.250	9.8	39.563	
2		228.69	7		239.82	5.08	5.16	5.25	26.213	9.7	37.722	
3		193.72	7		203.02	5.02	5.04	5.13	25.301	5.9	23.771	
4		217.81	7		220.01	5.00	5.00	5.04	25.000	10.2	41.590	
5		210.94	7		216.94	5.04	5.03	5.22	25.351	7.1	28.549	
6		216.10	7		222.16	5.02	5.02	5.15	25.200	9.0	36.405	
7		212.00	7		219.59	5.03	5.15	5.13	25.905	9.4	36.990	
8		213.81	7		222.06	5.03	5.04	5.10	25.351	9.0	36.189	
9		217.09	7		225.33	5.03	5.06	5.29	25.452	9.4	37.648	
10		219.17	7		221.89	5.03	5.07	5.14	25.502	9.9	39.572	
11		228.30	7		235.85	5.10	5.16	5.27	26.316	8.6	33.313	
12		217.99	7		225.81	5.04	5.06	5.32	25.502	10.2	40.771	
13		234.28	7		240.16	5.07	5.15	5.31	26.111	9.4	36.698	
14		202.71	7		210.98	5.03	5.07	5.14	25.502	7.4	29.579	
15		233.77	7		239.04	5.12	5.20	5.15	26.624	9.2	35.225	

ตารางที่ ค.19 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.8 (ต่อ)

คย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
16		217.71	7		223.25	5.16	5.14	5.25	26.522	6.9	26.520	
17		210.06	7		217.77	5.08	5.07	5.13	25.756	7.9	31.267	
18		217.32	7		225.58	5.04	5.02	5.17	25.301	8.8	35.455	
19		223.96	7		226.71	5.03	5.01	5.15	25.200	10.5	42.473	
20		222.22	7		222.00	5.01	5.01	5.14	25.100	9.8	39.800	
21		222.22	7		222.85	5.02	5.00	5.08	25.100	10.4	42.237	
22		224.15	7		226.73	5.01	5.02	5.20	25.150	9.7	39.315	
23		220.63	7		227.80	5.03	5.01	5.19	25.200	9.6	38.833	
24		217.42	7		226.36	5.00	5.04	5.13	25.200	9.8	39.642	
25		225.13	7		226.66	5.01	5.02	5.17	25.150	10.1	40.937	
26		223.12	7		226.18	5.11	5.06	5.20	26.312	11.1	43.003	
27		216.85	7		221.21	5.01	5.06	5.06	25.604	10.7	42.600	
28		221.65	7		227.62	5.02	5.07	5.07	25.451	11.1	44.457	
29		221.04	7		224.13	5.00	5.00	5.10	25.000	10.1	41.182	
30		219.80	7		219.93	5.01	5.06	5.05	25.351	9.8	39.407	

ตารางที่ ค.19 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.8 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
31		222.30	14		221.09	5.00	5.01	5.12	25.050	14.1	57.378	
32		231.08	14		232.13	5.10	5.12	5.12	26.112	13.9	54.263	
33		226.82	14		230.62	5.12	5.06	5.14	25.907	13.6	53.512	
34		223.70	14		224.40	5.02	5.05	5.06	25.351	12.1	48.654	
35		233.45	14		233.52	5.14	5.11	5.17	26.265	12.7	49.289	
36		237.96	14		240.17	5.18	5.22	5.16	27.040	14.1	53.156	
37		224.71	14		226.61	5.10	5.11	5.05	26.061	12.3	48.111	
38		222.63	14		221.60	5.05	5.01	5.02	25.301	13.6	54.795	
39		223.92	14		223.46	5.01	5.03	5.08	25.200	11.7	47.327	
40		221.79	14		220.36	5.01	5.00	5.04	25.050	13.2	53.715	
41		220.93	14		221.67	5.02	5.02	5.10	25.200	13.0	52.586	
42		220.29	14		222.06	5.02	5.04	5.13	25.301	12.3	49.557	
43		220.61	14		221.52	5.03	5.07	5.07	25.502	12.0	47.966	
44		236.91	14		236.42	5.10	5.08	5.17	25.908	12.8	50.362	
45		225.77	14		224.05	5.00	4.99	5.07	24.950	14.2	58.016	

ตารางที่ ค.19 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.8 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
46		225.77	14		226.74	5.03	5.04	5.11	25.351	14.4	57.902	
47		230.17	14		229.60	5.08	5.09	5.16	25.857	16.1	63.471	
48		232.51	14		230.24	5.07	5.10	5.11	25.857	15.2	59.923	
49		219.49	14		220.41	5.00	5.00	5.07	25.000	17.3	70.540	
50		223.21	14		220.92	5.01	5.01	5.08	25.100	15.7	63.761	
51		220.78	14		220.06	5.01	5.00	5.04	25.050	15.5	63.075	
52		233.54	14		235.57	5.12	5.10	5.15	26.112	15.4	60.119	
53		254.49	14		253.46	5.43	5.40	5.11	29.322	17.9	62.229	
54		221.02	14		218.53	4.98	5.03	5.11	25.049	14.0	56.972	
55		231.92	14		230.76	5.15	5.10	5.10	26.265	15.1	58.604	
56		220.64	14		222.78	5.02	5.06	5.06	25.401	14.0	56.183	
57		219.13	14		220.49	5.00	4.99	5.05	24.950	13.0	53.113	
58		223.93	14		222.92	5.00	5.02	5.01	25.100	17.4	70.665	
59		227.53	14		225.22	5.06	5.11	5.17	25.857	13.6	53.617	
60		225.46	14		224.23	5.07	5.03	5.03	25.502	14.9	59.558	

ตารางที่ ค.19 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.8 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
61		218.95	28		220.43	5.01	5.01	5.07	25.100	19.8	80.412	
62		225.53	28		227.28	5.01	5.01	5.10	25.100	17.8	72.290	
63		217.93	28		220.74	4.96	4.98	5.10	24.701	16.3	67.268	
64		221.45	28		222.85	5.00	5.00	5.11	25.000	16.8	68.502	
65		223.86	28		223.78	5.03	5.01	5.02	25.200	19.9	80.497	
66		219.80	28		222.88	5.00	4.98	5.06	24.900	18.6	76.146	
67		262.82	28		265.89	5.52	5.52	5.12	30.470	24.3	81.294	
68		219.14	28		221.41	5.03	5.00	5.08	25.150	18.4	74.578	
69		223.59	28		226.53	5.00	5.00	5.13	25.000	19.2	78.287	
70		220.13	28		219.28	5.00	5.02	5.06	25.100	21.5	87.316	
71		224.70	28		224.88	5.02	4.99	5.08	25.050	20.3	82.608	
72		222.25	28		223.32	5.01	5.01	5.10	25.100	15.9	64.573	
73		225.91	28		234.60	5.06	5.09	5.38	25.755	14.6	57.785	
74		227.90	28		232.20	5.08	5.09	5.25	25.857	12.5	49.279	
75		222.34	28		222.36	5.03	5.02	5.04	25.251	17.4	70.244	

ตารางที่ ค.19 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.8 (ต่อ)

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
76		231.74	28	23 ม.ค. 56	234.45	5.09	5.11	5.12	26.010	17.9	70.153	
77		231.30	28		232.61	5.04	5.07	5.15	25.553	19.3	76.993	
78		219.33	28		223.34	5.05	5.01	5.08	25.301	18.4	74.134	
79		221.14	28		221.46	4.99	4.99	5.05	24.900	20.6	84.333	
80		222.35	28		222.33	4.99	4.99	5.13	24.900	19.3	79.011	
81		242.33	28		239.68	5.23	5.30	5.19	27.719	20.3	74.653	
82		238.17	28		240.89	5.09	5.14	5.38	26.163	20.5	79.874	
83		231.30	28		215.51	4.99	4.99	5.10	24.900	15.9	65.092	
84		231.32	28		232.05	5.07	5.07	5.17	25.705	14.9	59.088	
85		239.55	28		239.46	5.10	5.09	5.21	25.959	17.0	66.756	
86		230.17	28		232.53	5.11	5.13	5.12	26.214	18.3	71.161	
87		2.7.59	28		237.30	5.17	5.22	5.13	26.987	22.0	83.098	
88		235.99	28		238.24	5.07	5.10	5.21	25.857	18.9	74.510	
89		233.24	28		237.48	5.11	5.15	5.24	26.317	20.5	79.407	
90		230.08	28		228.12	5.09	5.07	5.14	25.806	17.9	70.706	

ค.12.9 บันทึกข้อมูลและผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.9 (ปูนซีเมนต์ คอนกรีตมวลเบาต่อผสมเกรนิต และน้ำ) ค่า w/c เท่ากับ 1.81 จำนวน 90 ตัวอย่าง

ตารางที่ ค.20 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.9

ต.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1		238.10	7		244.94	5.09	5.12	5.25	26.061	15.9	62.193	
2		235.93	7		244.06	5.13	5.08	5.15	26.060	15.5	60.629	
3		233.57	7		238.60	5.03	5.02	5.15	25.251	16.8	67.822	
4		229.89	7		234.34	5.02	5.00	5.10	25.100	16.1	65.386	
5		223.89	7		228.42	5.02	4.99	5.04	25.050	15.5	63.075	
6		229.45	7		232.86	5.03	5.00	5.05	25.150	16.8	68.093	
7		224.38	7		233.54	4.98	5.02	5.10	25.000	14.6	59.532	
8		235.50	7		247.76	5.09	5.14	5.22	26.163	16.8	65.457	
9		232.64	7		237.91	5.02	5.03	5.13	25.251	15.3	61.766	
10		226.70	7		230.32	5.03	4.99	5.03	25.100	16.5	67.011	
11		229.43	7		232.43	5.00	5.00	5.06	25.000	15.9	64.832	
12		244.92	7		251.76	5.07	5.10	5.23	25.857	19.0	74.904	
13		228.54	7		233.29	5.03	5.01	5.07	25.200	13.5	54.608	
14		250.13	7		256.12	5.19	5.16	5.15	26.780	17.4	66.231	
15		241.21	7		246.90	5.11	5.08	5.16	25.959	17.6	69.113	

ตารางที่ ค.20 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.9 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
16		242.84	7	23 ม.ค. 56	249.46	5.09	5.09	5.18	25.908	14.0	55.084	
17		234.26	7		239.72	5.06	5.01	5.06	25.351	15.1	60.718	
18		232.61	7		237.25	5.03	5.09	5.08	25.603	15.3	60.917	
19		234.29	7		240.06	5.03	5.06	5.06	25.452	15.6	62.479	
20		233.66	7		236.45	5.05	5.11	5.05	25.806	23.1	91.250	
21		238.09	7		239.28	5.09	5.11	5.11	26.010	16.5	64.666	
22		238.75	7		242.23	5.08	5.09	5.15	25.857	14.2	55.981	
23		243.32	7		248.14	5.07	5.14	5.17	26.060	18.4	71.974	
24		243.82	7		249.82	5.11	5.09	5.19	26.010	17.4	68.193	
25		230.10	7		237.04	5.04	5.08	5.12	25.603	14.3	56.934	
26		254.73	7		258.85	5.25	5.28	5.17	27.720	17.0	62.515	
27		228.57	7		232.95	4.99	5.03	5.04	25.100	14.1	57.264	
28		242.84	7		246.23	5.13	5.11	5.14	26.214	15.9	61.829	
29		246.10	7		253.14	5.24	5.20	5.14	27.248	17.3	64.721	
30		228.26	7		229.04	5.01	5.01	5.01	25.100	16.8	68.228	

ตารางที่ ค.20 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.9 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
31		262.30	14		270.37	5.40	5.37	5.17	28.998	23.2	81.555	
32		235.03	14		240.82	5.01	5.01	5.11	25.100	23.8	96.657	
33		230.69	14		235.73	4.99	4.99	5.08	24.900	23.9	97.843	
34		232.61	14		238.05	4.99	5.00	5.05	24.950	22.9	93.561	
35		230.97	14		236.95	5.00	5.00	5.05	25.000	25.0	101.937	
36		227.29	14		232.68	4.97	4.98	5.00	24.751	23.4	96.374	
37		231.45	14		238.47	5.00	5.00	5.03	25.000	20.4	83.180	
38		241.79	14		250.30	5.05	5.15	5.14	26.008	19.1	74.863	
39		242.57	14		248.20	5.14	5.05	5.10	25.957	21.6	84.826	
40		233.59	14		239.39	5.00	5.00	5.13	25.000	22.5	91.743	
41		226.38	14		230.52	5.00	4.98	5.07	24.900	22.3	91.293	
42		228.59	14		235.93	5.01	4.98	5.10	24.950	19.7	80.488	
43		240.15	14		247.16	5.06	5.08	5.17	25.705	21.1	83.676	
44		229.67	14		235.56	4.97	4.98	5.03	24.751	22.7	93.491	
45		243.23	14		251.00	5.04	5.09	5.20	25.654	19.7	78.280	

ตารางที่ ค.20 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.9 (ต่อ)

ด.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
46		230.91	14		238.55	4.98	4.98	5.11	24.800	19.7	80.973	
47		237.86	14		245.23	5.11	5.07	5.12	25.908	21.6	84.988	
48		228.26	14		235.89	5.00	4.98	5.05	24.900	20.6	84.333	
49		253.85	14		261.55	5.31	5.37	5.10	28.515	19.7	70.425	
50		241.45	14		245.36	5.14	5.08	5.10	26.111	22.2	86.668	
51		232.20	14		235.97	5.00	5.00	5.10	25.000	21.9	89.297	
52		234.25	14		239.07	5.02	4.98	5.11	25.000	22.8	92.968	
53		231.43	14		236.94	5.01	5.01	5.09	25.100	23.3	94.626	
54		232.04	14		235.23	5.02	5.00	5.09	25.100	15.8	64.167	
55		232.46	14		237.07	5.03	5.02	5.09	25.251	22.8	92.044	
56		230.92	14		235.68	5.00	4.99	5.04	24.950	25.3	103.367	
57		232.06	14		238.35	5.01	5.01	5.14	25.100	23.1	93.814	
58		231.21	14		237.82	5.01	5.03	5.09	25.200	20.6	83.328	
59		230.08	14		234.59	4.98	4.99	5.09	24.850	21.3	87.374	
60		232.16	14		234.22	4.98	4.99	5.05	24.850	26.6	109.115	

