



การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตอิฐบล็อกควมทอน

AN APPROPRIATE COMBINATION OF CEMENT BLOCK
MATERIALS TO REDUCE COSTS IN MANUFACTURING PROCESS

นายพงศ์พิพัฒน์ ภิังการวัฒน์

รหัส 53361320

นายศักดิ์ดากร ศรีวงษา

รหัส 53361566

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ.....1.9.ก.พ. 2557.....
เลขทะเบียน.....16499430.....
เลขเรียกหนังสือ.....15.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร W/33 ๓

2556

บริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2556



ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิต
อิฐบล็อกตัวหนอน

ผู้ดำเนินโครงการ นายพงศ์พิพัฒน์ ภัทการวัฒน์ รหัสนิสิต 53361320
นายศักดิ์ดากร ศรีวงษา รหัสนิสิต 53361566

ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์กานต์ สี่วัฒนายิ่งยง

ที่ปรึกษาร่วมโครงการ ดร.ทศพล ตริรุจิราภาพงศ์

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงการ
(อาจารย์กานต์ สี่วัฒนายิ่งยง)

.....ที่ปรึกษาร่วมโครงการ
(ดร.ทศพล ตริรุจิราภาพงศ์)

.....กรรมการ
(ดร.โพธิ์งาม สมกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

ชื่อหัวข้อโครงการ การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิต
อิฐบล็อกตัวหนอน
ผู้ดำเนินโครงการ นายพงศ์พิพัฒน์ ภิงคารวัฒน์ รหัสนิสิต 53361377
นายศักดิ์ดากร ศรีวงษา รหัสนิสิต 53361566
ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์กานต์ ลีวัฒนายิ่งยง
ที่ปรึกษาร่วมโครงการ ดร.ทศพล ตริรุจิราภาพงศ์
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา 2556



บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาค้นคว้าที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน ของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ปูน โดยผู้ดำเนินโครงการได้ทำการศึกษาระบบการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน พบว่า มีปูนเป็นส่วนผสมหลัก ซึ่งปูนมีราคาแพงทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงขึ้นไปด้วย ดังนั้น ผู้ดำเนินโครงการจึงเกิดแนวความคิดที่จะลดต้นทุนในกระบวนการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน โดยจะลดส่วนผสมปูน และเพิ่มส่วนผสมอื่นแทน แต่ยังคงค่าความแข็งแรงตามที่โรงงานต้องการ

ผู้ดำเนินโครงการได้แบ่งแนวทางการลดปูนออกเป็น 3 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1 ลดปูนเพิ่มทราย หินคงที่ น้ำคงที่ แนวทางที่ 2 ลดปูนเพิ่มหิน ทรายคงที่ น้ำคงที่ และแนวทางที่ 3 ลดปูนเพิ่มซีเมนต์แกลบ หินคงที่ ทรายคงที่ น้ำคงที่ จากนั้นได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ครั้ง ดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1 ผู้ดำเนินโครงการได้ทำการลดปูนในแต่ละแนวทาง ครั้งละ 0.05 พบว่าแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 3 สามารถลดส่วนผสมปูนได้มากที่สุดที่ 0.2 แต่แนวทางที่ 2 ไม่สามารถลดส่วนผสมปูนได้เลย จากนั้น ผู้ดำเนินโครงการจึงนำแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 3 ทำการทดลองครั้งที่ 2

การทดลองครั้งที่ 2 ผู้ดำเนินโครงการได้นำส่วนผสมที่ลดปูน 0.2 ของแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 3 มาทำการทดลองซ้ำ และบ่มเปียกที่ระยะเวลา 21 และ 28 วัน ทดสอบค่าความแข็งแรงเพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงระหว่างส่วนผสมดังกล่าวกับค่าความแข็งแรงส่วนผสมเดิมของโรงงาน พบว่า ค่าความแข็งแรงของแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 3 ระยะเวลาการบ่มเปียก 28 วัน ไม่แตกต่างกับค่าความแข็งแรงส่วนผสมเดิมของโรงงานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดลองครั้งที่ 3 นำส่วนผสมที่ลดปูน 0.2 ของแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 3 ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน ที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 มาทำการทดลองจริงที่โรงงาน เพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงระหว่างส่วนผสมดังกล่าวกับค่าความแข็งแรงส่วนผสมเดิมของโรงงาน พบว่า ค่าความแข็งแรงของแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 3 ระยะเวลากการบ่มเปียก 28 วัน ไม่แตกต่างกับค่าความแข็งแรงส่วนผสมเดิมของโรงงานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งทางโรงงานเลือกใช้ส่วนผสมแนวทางที่ 1 คือลดปูน 0.2 เพิ่มทราย 0.2 (ปูน 0.8 : ทราย 2.34 : หิน 3.38 : น้ำ 0.4) เพราะแนวทางที่ 3 ชี้แก้ว แกลบหายากไม่มีแหล่งขายที่แน่นอน

บทสรุปจากการดำเนินโครงการ ได้อิฐบล็อกตัวหนอนจากส่วนผสมใหม่ที่มีค่าความแข็งแรงไม่แตกต่างจากค่าความแข็งแรงส่วนผสมเดิมของโรงงานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และยังสามารถลดต้นทุนในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอนจากต้นทุนเดิมก้อนละ 2.04 บาทต่อก้อน ลดเหลือก้อนละ 1.82 บาทต่อก้อน คิดเป็นร้อยละ 10.8



กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินโครงการนี้ ผู้ดำเนินโครงการขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์กานต์ สี่วัฒนายิ่งยง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงการ ดร.ทศพล ตริรุจิราภาพงส์ อาจารย์ประเทือง โมรราราย และรองหัวหน้าฝ่ายผลิตโรงงานทางหุ้นส่วน ซี พี แอล เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ และข้อคิดต่างๆ ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการดำเนินโครงการ จนสำเร็จลุล่วงออกมาเป็นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ทำให้ได้มีโอกาสในการดำเนินโครงการนี้

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้อง ผู้ที่มีพระคุณยิ่ง ที่ให้การสนับสนุนส่งเสริมในด้านการศึกษา และเพื่อนร่วมรุ่น ที่ได้ให้ความรัก ให้การสนับสนุน เป็นกำลังใจที่ดี และคอยเคียงข้างเสมอมา ทำให้ผู้ดำเนินโครงการประสบผลสำเร็จในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้ดำเนินโครงการ

นายพงศ์พิพัฒน์ ภังคารวัฒน์

นายศักดิ์ดากร ศรีวงษา

พฤศจิกายน 2556

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
นิยามศัพท์.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน.....	1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ.....	1
1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงการ.....	2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงการ.....	2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ.....	2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ.....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....	3
2.1 การทำอิฐบล็อกตัวหนอน.....	3
2.1.1 อุปกรณ์ในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน.....	3
2.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน.....	6
2.1.3 อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อวัตถุดิบของอิฐบล็อกตัวหนอน.....	7
2.1.4 การบ่มเปียก.....	7
2.2 ซีเมนต์กลบ.....	8
2.3 การทดสอบสมมติฐาน.....	8
2.3.1 สมมติฐานหลัก.....	9
2.3.2 สมมติฐานรอง.....	9
2.3.3 ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน.....	10
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการงาน	13
3.1 ศึกษาข้อมูล	15
3.2 กำหนดแนวทางในการทดลอง	15
3.3 ดำเนินการทดลอง.....	15
3.3.1 การทดลองที่ 1	15
3.3.2 การทดลองที่ 2	18
3.3.3 การทดลองที่ 3	19
3.4 การวิเคราะห์ต้นทุน	20
3.5 สรุปผลการทดลอง.....	20
3.6 จัดทำรูปเล่มโครงการงาน.....	20
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	21
4.1 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง ครั้งที่ 1	21
4.1.1 แนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38: 0.40)	21
4.1.2 แนวทางที่ 1 ข้อ 1.2 : ลดปูน 0.25 เพิ่มทราย 0.25 (0.75 : 2.39 : 3.38 : 0.40).....	22
4.1.3 แนวทางที่ 2 ข้อ 2.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มหิน 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.58: 0.40)	23
4.1.4 แนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์กลับ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38: 0.40 : 0.20).....	23
4.1.5 แนวทางที่ 3 ข้อ 3.2 : ลดปูน 0.25 เพิ่มซีเมนต์กลับ 0.25 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.25).....	24
4.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง ครั้งที่ 2	25
4.2.1 ค่าความแข็งที่จากการทดลองครั้งที่ 2 และค่าทางสถิติ.....	25
4.2.2 ทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งเฉลี่ยของส่วนผสม แนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะการบ่มเป็ยก 21 วัน กับค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน	27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.3 เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 1	
ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะการบ่มเบียด 28 วัน กับค่าความแข็งแรงส่วนผสมเดิมของโรงงาน	28
4.2.4 เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 3	
ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะการบ่มเบียด 21 วัน กับค่าความแข็งแรงส่วนผสมเดิมของโรงงาน	29
4.2.5 เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 3	
ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะการบ่มเบียด 28 วัน กับค่าความแข็งแรงส่วนผสมเดิมของโรงงาน	31
4.3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองครั้งที่ 3	32
4.3.1 แนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ทดลองจริงในโรงงาน	32
4.3.2 แนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ทดลองจริงในโรงงาน	35
4.4 การวิเคราะห์ต้นทุน	38
4.5 ใบรับรองการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิต อิฐบล็อกตัวหนอน	39
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	40
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ	40
5.1.1 ผลการทดลองครั้งที่ 1	40
5.1.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2	40
5.1.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3	41
5.1.4 การวิเคราะห์ต้นทุน	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก ก ตัวอย่างใบแสดงค่าความแข็งแรงจากเครื่องทดสอบค่าความแข็งแรง	43
ภาคผนวก ข ใบรับรองการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการลดต้นทุนการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน	45

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ.....	2
3.1 ตารางแสดงแนวทางการลดส่วนผสมปูนในการทดลองครั้งที่ 1	16
3.2 ตารางแสดงค่าความแข็งแรงส่วนผสมของแต่ละแนวทางที่ระยะการบ่มเปียก 21 วัน และ 28 วัน ..	18
3.3 ตารางแสดงค่าความแข็งแรงที่ระยะการบ่มเปียก 21 วัน และ 28 วัน	20
4.1 ตารางแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 แนวทางที่ 1	21
4.2 ตารางแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 แนวทางที่ 2	23
4.3 ตารางแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 แนวทางที่ 3.....	24
4.4 ตารางแสดงค่าความแข็งแรงส่วนผสมเดิมของโรงงาน	26
4.5 ตารางแสดงค่าความแข็งแรงส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ระยะการบ่มเปียก 21 และ 28 วัน.....	26
4.6 ตารางแสดงค่าความแข็งแรงส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ระยะการบ่มเปียก 21 และ 28 วัน.....	27
4.7 ตารางแสดงค่าความแข็งแรงส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ทดลองจริงในโรงงานที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน	34
4.8 ตารางแสดงค่าความแข็งแรงส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ทดลองจริงในโรงงานที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน	35
4.9 ตารางสรุปการทดสอบสมมติฐาน	37
4.10 ตารางเปรียบเทียบต้นทุนส่วนผสมโรงงานกับส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40).....	38

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 อิฐบล็อกหัวนอน	3
2.2 โม่ผสมปูน.....	4
2.3 เครื่องอัดอิฐบล็อก	4
2.4 เครื่องซั้ง.....	4
2.5 สายพานลำเลียง	5
2.6 แม่พิมพ์อิฐบล็อก.....	5
2.7 ถัง	5
2.8 เครื่องทดสอบความแข็ง.....	6
2.9 กราฟแสดงระยะเวลาการบ่มและค่ากำลังอัด.....	8
2.10 กอซี้เข้าแกลบ.....	8
2.11 เขตวิกฤตสมมติฐานทางเดียว $H_1 : \mu > \mu_0$	9
2.12 เขตวิกฤตสมมติฐานทางเดียว $H_1 : \mu < \mu_0$	9
2.13 เขตวิกฤตสมมติฐานสองทาง $H_1 : \mu < \mu_0$	10
3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ.....	13
3.2 ปูน หิน ทราย และน้ำที่ซังน้ำหนักแล้ว	16
3.3 การผสม	17
3.4 การอัดขึ้นรูป	17
3.5 การแกะแบบแม่พิมพ์	17
3.6 การบ่มเบียด	18
4.1 รูปอิฐบล็อกแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40).....	22
4.2 รูปอิฐบล็อกแนวทางที่ 1 ข้อ 1.2 : ลดปูน 0.25 เพิ่มทราย 0.25 (0.75 : 2.39 : 3.38 : 0.40).....	22
4.3 รูปอิฐบล็อกแนวทางที่ 2 ข้อ 2.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มหิน 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.58 : 0.40).....	23
4.4 รูปอิฐบล็อกแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซี้เข้าแกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20).....	24
4.5 รูปอิฐบล็อกแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.25 เพิ่มซี้เข้าแกลบ 0.25 (0.75 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.25).....	25

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 รูปตัวอย่างอิฐบล็อกตัวหนอนส่วนผสมของโรงงาน	33
4.7 รูปตัวอย่างอิฐบล็อกตัวหนอนของส่วนผสมที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40).....	33
4.8 รูปตัวอย่างอิฐบล็อกตัวหนอนของแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์กลับ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20).....	35
4.9 ใบรับรองการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิต อิฐบล็อกตัวหนอน.....	38



