

การปรับปรุงคุณภาพกระเบื้องหลังคาคอนกรีต

นายกิตติพงศ์ โรจน์จึงประเสริฐ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542
ISBN 974-333-905-1
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 1924762 X

QUALITY IMPROVEMENT OF CONCRETE ROOFING TILES

Mr. Kittipong Rojchungpasert

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 1999

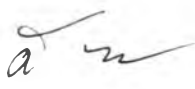
ISBN 974-333-905-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงคุณภาพกระเบื้องหลังคาคอนกรีต
โดย นายกิตติพงษ์ ไรจงประเสริฐ
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ธิจิรวิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

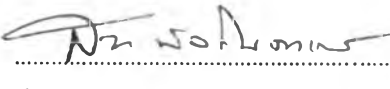

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ธิจิรวิช)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุตทัศน์ รัตนแก้วก๊วน)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)

กิตติพงษ์ ไรจน์จึงประเสริฐ : การปรับปรุงคุณภาพกระเบื้องหลังคาคอนกรีต (Quality Improvement of Concrete Roofing Tiles) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร. วันชัย วิจิรวณิช .
100 หน้า . ISBN 974-333-905-1

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ จะเป็นการศึกษาถึงแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพ โดยการปรับปรุงส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการผลิตกระเบื้องหลังคาคอนกรีต นอกจากนี้จะทำการหาแนวทางในการลดต้นทุนในการผลิตกระเบื้องหลังคาคอนกรีตด้วย

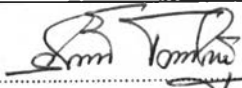

ขั้นตอนในการศึกษา จะกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย สัดส่วนปริมาณทรายต่อปูนซีเมนต์ ปริมาณของเกลือลอยต่อน้ำหนักปูนซีเมนต์ที่ใช้ และปริมาณของสารลดปริมาณน้ำต่อปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการผลิต โดยกำหนดให้สัดส่วนของทรายต่อปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษาเท่ากับ 3.6 3.8 และ 4.0 ระดับปริมาณของเกลือลอยเท่ากับ 0% 10% และ 20% ต่อน้ำหนักปูนซีเมนต์ และระดับปริมาณของสารลดปริมาณน้ำ หรือ Superplasticizer เท่ากับ 0 , 0.67 และ 1.50 ลิตรต่อปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ 100 กก. จากนั้นทำการผสมวัสดุภายใต้ระดับต่างๆ ของแต่ละปัจจัยเป็นก้อนมอร์ตาร์ (Slab) แล้วนำไปทดสอบความแข็งแรงของก้อนมอร์ตาร์ โดยผลการทดสอบพบว่า การเพิ่มขึ้นของสัดส่วนการใช้ทรายต่อปูนซีเมนต์ จะส่งผลให้ความแข็งแรงของตัวอย่างลดลง เช่นเดียวกับ ปริมาณการเพิ่มขึ้นของเกลือลอยในส่วนผสม จะทำให้ความแข็งแรงของตัวอย่างลดลงเช่นกัน ใน ส่วนของ Superplasticizer ถ้าใส่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะช่วยให้ความแข็งแรงของตัวอย่างเพิ่มสูงขึ้น เมื่อทำการทดลองผลิตกระเบื้องในสายการผลิต ก็ให้ความสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกัน

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงผลกระทบต่อต้นทุนวัสดุที่เกิดขึ้น พบว่าที่ระดับความแข็งแรงของกระเบื้องที่ต้องการปัจจุบัน (ค่า Flexural Strength เท่ากับ 44.35 กก./ตร.ซม.) การใส่ Superplasticizer จะช่วยลดต้นทุนวัสดุได้ถึง 0.085 บาทต่อแผ่น เมื่อเทียบกับส่วนผสมที่ไม่ได้ใส่ Superplasticizer ในการพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบการใส่ Superplasticizer ในส่วนผสม จะพบว่าระยะเวลาในการคุ้มทุนจะเท่ากับ 1.23 ปี แต่ถ้าต้องการให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน ในระยะเวลา 1 ปี จะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังนี้

1. ราคาของปูนซีเมนต์ปรับตัวเพิ่มขึ้น 10% ขึ้นไป หรือราคาตั้งแต่ 2090 บาทต่อตันขึ้นไป (ราคาปัจจุบันเท่ากับ 1900 บาทต่อตัน) หรือ

2. ราคาของ Superplasticizer ปรับตัวลดลงตั้งแต่ 8% ขึ้นไป หรือราคาลดลงเหลือ 13.8 บาทต่อลิตรลงมา (ราคาปัจจุบันเท่ากับ 15 บาทต่อลิตร)

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อผู้ผลิต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

4171409021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD Quality improvement / Concrete Roofing Tile

KITTIPONG ROJCHUNGPAERT : QUALITY IMPROVEMENT OF CONCRETE
ROOFING TILES. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. VANCHAI RIJIRAVANICH,
Ph.D. 100 pp. ISBN 974-333-905-1

The objective of this research is to study the way for quality improvement by adjusting the combination of raw material in concrete roofing tile production and seeking cost reduction.