ตารางที่ ก.20 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.9 (ต่อ)

ค.ย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
61		230.90	28		234.32	5.06	5.02	5.07	25.401	27.4	109.958	
62		228.87	28		234.54	4.99	5.02	5.04	25.050	27.1	110.280	
63		233.02	28		238.33	5.02	5.01	5.05	25.150	28.1	113.893	
64		239.89	28		247.60	5.11	5.07	5.20	25.908	27.1	106.628	
65		242.08	28		246.38	5.09	5.09	5.11	25.908	26.1	102.692	
66		231.14	28		235.04	5.05	5.01	5.05	25.301	26.8	107.978	
67		234.73	28		238.49	4.99	5.03	5.06	25.100	23.4	95.034	
68		231.03	28		234.94	5.02	5.03	5.12	25.251	31.5	127.166	
69		234.12	28		237.18	5.04	5.03	5.09	25.351	24.7	99.318	
70		232.02	28		234.11	5.00	5.01	5.07	25.050	26.1	106.210	
71		230.55	28		234.44	5.01	4.98	5.06	24.950	28.5	116.442	
72		229.94	28		236.29	4.99	5.02	5.08	25.050	24.3	98.886	
73		241.62	28		247.74	5.08	5.08	5.18	25.806	26.4	104.282	
74		229.31	28		234.33	4.99	5.00	5.08	24.950	28.7	117.258	
75		244.35	28		248.95	5.08	5.09	5.19	25.857	25.1	98.952	

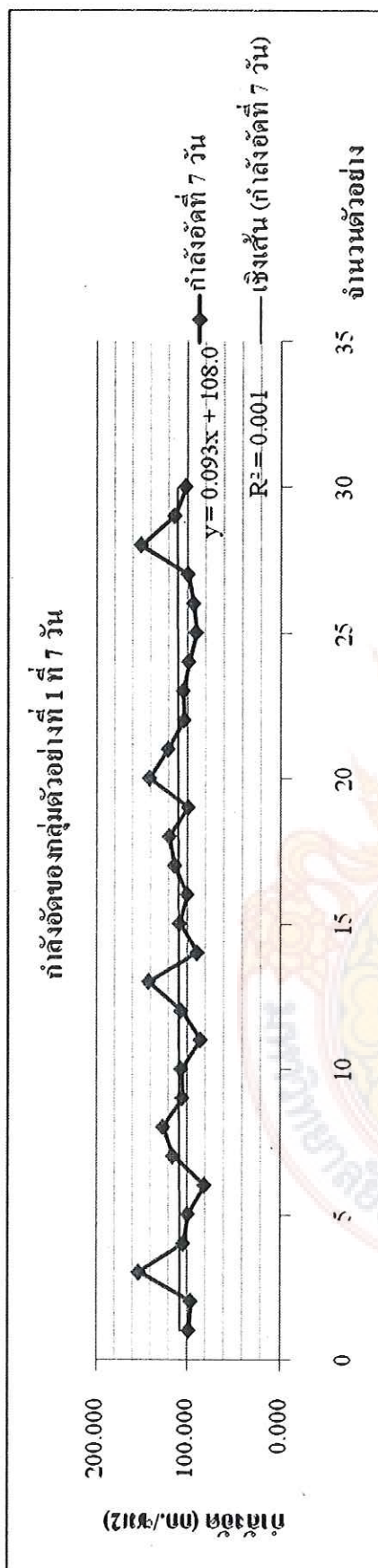
ตารางที่ ค.20 ผลการทดสอบกำลังอัดของกลุ่มที่ 3.9 (ต่อ)

ตย. ที่	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	น้ำหนักหลัง ถอดแบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ แรงกด	น้ำหนักก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	แรงอัด ประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
						กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
76		228.78	28		233.05	4.97	4.99	5.04	24.800	25.8	106.046	
77		232.19	28		235.40	5.02	5.00	5.03	25.100	24.2	98.282	
78		235.07	28		238.57	5.05	5.08	5.04	25.654	25.2	100.133	
79		231.98	28		234.52	5.01	5.01	5.06	25.100	28.6	116.151	
80		230.88	28		232.09	4.99	4.99	5.03	24.900	29.9	122.406	
81		228.44	28		233.57	4.99	5.02	5.13	25.050	24.8	100.920	
82		229.15	28		232.01	4.99	4.99	5.05	24.900	30.4	124.452	
83		231.81	28		234.54	5.00	5.00	5.00	25.000	33.0	134.557	
84		228.58	28		232.50	4.98	5.00	5.50	24.900	25.6	104.802	
85		232.14	28		233.11	5.01	4.99	5.05	25.000	28.0	114.170	
86		239.70	28		241.68	5.09	5.06	5.18	25.755	28.7	113.591	
87		232.97	28		235.20	5.04	5.02	5.01	25.301	28.5	114.826	
88		242.18	28		244.18	5.11	5.10	5.16	26.061	35.0	136.901	
89		242.27	28		247.01	5.08	5.12	5.11	26.010	27.8	108.954	
90		243.94	28		245.95	5.11	5.13	5.11	26.214	29.2	113.547	

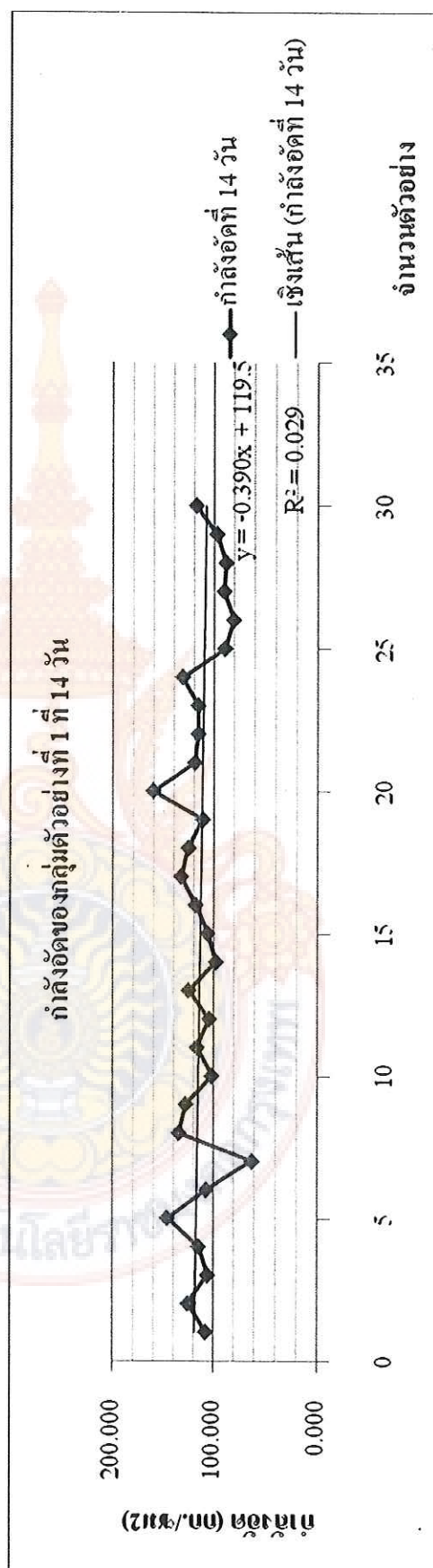
ภาคผนวก ง.

สรุปผลค่ากำลังอัดโดยกราฟและเส้นแนวโน้ม

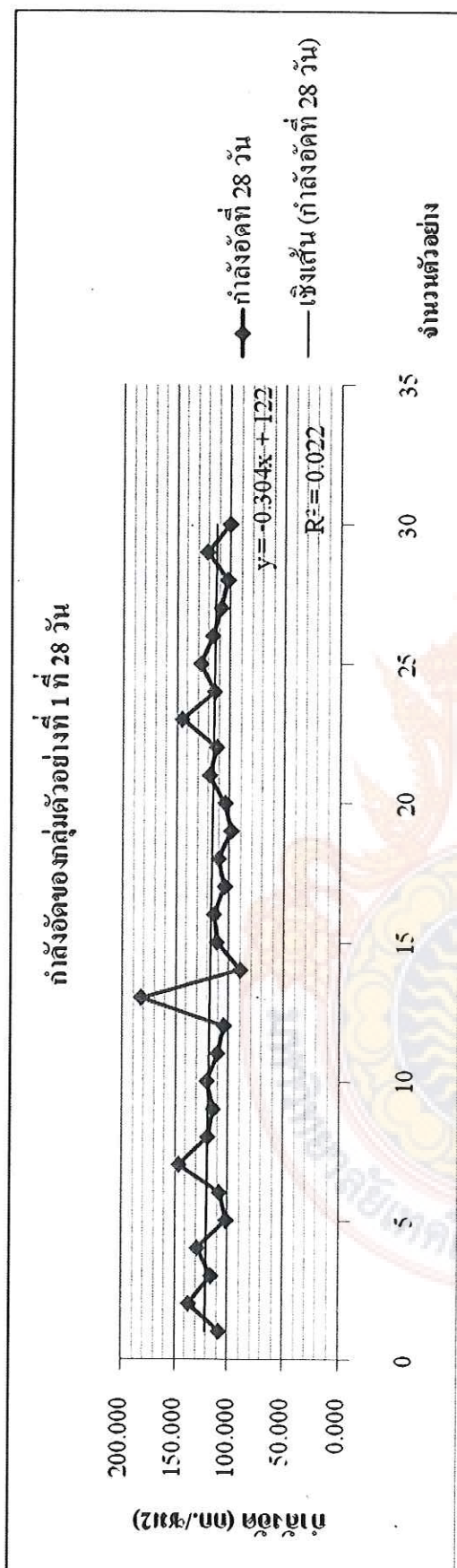




(ก)



(ข)



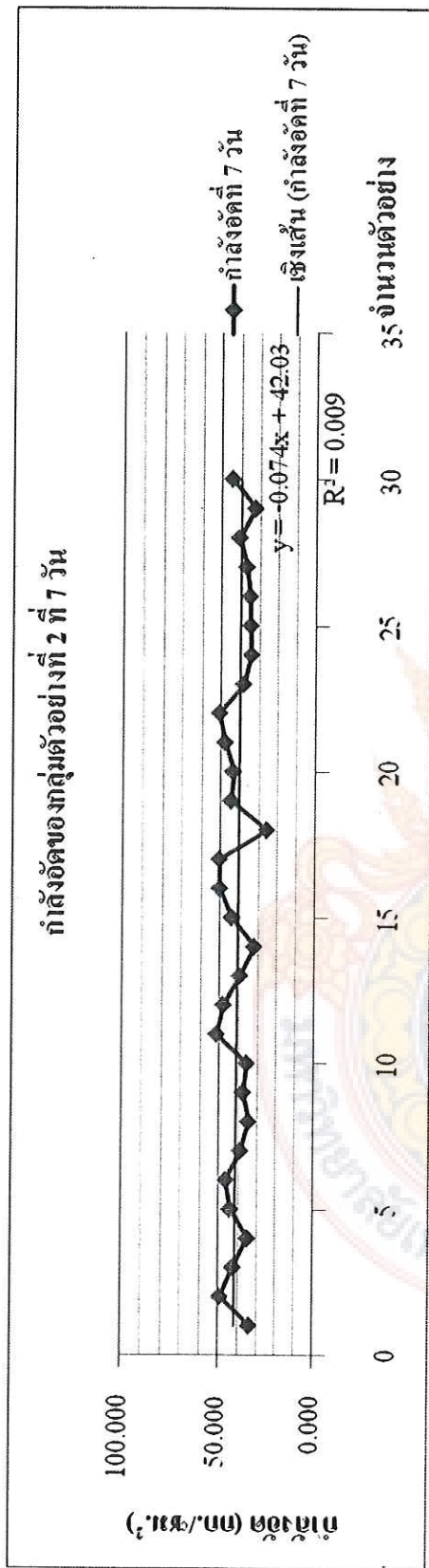
(ค)

ภาพที่ ๑.1 กราฟแสดงกำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

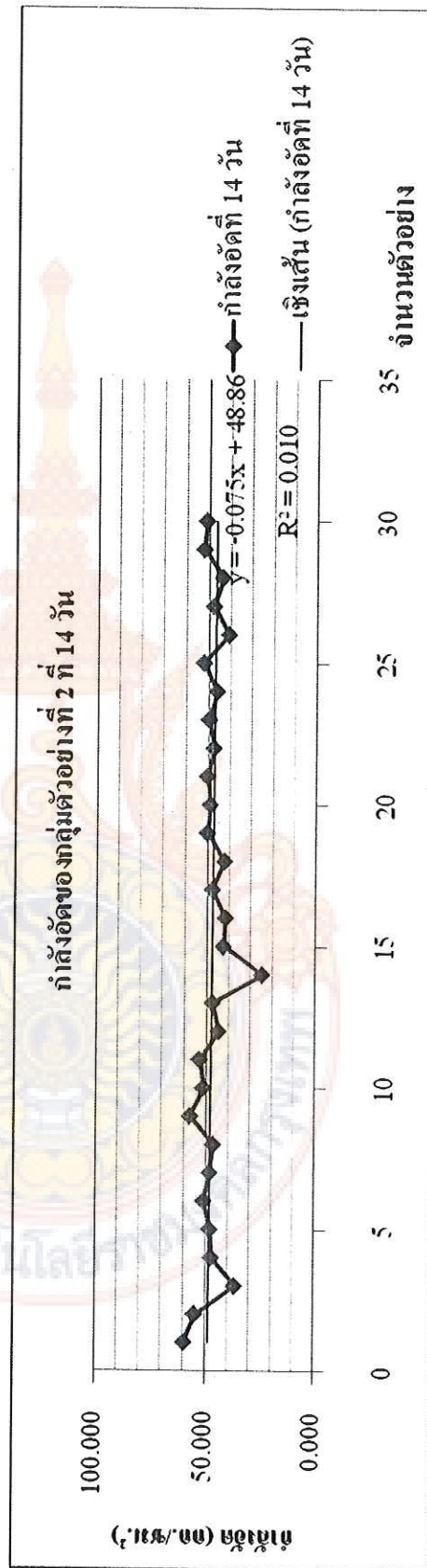
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๑.1 ก) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 7 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต และรับกำลังอัดต่ำสุด 81.064 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 109.522 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 4.518 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๑.1 ก. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.001 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานน้อย เนื่องจากการกระจายตัวของกำลังอัดมากเมื่อเทียบกับค่ากำลังอัดเฉลี่ย