นียมศัพท์

ลดปูน 0.05	หมายถึง ลดปูนร้อยละ 5 ของส่วนผสมเดิมของโรงงาน
ลดปูน 0.20	หมายถึง ลดปูนร้อยละ 20 ของส่วนผสมเดิมของโรงงาน
เพิ่มทราย 0.20	หมายถึง เพิ่มทรายร้อยละ 20 ของส่วนผสมเดิมของโรงงาน
เพิ่มหิน 0.20	หมายถึง เพิ่มหินร้อยละ 20 ของส่วนผสมเดิมของโรงงาน
เพิ่มซีเมนต์ 0.20	หมายถึง เพิ่มซีเมนต์ร้อยละ 20 ของส่วนผสมเดิมของโรงงาน
ค่าความแข็ง	หมายถึง ค่าความต้านทานแรงอัด
(0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40)	หมายถึง (ปูน 0.80 : ทราย 2.34 : หิน 3.38 : น้ำ 0.40)
(0.80 : 2.14 : 3.58 : 0.40)	หมายถึง (ปูน 0.80 : ทราย 2.14 : หิน 3.58 : น้ำ 0.40)
(0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20)	หมายถึง (ปูน 0.80 : ทราย 2.14 : หิน 3.58 : น้ำ 0.40 : ซีเมนต์ 0.20)



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีการแข่งขันกันมากยิ่งขึ้น ทั้งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ขนาดกลาง ขนาดเล็ก จะต้องมีการปรับตัว และพัฒนาปรับปรุงตนเองอยู่ตลอดเวลา เพื่อความได้เปรียบทางธุรกิจ และเพื่อให้มีความสามารถในการแข่งขันกับคู่แข่งในด้านการตลาดสูงขึ้น โดยโรงงานผสมปูนก็เป็นโรงงานหนึ่งที่ต้องมีการปรับปรุง และพัฒนาตนเองอยู่ตลอดเวลา ปูนเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการก่อสร้าง และใช้ในกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งในโรงงานผสมปูนจะเสียค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อปูนจากโรงงานผลิตปูนเป็นจำนวนมาก ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซี พี แอล เป็นโรงงานผสมปูนขนาดใหญ่ตั้งอยู่ที่จังหวัดพิษณุโลก มีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย ซึ่งทางโรงงานก็เสียค่าใช้จ่ายในการซื้อปูน เพื่อใช้ในการผลิตจำนวนมาก อิฐบล็อกตัวหนอนเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ทางห้างหุ้นส่วนจำกัด ซี พี แอล มีการผลิตอย่างต่อเนื่อง และการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอนก็มีวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิต คือ ปูน โดยนำปูนมาผสมกับทราย หิน น้ำ ในการผสมจะต้องใช้ส่วนผสมของวัตถุดิบที่เหมาะสมมาผสมกัน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และค่าความแข็งแรงตามที่ต้องการ ดังนั้น ทางผู้ดำเนินโครงการจึงมีความคิดที่จะลดต้นทุนการผลิต โดยลดปริมาณปูนในกระบวนการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน และยังคงให้ค่าความแข็งแรง และคุณภาพเท่าเดิม โดยใช้วิธีการทางสถิติมาช่วยหาส่วนผสมใหม่ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ คือ ส่วนผสมใหม่ที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน โดยลดปริมาณปูนแต่มีค่าความแข็งแรงตามที่โรงงานกำหนด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงส่วนผสมที่สามารถทำให้ลดต้นทุนในกระบวนการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ได้ส่วนผสมที่สามารถลดต้นทุนในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcomes)

1.4.1 อิฐบล็อกตัวหนอนจากส่วนผสมใหม่ ที่มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยไม่แตกต่างจากค่าความแข็งแรงส่วนผสมเดิมของโรงงานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.4.2 สามารถลดต้นทุนในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน

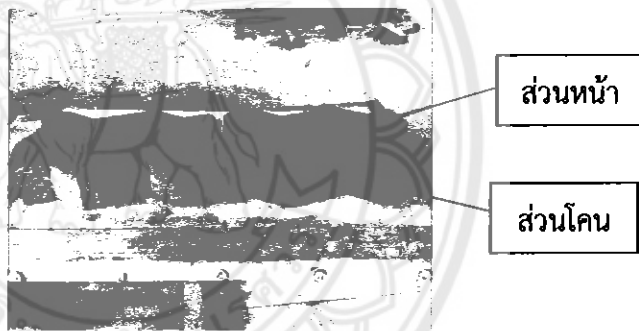
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

ในการดำเนินโครงการการศึกษาส่วนผสมเพื่อลดต้นทุนการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน ของทาง
หุ้นส่วนจำกัด ซี พี แอล ประกอบด้วยหลักการและทฤษฎีหลายเรื่องด้วยกัน ซึ่งผู้ดำเนินโครงการได้
อธิบายรายละเอียดไว้ ดังต่อไปนี้

2.1 การทำอิฐบล็อกตัวหนอน

อิฐบล็อกตัวหนอน มี 2 ส่วน คือ ส่วนหน้า และส่วนโคน ส่วนหน้าทำจากส่วนผสมระหว่าง
ปูนซีเมนต์กับทราย และน้ำ ส่วนโคนทำจากส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับหิน ทราย และน้ำ อิฐ
บล็อกตัวหนอน สามารถรับแรงอัดได้สูง จึงเป็นที่นิยมใช้ในการปูพื้น ปูทางเดินเท้า และปูพื้นถนน
การปูอิฐบล็อกทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว แสดงดังรูปที่ 2.1 ซึ่งขั้นตอนในการผลิตอิฐบล็อกตัว
หนอนมี ดังนี้



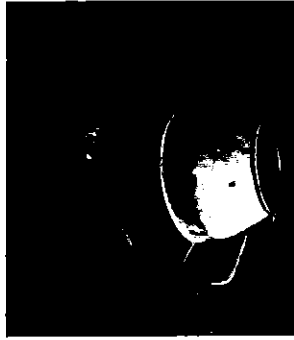
รูปที่ 2.1 อิฐบล็อกตัวหนอน

2.1.1 อุปกรณ์ในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน

ในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอนมีอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1.1.1 โม่ผสมปูน

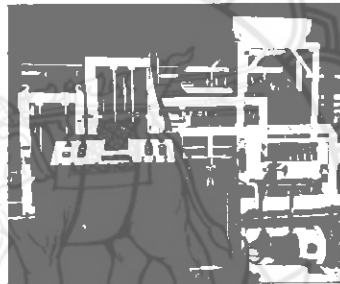
โม่ผสมปูน เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการผสมปูน มีลักษณะเป็นถังเหล็กทรงกลม ด้าน
ในจะมีเกลียวเพื่อคลุกเคล้าให้เข้าด้วยกันในส่วนผสมที่พอเหมาะ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเคลือบหรือ
หุ้มผิวของมวลรวมทั้งหมดด้วยซีเมนต์เพสต์ (ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำเรียกว่า ซีเมนต์เพสต์) และเพื่อผสม
ส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกัน อันจะส่งผลให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดี แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โม่ผสมปูน

2.1.1.2 เครื่องอัดอิฐบล็อก

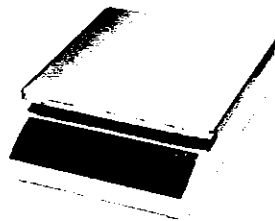
เครื่องอัดอิฐบล็อก เป็นเครื่องมือที่ใช้อัดอิฐบล็อก โดยใช้แรงอัดของไฮดรอลิก เพื่อให้ได้อิฐบล็อกเป็นรูปร่าง แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เครื่องอัดอิฐบล็อก

2.1.1.3 เครื่องชั่ง (Scales)

เครื่องชั่ง เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณน้ำหนักของวัตถุ โดยแบ่งตามโครงสร้างหลักทำงานได้ 2 ระบบ ได้แก่ ระบบกล และระบบไฟฟ้า ในโครงการ ผู้ดำเนินโครงการได้เลือกใช้ระบบไฟฟ้า (เครื่องชั่งดิจิตอล) เพราะมีความแม่นยำสูง แสดงดังรูปที่ 2.4

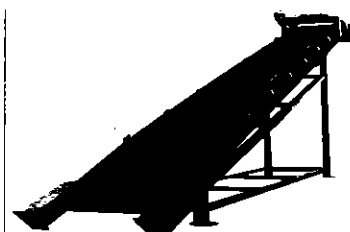


รูปที่ 2.4 เครื่องชั่ง

ที่มา : <http://www.dit.go.th/cbwm32/contentdet.asp?deptid=164&id=5858>

2.1.1.4 สายพานลำเลียง (Conveyor)

สายพานลำเลียง เป็นสายพานที่ใช้ขนส่งวัสดุจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยจะต้องมีตัวขับ และพูลเลย์ในการทำให้สายพานเคลื่อนที่ แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 สายพานลำเลียง

ที่มา : <http://www.cym1.com>

2.1.1.5 แม่พิมพ์อิฐบล็อก (Mold)

แม่พิมพ์อิฐบล็อก เป็นต้นแบบ หรือเข้าหล่อที่ใช้ล้อมรอบส่วนผสมเอาไว้ ขณะที่เครื่องอัดอิฐบล็อกส่งแรงอัดมายังแม่พิมพ์ ในที่นี้เป็นแม่พิมพ์จากโรงงานห้างหุ้นส่วนจำกัด ซี พี แอล ทำมาจากเหล็กหล่อเหนียว แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แม่พิมพ์อิฐบล็อก

2.1.1.6 ถัง (Tank)

ถัง เป็นภาชนะทำด้วยพลาสติกใช้ตัดก้นน้ำ หรือดวงสิ่งของ แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ถัง

ที่มา : <http://www.b2bthai.com>

2.1.1.7 เครื่องทดสอบความแข็ง (Hardness Tester)

เครื่องทดสอบความแข็ง เป็นเครื่องวัดความต้านทานของวัสดุ โดยค่าความแข็งจะคำนวณจากแรงกดที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิว โดยมีหน่วยกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในที่นี้ใช้เครื่องทดสอบความแข็งของภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เครื่องทดสอบความแข็ง ยี่ห้อ Toni Technik

2.1.2 วัสดุที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน

2.1.2.1 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ เป็นวัสดุเม็ดละเอียดของหินปูน เปลือกหอย หรือแร่ธาตุอื่น ที่มีลักษณะเป็นผง หรือฝุ่น เมื่อถูกน้ำจะมีลักษณะเหนียว สามารถปั้นได้ เมื่อแห้งจะแข็งตัวจับเป็นก้อนแข็ง ปูนซีเมนต์ที่ใช้จะเลือกใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เป็นปูนที่ใช้ในงานโครงสร้าง เสาคาน เช่น ปูนตราช้างแดง เป็นต้น

2.1.2.2 น้ำ

น้ำเป็นของเหลวเกิดจากการรวมตัวกันของก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซออกซิเจนในภาวะที่เหมาะสม หรือความหมายในลักษณะเป็นทรัพยากรธรรมชาติ หมายถึง สิ่งที่นำมาใช้อุปโภค บริโภค ชำระล้างร่างกาย ทั้งนี้เลือกใช้น้ำประปา

2.1.2.3 ทราย

ทรายเป็นหินแข็งที่แตกแยกออกมาจากหินใหญ่ โดยทรายจะแยกตัวออกมาได้เองตามธรรมชาติ ทรายมีขนาดระหว่าง 1/12 - 1/400 นิ้ว ถ้ามีขนาดเล็กกว่าจะมีสภาพเป็นฝุ่นทรายจะประกอบไปด้วยแร่ควอตซ์ หรือหินบะซอลต์ ทรายบก เกิดจากหินทรายที่แตกแยกชำรุดออกมาเป็นเม็ดทรายตามสภาพภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม และฝังจมอยู่ในพื้นดินเป็นแห่งๆ ทรายชนิดนี้จะมีดินซากพืช และซากสัตว์ปะปนอยู่ด้วย ในการใช้งาน จึงต้องนำทรายมาล้างแยกดิน ซากพืช และซากสัตว์ออกให้สะอาด ในการก่อสร้างทั่ว ๆ ไป ทรายแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

ก. ทรายหยาบ เป็นทรายที่มีเม็ดใหญ่ มีเหลี่ยมคม และแข็งแรงดีมาก เหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการความแข็งแรงมาก

ข. ทรายกลาง เป็นทรายที่มีขนาดเล็กกว่าทรายหยาบ เป็นทรายที่เหมาะสมสำหรับงานปูนทั่วไป เช่น งานก่ออิฐถือปูน พื้นบ้าน ทางเท้า

ค. ทรายละเอียด เป็นทรายที่มีขนาดเม็ดเล็กมาก เหมาะสำหรับงานปูนฉาบ

2.1.2.4 หิน

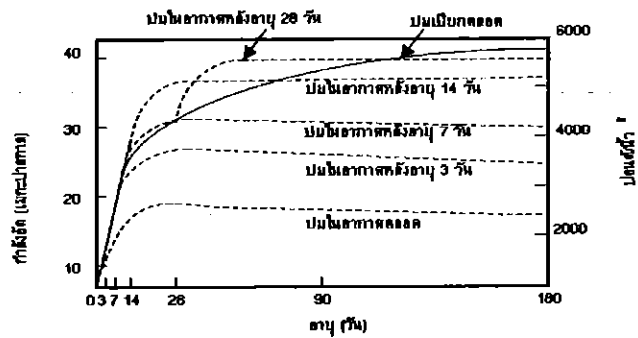
หินเป็นวัสดุก่อสร้างที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีความแข็งแรง ทนทาน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง โดยเฉพาะในงานก่อสร้าง นำหินมาใช้ประโยชน์ โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงสถานะทางธรรมชาติ คุณสมบัติของหินที่ใช้ในงานคอนกรีต มีความแข็งแรงดีพอ มีผิวขรุขระ มีเหลี่ยม เพื่อให้ส่วนผสมที่เป็นปูนซีเมนต์ยึดเกาะ และแทรกตัวอยู่ได้ ต้องมีความสะอาด มีขนาดใกล้เคียงกัน มีความคงทนต่อปฏิกิริยาเคมี ทนทานต่อการดูดซึบ และการสึกกร่อน ขนาดของหินที่ใช้ในงานก่อสร้างหินที่นำมาใช้กันมากในงานก่อสร้างได้แก่ หินปูน ทั้งนี้เพราะหาได้ง่าย และราคาถูก