The procedure is to set parameters for study which are the ratio of sand and cement usage are 3.6 , 3.8 and 4.0. The level of quantity of fly ash usage are 0% , 10% and 20% per cement usage. The level of quantity of superplasticizer usage are 0, 0.67 and 1.50 litre per cement at 100 kg. The next procedure is to mix these raw material at each level to be slab and test these slab in bending strength. From result of testing, If the ratio of sand and cement usage increase, the strength will decrease. The increasing quantity of fly ash has the same effect too but the increasing quantity of superplasticizer results in difference effect. If the quantity increase, the strength will increase too.

In the study of raw material cost effect, at the level of Flexural Strength is 44.35 kg./sq.cm. if you put superplasticizer into raw material, it can reduce cost of raw material 0.085 baht per piece. The payback period is 1.23 years. The condition to have a one-year payback includes :

1. Cement price increases over 10% or 2,090 baht per ton (current price is 1,900 baht per ton) or
2. Superplasticizer price decreases 8% or 13.8 baht per litre (current price is 15 baht per litre)

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม
สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา.....2542

ลายมือชื่อผู้ผลิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดีของรองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านกรุณาสละเวลาในการให้คำแนะนำ และข้อคิดต่าง ๆ อันมีค่าต่อการทำวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด

นอกจากนั้นผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ ศ.ดร.ศิริจันทน์ ทองประเสริฐ ผศ. สุกฤษน์ รัตนเกื้อกั๊ววาน และ ผศ.ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร ที่กรุณาให้คำแนะนำ แนวทางในการดำเนินการวิจัยที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้วิจัย จนงานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณผู้มีพระคุณทุกท่าน รวมทั้งผู้เกี่ยวข้องทุกคนที่ได้ให้การสนับสนุน และกำลังใจที่ดีแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสามารถสำเร็จการศึกษาด้วยดี

กิตติพงษ์ โรจน์จิ่งประเสริฐ

เมษายน 2543

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 บทนำ.....	1
1.2 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์.....	3
1.3 แนวทางในการศึกษา.....	5
1.4 วัตถุประสงค์ในการศึกษา.....	7
1.5 ขอบเขตของการศึกษา	7
1.6 ขั้นตอนในการดำเนินการ	8
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
2 ทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	9
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
3 กระบวนการผลิตกระเบื้องหลังคาคอนกรีต	30
3.1 ขั้นตอนในการผลิตกระเบื้องหลังคาคอนกรีต	35
3.2 คุณสมบัติของวัตถุดิบ	37
3.3 การควบคุมคุณภาพกระเบื้องหลังคาคอนกรีต	57
4 การดำเนินการวิจัยและการวิเคราะห์ผล	61
4.1 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	62
4.2 รูปแบบการทดลอง	64
4.3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์.....	66
4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองในสายการผลิตจริง.....	70
4.5 การศึกษาผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต.....	74

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

5 การวิเคราะห์ความไวของต้นทุนวัตถุดิบ	80
5.1 การวิเคราะห์ความไวของต้นทุนวัตถุดิบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของราคาปูนซีเมนต์.....	81
5.2 การวิเคราะห์ความไวของต้นทุนวัตถุดิบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของราคาทราย.....	85
5.3 การวิเคราะห์ความไวของต้นทุนวัตถุดิบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของราคา	
Superplasticizer	89
5.4 การวิเคราะห์เงื่อนไขความคุ้มค่าในการลงทุน	93
6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	95
6.1 บทสรุปการศึกษา	95
6.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อ	96
รายการอ้างอิง	98
ประวัติผู้วิจัย	100