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๔.1 ข) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 14 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 161.480 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 63.075 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 113.469 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 5.252 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๔.1 ข. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดลดลงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.029 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานน้อย เนื่องจากการกระจายตัวของกำลังอัดมากเมื่อเทียบกับค่ากำลังอัดเฉลี่ย

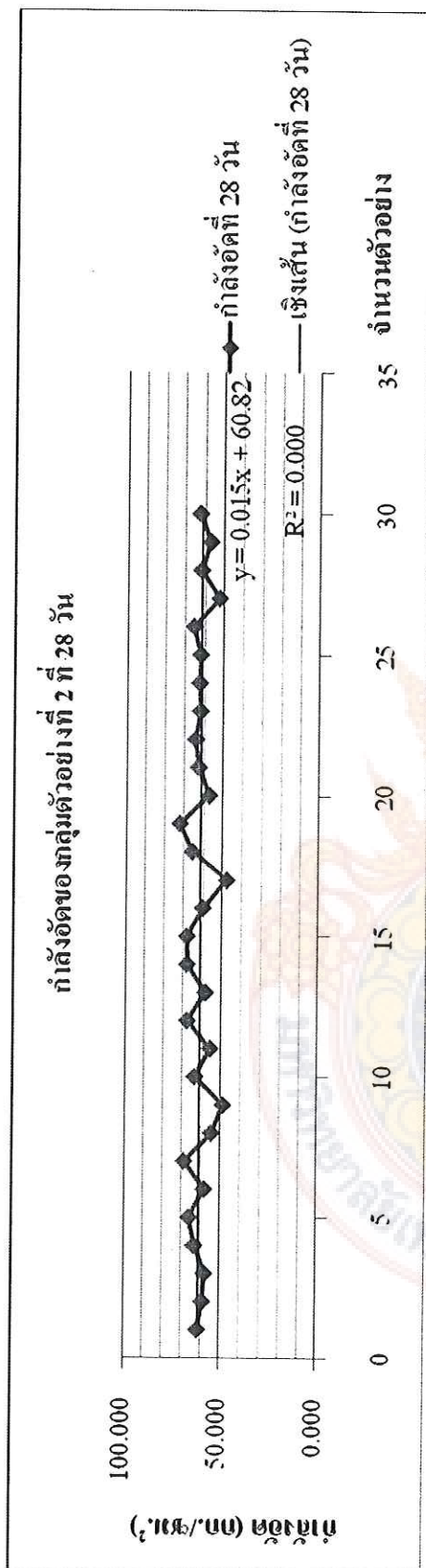
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๔.1 ค) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 183.239 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 90.637 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 117.278 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 4.714 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๔.1 ค. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดลดลงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.022 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานน้อย เนื่องจากการกระจายตัวของกำลังอัดมากเมื่อเทียบกับค่ากำลังอัดเฉลี่ย



(ก)



(ข)



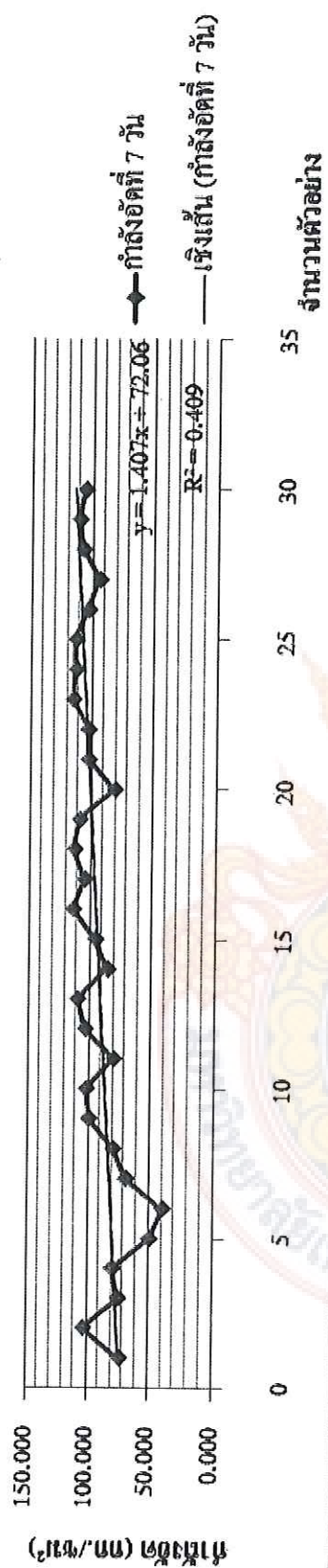
ภาพที่ ๓.๒ กราฟแสดงกำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

จากการความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.๒ ก) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 7 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 51.633 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 25.726 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 40.888 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 1.727 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.๒ ก. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดลดลงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.009 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานน้อย เนื่องจากการกระจายตัวของกำลังอัดมากเมื่อเทียบกับค่ากำลังอัดเฉลี่ย

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๔.2 ข) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 14 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 59.609 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดค่าสูงสุด 24.577 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 47.705 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (๘) เท่ากับ 1.710 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๔.2 ข. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดลดลงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.010 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานน้อย เนื่องจากการกระจายตัวของกำลังอัดมากเมื่อเทียบกับค่ากำลังอัดเฉลี่ย

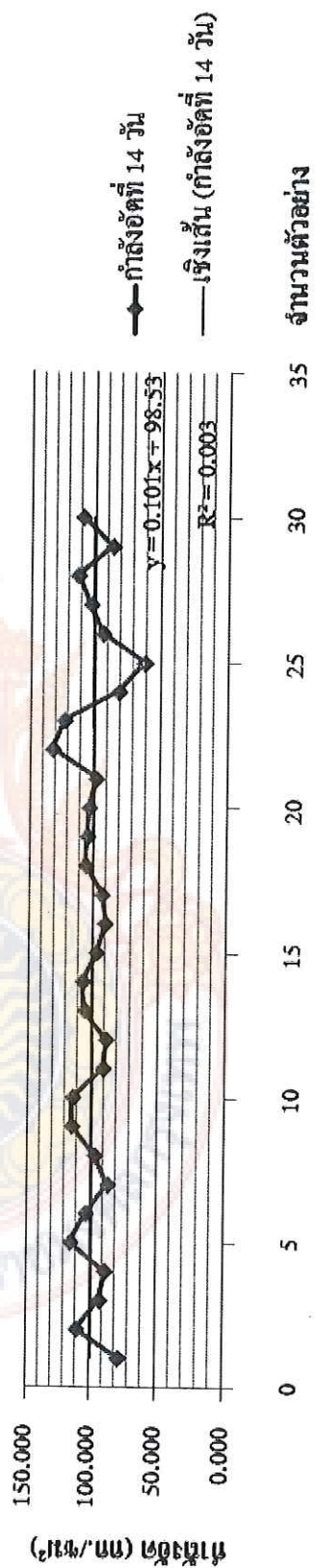
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๔.2 ค) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 71.835 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดค่าสูงสุด 47.755 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 61.064 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (๘) เท่ากับ 1.621 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๔.2 ค. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดลดลงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.000 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้ไม่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน

กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3 ที่ 7 วัน

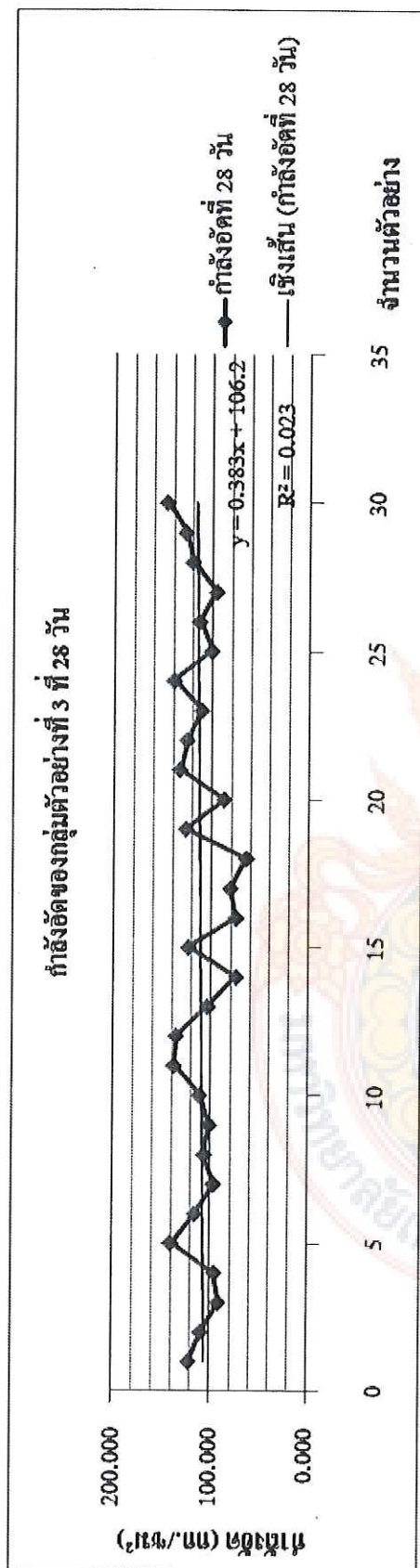


(ก)

กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3 ที่ 14 วัน



(ข)

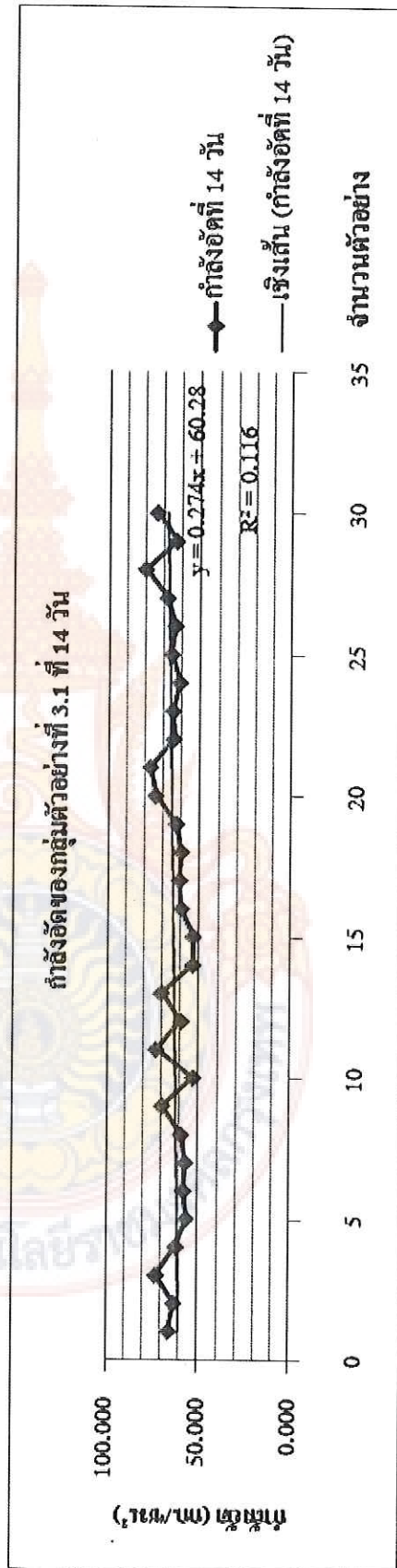
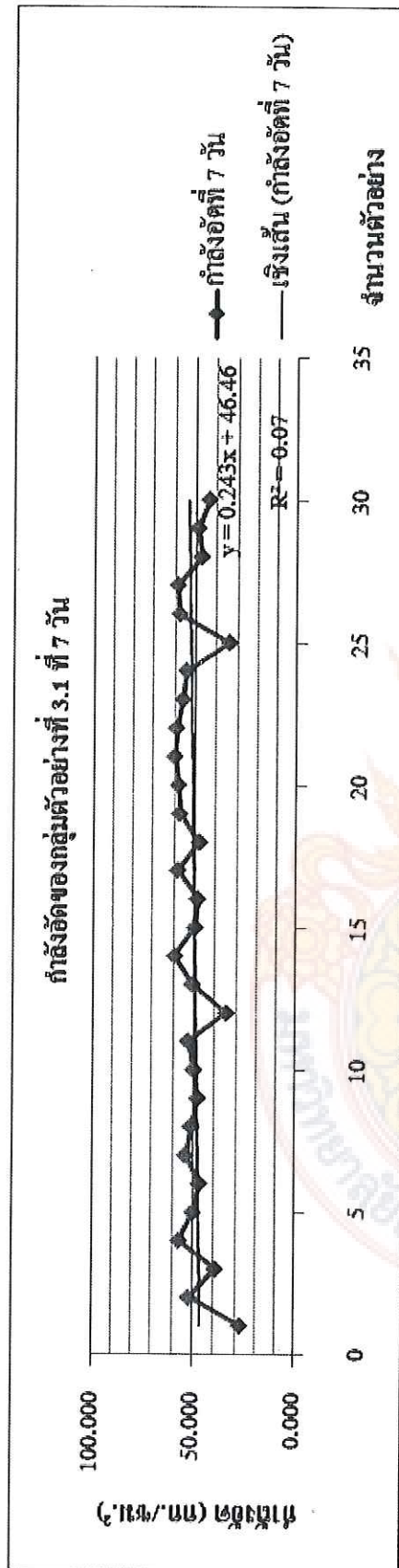


ภาพที่ ๓.3 กราฟแสดงกำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3 (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