2.1.3 อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อวัสดุหินของอิฐบล็อกตัวหนอน

อัตราส่วนผสมของวัสดุหินในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอนหาจากการทดลอง โดยส่วนใหญ่ แนะนำให้ผลิตใช้อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมประมาณ 1 : 6 ถึง 1 : 7 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของมวลรวมเป็นหลัก แต่อาจปรับอัตราส่วนด้วยตนเองได้ โดยการผสมปูนซีเมนต์กับวัสดุหินในอัตราส่วนที่ต่างกันไป เช่น ผลิตอิฐบล็อกด้วยอัตราส่วน 1 : 6, 1 : 7, 1 : 8 และ 1 : 9 โดยน้ำหนัก จำนวนสูตรละ 3 ก้อน แล้วทำการทดสอบความแข็ง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปูนซีเมนต์ที่ใช้ และความแข็งที่ได้ (สมเกียรติ ฉิมสร, 2553)

2.1.4 การบ่มเปียก

การบ่มเปียก เป็นการรักษาระดับปริมาณความชื้น และอุณหภูมิของคอนกรีต โดยเฉพาะในช่วงอายุเริ่มต้นของคอนกรีตให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม เพื่อลดการแตกร้าวของคอนกรีต และทำให้คอนกรีตมีกำลัง และความคงทนสูง ซึ่งการบ่มแบบเปียกจะมีค่าความแข็งที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ จากกราฟจะเห็นว่า การบ่มเปียกที่ 21 วัน และ 28 วัน มีค่าความแข็งที่ใกล้เคียงกัน แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 กราฟแสดงระยะเวลาการบ่มเปียก และค่ากำลังอัด

ที่มา : http://www.thaitca.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=107:2010-11-13-20-13-42&catid=48:journal07&Itemid=55

2.2 ซีเมนต์กลบ

ซีเมนต์กลบเป็นส่วนของเปลือกข้าวที่ถูกเผาไหม้ ซึ่งเมื่อเผาไหม้เสร็จจะมีสารประกอบซิลิกา (Silica, SiO_2) เป็นสารประกอบหลักอยู่ร้อยละ 95 มีความพรุน (Porosity) มาก น้ำหนักเบา มีพื้นที่ผิวมาก มีคุณสมบัติดูดซับความชื้น และสารเคมีได้ดี เหมาะสำหรับการนำมาพัฒนาทำเป็นวัสดุปอซโซลาน วัสดุปอซโซลาน (Pozzolan) เป็นสารผสมเพิ่มแบบแร่ธาตุ ซึ่งมีองค์ประกอบของธาตุที่สำคัญเหมือนปูนซีเมนต์ เช่น ซิลิกา (SiO_2) และอลูมินา (Al_2O_3) แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 กองซีเมนต์กลบ

ที่มา : ประชุม คำพุด (2553)

2.3 การทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐาน คือ ข้อเสนอพื้นฐาน หรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้ สำหรับเป็นพื้นฐานในการหาเหตุผลเป็นสิ่งที่ตั้งขึ้น เพื่อการพิสูจน์ให้เกิดการยอมรับ หรือปฏิเสธ ซึ่งการยอมรับหรือปฏิเสธจะเกิดจากผลของการสุ่มตัวอย่าง และการทดสอบสมมติฐาน ตามเกณฑ์ที่ตั้งขึ้น โดยการเก็บรวบรวมข้อมูล การทดลองหรือการวิจัย ซึ่งการทดสอบสมมติฐานจะต้องทำการเก็บข้อมูล เพื่อนำมาทดสอบโดยการเก็บข้อมูลนั้น บางครั้งก็ไม่สามารถเก็บได้เต็มหน่วยของประชากร ทำให้ต้องเก็บในลักษณะแบบสุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาทดสอบสมมติฐาน

2.3.1 สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis ; H_0)

เป็นสมมติฐานที่ทราบค่าแน่นอนมักจะเป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อต้องการการปฏิเสธ หากสิ่งที่สนใจหาคำตอบนั้นไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลง หรือหากไม่มีเหตุผล และหลักการไม่เพียงพอ ก็จะยอมรับสมมติฐานนี้

2.3.2 สมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis ; H_1)

เป็นสมมติฐานที่จัดตั้งขึ้นมา เพื่อให้ขัดแย้งกับสมมติฐานหลัก มักจะเป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อต้องการการยอมรับ ซึ่งสมมติฐานรองนี้มี 2 ลักษณะ คือ

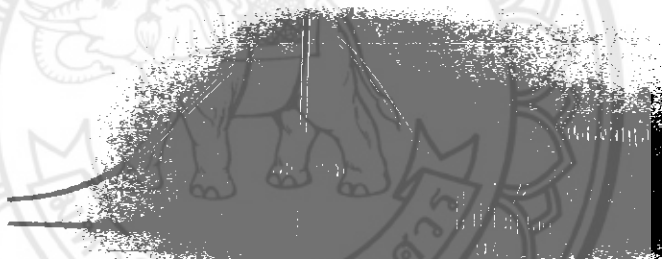
2.3.2.1 สมมติฐานรองแบบทางเดียวเป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นโดยกำหนดทิศทาง เช่น

$H_0 : \mu < 2200$ หรือ $H_1 : \mu > 2200$

2.3.2.2 สมมติฐานรองแบบสองทางเป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นโดยไม่กำหนดทิศทาง เช่น

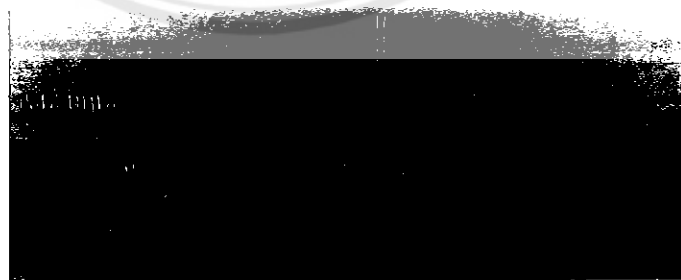
$H_1 : \mu \neq 2200$

สำหรับการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานจะยอมรับ H_0 เมื่อค่าตัวอย่างอยู่นอกขอบเขตวิกฤต และจะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่าตัวอย่างอยู่ในเขตวิกฤต โดยเขตวิกฤตมีลักษณะ ดังรูปที่ 2.11 - 2.13



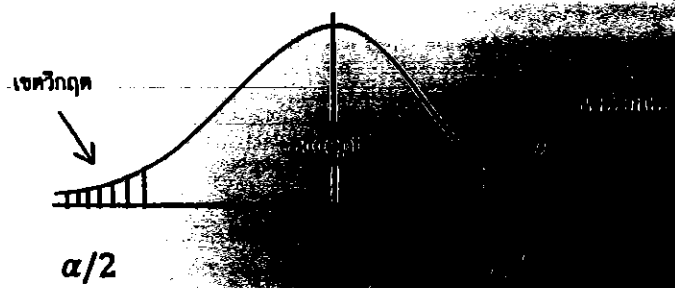
รูปที่ 2.11 เขตวิกฤตสมมติฐานทางเดียว $H_1 : \mu > \mu_0$

ที่มา : กานต์ ลีวัฒนายิ่งยง (2554)



รูปที่ 2.12 เขตวิกฤตสมมติฐานทางเดียว $H_1 : \mu < \mu_0$

ที่มา : กานต์ ลีวัฒนายิ่งยง (2554)



รูปที่ 2.13 เขตวิกฤตสมมติฐานสองทาง $H_1 : \mu \neq \mu_0$
ที่มา : กานต์ สีวิวัฒนาอังกษ (2554)

2.3.3 ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

2.3.3.1. ตั้งสมมติฐานหลัก (H_0)

2.3.3.2. ตั้งสมมติฐานรอง (H_1)

2.3.3.3. กำหนดระดับนัยสำคัญ

2.3.3.4. ทดสอบความแปรปรวน

ตั้งสมมติฐาน $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$

$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

$$F_{\text{คำนวณ}} = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

(2.2)

$$F_{\text{ตาราง}} = F_{\alpha, n_1-1, n_2-1}$$

เปรียบเทียบ $F_{\text{คำนวณ}}$ กับ $F_{\text{ตาราง}}$

ก. ถ้า $F_{\text{คำนวณ}} < F_{\text{ตาราง}}$ ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 แสดงว่า ความแปรปรวน

เท่ากัน $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ ใช้สมการที่ 2.3 และ 2.4 ในการทดสอบสมมติฐาน

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (2.3)$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (2.4)$$

ค่าองศาเสรี; $\nu = n_1 + n_2 - 2$

ข. ถ้า $F_{\text{คำนวณ}} > F_{\text{ตาราง}}$ จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 แสดงว่า ความแปรปรวนไม่เท่ากัน $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ ใช้สมการที่ 2.5 และ 2.6 ในการทดสอบสมมติฐาน

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (2.5)$$

$$v = \frac{\left[\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right]^2}{\frac{\left[\frac{s_1^2}{n_1}\right]^2}{n_1 - 1} + \frac{\left[\frac{s_2^2}{n_2}\right]^2}{n_2 - 1}} \quad (2.6)$$

2.3.3.5. กำหนดเขตวิกฤติที่ระดับนัยสำคัญ

2.3.3.6. คำนวณค่าสถิติ t จากสมการในข้อ 2.3 หรือ 2.5

2.3.3.7. เปรียบเทียบ $t_{\text{คำนวณ}}$ กับ $t_{\text{ตาราง}}$

ก. ถ้า $t_{\text{คำนวณ}}$ ตกอยู่ในเขตวิกฤติ ให้ปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

ข. ถ้า $t_{\text{คำนวณ}}$ ตกอยู่นอกเขตวิกฤติ ให้ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมเกียรติ ฉิมสร, 2553 การศึกษาอัตราส่วนผสมในการทำอิฐบล็อกประสานจากเศษทรายดำ มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์กับเศษทรายดำโดยน้ำหนักในการทำอิฐบล็อกประสานที่ได้ค่าความแข็งแรงตามมาตรฐาน 70 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร โดยใช้อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ต่อเศษทรายดำเท่ากับ 1 : 4, 1 : 6, 1 : 8, 1 : 10, 1 : 12 และ 1 : 14 ปริมาณน้ำเท่ากับร้อยละ 12 ของน้ำหนักส่วนผสมรวมระหว่างปูนซีเมนต์กับเศษทรายดำ และอายุการบ่มเท่ากับ 28 วัน จากนั้นนำไปทดสอบค่าความแข็งแรง

จากการทดลองพร้อมวิเคราะห์ผลสามารถสรุปผลวิจัยที่ระดับนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) พบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์กับเศษทรายดำ โดยน้ำหนักในการทำอิฐบล็อกประสานที่ดีที่สุดมีอัตราส่วนผสม 1 : 4 ให้ค่าความแข็งแรงเกินมาตรฐาน 70 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร เหมาะสำหรับชนิดรับน้ำหนัก และอัตราส่วนผสม 1 : 12 เหมาะสำหรับชนิดไม่รับน้ำหนัก ดังนั้นเศษทรายดำสามารถนำมาทำอิฐบล็อกประสานได้จึงเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้ง และเป็นการประหยัดทรัพยากรธรรมชาติที่นำมาใช้ทำอิฐบล็อกประสาน

