

4

กำลังที่แปรเปลี่ยนตาม เวลาของคอนกรีตหลังจากถูก ไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลาง



นายบัณฑิต เกษรมาลา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531


ISBN 974-569-369-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014310

I 10300429

TIME-DEPENDENT STRENGTH OF CONCRETE
SUBJECTED TO MODERATE FIRE SEVERITY



Mr. Bundit Kesornmala

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

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1987

ISBN 974-569-369-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์

กำลังที่แปรเปลี่ยนตามเวลาของคอนกรีตหลังจากถูกไฟไหม้ระดับ

ความรุนแรงปานกลาง

โดย

นาย บัณฑิต เกษรมาลา

ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.การุญ จันทรางศุ



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วิชัยรักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.การุญ จันทรางศุ)

.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เริงเดชา รัชตโพธิ์)

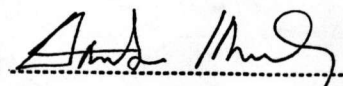
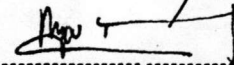


บัณฑิต เกษรมาลา : กำลังที่แปรเปลี่ยนตาม เวลาของคอนกรีตหลังจากถูกไฟไหม้ที่ระดับ
ความรุนแรงปานกลาง (TIME-DEPENDENT STRENGTH OF CONCRETE SUBJECTED TO
MODERATE FIRE SEVERITY) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.การุญ จันทรางศุ, 139 หน้า

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอ การแปรเปลี่ยนคุณสมบัติของคอนกรีตตาม เวลาในด้านกำลังอัดกำลังยึด
เหนียวระหว่างเหล็กกับคอนกรีต และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตหลังจากถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรง
ปานกลางโดยพิจารณาที่อุณหภูมิที่ 300°C 400°C และ 450°C ตามลำดับซึ่งเป็นอุณหภูมิของไฟในระดับ
ความรุนแรงปานกลาง ในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณากำลังอัดที่ 28 วันของคอนกรีตก่อนถูกไฟเผาที่ 210
280 และ 350 กก.ต่อ ตร.ซม. เป็นกำลังอัดเริ่มต้นตามลำดับ และทำการทดสอบที่เวลาหลัง เผาไฟ
หนึ่งวัน ครึ่งเดือน หนึ่งเดือน เดือนครึ่ง สองเดือน สามเดือน สี่เดือนและหกเดือนตามลำดับ ผลการวิจัย
ปรากฏว่า คอนกรีตที่ถูกเผาที่อุณหภูมิสูงจะทำให้กำลังอัด ค่ากำลังยึดเหนียว และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นลดลงมาก
กว่าคอนกรีตที่เผาที่อุณหภูมิต่ำกว่า การแปรเปลี่ยนค่ากำลังอัด เริ่มต้นจะไม่มีผลกระทบต่อ การลดลงของค่า
กำลังอัดที่อุณหภูมิเดียวกัน คอนกรีตที่เผาที่อุณหภูมิ 300°C กำลังอัดลดลงต่ำสุดเท่ากับ 75% ของกำลังเริ่ม
ต้น ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 40% ของค่าเริ่มต้น ทำนองเดียวกันคอนกรีตที่ถูกเผาที่อุณหภูมิ
400°C และ 450°C กำลังอัดลดลงต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 60% และ 55% และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นลดลงต่ำสุดมีค่า
เท่ากับ 24% และ 22% ตามลำดับ ส่วนกำลังยึดเหนียวทดสอบที่อุณหภูมิ 400°C จะมีค่าลดลงต่ำสุดเหลือ
เท่ากับ 20% ของค่าเริ่มต้น เมื่อเวลาผ่านไปคอนกรีตส่วนนั้นจะมีค่ากำลังอัดลดลงต่อไปอีกในช่วงครึ่ง เดือน
แรก ต่อจากนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นทีละน้อยและเมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือนคอนกรีตจะมีค่ากำลังอัดฟื้นตัวมากขึ้น
มาถึง 80-90% ของกำลังเริ่มต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

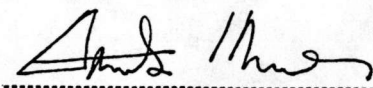
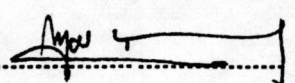


BUNDIT KESORNMALA : TIME-DEPENDENT STRENGTH OF CONCRETE SUBJECTED TO MODERATE FIRE SEVERITY. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.KAROON CHANDRANG SU, Ed.D. 139 pp.