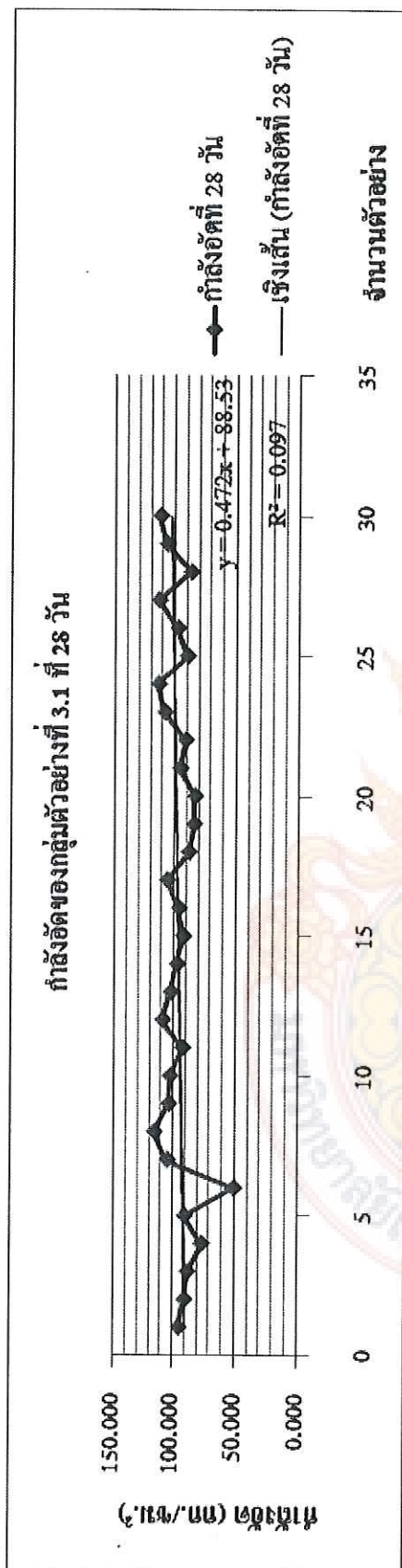
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.3 ก) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 7 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 114.718 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 38.894 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 93.875 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (๔) เท่ากับ 4.685 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.3 ก. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.409 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.3 ข) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 14 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 133.221 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 62.195 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 100.103 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 3.574 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.3 ข. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.003 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานน้อย เนื่องจากการกระจายตัวของกำลังอัดมากเมื่อเทียบกับค่ากำลังอัดเฉลี่ย

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.3 ค) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 149.046 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 65.328 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 112.175 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 5.252 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.3 ค. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.023 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานน้อย เนื่องจากการกระจายตัวของกำลังอัดมากเมื่อเทียบกับค่ากำลังอัดเฉลี่ย



(ข)



(ค)

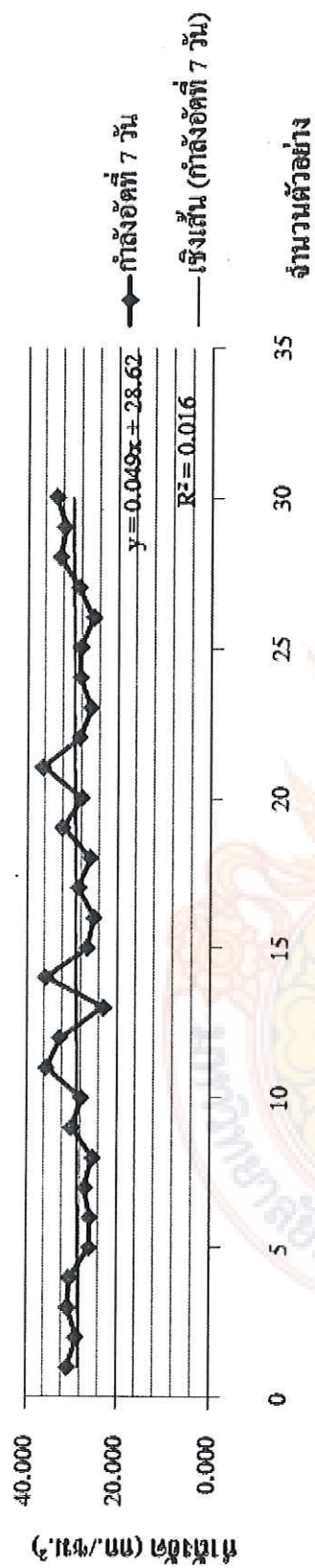
ภาพที่ ๔.๔ กราฟแสดงกำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๔.๔ ก) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 7 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 59.652 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 27.167 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 50.236 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 2.024 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๔.๔ ก. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.07 แสดงว่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.4 ข) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 14 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 80.252 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 53.350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 64.539 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 1.765 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.4 ข. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.116 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

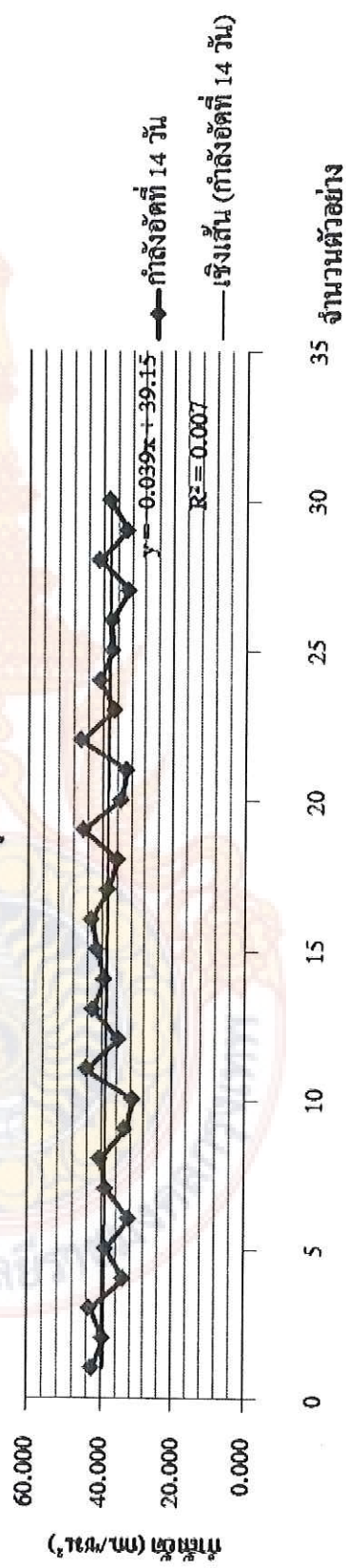
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.4 ค) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.1 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 115.514 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 50.664 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 95.850 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 3.457 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.4 ค. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.097 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.2 ที่ 7 วัน

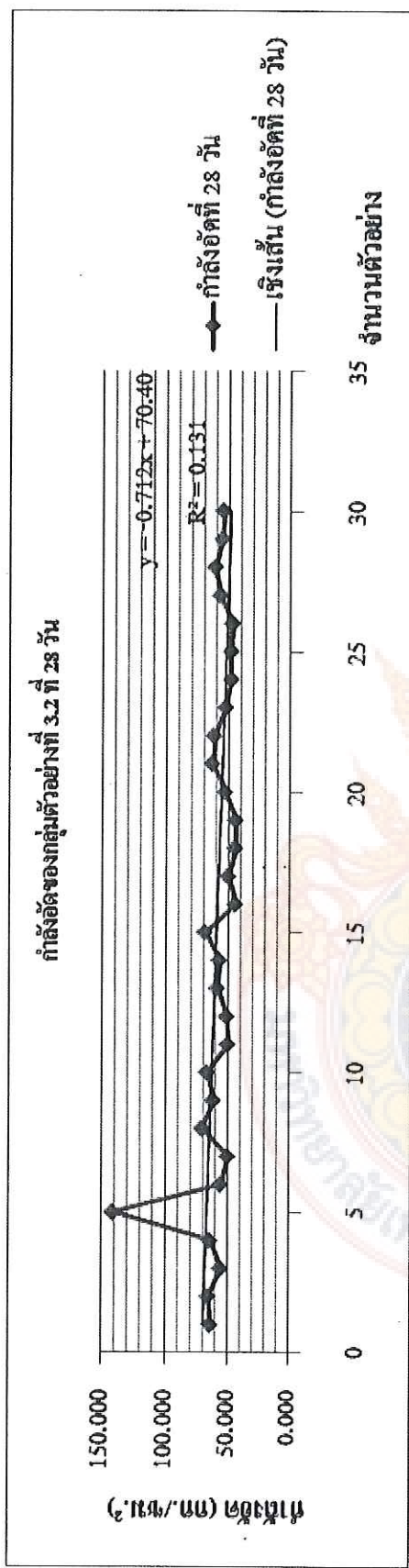


(ก)

กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.2 ที่ 14 วัน



(ข)



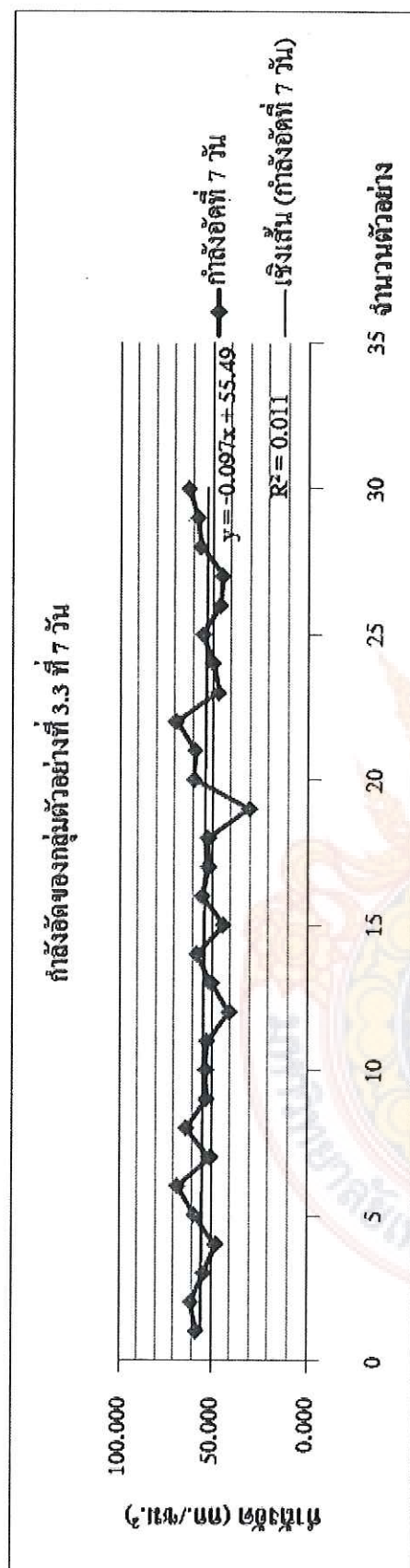
(ค)

ภาพที่ ๔.๕ กราฟแสดงกำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.2 (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

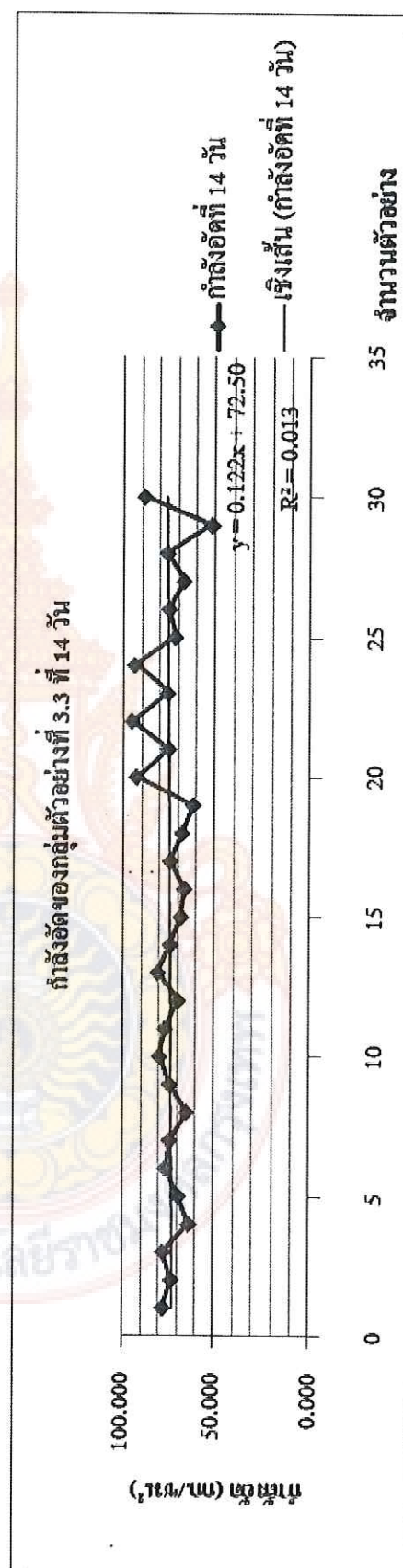
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๔.๕ ก) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 7 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.2 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 36.737 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 23.195 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 29.391 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 0.942 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๔.๕ ก. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.016 แสดงว่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.5 ข) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 14 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.2 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 46.093 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 31.476 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 38.550 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 0.997 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.5 ข. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดลดลงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.007 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานน้อย

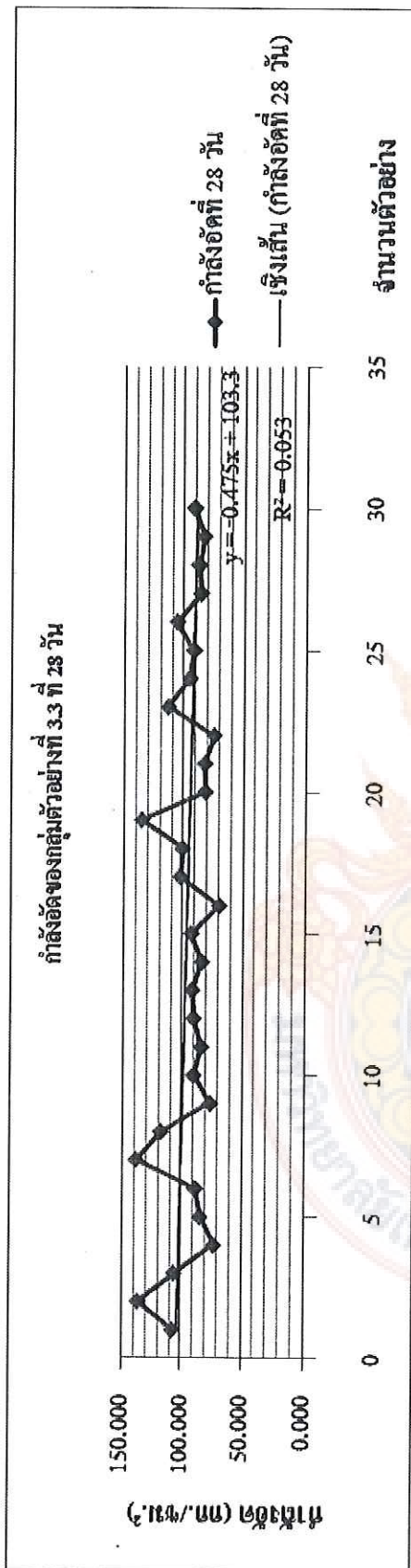
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.5 ค) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.2 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 141.663 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 44.724 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 59.360 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 1.908 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.5 ค. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.131 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้