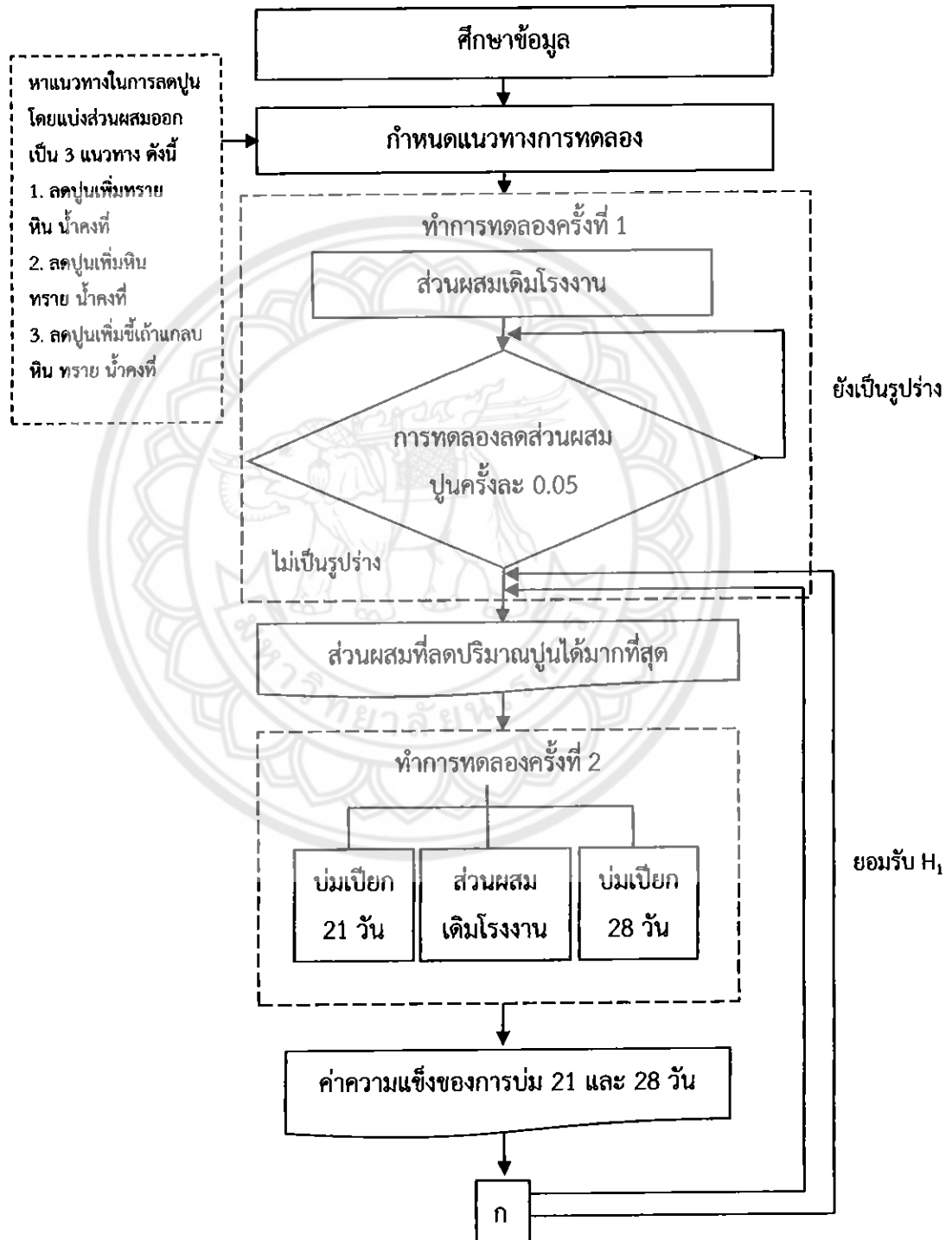
ประชุม คำพุ่ม, 2553 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของบล็อกมวลเบาผสมแก้วกลบที่ไม่เสริมแผ่นยางพารา และเสริมแผ่นยางพารา โดยการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่

1 การทดสอบสมบัติของบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบ โดยใช้อัตราส่วนเถ้าแกลบต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ $H/C = 0.63$, $H/C = 1.23$, $H/C = 1.83$, $H/C = 2.43$ และ $H/C = 3.03$ ตามลำดับขั้นตอนการขึ้นรูปตัวอย่างคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ขนาด $190 \times 390 \times 70$ มิลลิเมตร เพื่อเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม พบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดของก้อนตัวอย่างบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบ คือ อัตราส่วนเถ้าแกลบต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ $H/C = 1.83$ และ ขั้นตอนที่ 2 นำอัตราส่วนที่เหมาะสมในขั้นตอนที่ 1 ($H/C = 1.83$) มาทำการทดสอบเปรียบเทียบสมบัติต่างๆ ระหว่างบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบปกติ และบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบเสริมแผ่นยางพารา โดยทำการทดสอบความหนาแน่น, การดูดซึมน้ำ, การเปลี่ยนแปลงความยาว และความแข็ง ตามมาตรฐาน มอก. 58 - 2530 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก พบว่าบล็อกคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบเสริมแผ่นยางพารามีค่าความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และความแข็งใกล้เคียงกับบล็อกคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบที่ไม่เสริมแผ่นยางพารา

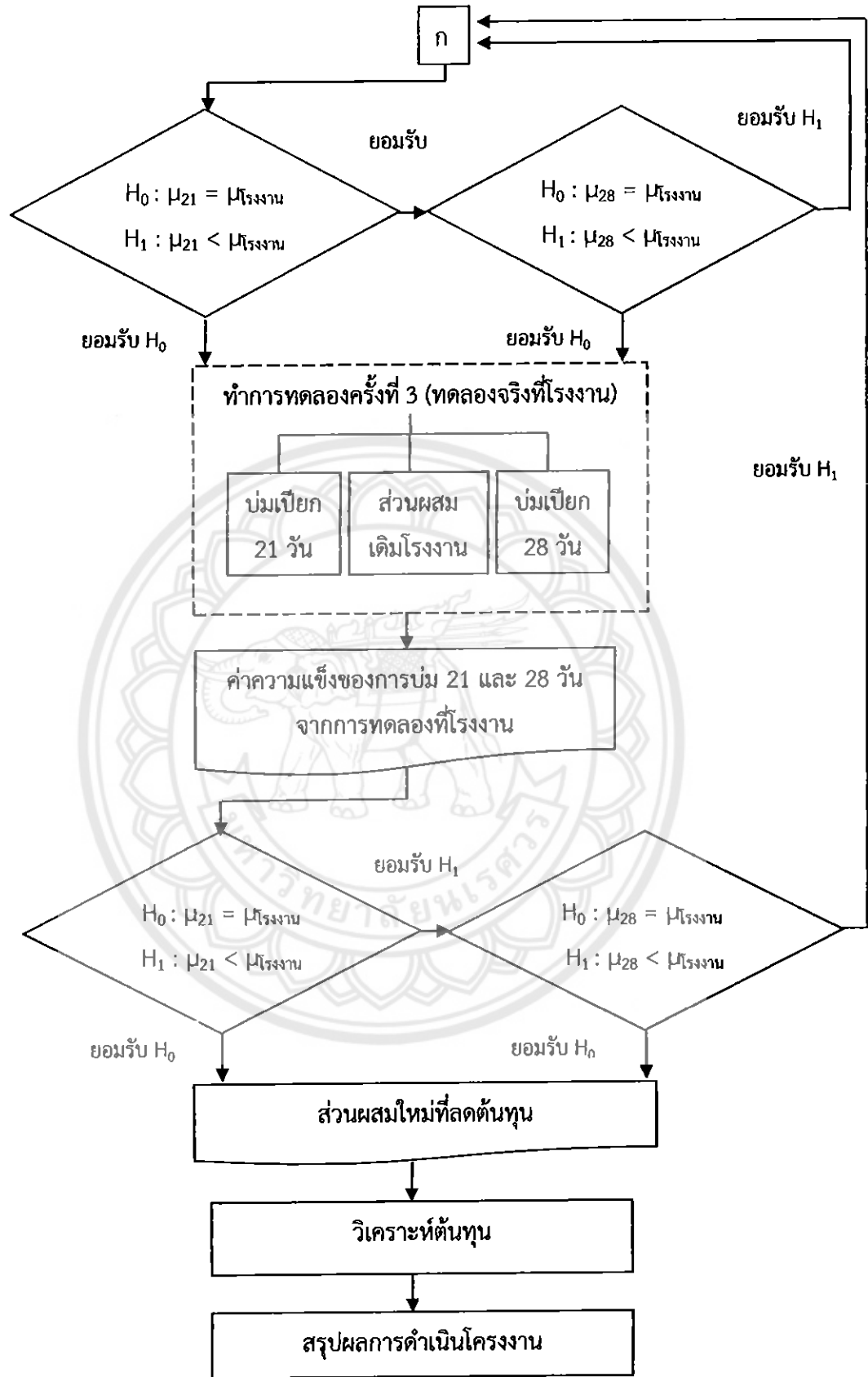


บทที่ 3 วิธีดำเนินการโครงการ

การดำเนินการโครงการ ผู้ดำเนินโครงการได้กำหนดขั้นตอน และระเบียบวิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงการดังแผนผังที่แสดงดังรูปที่ 3.1 พร้อมทั้งรายละเอียดในการดำเนินการโครงการ ดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการโครงการ



รูปที่ 3.1 (ต่อ) แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ
จากรูปที่ 3.1 ผังขั้นตอนการดำเนินโครงการสามารถอธิบายได้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ศึกษาข้อมูล

การดำเนินโครงการ ผู้ดำเนินโครงการได้ทำการศึกษา และรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการเพื่อให้เกิดความเข้าใจ และมีแนวทางในการดำเนินโครงการ ซึ่งได้มีการรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ในการดำเนินโครงการนั้น ผู้ดำเนินโครงการมีความสนใจที่จะลดต้นทุนในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน จึงได้ทำการศึกษา พบว่า อิฐบล็อกตัวหนอนมี 2 ส่วน คือ ส่วนหน้า และส่วนโคน ที่ส่วนโคนจะใช้ปริมาณปูนมากกว่าส่วนหน้า ดังนั้น ทางผู้ดำเนินโครงการเข้าไปศึกษาในส่วนโคน เพื่อหาสาเหตุ ลักษณะ และวิธีการแก้ไขที่สามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน จากนั้นผู้ดำเนินโครงการได้ทำการทดสอบตัวอย่างชิ้นงานขึ้นมา เพื่อทำการศึกษาในส่วนของอุปกรณ์ขั้นตอนการผลิต รวมถึงการออกแบบส่วนผสม และนอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบหาค่าความแข็งเพื่อใช้เป็นแนวทางในการทดลอง

3.2 กำหนดแนวทางในการทดลอง

เนื่องจากส่วนผสมในกระบวนการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน มีส่วนผสมหลัก คือ ปูน ทราย หิน และน้ำ ซึ่งปูนมีราคาแพงทำให้เกิดต้นทุนในการผลิตสูง ดังนั้น ผู้ดำเนินโครงการได้เกิดแนวคิดที่จะลดต้นทุนในกระบวนการผลิต โดยลดปริมาณปูนในส่วนผสม แต่ยังคงมีค่าความแข็งแรงไม่แตกต่างจากส่วนผสมเดิมของโรงงาน ในขั้นตอนนี้ผู้ดำเนินโครงการได้กำหนดปัจจัยที่สนใจศึกษา โดยคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็ง และสามารถลดต้นทุนได้นั้น คือ ปริมาณปูนที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน ซึ่งปัจจัยตอบสนอง คือ ค่าความแข็ง และลดต้นทุนในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน โดยในการทดลองนั้น ผู้ดำเนินโครงการได้หาแนวทางในการลดปูน โดยแบ่งส่วนผสมออกเป็น 3 แนวทาง ดังนี้

3.2.1 ลดปูนเพิ่มทราย หิน น้ำคงที่

3.2.2 ลดปูนเพิ่มหิน ทราย น้ำคงที่

3.2.3 ลดปูนเพิ่มซีเมนต์กลบ หิน ทราย น้ำคงที่

3.3 ดำเนินการทดลอง

ในการดำเนินการทดลองนั้นทางผู้ดำเนินโครงการแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ครั้งด้วยกัน

3.3.1 การทดลองครั้งที่ 1

ผู้ดำเนินโครงการได้ทำการทดลองลดปริมาณปูนจากส่วนผสมเดิมของโรงงาน คือ ปูน : ทราย : หิน : น้ำ (1 : 2.14 : 3.38 : 0.4) โดยลดปูนครั้งแรก 0.2 จากนั้นทำการลดปูนครั้งละ 0.05 โดยปรับส่วนผสมอื่นๆ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงแนวทางการลดส่วนผสมปูนในการทดลองครั้งที่ 1

แนวทาง	อัตราส่วนผสม					จำนวน (ก้อน)
	ปูน	ทราย	หิน	น้ำ	ซีเมนต์	
ส่วนผสมเดิมของโรงงาน	1	2.14	3.38	0.4	-	
1. แนวทางที่ 1 ลดปูนเพิ่มทราย						
1.1 ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20	0.80	2.34	3.38	0.4	-	3
1.2 ลดปูน 0.25 เพิ่มทราย 0.25	0.75	2.39	3.38	0.4	-	3
1.3 ลดปูน 0.30 เพิ่มทราย 0.30	0.70	2.44	3.38	0.4	-	3
1.4 ลดปูน 0.35 เพิ่มทราย 0.35	0.65	2.49	3.38	0.4	-	3
1.5 ลดปูน 0.40 เพิ่มทราย 0.40	0.60	2.54	3.38	0.4	-	3
2. แนวทางที่ 2 ลดปูนเพิ่มหิน						
2.1 ลดปูน 0.20 เพิ่มหิน 0.20	0.80	2.14	3.58	0.4	-	3
2.2 ลดปูน 0.25 เพิ่มหิน 0.25	0.75	2.14	3.63	0.4	-	3
2.3 ลดปูน 0.30 เพิ่มหิน 0.30	0.70	2.14	3.68	0.4	-	3
2.4 ลดปูน 0.35 เพิ่มหิน 0.35	0.65	2.14	3.73	0.4	-	3
2.5 ลดปูน 0.40 เพิ่มหิน 0.40	0.60	2.14	3.78	0.4	-	3
3. แนวทางที่ 3 ลดปูนเพิ่มซีเมนต์กลับ						
3.1 ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20	0.80	2.14	3.38	0.4	0.2	3
3.2 ลดปูน 0.25 เพิ่มซีเมนต์ 0.25	0.75	2.14	3.38	0.4	0.25	3
3.3 ลดปูน 0.30 เพิ่มซีเมนต์ 0.30	0.70	2.14	3.38	0.4	0.3	3
3.4 ลดปูน 0.35 เพิ่มซีเมนต์ 0.35	0.65	2.14	3.38	0.4	0.35	3
3.5 ลดปูน 0.40 เพิ่มซีเมนต์ 0.40	0.60	2.14	3.38	0.4	0.4	3

3.3.1.1 ขั้นตอนในการทดลองครั้งที่ 1

ก. ชั่งน้ำหนัก ปูน หิน ทราย และน้ำ ตามส่วนผสมในตารางที่ 3.1 ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ปูน หิน ทราย และน้ำที่ชั่งน้ำหนักแล้ว