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การปรับราคาปูนซีเมนต์ในช่วงปี 2541 - 2542	2
1.2 โครงสร้างต้นทุนของกระเบื้องหลังคาคอนกรีต (วัตถุดิบ)	5
2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับปัจจัยเดียว Fixed Effect Model	22
3.1 การวิเคราะห์ขนาดคละ	46
3.2 การแบ่งชั้นคุณภาพของถั่วลอ่ย	48
4.1 ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	63
4.2 องค์ประกอบของปัจจัยในการทดลอง.....	64
4.3 สัดส่วนผสมของวัตถุดิบในการทำก้อนมอร์ตาร์.....	65
4.4 ผลการทดสอบ Flexural Strength ชิ้นงานตัวอย่าง ครั้งที่ 1.....	66
4.5 ผลการทดสอบ Flexural Strength ชิ้นงานตัวอย่าง ครั้งที่ 2	67
4.6 ค่าผลรวมของค่าที่ทดสอบในแต่ละสูตรการทดลอง.....	68
4.7 สรุปการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)	68
4.8 สัดส่วนของวัตถุดิบในการทดลองในสายการผลิต	71
4.9 ปริมาณวัตถุดิบและผลทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวางในสายการผลิตจริง	72
4.10 ข้อมูลต้นทุนวัตถุดิบต่อหน่วย	74
4.11 ปริมาณวัตถุดิบที่ต้นทุนที่น้อยที่สุด	77
4.12 ปริมาณส่วนผสมวัตถุดิบและต้นทุน (กรณีไม่ใช้ Superplasticizer)	78
4.13 การเปรียบเทียบต้นทุน กรณีใส่และไม่ใส่ Superplasticizer	79
5.1 ต้นทุนน้อยที่สุดและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ กรณีราคาปูนซีเมนต์เปลี่ยนแปลงลดลง	82
5.2 ต้นทุนน้อยที่สุดและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ กรณีราคาปูนซีเมนต์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น	83
5.3 ต้นทุนน้อยที่สุดและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ กรณีราคาทรายเปลี่ยนแปลงลดลง	86
5.4 ต้นทุนน้อยที่สุดและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ กรณีราคาทรายเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น	87
5.5 ต้นทุนที่น้อยที่สุดและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ กรณีราคา Superplasticizer เปลี่ยนแปลงลดลง	90
5.6 ต้นทุนที่น้อยที่สุดและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ กรณีราคา Superplasticizer เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น	91

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1	แนวทางในการศึกษาปรับปรุงคุณภาพกระเบื้องหลังคาคอนกรีต 6
2.1	การใช้ RUN CHART ในการทดลองปัจจัยเดี่ยว 15
2.2	แผนภูมิฮิสโตแกรมค่าเรซิดิว และแผนภูมิความน่าจะเป็นปกติ 23
3.1	ขั้นตอนการผลิตกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา 36
3.2	การเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน และการพัฒนาโครงสร้างของซีเมนต์เพสต์ 40
3.3	อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน 41
3.4	อนุภาคของเถ้าลอยที่มีลักษณะต่าง ๆ กัน 49
3.5	คอนกรีตที่ใช้ปริมาณน้ำมากเกินไป 51
3.6	ลักษณะการทำงานของสารลดปริมาณน้ำ 52
3.7	การทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวาง..... 59
3.8	การทดสอบความไม่รั่วซึม 60
4.1	ค่าความต้านทานแรงกดตามขวางเฉลี่ยกระเบื้อง 7 วัน ระหว่างเดือนมิย.-กย.2542.61
4.2	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัย A 69
4.3	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัย B 69
4.4	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัย C 70
4.5	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนทรายต่อปูนซีเมนต์ 72
4.6	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเถ้าลอย 73
4.7	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ Superplasticizer 73
4.8	การเปรียบเทียบสัดส่วนทรายต่อปูนซีเมนต์ทั้ง 2 กรณี 78
5.1	ต้นทุนที่น้อยที่สุด กรณีราคาปูนซีเมนต์เปลี่ยนแปลงลดลง 84
5.2	ต้นทุนที่น้อยที่สุด กรณีราคาปูนซีเมนต์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 84
5.3	ต้นทุนที่น้อยที่สุด กรณีราคาทรายเปลี่ยนแปลงลดลง 88
5.4	ต้นทุนที่น้อยที่สุด กรณีราคาทรายเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 88
5.5	ต้นทุนที่น้อยที่สุด กรณีราคา Superplasticizer เปลี่ยนแปลงลดลง 92
5.6	ต้นทุนที่น้อยที่สุด กรณีราคา Superplasticizer เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 92