(ก)



(ข)

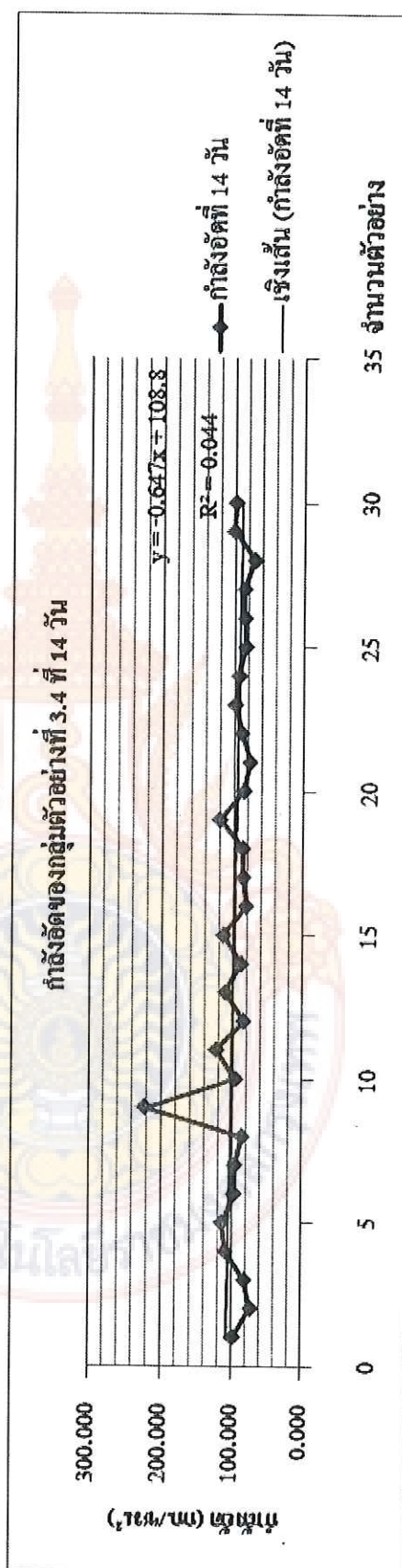
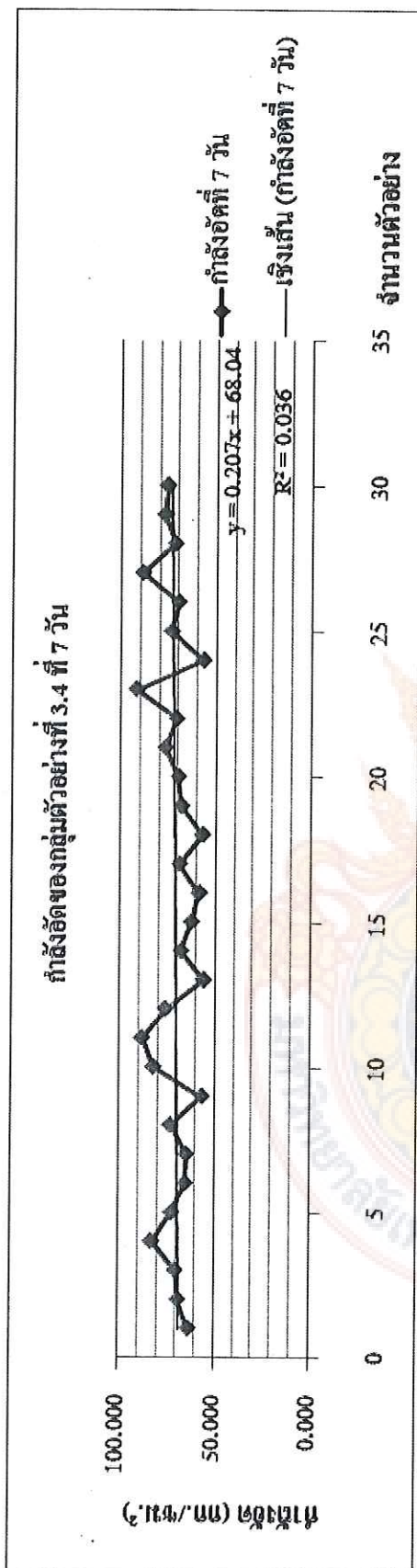


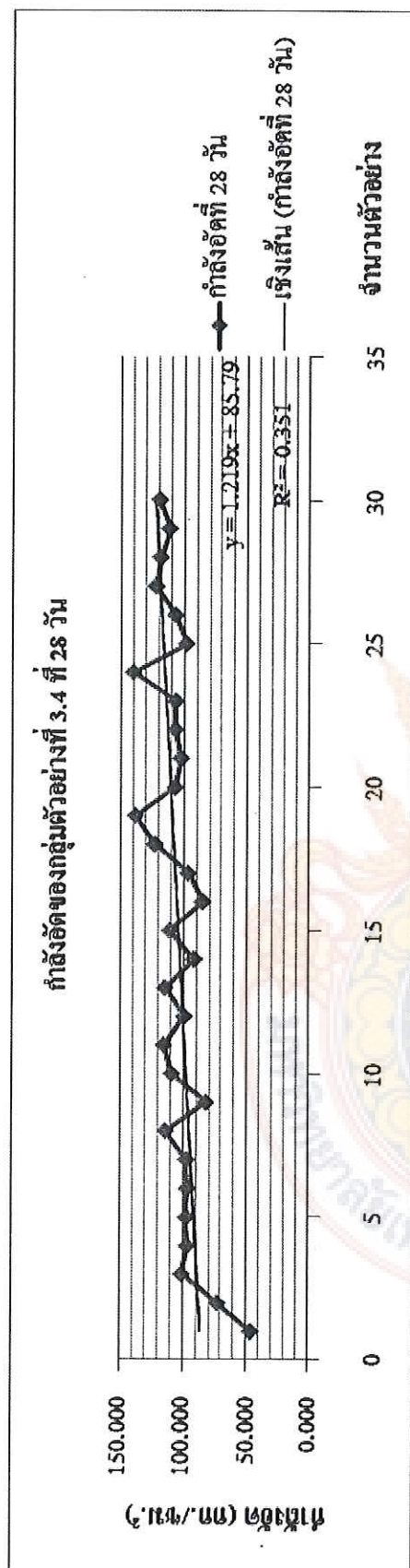
ภาพที่ ๔.6 กราฟแสดงกำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.3 (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๔.6 ก) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 7 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.3 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 69.893 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 30.778 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 53.984 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 2.097 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๔.6 ก. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดลดลงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.011 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการปมคอนกรีต (ภาพที่ ๔.๖ ข) ที่ระยะเวลาการปมคอนกรีตที่ 14 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.3 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 95.183 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 52.181 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 74.404 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (๘) เท่ากับ 2.677 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๔.6 ข. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.013 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการปมคอนกรีต (ภาพที่ ๔.๖ ค) ที่ระยะเวลาการปมคอนกรีตที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.3 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 139.042 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 70.054 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 95.942 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (๘) เท่ากับ 4.715 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๔.๖ ค. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดลดลงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.053 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานน้อย



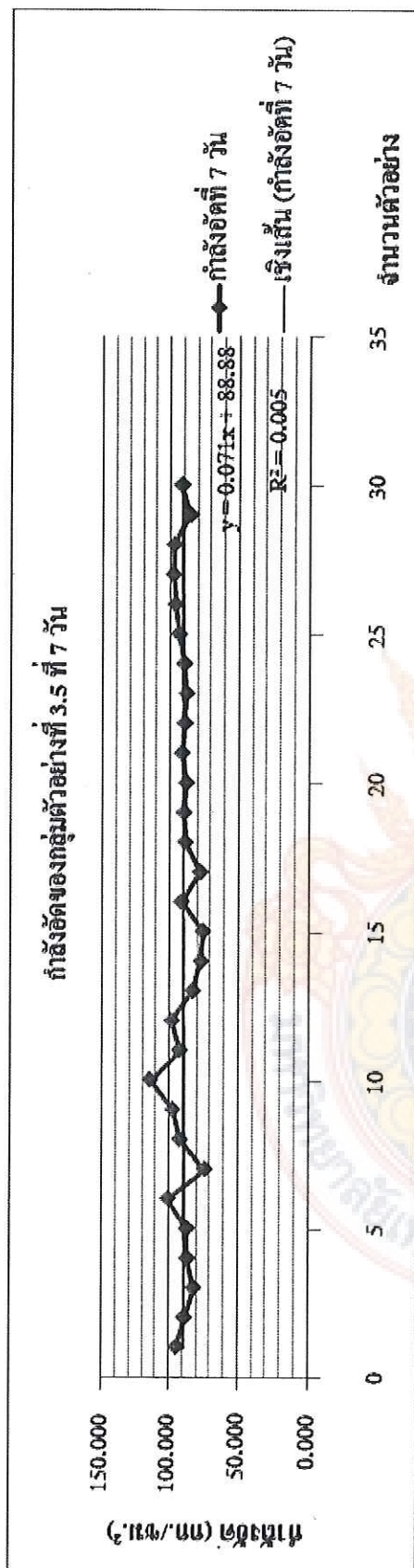


ภาพที่ ๓.๗ กราฟแสดงกำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.4 (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

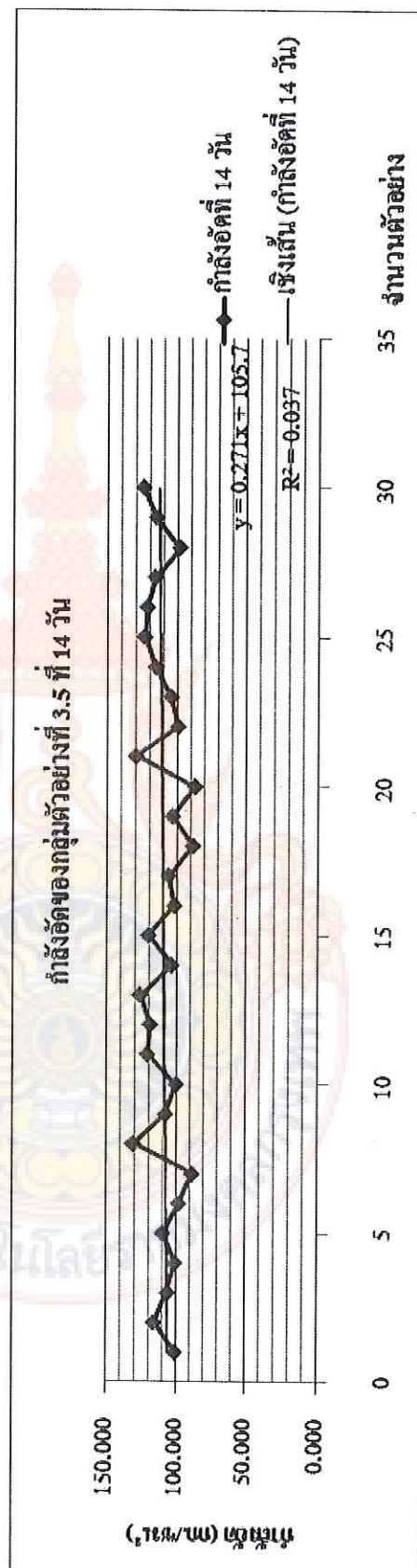
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.๗ ก) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 7 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.4 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 91.927 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 56.436 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 71.250 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 2.491 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.๗ ก. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.036 แสดงว่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.๗) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 14 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.4 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 222.597 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 71.740 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 98.825 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (๘) เท่ากับ 3.774 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.๗ พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดลดลง จากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.044 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

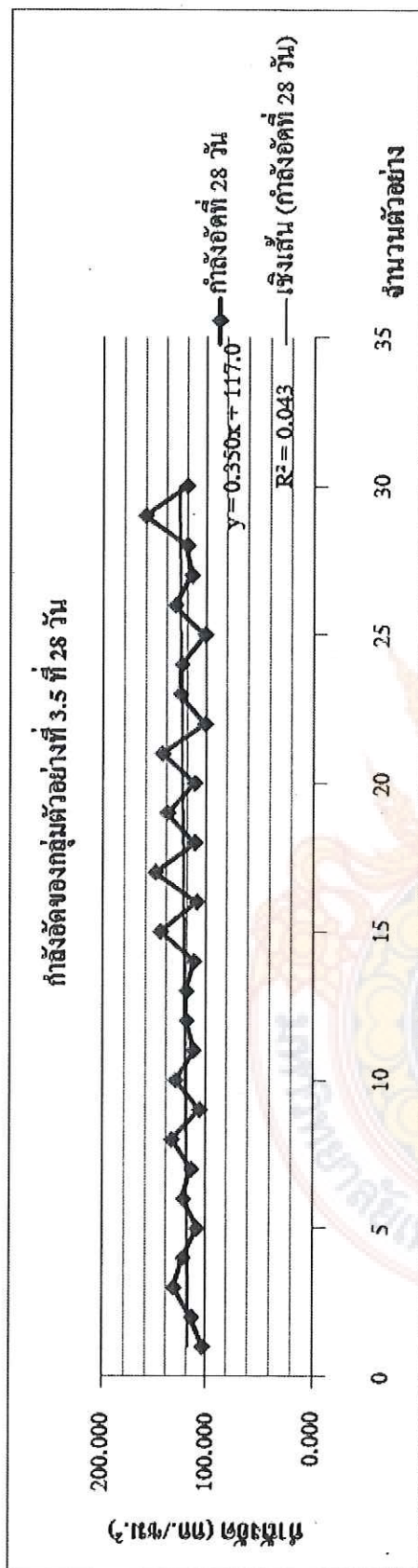
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.๗ ค) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.4 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 140.419 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 47.608 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 104.687 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (๘) เท่ากับ 4.522 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.๗ ค. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.351 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้