ข. เทส่วนผสมปูน หิน ทราย และน้ำ ลงโม้ผสม แล้วผสมให้เข้ากัน ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การผสม

ค. เทส่วนผสมลงถังแล้ว นำไปเทใส่แม่พิมพ์อิฐบล็อก แสดงดังรูปที่ 3.4

ง. ใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก อัดได้สูงสุด 5000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร อัดแน่นด้วยแรง 1500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การอัดขึ้นรูป

จ. แกะแบบแม่พิมพ์อิฐบล็อก แล้วทิ้งไว้ 1 วัน แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การแกะแบบแม่พิมพ์

ฉ. เลือกแนวทางและส่วนผสมที่ลดปูนได้มากที่สุด โดยสังเกตรูปลักษณะ และ ความเรียบของผิวอิฐบล็อก

จากการทดลองครั้งที่ 1 นี้ จะทำให้เราได้ส่วนผสมของแต่ละแนวทางที่ลด ส่วนผสมปูนได้มากที่สุดที่เป็นไปได้

3.3.2 การทดลองครั้งที่ 2

ในการทดลองครั้งที่ 2 นี้ ผู้ดำเนินโครงการจะทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบว่าค่าความ แข็งเฉลี่ยของส่วนผสมแต่ละแนวทางที่ลดส่วนผสมปูนได้มากที่สุดที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 1 มีค่า ความแข็งแตกต่างกับค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงานหรือไม่ มีขั้นตอนในการทดลองดังนี้

3.3.2.1 นำส่วนผสมใหม่ที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 1 มาทำการทดลองซ้ำ ส่วนผสมละ 12 ก้อน

3.3.2.2 ทำซ้ำในขั้นตอนการทดลองครั้งที่ 1 ดังข้อที่ ก-ฉ

3.3.2.3 นำอิฐบล็อกไปทำการบ่มเปียกที่ระยะเวลา 21 วัน 6 ก้อน และ 28 วัน 6 ก้อน ที่ ทำการทดลอง 6 ก้อน เพราะวัตถุดิบที่นำมาจากโรงงานมีจำกัด ดังนั้นทางผู้ดำเนินโครงการจึงทำการ ทดลองเพียง 6 ก้อน



รูปที่ 3.6 การบ่มเปียก

3.3.2.4 ทำการทดสอบค่าความแข็งด้วยเครื่องทดสอบ และบันทึกค่าความแข็งลงใน ตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงค่าความแข็งส่วนผสมของแต่ละแนวทางที่ลดปูนได้มากที่สุด ที่ระยะเวลาการบ่มเปียก 21 และ 28 วัน

ระยะเวลา การบ่ม (วัน)	ค่าความแข็ง (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)					
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ก้อนที่ 4	ก้อนที่ 5	ก้อนที่ 6
21						
28						

3.3.2.5 นำค่าความแข็งไปทดสอบสมมติฐาน ดังต่อไปนี้

ก. เปรียบเทียบค่าความแข็งของส่วนผสมที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 แนวทางที่ 1, 2 และ 3 ที่ระยะการบ่มเปียก 21 วัน กับค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน

$$H_0: \mu_{\text{โรงงาน}} = \mu_{14}$$

$$H_1: \mu_{\text{โรงงาน}} > \mu_{14}$$

ถ้ายอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 นั่นคือ ค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงานไม่แตกต่างกับค่าความแข็งของส่วนผสมที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 ที่ระยะการบ่มเปียก 21 วัน ดังนั้นส่วนผสมนี้ใช้ได้ จึงนำส่วนผสมนี้ไปทำการทดลองจริงที่โรงงาน ดังรายละเอียดในการทดลองที่ 3 ข้อที่

3.3.3

ถ้าปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั่นคือ ค่าความแข็งของส่วนผสมที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 ที่ระยะการบ่มเปียก 21 วัน มีค่าน้อยกว่าค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน แสดงว่าใช้ไม่ได้ ต้องเปลี่ยนระยะการบ่มเปียก 21 วัน เป็น 28 วัน รายละเอียด ดังข้อ ข.

ข. เปรียบเทียบค่าความแข็งของส่วนผสมที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 แนวทางที่ 1, 2, และ 3 ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน กับค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน

$$H_0: \mu_{\text{โรงงาน}} = \mu_{28}$$

$$H_1: \mu_{\text{โรงงาน}} > \mu_{28}$$

ถ้ายอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 นั่นคือ ค่าความแข็งเฉลี่ยเดิมส่วนผสมของโรงงานไม่แตกต่างกับค่าความแข็งของส่วนผสมที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน ดังนั้นสูตรนี้ใช้ได้ จึงนำสูตรนี้ไปทำการทดลองจริงที่โรงงาน ดังรายละเอียดในการทดลองครั้งที่ 3 ข้อ 3.3.3

ถ้าปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั่นคือ ค่าความแข็งของส่วนผสมที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน มีค่าน้อยกว่าค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน แสดงว่าใช้ไม่ได้ ต้องกลับไปทำการทดลองครั้งที่ 1 เพื่อหาส่วนผสมใหม่

ในการทดลองครั้งที่ 2 นี้จะได้แนวทางส่วนผสมอริฐบล็อกตัวหนอนที่มีค่าความแข็งเฉลี่ยไม่แตกต่างจากค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน

3.3.3 การทดลองครั้งที่ 3

นำส่วนผสมที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 ไปทำการทดลองจริงที่โรงงาน จากนั้นนำอิฐบล็อกมาบ่มเปียกที่ระยะเวลา 21 วัน และ 28 วัน นำไปทดสอบค่าความแข็งด้วยเครื่องทดสอบ จุดบันทึกค่าลงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงค่าความแข็งที่ระยะเวลาการบ่มเปียก 21 และ 28 วัน

ระยะเวลา การบ่ม (วัน)	ค่าความแข็ง (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)					
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ก้อนที่ 4	ก้อนที่ 5	ก้อนที่ 6
21						
28						

นำค่าความแข็งไปทดสอบสมมติฐาน เช่นเดิม ดังการทดลองครั้งที่ 2 ข้อ 3.3.2.5

3.4 การวิเคราะห์ต้นทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนในที่นี้ คือ การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างต้นทุนส่วนผสมเดิมของโรงงานกับต้นทุนส่วนผสมแนวทางใหม่ที่โรงงานเลือกใช้ ว่าลดต้นทุนได้เท่าใด

3.5 สรุปผลการทดลอง

นำผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐาน มาทำการสรุปผลการทดลองว่าควรใช้ส่วนผสมใด ที่จะได้ค่าความแข็งตามที่กำหนด ส่วน ซี พี แอล ต้องการ และสามารถลดต้นทุนในการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน

3.6 จัดทำรูปเล่มโครงการฉบับสมบูรณ์

สรุปผลที่ได้ทั้งหมดจากการดำเนินโครงการ พร้อมทั้งระบุข้อเสนอแนะ และจัดทำรูปเล่มโครงการฉบับสมบูรณ์

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์

จากการดำเนินโครงการได้ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง ดังนี้

4.1 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองครั้งที่ 1

จากการทดลองครั้งที่ 1 ที่ผู้ดำเนินโครงการได้ทดลองลดปริมาณปูน จากส่วนผสมเดิมของโรงงาน และได้หาแนวทางในการลดปูน โดยแบ่งส่วนผสมออกเป็น 3 แนวทาง พร้อมทั้งกำหนดส่วนผสมในการลดปูนในแต่ละส่วนผสม ที่ได้แสดงในตารางที่ 3.1 ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 แนวทางที่ 1

แนวทางที่ 1	ส่วนผสม				การสังเกต			
	ปูน	ทราย	หิน	น้ำ	ก้อน	การเกาะตัว	ผิว	ไม่ติดแบบ
1.1 ลดปูน 0.2 เพิ่มทราย 0.2	0.80	2.34	3.38	0.40	1	✓	✓	✓
					2	✓	✓	✓
					3	✓	✓	✓
1.2 ลดปูน 0.25 เพิ่มทราย 0.25	0.75	2.39	3.38	0.40	1	×	×	✓
					2	×	×	✓
					3	×	×	✓

*หมายเหตุ

- ✓ หมายถึง มีการเกาะตัวของอิฐบล็อกที่ดี มีผิวที่เรียบ และไม่ติดแบบแม่พิมพ์
 - ×
- หมายถึง มีการเกาะตัวของอิฐบล็อกที่ไม่ดี มีผิวที่ไม่เรียบ และติดแบบแม่พิมพ์
- การสังเกต การเกาะตัว และผิว สังเกตเมื่อทำการทดลองแล้วบ่มในอากาศครบ 1 วัน
- การสังเกต ไม่ติดแบบแม่พิมพ์ สังเกตขณะที่แกะแบบแม่พิมพ์ออกจากอิฐบล็อก

4.1.1 แนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40)

ผลการทดลอง พบว่าความเรียบของผิวพอใช้ได้ มีรูพรุนบ้างเล็กน้อย อัดขึ้นรูปเป็นรูปเป็นร่าง ไม่ติดแบบแม่พิมพ์ มีการเกาะตัวที่ดี แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 รูปอิฐบล็อกจากแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38: 0.40)

4.1.2 แนวทางที่ 1 ข้อ 1.2 : ลดปูน 0.25 เพิ่มทราย 0.25 (0.75 : 2.39 : 3.38 : 0.40)

ผลการทดลองมีความเรียบของผิวขรุขระไม่ค่อยเรียบ มีรูพรุนบ้างเล็กน้อย อัดขึ้นรูปไม่ค่อยเป็นรูปเป็นร่าง รูปร่างบิดเบี้ยวเล็กน้อย ไม่ติดแบบแม่พิมพ์ มีการเกาะตัวที่ดี แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 รูปอิฐบล็อกจากแนวทางที่ 1 ข้อ 1.2 : ลดปูน 0.25 เพิ่มทราย 0.25
(0.75 : 2.39 : 3.38 : 0.40)

จากข้อที่ 4.1.1 และข้อที่ 4.1.2 พบว่าที่แนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ยังมีความเรียบของผิว รูปร่างอยู่ในระดับที่ดี แต่แนวทางที่ 1 ข้อ 1.2 : ลดปูน 0.25 เพิ่มทราย 0.25 (0.75 : 2.39 : 3.38 : 0.40) นั้นมีความเรียบของผิวขรุขระ รูปร่างเริ่มบิดเบี้ยว ดังนั้นผู้ดำเนินโครงการจึงหยุดการทดลองในแนวทางที่ 1 และเลือกแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) เป็นส่วนผสมที่ลดปูนได้มากที่สุด ในแนวทางที่ 1 จากนั้นนำไปทำการทดลองครั้งที่ 2 ต่อไป

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 แนวทางที่ 2

แนวทางที่ 2	ส่วนผสม				การสังเกต			
	ปูน	ทราย	หิน	น้ำ	ก้อน	การเกาะตัว	ผิว	ไม่ติดแบบ
2.1 ลดปูน 0.2 เพิ่มหิน 0.2	0.80	2.14	3.58	0.40	1	×	×	✓
					2	×	×	✓
					3	×	×	✓

*หมายเหตุ

✓ หมายถึง มีการเกาะตัวของอิฐบล็อกที่ดี มีผิวที่เรียบ และไม่ติดแบบแม่พิมพ์

×

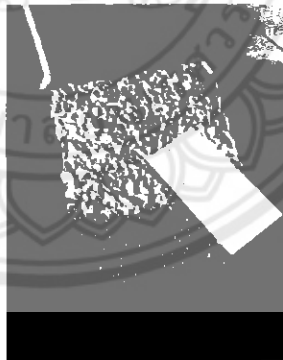
หมายถึง มีการเกาะตัวของอิฐบล็อกที่ไม่ดี มีผิวที่ไม่เรียบ และติดแบบแม่พิมพ์

การสังเกต การเกาะตัว และผิว สังเกตเมื่อทำการทดลองแล้วบ่มในอากาศครบ 1 วัน

การสังเกต ไม่ติดแบบแม่พิมพ์ สังเกตขณะที่แกะแบบแม่พิมพ์ออกจากอิฐบล็อก

4.1.3 แนวทางที่ 2 ข้อ 2.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มหิน 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.58: 0.40)

ผลการทดลอง เนื่องจากมีหินมากทำให้ผิวไม่เรียบมีหินเป็นตุ่มๆ มีรูพรุนบ้างเล็กน้อย รูปร่างบิดเบี้ยว ไม่ติดแบบแม่พิมพ์ มีการเกาะตัวไม่ค่อยดี แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 รูปอิฐบล็อกแนวทางที่ 2 ข้อ 2.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มหิน 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.58: 0.40)

จากข้อที่ 4.1.3 แนวทางที่ 2 ข้อ 2.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มหิน 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.58: 0.40) พบว่าผิวไม่เรียบ เนื่องจากมีหินมากทำให้ผิวไม่เรียบมีหินเป็นตุ่มๆ รูปร่างบิดเบี้ยว ดังนั้นผู้ดำเนินโครงการจึงไม่เลือกแนวทางที่ 2 ไปทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 แนวทางที่ 3

แนวทางที่ 3	ส่วนผสม					การสังเกต			
	ปูน	ทราย	หิน	น้ำ	ซีเมนต์ แกลบ	ก้อน	การเกาะ ตัว	ผิว	ไม่ติดแบบ
3.1 ลดปูน 0.2 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.2	0.80	2.14	3.38	0.40	0.20	1	✓	✓	✓
						2	✓	✓	✓
						3	✓	✓	✓
3.2 ลดปูน 0.25 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.25	0.75	2.14	3.38	0.40	0.25	1	✓	×	×
						2	✓	×	×
						3	✓	×	×