This research presents the long term effect of concrete subjected to moderate fire severity concerning its physical and mechanical properties. The specific properties determined in this research are compressive strength, stiffness, and bond strength. Range of fire exposure are limited at 300°C, 400°C, and 450°C respectively and the 28-day concrete strengths 210, 280, and 350 ksc. are used as the original strength. Specimens were tested at first day, half a month, a month, first month and a half, second month, third month, fourth month, and sixth month after exposed to fire. Test results indicated that concrete subjected to high temperature resulting in considerable properties reduction greater than those subjected to lower temperature. The effect of temperature on the compressive strength of concrete is independent of its original strength within the range normally used in general constructions. Concrete when subjected to temperature 300°C, the minimum residual strength and modulus would be about 75% and 40% of its original values, respectively. In the same manner at 400°C and 450°C fire exposure the minimum residual concrete strengths are 60% and 55% of the original strength and the minimum residual stiffness are 24% and 22% respectively. The minimum residual bond strength of concrete exposed to temperature 400°C is about 20% of its original ultimate bond strength. After subjected to moderate fire severity, the compressive strength decreased in the first half month and, after that they would be increasing. Six months later they would gain their strength up to approximately 80-90% of its original strength.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 



กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. การุญ
จินทรางค์ ที่ท่านให้ความดูแลเอาใจใส่ ตลอดจนให้คำแนะนำปรึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ให้ลุล่วง
ไปด้วยดีตลอดมา ขอกราบขอบพระคุณท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านอันประกอบด้วย
ศ.ดร. ทักษิณ เทพชาตรี ศ.ดร. เอกสิทธิ์ ลีมสุวรรณ และ ผศ.ดร. เรืองเดชา รัชตโพธิ์
ที่ได้ให้คำแนะนำอันมีค่าตลอดงานวิจัยนี้ ผลงานวิจัยนี้จะไม่สำเร็จลงได้ ถ้าขาดความ
ช่วยเหลือจากหน่วยงานและบริษัทต่าง ๆ ที่ได้อนุญาตและให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือและ
วัสดุ ตลอดจนเพื่อนๆ และพี่ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำผู้เขียนจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

1. ประธานกรรมการบริษัทเซรามิกอุตสาหกรรมไทย จำกัด
2. ประธานกรรมการบริษัทชลประทานคอนกรีต จำกัด
3. คุณบัณฑิต เลียงแจวงวงศ์
4. คุณศิริศักดิ์ ภูมพมาศ
5. คุณสุชาติ ชะโยชัยชนะ
6. คุณชาติเฉลิม ศุภางคเสน

ท้ายนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน


ศูนย์วิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญภาพ	ญ
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความนำ.....	1
1.2 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.3 วัตถุประสงค์หลัก.....	2
1.4 ภูมิหลังงานวิจัยที่ผ่านมา.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	6
2. ลักษณะและพฤติกรรมของอັคคีภัย	
2.1 ขบวนการเกิดเพลิงไหม้.....	7
2.1.1 ช่วงการก่อตัวของไฟ.....	9
2.1.2 ช่วงการเผาไหม้และสลายตัว.....	10
2.2 ปริมาณของไฟ.....	11
2.3 พื้นที่ของช่องเปิด.....	11
2.4 เส้นโค้งมาตรฐานไฟและทฤษฎีพื้นฐาน เกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ.....	12
2.5 แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ.....	12

2.6	เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิ-เวลา.....	13
2.7	ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ.....	13
3.	อิทธิพลของไฟที่มีต่อคุณสมบัติของวัสดุพื้นฐาน	
3.1	เหล็ก.....	17
3.1.1	กำลังและความแข็งของเหล็กที่อุณหภูมิต่างๆ.....	17
3.2	คอนกรีต.....	20
3.2.1	กำลังของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ.....	20
3.2.2	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ.....	20
3.2.3	การเปลี่ยนแปลงสีของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ.....	24
3.2.4	การหลุดกระแทะของคอนกรีต.....	24
4.	การทดสอบ	
4.1	การเตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบ.....	26
4.1.1	คอนกรีต.....	26
4.1.2	เหล็ก.....	28
4.1.3	แบบหล่อคอนกรีต.....	28
4.1.4	การผสมคอนกรีตและการเทคอนกรีต.....	28
4.1.5	การบ่มคอนกรีต.....	29
4.1.6	อายุของคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบ.....	29
4.1.7	จำนวนแท่งตัวอย่างทดสอบ.....	29
4.2	การเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ.....	31
4.2.1	เตาไฟที่ใช้ในการทดสอบ.....	31
4.2.2	เครื่องมือทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต.....	31
4.2.3	คอมเพรสซิโอมิเตอร์.....	35
4.3	การหาความรุนแรงเสมือนของอัคคีภัย.....	35
4.3.1	เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างเวลา-อุณหภูมิของเตา...	35