(ก)



(ข)

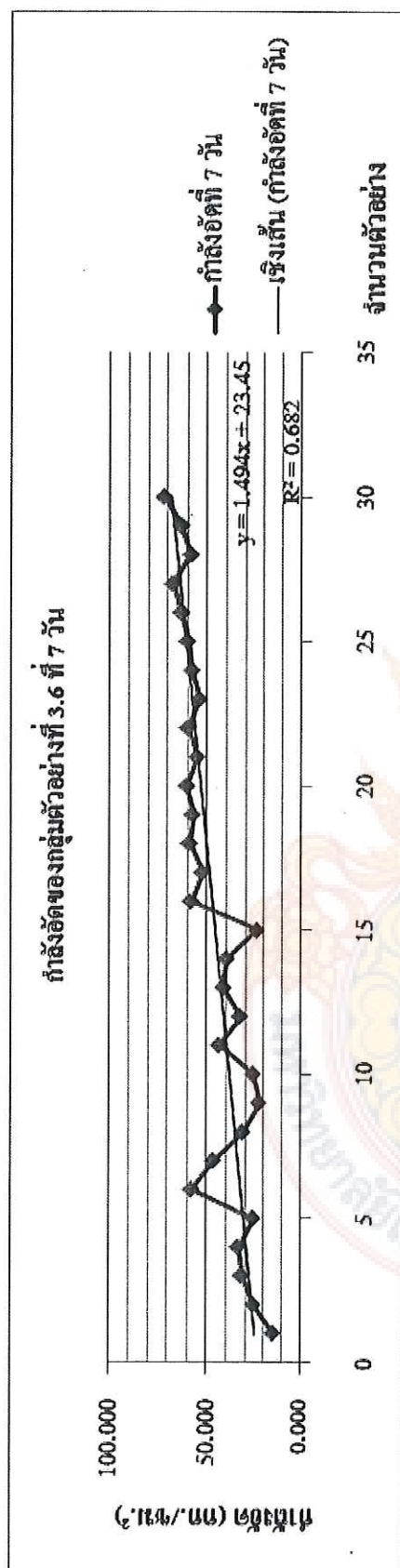


ภาพที่ ๔.๘ กราฟแสดงกำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.5 (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

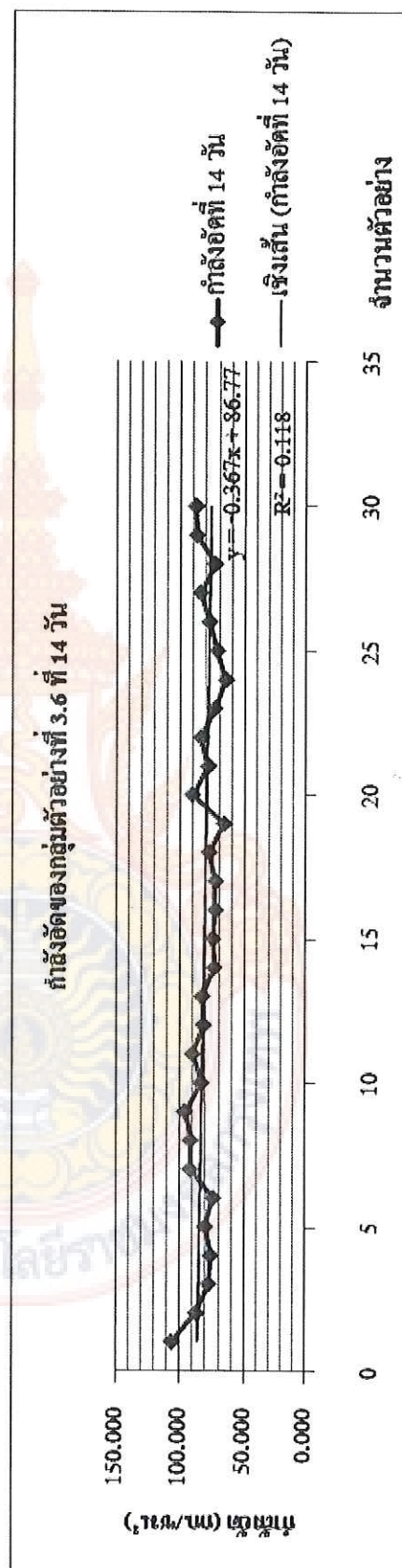
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๔.๘ ก) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 7 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.5 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 114.070 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 74.024 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 89.988 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 2.080 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๔.๘ ก. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.005 แสดงว่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้น้อย

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๔.8 ข) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 14 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.5 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 131.415 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 87.262 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 109.986 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 3.254 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๔.8 ข. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.037 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

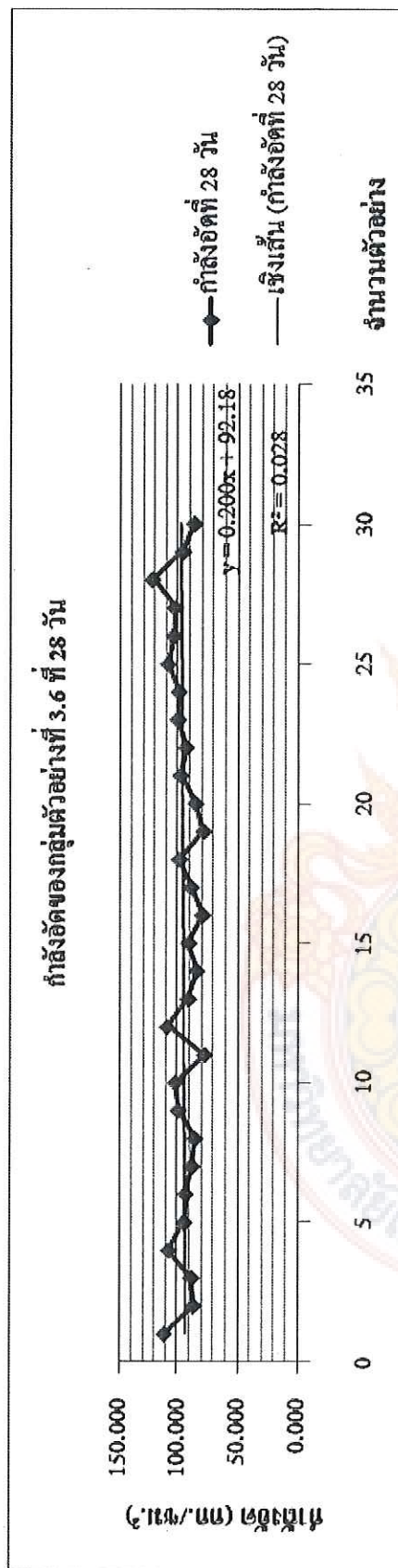
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๔.8 ค) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.5 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 160.752 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 101.937 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 122.520 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 4.076 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๔.8 ค. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.043 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้



(ก)



(ข)



(ค)

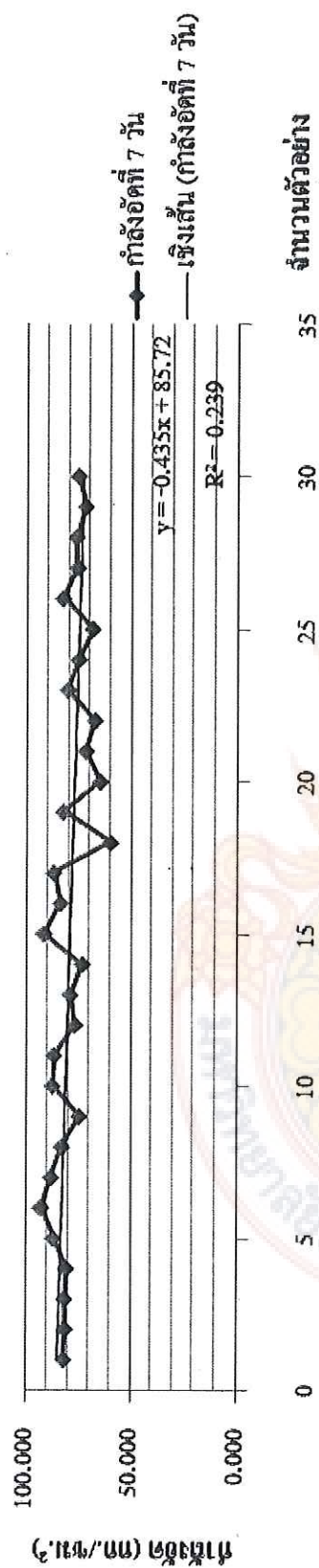
ภาพที่ ๓.๙ กราฟแสดงกำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.6 (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.๙ ก) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 7 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.6 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 71.883 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 14.997 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 46.613 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (๘) เท่ากับ 4.150 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.๙ ก. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.682 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.๙ ข) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 14 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.6 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 106.192 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 64.336 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 81.085 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 2.443 และใช้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.๙ ข. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดลดลง จากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.118 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

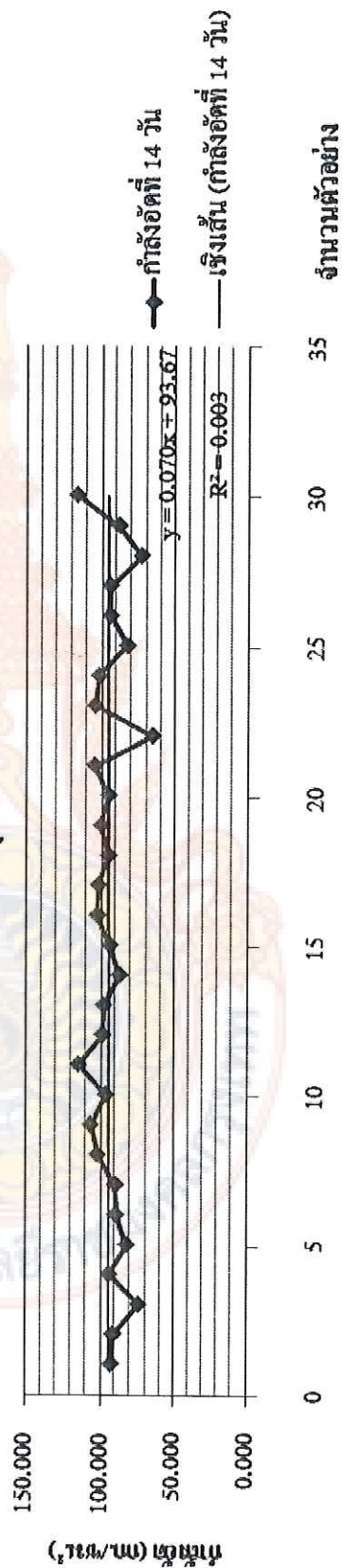
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.๙ ค) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.6 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 122.277 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 77.904 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 95.297 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 2.653 และใช้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.๙ ค. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.028 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.7 ที่ 7 วัน

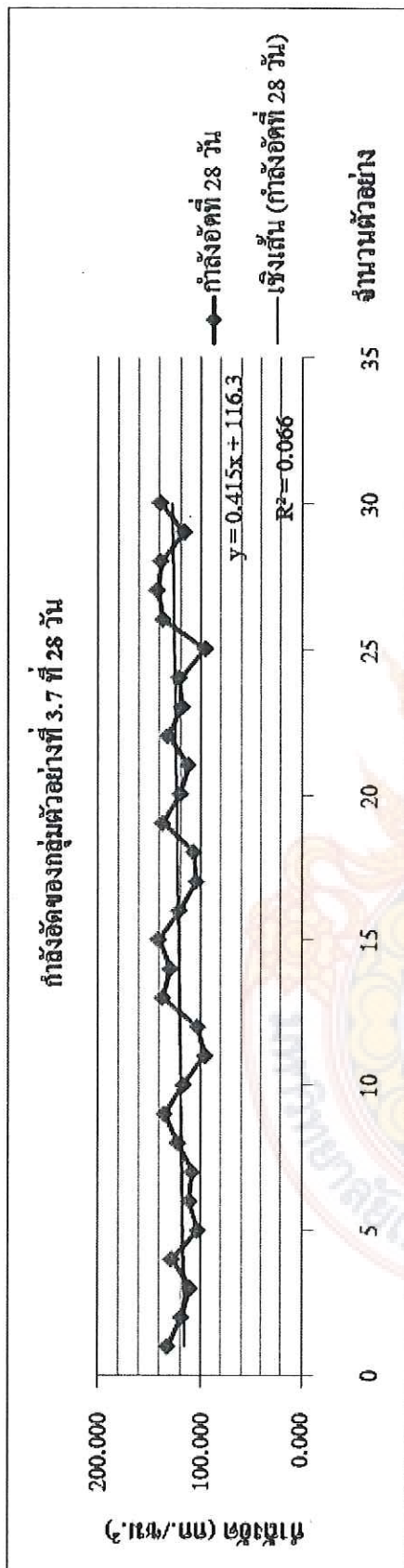


(ก)

กำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.7 ที่ 14 วัน



(ข)

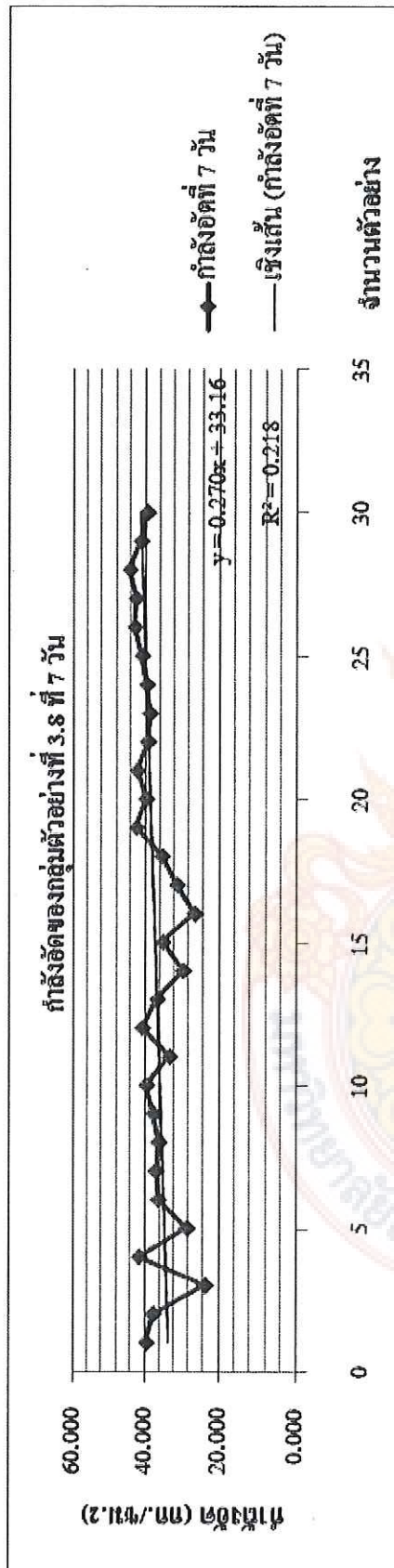


ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงกำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.7 (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