***หมายเหตุ**

- ✓ หมายถึง มีการเกาะตัวของอิฐบล็อกที่ดี มีผิวที่เรียบ และไม่ติดแบบแม่พิมพ์
- × หมายถึง มีการเกาะตัวของอิฐบล็อกที่ไม่ดี มีผิวที่ไม่เรียบ และติดแบบแม่พิมพ์
- การสังเกต การเกาะตัว และผิว สังเกตเมื่อทำการทดลองแล้วบ่มในอากาศครบ 1 วัน
- การสังเกต ไม่ติดแบบแม่พิมพ์ สังเกตขณะที่แกะแบบแม่พิมพ์ออกจากอิฐบล็อก

4.1.4 แนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20)

ผลการทดลอง มีความเรียบของผิวพอใช้ได้ มีความละเอียดน้อย การเกาะตัวดี มีรูน้อย ไม่ติดแบบแม่พิมพ์ แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 รูปอิฐบล็อกแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20)

4.1.5 แนวทางที่ 3 ข้อ 3.2 : ลดปูน 0.25 เพิ่มซีเมนต์ 0.25 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.25)

ผลการทดลองผิวไม่เรียบ เพราะมีความละเอียดเกินไป มีรูพรุนน้อย การเกาะตัวของคอนกรีตไม่ดี แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 รูปอิฐบล็อกแนวทางที่ 3 ข้อ 3.2 : ลดปูน 0.25 เพิ่มซีเมนต์ 0.25 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.25)

จากข้อที่ 4.1.4 และข้อที่ 4.1.5 พบว่าที่แนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ยังมีความเรียบของผิวพอใช้ได้ รูปร่างอยู่ในระดับที่ดี แต่แนวทางที่ 3 ข้อ 3.2 : ลดปูน 0.25 เพิ่มซีเมนต์ 0.25 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.25) นั้นมีผิวไม่เรียบ เพราะมีความละเอียดเกินไป ดังนั้นผู้ดำเนินโครงการจึงหยุดการทดลองในแนวทางที่ 3 และเลือกแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) เป็นส่วนผสมที่ลดปูนได้มากที่สุดในแนวทางที่ 3 จากนั้นนำไปทำการทดลองครั้งที่ 2 ต่อไป

จากการทดลองครั้งที่ 1 สรุปได้ดังนี้ ในการทดลองส่วนผสมลดปูนเพิ่มหินนั้น พบว่า มีหินมากปูนน้อยทำให้มีรูปร่าง และผิวไม่เรียบ ยิ่งลดปูนเพิ่มหินมากก็จะยิ่งทำให้ผิวขรุขระมากขึ้น และไม่จับตัวเป็นก้อน เสียรูปร่างมากขึ้น ดังนั้น ผู้ดำเนินโครงการจึงตัดส่วนผสมนี้ออกจากการทดลอง และพบว่าแต่ละช่วงของการลดปูนนั้นมีผลต่อการเกาะแบบแม่พิมพ์ จากการทดลองลดส่วนผสมปูนที่ 0.25 ลงไปจะมีปัญหาในการเกาะแบบแม่พิมพ์ เนื่องจากมีความเหลวทำให้ติดแบบ เมื่อเกาะแบบก็จะติดแบบทำให้อิฐบล็อกเสียหายได้ และเมื่อนำอิฐบล็อกมาเปรียบเทียบกันพบว่า ที่การลดส่วนผสมปูนที่ 0.20 จะมีความเรียบของผิวดีที่สุด เป็นรูปเป็นร่างดีที่สุด

ทางผู้ดำเนินโครงการจึงเลือกการลดส่วนผสมปูนที่ 0.2 ของแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) และแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ไปทำการทดลองครั้งที่ 2 ต่อไป

4.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองครั้งที่ 2

การทดลองครั้งที่ 2 ผู้ดำเนินโครงการได้เลือกการลดส่วนผสมที่ 0.20 ของแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) และแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) มาทำการทดลองซ้ำ ดังข้อที่ 3.3.1.1 และนำไปบ่มเปียกที่ระยะเวลา 21 และ 28 วัน ทดสอบค่าความแข็ง เพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงระหว่างส่วนผสมดังกล่าวกับค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน ได้ผลค่าความแข็งจากการทดลอง และผลการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

4.2.1 ค่าความแข็งที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 และค่าทางสถิติ

4.2.1.1 ค่าความแข็งส่วนผสมเดิมของโรงงาน แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าความแข็งส่วนผสมเดิมของโรงงาน

ส่วนผสม โรงงาน	ค่าความแข็ง (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)									
	ก้อน ที่ 1	ก้อน ที่ 2	ก้อน ที่ 3	ก้อน ที่ 4	ก้อน ที่ 5	ก้อน ที่ 6	ก้อน ที่ 7	ก้อน ที่ 8	ก้อน ที่ 9	ก้อน ที่ 10
	216	203	245	245	254	214	285	253	265	233

จากตารางที่ 4.4 หาค่าทางสถิติได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งของส่วนผสมเดิมโรงงาน ($\bar{x}_{\text{โรงงาน}}$) = 241.3

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าความแข็งของส่วนผสมเดิมโรงงาน

$$(S_{\text{โรงงาน}}) = 25.206$$

4.2.1.2 ค่าความแข็งส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ระยะเวลาการบ่มเปียก 21 และ 28 วัน แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าความแข็งส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.2 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ระยะเวลาการบ่มเปียก 21 และ 28 วัน

ระยะเวลา การบ่มเปียก (วัน)	ค่าความแข็ง (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)					
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ก้อนที่ 4	ก้อนที่ 5	ก้อนที่ 6
21	196	158	181	164	173	178
28	259	237	265	234	270	230

จากตารางที่ 4.5 หาค่าทางสถิติได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ในระยะเวลาการบ่มเปียก 21 วัน (\bar{x}_{21}^1) = 175

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ในระยะเวลาการบ่มเปียก 21 วัน (s_{21}^1) = 13.42

ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ในระยะเวลาการบ่มเปียก 28 วัน (\bar{x}_{28}^1) = 249.20

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ในระยะเวลาการบ่มเปียก 28 วัน (s_{28}^1) = 17.48

4.2.1.3 ค่าความแข็งแรงส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ระยะเวลาการบ่มเปียก 21 และ 28 วัน แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าความแข็งแรงส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ระยะเวลาการบ่มเปียก 21 และ 28 วัน

ระยะเวลาการบ่มเปียก (วัน)	ค่าความแข็งแรง (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)					
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ก้อนที่ 4	ก้อนที่ 5	ก้อนที่ 6
21	173	122	164	154	183	174
28	235	211	240	234	255	222

จากตารางที่ 4.6 หาค่าทางสถิติได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ระยะเวลาการบ่มเปียก 21 วัน (\bar{x}_{21}^3) = 161.70

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ระยะเวลาการบ่มเปียก 21 วัน (s_{21}^3) = 21.79

ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ระยะเวลาการบ่มเปียก 28 วัน (\bar{x}_{28}^3) = 232.8

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ระยะเวลาการบ่มเปียก 28 วัน (s_{28}^3) = 15.12

4.2.1.4 กำหนดพารามิเตอร์ ดังนี้

$\mu_{\text{รวม}}$ แทน ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งของส่วนผสมโรงงาน

μ_{21}^1 แทน ค่าเฉลี่ยความแข็งของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ระยะการบ่มเปียก 21 วัน

μ_{28}^1 แทน ค่าเฉลี่ยความแข็งของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ระยะการบ่มเปียก 28 วัน

μ_{21}^3 แทน ค่าเฉลี่ยความแข็งของส่วนผสมแนวทางที่ 3 ระยะการบ่มเปียก 21 วัน

μ_{28}^3 แทน ค่าเฉลี่ยความแข็งของส่วนผสมแนวทางที่ 3 ระยะการบ่มเปียก 28 วัน

4.2.2 ทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งเฉลี่ยของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ

1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะการบ่มเปียก 21 วัน กับค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน

ทำการเปรียบเทียบค่าความแข็งเฉลี่ยของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ถ้าค่าความแข็งเฉลี่ยของส่วนผสมที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะการบ่มเปียก 21 วัน กับค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน ไม่แตกต่างกันก็จะใช้แนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะการบ่มเปียก 21 วันได้ แต่ถ้าค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงานมากกว่า ก็จะใช้ส่วนผสมนี้ไม่ได้ ต้องนำค่าความแข็งแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน ไปเทียบกับค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงานต่อไป

ผลการทดสอบสมมติฐานค่าความแข็งของการลดส่วนผสมปูน 0.2 แนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะการบ่มเปียก 21 วัน เทียบกับค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้ว่า

$$4.2.2.1 \text{ สมมติฐานหลัก } H_0: \mu_{\text{รวม}} = \mu_{21}^1$$

$$4.2.2.2 \text{ สมมติฐานรอง } H_1: \mu_{\text{รวม}} > \mu_{21}^1$$

$$4.2.2.3 \alpha = 0.05$$

4.2.2.4 ทดสอบความแปรปรวน

$$\text{ตั้งสมมติฐาน } H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

$$\text{จากสมการที่ 2.2 จะได้ } F_{\text{คำนวณ}} = \frac{25.206^2}{13.42^2} = 3.53$$

$$F_{\text{ตาราง}} = F_{\alpha, n_1-1, n_2-1} = F_{0.05, 10-1, 6-1} = 4.77$$

$F_{\text{คำนวณ}} < F_{\text{ตาราง}}$ แสดงว่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นใช้สมการ 2.3 และ 2.4

4.2.2.5 กำหนดเขตวิกฤติที่ $\alpha = 0.05$

จากสมการที่ 2.4 จะได้

$$S_p = \sqrt{\frac{(10-1)25.206^2 + (6-1)13.42^2}{10+6-2}} = 23.042$$

$$v = n_1 + n_2 - 2 = 10 + 6 - 2 = 14$$

$$t_{\text{ตาราง}} = t_{\alpha, v} = t_{0.05, 14} = 1.761$$

4.2.2.6 คำนวณค่าสถิติ t จากสมการที่ 2.3 จะได้

$$t_{\text{คำนวณ}} = \frac{(241.3 - 175) - 0}{23.042 \sqrt{\frac{25.206^2}{10} + \frac{13.42^2}{6}}} = 5.572$$

$t_{\text{คำนวณ}} > t_{\text{ตาราง}}$ ดังนั้น ปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั่นคือ ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงานมากกว่าค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะการบ่มเปียก 21 วัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.2.3 ทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน กับค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมของโรงงาน

ถ้าค่าความแข็งแรงของส่วนผสมที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน กับค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน ไม่แตกต่างกันก็จะใช้แนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน แต่ถ้าค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงานมากกว่า ก็จะใช้ส่วนผสมนี้ไม่ได้ ต้องกลับไปทำการทดลองครั้งที่ 1 เพื่อหาส่วนผสมใหม่

ผลการทดสอบสมมติฐานค่าความแข็งแรงของการลดส่วนผสมปูน 0.2 แนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน เทียบกับค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้ว่า

$$4.2.3.1 \text{ สมมติฐานหลัก } H_0: \mu_{\text{ใหม่}} = \mu_{\text{28}}^1$$

$$4.2.3.2 \text{ สมมติฐานรอง } H_1: \mu_{\text{ใหม่}} > \mu_{\text{28}}^1$$

$$4.2.3.3 \alpha = 0.05$$

4.2.3.4 ทดสอบความแปรปรวน

$$\text{ตั้งสมมติฐาน } H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

$$\text{จากสมการที่ 2.2 จะได้ } F_{\text{คำนวณ}} = \frac{25.206^2}{17.48^2} = 2.081$$

$$F_{\text{ตาราง}} = F_{\alpha, n_1-1, n_2-1} = F_{0.05, 10-1, 6-1} = 4.77$$

$F_{\text{คำนวณ}} < F_{\text{ตาราง}}$ แสดงว่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นใช้สมการ 2.3 และ 2.4

4.2.3.5 กำหนดเขตวิกฤติที่ $\alpha = 0.05$

จากสมการที่ 2.4 จะได้

$$S_p = \sqrt{\frac{(10-1)25.206^2 + (6-1)17.48^2}{10+6-2}} = 24.18$$

$$v = n_1 + n_2 - 2 = 10 + 6 - 2 = 14$$

$$t_{\text{ตาราง}} = t_{\alpha, v} = t_{0.05, 14} = 1.761$$

4.2.3.6 คำนวณค่าสถิติ t จากสมการที่ 2.3 จะได้

$$t_{\text{คำนวณ}} = \frac{(241.3 - 249.20) - 0}{24.18 \sqrt{\frac{25.206^2}{10} + \frac{17.48^2}{6}}} = -0.63$$

$t_{\text{คำนวณ}} < t_{\text{ตาราง}}$ ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 นั่นคือ ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงานกับค่าความแข็งแรงของแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะเวลาบ่มเบี่ยง 28 วัน ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.2.4 ทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเบี่ยง 21 วัน กับค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน

ถ้าค่าความแข็งแรงของส่วนผสมที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเบี่ยง 21 วัน กับค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน ไม่แตกต่างกันก็จะใช้แนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเบี่ยง 21 วันได้ แต่ถ้าค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงานมากกว่าก็จะใช้ส่วนผสมนี้ไม่ได้ ต้องนำค่าความแข็งแรงแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเบี่ยง 28 วัน ไปเทียบกับค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงานต่อไป

ผลการทดสอบสมมติฐานค่าความแข็งแรงของการลดส่วนผสมปูน 0.2 แนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเบี่ยง 21 วัน เทียบกับค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้ว่า