	หน้า
4.3.2 หลักการพื้นฐานของความรุนแรงของไฟ ใช้หาความรุนแรงเสมือน.....	38
4.4 การดำเนินการทดสอบ.....	38
5. การวิเคราะห์ผลการวิจัย	
5.1 อิทธิพลของเวลาต่อพฤติกรรมกำลังอัดของคอนกรีตที่ถูกไฟไหม้...	46
5.1.1 กำลังอัดประลัยเริ่มต้นเท่ากับ 210 กก./ซม. ²	46
5.1.2 กำลังอัดประลัยเริ่มต้นเท่ากับ 280 กก./ซม. ²	52
5.1.3 กำลังอัดประลัยเริ่มต้นเท่ากับ 350 กก./ซม. ²	52
5.2 อิทธิพลของเวลาต่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต.....	59
5.3 อิทธิพลของเวลาต่อกำลังยึดเหนี่ยวหลังจากถูกไฟไหม้.....	67
5.4 การวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการวิจัย.....	76
6. บทสรุป.....	81
หนังสืออ้างอิง.....	84


 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	พฤติกรรมความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้น.....	8
รูปที่ 2.3	แสดงความรุนแรงของไฟเสมือน.....	16
รูปที่ 3.1	กำลังฉลาก กำลังประลัย ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กที่อุณหภูมิต่างๆ..	18
รูปที่ 3.2	กำลังฉลาก กำลังประลัยของลวดยึดแรงที่อุณหภูมิต่างๆ.....	19
รูปที่ 3.3	ผลการแปรเปลี่ยนค่าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ที่มีต่อการลดลง ของกำลังยึดของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ.....	21
รูปที่ 3.4	ผลการแปรเปลี่ยนมวลรวมที่ใช้ในการผสมคอนกรีตที่มีต่อการลดลง ของกำลังยึดของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ.....	22
รูปที่ 3.5	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ.....	23
รูปที่ 4.1	รูปร่างลักษณะของเตาไฟที่ใช้.....	32
รูปที่ 4.2	เครื่องมือทดสอบอุลตราโซนิค.....	33
รูปที่ 4.3	เครื่องกดคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบ.....	34
รูปที่ 4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ-เวลาของเตาไฟ.....	37
รูปที่ 4.5	แสดงความรุนแรงเสมือนของไฟที่อุณหภูมิ 500 °C.....	39
รูปที่ 4.6	แสดงความรุนแรงเสมือนของไฟที่อุณหภูมิ 450 °C.....	39
รูปที่ 4.7	แสดงความรุนแรงเสมือนของไฟที่อุณหภูมิ 300 °C.....	40
รูปที่ 4.8	แสดงความรุนแรงเสมือนของไฟที่อุณหภูมิ 400 °C.....	40
รูปที่ 4.9	เครื่องมือทดสอบหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น.....	42
รูปที่ 4.10	เครื่องมือทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก.....	43
รูปที่ 4.11	ลักษณะของแท่งตัวอย่างที่ถูกไฟไหม้.....	45
รูปที่ 5.1	แสดงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังอัดประลัยเริ่มต้นที่ 210 กก./ซม. ² ในช่วง 6 เดือน ทดสอบโดยเครื่องกดคอนกรีต....	47