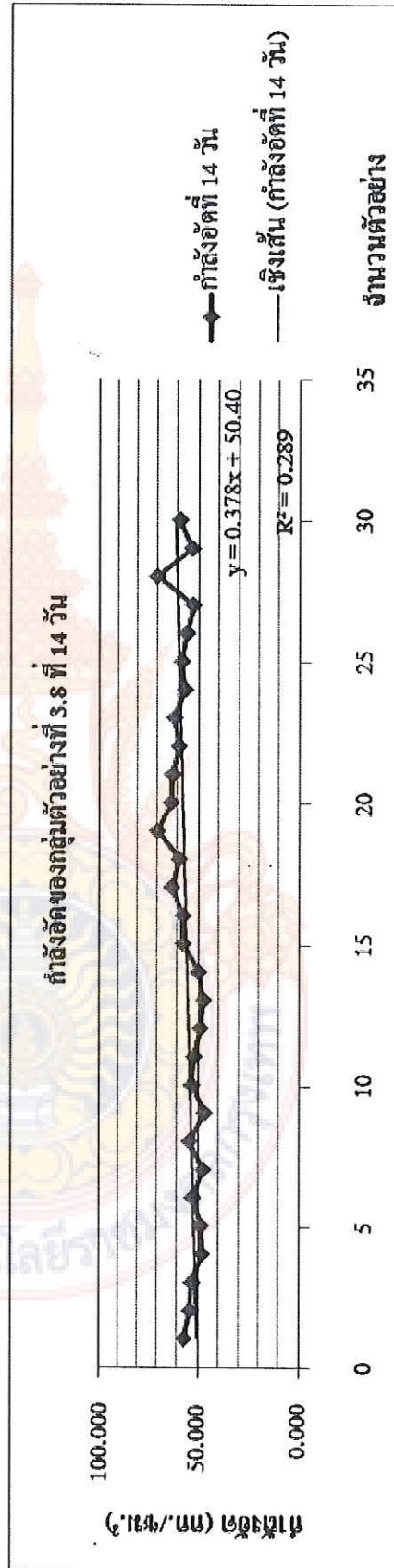
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ 4.10 ก) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 7 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.7 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 92.718 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 59.705 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 78.972 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 2.061 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟที่ 4.10 ก. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดลดลงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.239 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.10 ข) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 14 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.7 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 116.730 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 66.066 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 94.768 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 2.805 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของการกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.10 ข. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.003 แสดงว่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้น้อย

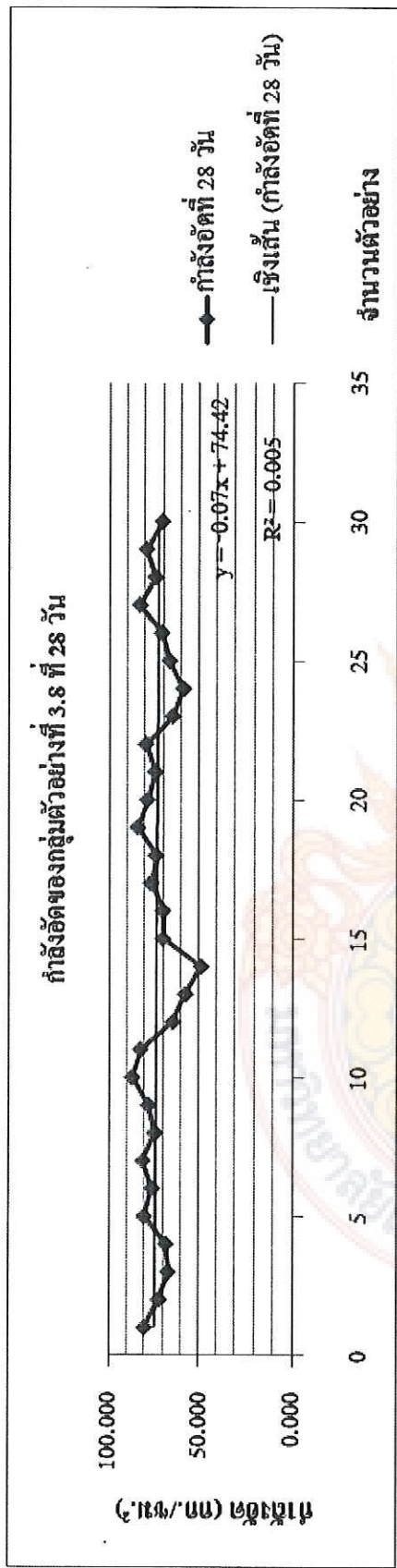
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.10 ค) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.7 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 143.887 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 96.888 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 122.770 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 3.597 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของการกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.10 ค. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.066 แสดงว่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้



(ก)



(ข)



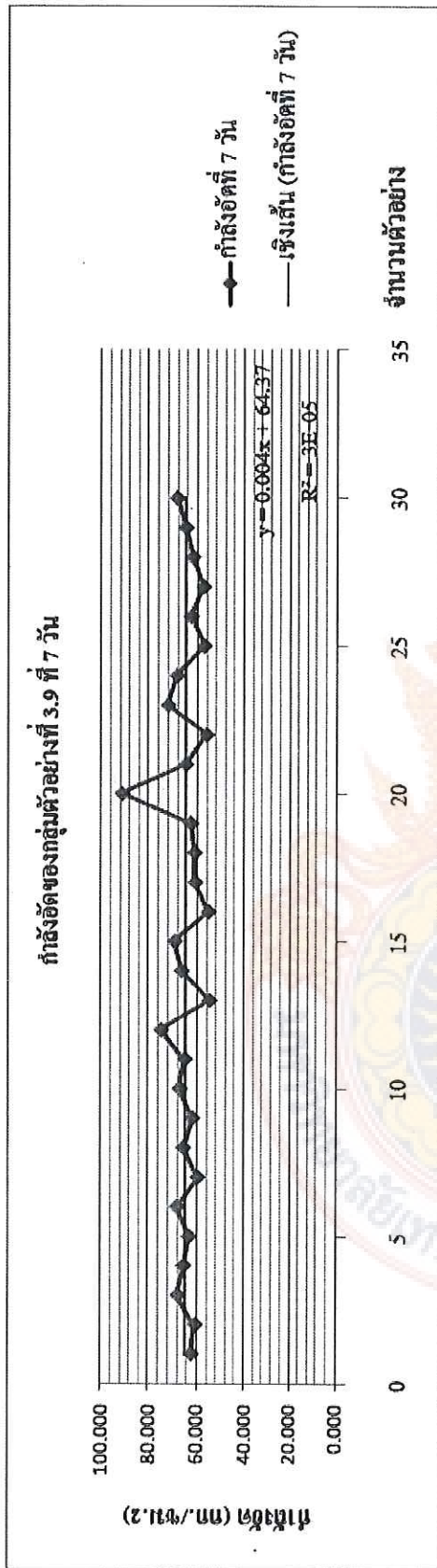
(ค)

ภาพที่ ง.11 กราฟแสดงกำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.8 (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

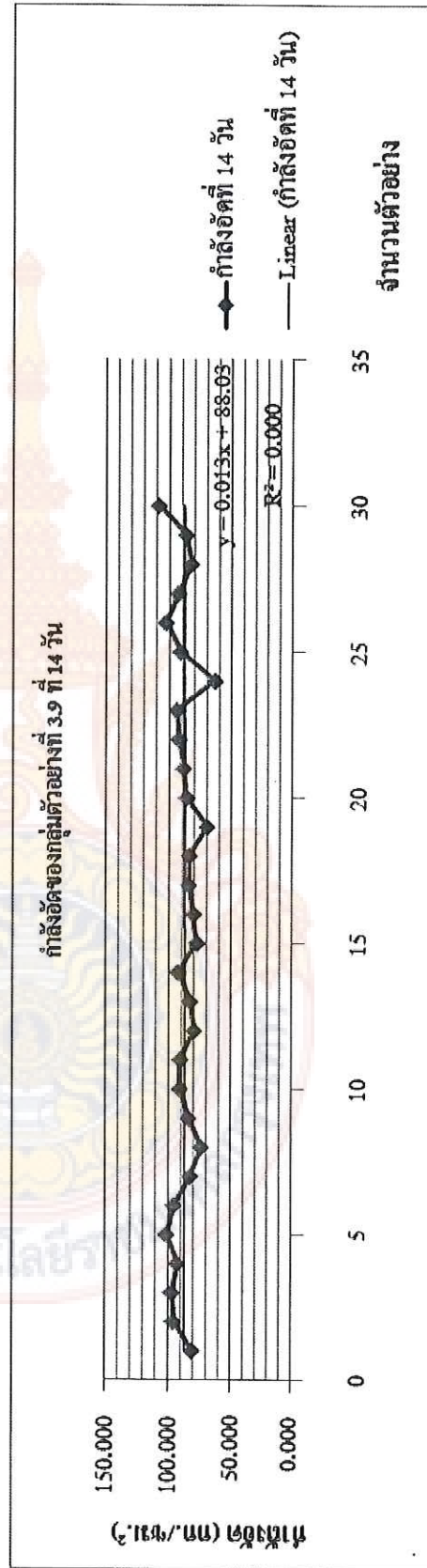
จากการกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ง.11 ก) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 7 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.8 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 44.457 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 23.771 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 37.357 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ส) เท่ากับ 1.237 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากการกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบแนวโน้มของกำลังอัดจากการกราฟที่ ง.11 ก. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.218 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.11 ข) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 14 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.8 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 70.665 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 47.327 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 56.281 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 1.629 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.11 ข. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.289 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

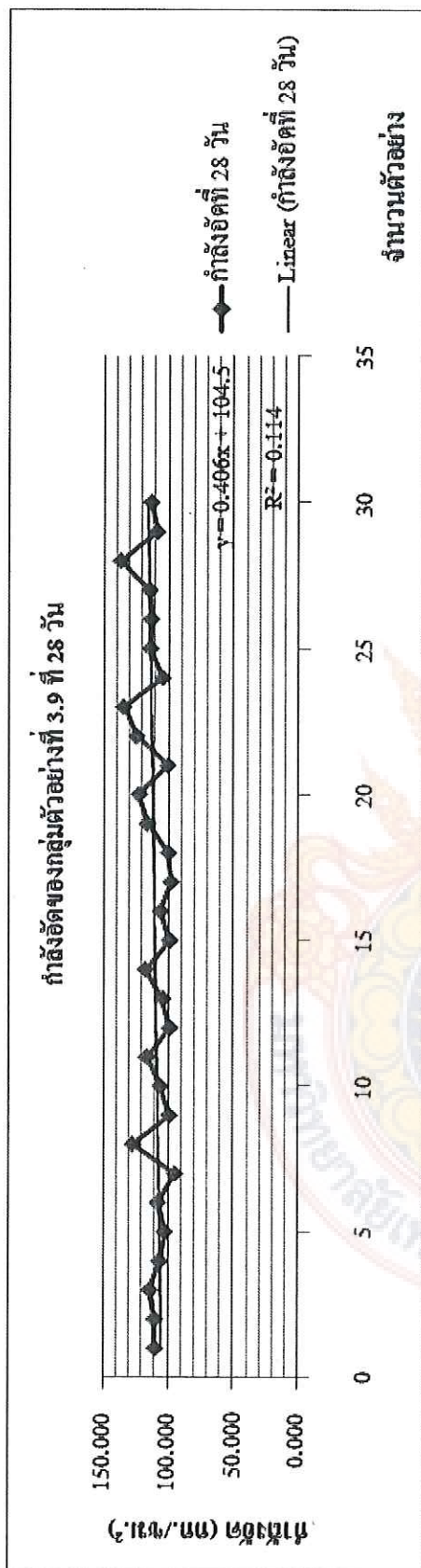
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.11 ค) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.8 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 87.316 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 49.279 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 73.335 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 2.418 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.11 ค. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดลดลงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.005 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้น้อย



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ ง.12 กราฟแสดงกำลังอัดของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.9 (ก) 7 วัน (ข) 14 วัน และ (ค) 28 วัน

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ง.12 ก) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 7 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.9 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 91.250 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 54.608 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 64.447 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 1.853 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ง.12 ก. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.000 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้ไม่มีแนวโน้มความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.12 ข) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 14 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.9 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 109.115 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 64.167 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 88.242 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 2.143 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.12 ข. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงลง แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดลดลงจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.000 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้ไม่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (ภาพที่ ๓.12 ค) ที่ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน ของกลุ่มตัวอย่างที่ 3.9 จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า สามารถรับกำลังอัดสูง 136.901 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรับกำลังอัดต่ำสุด 95.034 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คิดเป็นค่ากำลังอัดเฉลี่ย 110.824 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 2.645 และได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลจากกราฟโดยใช้สมการเส้นตรง (Linear Equation) เพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มของกำลังอัดจากกราฟภาพที่ ๓.12 ค. พบว่า เส้นตรงมีความลาดเอียงขึ้น แสดงว่าแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นจากเดิม แต่ค่า R^2 เท่ากับ 0.114 แสดงค่ากำลังอัดในช่วงนี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้

ภาคผนวก จ.