4.2.4.1. สมมติฐานหลัก $H_0: \mu_{\text{โรงงาน}} = \mu_{21}^3$

4.2.4.2 สมมติฐานรอง $H_1: \mu_{\text{โรงงาน}} > \mu_{21}^3$

4.2.4.3 $\alpha = 0.05$

4.2.4.4 ทดสอบความแปรปรวน

ตั้งสมมติฐาน $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$

$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

จากสมการที่ 2.2 จะได้ $F_{\text{คำนวณ}} = \frac{25.206^2}{21.79^2} = 1.338$

$F_{\text{ตาราง}} = F_{\alpha, n_1-1, n_2-1} = F_{0.05, 10-1, 6-1} = 4.77$

$F_{\text{คำนวณ}} < F_{\text{ตาราง}}$ แสดงว่ามีความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นใช้สมการ 2.3 และ 2.4

4.2.4.5 กำหนดเขตวิกฤตที่ $\alpha = 0.05$

จากสมการที่ 2.4 จะได้

$$S_p = \sqrt{\frac{(10-1)25.206^2 + (6-1)21.79^2}{10+6-2}} = 25.637$$

$$v = n_1 + n_2 - 2 = 10 + 6 - 2 = 14$$

$$t_{\text{ตาราง}} = t_{\alpha, v} = t_{0.05, 14} = 1.761$$

4.2.4.6 คำนวณค่าสถิติ t จากสมการที่ 2.3 จะได้

$$t_{\text{คำนวณ}} = \frac{(241.3 - 161.70) - 0}{25.637 \sqrt{\frac{25.206^2}{10} + \frac{21.79^2}{6}}} = 6.015$$

$t_{\text{คำนวณ}} > t_{\text{ตาราง}}$ ยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ค่าความแข็งส่วนผสมของโรงงานมากกว่าค่าความแข็งของส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเบียด 21 วัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.2.5 ทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเบียด 28 วัน กับค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมของโรงงาน

ถ้าค่าความแข็งของส่วนผสมที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเบียด 28 วัน กับส่วนผสมของโรงงาน ไม่แตกต่างกันก็จะใช้แนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่

ระยะเวลาบ่มเป็ยก 28 วัน แต่ถ้าค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงานมากกว่าก็จะใช้ส่วนผสมนี้ไม่ได้ ต้องกลับไปทำการทดลองครั้งที่ 1 เพื่อหาส่วนผสมใหม่

ผลการทดสอบสมมติฐานค่าความแข็งแรงของการลดส่วนผสมปูน 0.2 แนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเป็ยก 28 วัน เปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้ว่า

$$4.2.5.1. \text{ สมมติฐานหลัก } H_0: \mu_{\text{รวม}} = \mu_{28}^3$$

$$4.2.5.2 \text{ สมมติฐานรอง } H_1: \mu_{\text{รวม}} > \mu_{28}^3$$

$$4.2.5.3 \alpha = 0.05$$

4.2.5.4 ทดสอบความแปรปรวน

$$\text{ตั้งสมมติฐาน } H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

$$\text{จากสมการที่ 2.2 จะได้ } F_{\text{คำนวณ}} = \frac{25.206^2}{15.12^2} = 2.78$$

$$F_{\text{ตาราง}} = F_{\alpha, n_1-1, n_2-1} = F_{0.05, 10-1, 6-1} = 4.77$$

$$F_{\text{คำนวณ}} < F_{\text{ตาราง}} \text{ แสดงว่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นใช้สมการ 2.3 และ 2.4}$$

4.2.5.5 กำหนดเขตวิกฤติที่ $\alpha = 0.05$

จากสมการที่ 2.4 จะได้

$$S_p = \sqrt{\frac{(10-1)25.206^2 + (6-1)15.12^2}{10+6-2}} = 23.49$$

$$v = n_1 + n_2 - 2 = 10 + 6 - 2 = 14$$

$$t_{\text{ตาราง}} = t_{\alpha, v} = t_{0.05, 14} = 1.761$$

4.2.5.6 คำนวณค่าสถิติ t จากสมการที่ 2.3 จะได้

$$t_{\text{คำนวณ}} = \frac{(241.3 - 232.8) - 0}{23.49 \sqrt{\frac{25.206^2}{10} + \frac{15.12^2}{6}}} = 0.698$$

$t_{\text{คำนวณ}} < t_{\text{ตาราง}}$ ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 นั่นคือ ค่าความแข็งแรงส่วนผสมของโรงงานกับค่าความแข็งแรงของแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเป็ยก 28 วัน ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดลองครั้งที่ 2 สรุปได้ดังนี้ การทดสอบสมมติฐานในแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะเวลาบ่มเป็ยก 21 วัน และแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเป็ยก 21 วัน ไม่สามารถใช้ได้ เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงน้อยกว่าส่วนผสมของโรงงาน แต่ในแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 :

ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน และแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน สามารถใช้ได้ เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงไม่แตกต่างจากโรงงาน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้นทางผู้ดำเนินโครงการ จึงเลือกแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) และแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาการบ่มเปียก 28 วัน ไปทำการทดลองจริงที่โรงงานต่อไป ดังรายละเอียดข้อที่ 4.3

4.3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์การทดลองครั้งที่ 3

นำผลจากการทดลองครั้งที่ 2 คือ แนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) และแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาการบ่มเปียก 28 วัน ทำการทดลองจริงที่โรงงาน ทดสอบค่าความแข็งแรงได้ผลการทดลองดังนี้

4.3.1 แนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ทดลองจริงในโรงงาน

อิฐบล็อกตัวนอนของส่วนผสมโรงงาน และอิฐบล็อกตัวนอนของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) แสดงดังรูปที่ 4.6-4.7



รูปที่ 4.6 อิฐบล็อกตัวนอนส่วนผสมของโรงงาน



รูปที่ 4.7 อิฐบล็อกตัวนอนของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40)

จากรูปที่ 4.6-4.7 จะเห็นว่าอิฐบล็อกตัวหนอนส่วนผสมของโรงงานจะมีความเรียบมากกว่า เนื่องจากใช้ปูนมากกว่า แต่อิฐบล็อกตัวหนอนของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) นำไปเสนอโรงงานมีรูปลักษณะอยู่ในระดับที่ทางโรงงานรับได้ ทางผู้ดำเนินโครงการจึงนำไปบ่มเปียกที่ระยะเวลา 28 วัน จากนั้นจะทำการทดสอบค่าความแข็ง ได้ผลการทดสอบค่าความแข็ง ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงค่าความแข็งส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ทดลองจริงในโรงงานที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน

ระยะเวลา การบ่มเปียก (วัน)	ค่าความแข็ง (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)					
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ก้อนที่ 4	ก้อนที่ 5	ก้อนที่ 6
28	234	234	265	248	251	238

ผลการเปรียบเทียบค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) จากการทดลองจริงในโรงงาน ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน กับค่าความแข็งเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน

$$4.3.1.1 \text{ สมมติฐานหลัก } H_0: \mu_{\text{รวม}} = \mu_{28}$$

$$4.3.1.2 \text{ สมมติฐานรอง } H_1: \mu_{\text{รวม}} > \mu_{28}$$

$$4.3.1.3 \alpha = 0.05$$

4.3.1.4 ทดสอบความแปรปรวน

$$\text{ตั้งสมมติฐาน } H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

$$\text{จากสมการที่ 2.2 จะได้ } F_{\text{คำนวณ}} = \frac{25.206^2}{12.13^2} = 4.316$$

$$F_{\text{ตาราง}} = F_{\alpha, n_1-1, n_2-1} = F_{0.05, 10-1, 6-1} = 4.77$$

$$F_{\text{คำนวณ}} < F_{\text{ตาราง}} \text{ แสดงว่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นใช้สมการ 2.3 และ 2.4}$$

4.3.1.5 กำหนดเขตวิกฤติที่ $\alpha = 0.05$

จากสมการที่ 2.4 จะได้

$$S_p = \sqrt{\frac{(10-1)25.206^2 + (6-1)12.13^2}{10+6-2}} = 22.736$$

$$v = n_1 + n_2 - 2 = 10 + 6 - 2 = 14$$

$$t_{\text{รวม}} = t_{\alpha, v} = t_{0.05, 14} = 1.761$$

4.3.1.6 คำนวณค่าสถิติ t จากสมการที่ 2.3 จะได้

$$t_{\text{คำนวณ}} = \frac{(241.3 - 245) - 0}{22.736 \sqrt{\frac{25.206^2}{10} + \frac{12.13^2}{6}}} = -0.315$$

$t_{\text{คำนวณ}} < t_{\text{ตาราง}}$ ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 นั่นคือ ค่าความแข็งแรงส่วนผสมของโรงงานกับค่าความแข็งแรงของแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) จากการทดลองจริงในโรงงาน ที่ระยะการบ่มเบียด 28 วัน ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.3.2 แนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ทดลองจริงในโรงงาน

อิฐบล็อกตัวหนอนสูตรที่ 3 ลดปูนเพิ่มซีเมนต์แกลบ ทราย หิน น้ำคงที่ แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.8 อิฐบล็อกตัวหนอนของแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20)

จากรูปที่ 4.8 จะเห็นว่าอิฐบล็อกของแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่นำไปเสนอโรงงานมีรูปลักษณะที่ดี อยู่ในระดับที่ทางโรงงานรับได้ ทางผู้ดำเนินโครงการจึงนำไปบ่มเบียดที่ระยะเวลา 28 วัน จากนั้นจะทำการทดสอบค่าความแข็งแรงต่อไป ซึ่งได้ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงดังนี้

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงค่าความแข็งแรงส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ทดลองจริงในโรงงานที่ระยะการบ่มเบียด 28 วัน

ระยะเวลาการบ่มเบียด (วัน)	ค่าความแข็งแรง (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)					
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ก้อนที่ 4	ก้อนที่ 5	ก้อนที่ 6
28	229	241	232	244	232	213

ผลการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ทดลองจริงในโรงงาน ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน กับค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน จะได้ว่า

$$4.3.2.1 \text{ สมมติฐานหลัก } H_0: \mu_{\text{รวม}} = \mu_{28}^3$$

$$4.3.2.2 \text{ สมมติฐานรอง } H_1: \mu_{\text{รวม}} > \mu_{28}^3$$

$$4.3.2.3 \alpha = 0.05$$

4.3.2.4 ทดสอบความแปรปรวน

$$\text{ตั้งสมมติฐาน } H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

$$\text{จากสมการที่ 2.2 จะได้ } F_{\text{คำนวณ}} = \frac{25.206^2}{10.91^2} = 5.341$$

$$F_{\text{ตาราง}} = F_{\alpha, n_1-1, n_2-1} = F_{0.05, 10-1, 6-1} = 4.77$$

$$F_{\text{คำนวณ}} > F_{\text{ตาราง}} \text{ แสดงว่าความแปรปรวนไม่เท่ากัน ดังนั้นใช้สมการ 2.5 และ 2.6}$$

4.3.2.5 กำหนดเขตวิกฤติที่ $\alpha = 0.05$

จากสมการที่ 2.6 จะได้

$$v = \frac{\left[\frac{25.206^2}{10} + \frac{10.91^2}{6} \right]^2}{\frac{\left[\frac{25.206^2}{10} \right]^2}{10-1} + \frac{\left[\frac{10.91^2}{6} \right]^2}{6-1}} = 13.183$$

$$t_{\text{ตาราง}} = t_{\alpha, v} = t_{0.05, 13.183} = 1.771$$

4.3.2.6 คำนวณค่าสถิติ t จากสมการที่ 2.5 จะได้

$$t_{\text{คำนวณ}} = \frac{(241.3 - 231.8) - 0}{\sqrt{\frac{25.206^2}{10} + \frac{10.91^2}{6}}} = 1.037$$

$t_{\text{คำนวณ}} < t_{\text{ตาราง}}$ ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 นั่นคือ ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงานกับค่าความแข็งแรงของแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) จากการทดลองจริงในโรงงาน ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดลองครั้งที่ 3 สรุปได้ดังนี้ ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) และแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์

แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะการบ่มเปียก 28 วัน ไม่แตกต่างกับค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน

จากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง พบว่า ส่วนผสมในแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) และส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) สามารถใช้ได้จริงในโรงงาน ทางโรงงานเลือกใช้ส่วนผสมในแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) เพราะวัตถุดิบหาซื้อได้ง่าย ไม่เลือกใช้ส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) เพราะส่วนผสมซีเมนต์แกลบที่เพิ่มเข้าป้อนนั้นหาซื้อได้ยาก ไม่มีแหล่งผลิตขายที่แน่นอน ซึ่งจากการทดสอบสมมติฐานทั้งหมดสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ตารางสรุปการทดสอบสมมติฐาน

การทดลอง	แนวทาง	ระยะการบ่ม	การทดสอบสมมติฐาน			
			$F_{\text{คำนวณ}} < F_{\text{ตาราง}}$	$t_{\text{คำนวณ}} > t_{\text{ตาราง}}$	ปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1	$\mu_{\text{โรงงาน}} > \mu_{21}^1$
ครั้งที่ 2	1 ข้อ 1.1	21 วัน	$F_{\text{คำนวณ}} < F_{\text{ตาราง}}$	$t_{\text{คำนวณ}} > t_{\text{ตาราง}}$	ปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1	$\mu_{\text{โรงงาน}} > \mu_{21}^1$
		28 วัน	$F_{\text{คำนวณ}} < F_{\text{ตาราง}}$	$t_{\text{คำนวณ}} < t_{\text{ตาราง}}$	ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1	$\mu_{\text{โรงงาน}} = \mu_{28}^2$
	3 ข้อ 3.1	21 วัน	$F_{\text{คำนวณ}} < F_{\text{ตาราง}}$	$t_{\text{คำนวณ}} > t_{\text{ตาราง}}$	ปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1	$\mu_{\text{โรงงาน}} > \mu_{21}^3$
		28 วัน	$F_{\text{คำนวณ}} < F_{\text{ตาราง}}$	$t_{\text{คำนวณ}} < t_{\text{ตาราง}}$	ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1	$\mu_{\text{โรงงาน}} = \mu_{28}^3$
ครั้งที่ 3	1 ข้อ 1.1	28 วัน	$F_{\text{คำนวณ}} < F_{\text{ตาราง}}$	$t_{\text{คำนวณ}} < t_{\text{ตาราง}}$	ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1	$\mu_{\text{โรงงาน}} = \mu_{28}^4$
	3 ข้อ 3.1	28 วัน	$F_{\text{คำนวณ}} > F_{\text{ตาราง}}$	$t_{\text{คำนวณ}} < t_{\text{ตาราง}}$	ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1	$\mu_{\text{โรงงาน}} = \mu_{28}^5$

*หมายเหตุ ค่าความแข็งของทุกๆ การทดสอบสมมติฐานจะเปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเดิมของโรงงาน

แนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 คือ ค่าความแข็งส่วนผสมลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40)

แนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 คือ ค่าความแข็งส่วนผสมลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์แกลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20)

4.4 การวิเคราะห์ต้นทุน

ในการวิเคราะห์ต้นทุน ทางผู้ดำเนินโครงการได้วิเคราะห์ต้นทุนเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนส่วนผสมของโรงงาน กับส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) จากการทดลองครั้งที่ 3 ที่โรงงานเลือกใช้ ได้ผลการวิเคราะห์ต้นทุน ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ตารางเปรียบเทียบต้นทุนส่วนผสมโรงงาน กับส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40)

	ส่วนผสมของโรงงาน			ส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20		
	ปูน	หิน	ทราย	ปูน	หิน	ทราย
อัตราส่วน	1.00	3.38	2.14	0.80	3.38	2.34
ส่วนผสมในการผลิต 1 ครั้ง (กิโลกรัม)	70	236	150	56	236	164
ราคา (บาทต่อกิโลกรัม)	2.30	0.37	0.18	2.30	0.37	0.18
ต้นทุนต่อการผลิต 1 ครั้ง (บาท)	161.00	87.32	27.00	128.80	87.32	29.52
ต้นทุนรวม (บาท)	275.32			245.64		
ผลิต 1 ครั้ง ได้อิฐบล็อกตัวหนอนประมาณ 135 ก้อน						
ต้นทุน (บาทต่อก้อน)	$275.32/135 = 2.04$			$245.64/135 = 1.82$		
ลดต้นทุนได้ (บาทต่อก้อน)	$2.04 - 1.82 = 0.22$					

จากตารางที่ 4.10 สรุปผลการวิเคราะห์ต้นทุนได้ว่าการเปรียบเทียบต้นทุนของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) คือ สามารถลดต้นทุนจากต้นทุนเดิมของโรงงานก้อนละ 2.04 บาทต่อก้อน ลดเหลือก้อนละ 1.82 บาทต่อก้อน เพราะฉะนั้นจะลดต้นทุนได้ 0.22 บาทต่อก้อน คิดเป็นร้อยละ 10.8

4.5 ใบรับรองการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตอิฐบล็อก ตัวนอน

**ใบรับรองการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิต
อิฐบล็อกตัวนอน**

ชื่อผู้ประเมิน นาย วิธวัช ศังขานนท์
 ตำแหน่ง วิศวกรผู้จัดการฝ่ายผลิต

จากโครงการการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตอิฐบล็อกตัวนอน

1. ขาดแคลนส่วนผสมในวิธีใดจากโครงการนี้

ไม่สามารถนำไปถึงในได้จริง (ค่าเฉลี่ยข้อที่ 1) เท่า ๓


นำไปใช้จริงได้จริง (ค่าเฉลี่ยข้อที่ 2)

2. อัตราส่วนผสมสามารถนำไปใช้จริงได้จริง พบว่า

ไม่สามารถลดต้นทุนการผลิต เท่า ๓

สามารถลดต้นทุนการผลิต

3. จำนวนคนตอบ



นาย วิธวัช ศังขานนท์
 17 พ.ค. ๖๕

รูปที่ 4.9 ใบรับรองการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตอิฐบล็อกตัว
นอน

จากรูปที่ 4.9 คือ ใบรับรองจากโรงงานเพื่อยืนยันว่าส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20
เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) สามารถใช้ได้จริงในโรงงาน และสามารถลดต้นทุนใน
กระบวนการผลิตอิฐบล็อกตัวนอนได้จริง ซึ่งปัจจุบันทางโรงงานใช้ส่วนผสมดังกล่าวผลิตอิฐบล็อกตัว
นอนแทนส่วนผสมเดิมของโรงงาน

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

5.1.1 ผลการทดลองครั้งที่ 1

จากการทดลองครั้งที่ 1 จะเห็นว่าในส่วนผสมลดยุโรปเสริมหินนั้น มีหินมากปูนน้อยทำให้มีรูปร่าง และผิวไม่เรียบ ยิ่งลดยุโรปเสริมหินมากก็ยิ่งทำให้ผิวขรุขระมากขึ้น และไม่จับตัวเป็นก้อนเสียรูปร่างมากขึ้น ผู้ดำเนินโครงการจึงตัดส่วนผสมนี้ออกจากการทดลอง และจะเห็นว่าแต่ละช่วงของการลดยุโรปนั้นมีผลต่อการแกะแบบแม่พิมพ์ จากการทดลองครั้งที่ 1 พบว่า การลดส่วนผสมปูนที่ 0.25 ลงไปจะมีปัญหาในการแกะแบบแม่พิมพ์ เนื่องจากมีความเหลวทำให้ติดแบบ เมื่อแกะแบบก็จะทำให้อิฐบดล็อกเสียหายได้ และเมื่อนำอิฐบล็อกมาเปรียบเทียบกัน พบว่า ที่การลดส่วนผสมปูนที่ 0.20 จะมีความเรียบของผิวดีที่สุด เป็นรูปเป็นร่างดีที่สุด

ทางผู้ดำเนินโครงการจึงเลือกการลดส่วนผสมปูนที่ 0.2 ของแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดยุโรป 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) และแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดยุโรป 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ไปทำการทดลองครั้งที่ 2

5.1.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2

การทดลองครั้งที่ 2 การทดสอบสมมติฐานในแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดยุโรป 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะเวลาบ่มเป็ย 21 วัน และแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดยุโรป 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเป็ย 21 วัน ไม่สามารถใช้ได้ เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงน้อยกว่าส่วนผสมของโรงงาน แต่ในแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดยุโรป 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ที่ระยะเวลาบ่มเป็ย 28 วัน และแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 ลดยุโรป 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเป็ย 28 วัน สามารถใช้ได้ เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงไม่แตกต่างจากโรงงาน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทางผู้ดำเนินโครงการ จึงเลือกแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดยุโรป 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) และแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดยุโรป 0.20 เพิ่มซีเมนต์ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาการบ่มเป็ย 28 วัน ไปทำการทดลองจริงที่โรงงาน

5.1.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3

การทดลองครั้งที่ 3 ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) และแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์กลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) ที่ระยะเวลาบ่มเปียก 28 วัน ไม่แตกต่างกับค่าความแข็งแรงเฉลี่ยส่วนผสมเดิมของโรงงาน

ทางผู้ดำเนินโครงการจึงสรุปว่าส่วนผสมทั้งสองนี้สามารถใช้ได้จริงในโรงงาน แต่ทางโรงงานเลือกใช้ส่วนผสมในแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) ไม่ใช้ส่วนผสมแนวทางที่ 3 ข้อ 3.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มซีเมนต์กลบ 0.20 (0.80 : 2.14 : 3.38 : 0.40 : 0.20) เพราะส่วนผสมแนวทางที่ 3 ส่วนผสมซีเมนต์ที่เพิ่มเข้าไปนั้นหาซื้อได้ยาก ไม่มีแหล่งผลิตขายที่แน่นอน

5.1.4 การวิเคราะห์ต้นทุน

สรุปผลการวิเคราะห์ต้นทุนได้จากการเปรียบเทียบต้นทุนของส่วนผสมแนวทางที่ 1 ข้อ 1.1 : ลดปูน 0.20 เพิ่มทราย 0.20 (0.80 : 2.34 : 3.38 : 0.40) คือ สามารถลดต้นทุนจากต้นทุนเดิมของโรงงานก่อนละ 2.04 บาทต่อก้อน ลดเหลือก่อนละ 1.82 บาทต่อก้อน เพราะฉะนั้นจะลดต้นทุนได้ 0.22 บาทต่อก้อน คิดเป็นร้อยละ 10.8

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เมื่อทำการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอนเสร็จควรบ่มเปียกให้ครบ 28 วัน ก่อนนำไปใช้งานเพื่อความแข็งแรง

5.2.2 เนื่องจากผู้ดำเนินโครงการอยากลดระยะเวลาการบ่มเปียกจากเดิม 28 วัน ให้เหลือ 21 วัน ซึ่งที่ 21 วัน มีค่าความแข็งแรงเพียงพอ จึงเสนอแนะให้ลดระยะเวลาการบ่มเปียกให้แคบลง เพื่อดูว่าจะสามารถลดระยะเวลาการบ่มเปียกได้มากที่สุดเท่าใด

เอกสารอ้างอิง

กานต์ สี่วัฒนาอึ้งยง. (2554). สถิติวิศวกรรม (Engineering statistics).

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กิตติศักดิ์ ชูเขียว และคณะ. (2555). การออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่ผลต่อข้อบกพร่อง
ในงานหล่อแบบทรายขึ้น,ปริญญาานิพนธ์ วศ.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ประชุม คำพูน. (2553). การศึกษาคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบเสริมแผ่นยางธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2556,

จาก <http://www.research.rmutt.ac.th/archives/5036>

ภควัต รักศรี. (7 กันยายน 2553). ปอซโซลาน (Pozzolan). สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2556, จาก

http://www.coe.or.th/e_engineers/knc_detail.php?id=108.

รักชีณา พูลทวี และคณะ. (2552). การประยุกต์การออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอุณหภูมิและ
เวลาที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงหลังผ่านการตกผลึกใหม่ของทองเหลือง, ปริญญาานิพนธ์
วศ.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

สมเกียรติ ฉิมสร. (2553). การศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำอิฐบล็อกประสานจากเศษ
ทรายดำ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม
2556, จาก

http://202.28.199.3/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=37300&display=list_subject&q=%CD%D4%B0

สุรพันธ์ สุคันธปรีย์. (2545). การศึกษาอิฐคอนกรีตที่มีเถ้าแกลบ-เปลือกไม้และเถ้าปาล์มน้ำมันเป็น
ส่วนผสม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2556,

จาก <http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1884>



TESTPROTOCOL

Testreport No : 1
 tester : 01.11.56 strength class :
 day of product.: testing age :
 day of test : 1. 6. 7 - 4:12
 other :

specimen-ident.	specimen data			raw-	test-	fract.	compr.	sta-
	prism			density:	face	load	stren.	tus
	l	w	h	mass				
	mm	mm	mm	kg	kg/dm ³ :	mm ²	kN	N/mm ² :
	225.0	112.5	60.0	2.990	1.969	25312.5	581	23

TESTPROTOCOL

Testreport No : 2
 tester : 01.11.56 strength class :
 day of product.: testing age :
 day of test : 1. 6. 7 - 4:21
 other :

specimen-ident.	specimen data			raw-	test-	fract.	compr.	sta-
	prism			density:	face	load	stren.	tus
	l	w	h	mass				
	mm	mm	mm	kg	kg/dm ³ :	mm ²	kN	N/mm ² :
	225.0	112.5	60.0	3.110	2.048	25312.5	584	23

TESTPROTOCOL

Testreport No : 3
 tester : 01.11.56 strength class :
 day of product.: testing age :
 day of test : 1. 6. 7 - 4:25
 other :

specimen-ident.	specimen data			raw-	test-	fract.	compr.	sta-
	prism			density:	face	load	stren.	tus
	l	w	h	mass				
	mm	mm	mm	kg	kg/dm ³ :	mm ²	kN	N/mm ² :
	225.0	112.5	60.0	3.130	2.051	25312.5	661	26



ภาคผนวก ข

ใบรับรองการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการ

ผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน

ใบรับรองการศึกษาส่วนสมที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิต
อิฐบล็อกตัวหนอน

ชื่อผู้ประเมิน ทศวรรษวรรค ด้ด้แดง

ตำแหน่ง รองผู้จัดการฝ่ายผลิต

จากโครงการการศึกษาส่วนสมที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตอิฐบล็อกตัวหนอน

1. ท่านคิดว่าส่วนสมใหม่ที่ได้จากโครงการนี้

ไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง (ข้ามไปทำข้อที่ 3) เพราะ.....

นำไปใช้งานได้จริง (ทำต่อในข้อที่ 2)

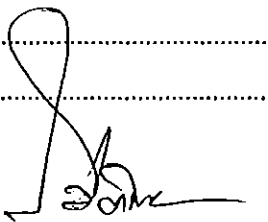
2. ถ้าส่วนสมนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริง ท่านคิดว่า

ไม่สามารถลดต้นทุนการผลิต เพราะ.....

สามารถลดต้นทุนการผลิต

3. ข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....
.....
.....


ลงชื่อ.....
(ทศวรรษวรรค ด้ด้แดง)
วันที่..... 19 พ.พ ๖6