ตารางบันทึกข้อมูลการทดสอบการรับกำลังอัด

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 9 ก้อน



จ.1 ผลการทดสอบแรงอัดของกลุ่มตัวอย่างมอร์ต้า จำนวน 9 ก้อน (ทราย คอนกรีตมวลเบา และผงเกรนิต)

จ.1.1 การทดสอบแรงอัดของกลุ่มตัวอย่าง (ทราย) เมื่อค่า w/c เท่ากับ 0.450

ตบ. ที่	วันที่ ทดสอบ	นน. หลัง ถอด แบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	นน. ก่อน ทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่หน้าตัด	แรงอัดประลัย	กำลังอัด	ค่าเฉลี่ย
					กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1	25 ธ.ค. 55	248.20	7	258.93	5.00	5.05	5.12	25.250	18.8	75.897	
2		242.50	7	252.16	5.05	5.03	5.09	25.402	11.7	46.952	
3		266.70	7	274.08	5.05	5.01	5.08	25.301	14.7	59.227	60.692
4		253.10	14	258.92	5.10	5.08	5.18	26.418	32.1	123.861	
5		242.50	14	248.37	5.16	5.17	5.14	26.677	31.2	119.219	
6		247.70	14	252.63	5.07	5.14	5.14	26.420	35.2	135.815	126.298
7		234.10	28	244.63	5.09	5.09	5.21	26.519	24.0	92.254	
8		230.50	28	240.09	5.10	5.07	5.11	25.857	22.5	88.702	
9		243.50	28	253.24	5.08	5.13	5.22	26.779	26.6	101.257	94.071

จ.1.2 การทดสอบแรงอัดของกลุ่มตัวอย่าง (ทราย) เมื่อค่า w/c เท่ากับ 0.485

ตย. ที่	วันที่ ทดสอบ	นน. หลัง ถอด แบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	นน. ก่อน ทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ตา			พื้นที่หน้าตัด	แรงอัดประลัย	กำลังอัด	ค่าเฉลี่ย
					กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1	25 ธ.ค. 55	276.70	7	287.1	5.12	5.15	5.23	26.368	34.8	134.535	
2		267.70	7	277.5	5.13	5.13	5.18	26.317	34.7	134.408	
3		271.90	7	281.8	5.09	5.15	5.21	26.214	33.8	131.439	133.460
4		252.30	14	266.75	5.09	5.06	5.17	26.160	42.1	164.048	
5		248.10	14	259.81	5.07	5.08	5.15	26.162	42.6	165.958	
6		255.70	14	263.78	5.09	5.08	5.18	26.314	41.7	161.538	163.857
7		265.70	28	271.70	5.19	5.19	5.16	26.936	53.6	202.843	
8		269.40	28	276.27	5.15	5.16	5.22	26.574	51.0	195.634	
9		260.50	28	266.62	5.06	5.13	5.15	25.958	56.4	221.484	206.654

จ.1.3 การทดสอบแรงอัดของกลุ่มตัวอย่าง (ทราย) เมื่อค่า w/c เท่ากับ 0.550

ตย. ที่	วันที่ ทดสอบ	นน. หลัง ถอด แบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	นน. ก่อน ทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ตา			พื้นที่หน้าตัด ปูนที่หน้าตัด (A)	แรงอัดประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก/ซม ²)	ค่าเฉลี่ย
					กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1	25 ธ.ค. 55	268.10	7	277.10	5.07	5.12	5.12	25.958	31.4	123.306	
2		265.40	7	273.50	5.09	5.11	5.14	26.010	29.8	116.791	
3		267.40	7	275.30	5.09	5.13	5.09	26.112	31.8	124.143	121.413
4		263.60	14	273.08	5.09	5.06	5.17	26.160	41.1	160.159	
5		266.10	14	276.30	5.06	5.12	5.14	26.317	41.5	160.748	
6		263.50	14	273.54	5.10	5.11	5.15	26.317	42.3	163.849	161.583
7		268.40	28	273.69	5.07	5.09	5.19	26.417	60.8	234.612	
8		275.00	28	280.62	5.09	5.12	5.21	26.675	84.9	324.437	
9		273.30	28	278.65	5.12	5.06	5.19	26.261	74.1	287.628	282.226

จ.1.4 การทดสอบแรงอัดของกลุ่มตัวอย่าง (คอนกรีตมวลเบา) เมื่อค่า W/C เท่ากับ 1.46

ตย. ที่	วันที่ ทดสอบ	นน. หลัง ถอด แบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	นน. ก่อน ทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่หน้าตัด	แรงอัดเฉลี่ย	กำลังอัด	ค่าเฉลี่ย
					กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)	(A) ตร.ซม.	(กิโลนิวตัน)	(กก/ซม ²)	
1	26 ธ.ค. 55	197.60	7	206.95	5.01	5.03	5.15	25.200	13.6	55.013	
2		212.10	7	222.04	5.04	5.03	5.12	25.350	13.6	54.685	
3		216.90	7	228.30	5.12	5.12	5.14	26.210	13.1	50.940	53.546
4		198.30	14	192.91	5.08	5.08	5.12	25.810	19.2	75.841	
5		199.40	14	193.99	5.16	5.09	5.21	26.260	19.4	75.295	
6		201.90	14	195.34	5.06	5.06	5.24	25.60	19.7	78.433	76.523
7		202.10	28	198.70	5.13	5.09	5.16	26.110	12.1	47.237	
8		202.40	28	201.97	5.09	5.13	5.18	26.110	15.7	61.291	
9		199.90	28	199.84	5.13	5.11	5.11	26.210	16.9	65.717	58.082

จ.1.5 การทดสอบแรงอัดของกลุ่มตัวอย่าง (คอนกรีตมวลเบา) เมื่อค่า w/c เท่ากับ 1.950

คย. ที่	วันที่ ทดสอบ	นน. หลัง ถอด แบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	นน. ก่อน ทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่หน้าตัด (A)	แรงอัดประลัย (กิโลนิวตัน) (กก/ซม ²)	กำลังอัด	ค่าเฉลี่ย
					กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1	26 ธ.ค. 55	201.40	7	211.67	5.01	5.02	5.09	25.150	13.0	52.691	
2		181.60	7	192.09	5.01	5.01	5.04	25.100	10.1	41.018	
3		195.80	7	205.38	5.03	5.01	5.05	25.200	10.2	41.260	44.989
4		205.60	14	196.94	5.09	5.04	5.24	26.410	21.5	82.99	
5		207.10	14	200.59	5.06	5.08	5.17	26.264	21.8	84.61	
6		204.00	14	197.15	5.04	5.08	5.25	26.670	20.1	76.83	81.475
7		205.80	28	202.30	5.19	5.11	5.26	26.520	16.1	61.88	
8		206.10	28	204.75	5.12	5.13	5.23	26.270	16.8	65.20	
9		210.80	28	209.44	5.17	5.09	5.31	26.320	19.0	73.60	66.894

จ.1.6 การทดสอบแรงอัดของกลุ่มตัวอย่าง (ผงแกรนิต) เมื่อค่า w/c เท่ากับ 0.890

ตย. ที่	วันที่ ทดสอบ	นน. หลัง ถอด แบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	นน. ก่อน ทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่หน้าตัด (A)	แรงอัดประลัย (กิโลนิวตัน) (กก/ซม ²)	กำลังอัด	ค่าเฉลี่ย
					กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1	25 ธ.ค. 55	254.96	7	255.23	5.08	5.06	5.12	25.705	25.6	101.521	
2		261.27	7	263.26	5.01	5.07	5.17	25.401	28.8	115.579	
3		259.57	7	260.05	5.00	5.00	5.11	25.000	28.4	115.800	110.967
4		266.88	14	267.60	5.40	5.13	5.14	27.702	34.7	127.688	
5		256.12	14	256.25	5.05	5.13	5.10	25.907	40.4	158.966	
6		264.85	14	266.46	5.18	5.14	5.08	26.625	33.7	129.023	138.559
7		257.71	28	262.39	5.06	5.08	5.09	25.705	54.8	217.319	
8		260.51	28	266.19	5.09	5.09	5.17	25.908	50.8	199.875	
9		262.36	28	268.09	5.13	5.08	5.16	26.060	52.0	203.401	206.865

จ.1.47 การทดสอบแรงอัดของกลุ่มตัวอย่าง (ผงแกรนิต) เมื่อค่า w/c เท่ากับ 0.970

ตย. ที่	วันที่ ทดสอบ	นน. หลัง ถอด แบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	นน. ก่อน ทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ตา			พื้นที่หน้าตัด	แรงอัดเฉลี่ย	กำลังอัด	ค่าเฉลี่ย
					กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1	25 ธ.ค. 55	257.33	7	258.16	5.08	5.12	5.12	26.010	10.8	42.327	
2		257.20	7	258.76	5.10	5.13	5.07	26.160	10.1	39.352	
3		252.91	7	253.66	5.11	5.09	5.08	26.010	13.7	53.692	45.124
4		257.43	14	258.89	5.08	5.06	5.17	25.705	57.0	226.043	
5		255.18	14	256.67	5.08	5.07	5.11	25.756	43.04	171.771	
6		252.54	14	255.05	5.07	5.04	5.09	25.553	40.8	162.762	186.859
7		258.14	28	266.10	5.11	5.07	5.22	25.908	40.2	158.171	
8		255.48	28	263.31	5.08	5.06	5.21	25.705	39.9	158.230	
9		257.71	28	266.76	5.14	5.08	5.19	26.111	40.1	156.548	157.650

จ.1.8 การทดสอบแรงอัดของกลุ่มตัวอย่าง (ผงแกรนิต) เมื่อค่า w/c เท่ากับ 1.200

ตย. ที่	วันที่ ทดสอบ	นน. ถัดง อดด แบบ 1 วัน (กรัม)	อายุ การทดสอบ (วัน)	นน. ก่อน ทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ตา			พื้นที่หน้าตัด	แรงอัดประลัย	กำลังอัด	ค่าเฉลี่ย
					กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)				
1	25 ธ.ค. 55	255.36	7	253.51	5.11	5.12	5.14	26.163	11.1	43.258	
2		256.94	7	256.06	5.13	5.07	5.14	26.009	11.4	44.680	
3		253.33	7	253.35	5.12	5.12	5.14	26.214	12.1	47.052	44.993
4		256.21	14	254.65	5.12	5.13	5.19	26.266	40.2	156.016	
5		258.83	14	258.43	5.08	5.10	5.16	25.908	48.0	188.859	
6		258.76	14	259.81	5.12	5.08	5.09	26.010	33.2	130.117	158.331
7		255.72	28	261.13	5.07	5.09	5.15	25.806	46.5	183.678	
8		255.78	28	261.37	5.06	5.07	5.15	25.654	43.2	171.655	
9		254.28	28	258.94	5.08	5.04	5.19	25.603	44.9	178.765	178.033

ตารางบันทึกข้อมูลการทดสอบแรงอัดมอร์ต้า

ท.ย. ที่	ปริมาตรวัสดุ	กลุ่มที่	UTK	อายุ การทดสอบ (วัน)	วันเดือนปี ทดสอบ	นน. หลังถอด แบบ 1 วัน (กรัม)	นน. ก่อน การทดสอบ (กรัม)	ขนาดมอร์ต้า			พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ซม.)	พื้นที่ UTK (ตร.ซม.)	พื้นที่ รับแรง (ตร.ซม.)	แรงอัด เฉลี่ย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัด (กก./ซม. ²)	ค่าเฉลี่ย กำลังอัด (กก./ซม. ²)
								กว้าง	ยาว	สูง						
	ปูนซีเมนต์	เท่ากับ	7.5	กิโลกรัม	ค่า W/C	เท่ากับ	1.270									
	มวลเบาและเกรนิต	เท่ากับ	20.62	กิโลกรัม	จำนวน	90	ตัวอย่าง									
	น้ำ	เท่ากับ	9.53	กิโลกรัม												
1	วันที่ หล่อแบบ มอร์ต้า	18 เม.ย 56		7	26 เม.ย. 56	213.65	193.17	5.01	5.00	5.22	25.050	0.000	25.050	20.3	82.607	
2				7		224.31	200.91	5.10	5.10	5.18	26.010	0.000	26.010	20.8	81.518	
3				7		214.58	192.24	5.06	5.05	5.15	25.553	0.000	25.553	20.3	80.981	81.702
4				14	3 พ.ค. 56	209.43	205.09	5.02	5.02	5.17	25.200	0.000	25.200	24.3	98.295	
5				14		211.74	219.25	5.12	5.13	5.28	26.266	0.000	26.266	21.3	82.665	
6				14		224.69	205.40	5.05	5.02	5.10	25.351	0.000	25.351	22.3	89.669	90.210
7				21	14 พ.ค. 56	209.35	197.13	5.04	5.03	5.17	25.351	0.000	25.351	28.3	113.794	
8				21		209.51	196.46	5.00	5.03	5.19	25.150	0.000	25.150	26.4	107.003	
9				21		212.31	197.88	5.00	5.01	5.13	25.050	0.000	25.050	31.4	127.777	116.191

ภาคผนวก ข.

ผลการทดสอบกำลังอัด
บริษัท เอ็มดี โปรซ์พพลายส์ จำกัด



FOR : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

PROJECT

TEST DATE June 27, 2013

SAMPLE CUBE

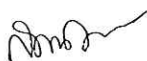
REF NO.

COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE

Diameter	Height	Weight	Ultimate Load	Compressive Strength	Remark
cm	cm	kg	kg	ksc	
15.14	15.28	5.738	28800	124.49	2/28
15.04	15.28	5.749	28600	124.45	2/28
15.18	15.30	5.831	27600	118.84	2/28
15.06	15.26	5.766	29000	126.19	2/28
15.06	15.24	5.771	30000	130.71	2/28
15.08	15.00	5.726	28800	127.32	2/28
15.10	15.54	5.817	27800	118.47	2/28
15.10	15.28	5.700	30000	130.02	2/28
15.16	15.20	5.721	28400	123.25	2/28
15.14	15.24	5.733	29400	127.42	2/28
15.18	15.28	5.754	29800	128.48	2/28
15.15	15.22	5.720	26400	114.49	2/28
15.10	15.32	5.668	27000	116.72	2/28
15.10	15.30	5.166	29600	128.12	1/7
15.20	15.32	5.657	33000	141.71	1/28

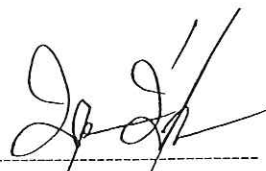
--End of Report--

Calibrated by :



Sarawut Youngmanee
Calibration Officer

Approved by :



Narumol Pankaew
Quality Manager