รูปที่ 5.2	ขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของกำลังอัดที่ 210 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 300 °C ในช่วงเวลา 6 เดือน.....	49
รูปที่ 5.3	ขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของกำลังอัดที่ 210 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 400 °C ในช่วงเวลา 6 เดือน.....	50
รูปที่ 5.4	ขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของกำลังอัดที่ 210 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 450 °C ในช่วงเวลา 6 เดือน.....	51
รูปที่ 5.5	แสดงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังอัดประลัยเริ่มต้นที่ 280 กก./ซม. ² ในช่วง 6 เดือน ทดสอบโดยเครื่องกดคอนกรีต....	53
รูปที่ 5.6	ขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของกำลังอัดที่ 280 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 300 °C ในช่วงเวลา 6 เดือน.....	54
รูปที่ 5.7	ขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของกำลังอัดที่ 280 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 400 °C ในช่วงเวลา 6 เดือน.....	55
รูปที่ 5.8	ขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของกำลังอัดที่ 280 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 450 °C ในช่วงเวลา 6 เดือน.....	56
รูปที่ 5.9	แสดงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังอัดประลัยเริ่มต้นที่ 350 กก./ซม. ² ในช่วง 6 เดือน ทดสอบโดยเครื่องกดคอนกรีต....	57
รูปที่ 5.10	ขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของกำลังอัดที่ 350 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 300 °C ในช่วงเวลา 6 เดือน.....	60
รูปที่ 5.11	ขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของกำลังอัดที่ 350 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 400 °C ในช่วงเวลา 6 เดือน.....	61
รูปที่ 5.12	ขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของกำลังอัดที่ 350 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 450 °C ในช่วงเวลา 6 เดือน.....	62
รูปที่ 5.13	ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่กำลังอัด เริ่มต้นเท่ากับ 210 กก./ซม. ² ในช่วง 6 เดือน.....	63

รูปที่ 5.14	ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่กำลังอัด เริ่มต้นเท่ากับ 280 กก./ซม. ² ในช่วง 6 เดือน.....	64
รูปที่ 5.15	ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่กำลังอัด เริ่มต้นเท่ากับ 350 กก./ซม. ² ในช่วง 6 เดือน.....	65
รูปที่ 5.16	ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังยึดเหนี่ยวในช่วงเวลา 6 เดือน....	68
รูปที่ 5.17	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลา 1 วัน หลังจากทดสอบไฟไปแล้ว.....	69
รูปที่ 5.18	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลาครึ่งเดือน หลังจากทดสอบไฟไปแล้ว.....	70
รูปที่ 5.19	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลาหนึ่งเดือน หลังจากทดสอบไฟไปแล้ว.....	71
รูปที่ 5.20	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลาสองเดือน หลังจากทดสอบไฟไปแล้ว.....	72
รูปที่ 5.21	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลาสามเดือน หลังจากทดสอบไฟไปแล้ว.....	73
รูปที่ 5.22	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลาสี่เดือน หลังจากทดสอบไฟไปแล้ว.....	74
รูปที่ 5.23	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลาหกเดือน หลังจากทดสอบไฟไปแล้ว.....	75
รูปที่ 5.24	น้ำหนักที่สูญเสียไปของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ.....	78
รูปที่ 5.25	คุณสมบัติการขยายตัวและหดตัวของซีเมนต์เพสต์ที่อุณหภูมิต่างๆ.....	79

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ ก.1 แสดงข้อมูลกำลังอัดเริ่มต้นของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน.....	87
ตารางที่ ก.2 แสดงแสดงข้อมูลกำลังอัดของคอนกรีตที่กำลังเริ่มต้น 210 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 300 °C ทดสอบโดยเครื่องกด....	88
ตารางที่ ก.3 แสดงแสดงข้อมูลกำลังอัดของคอนกรีตที่กำลังเริ่มต้น 210 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 400 °C ทดสอบโดยเครื่องกด....	89
ตารางที่ ก.4 แสดงแสดงข้อมูลกำลังอัดของคอนกรีตที่กำลังเริ่มต้น 210 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 450 °C ทดสอบโดยเครื่องกด....	90
ตารางที่ ก.5 แสดงแสดงข้อมูลกำลังอัดของคอนกรีตที่กำลังเริ่มต้น 280 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 300 °C ทดสอบโดยเครื่องกด....	91
ตารางที่ ก.6 แสดงแสดงข้อมูลกำลังอัดของคอนกรีตที่กำลังเริ่มต้น 280 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 400 °C ทดสอบโดยเครื่องกด....	92
ตารางที่ ก.7 แสดงแสดงข้อมูลกำลังอัดของคอนกรีตที่กำลังเริ่มต้น 280 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 450 °C ทดสอบโดยเครื่องกด....	93
ตารางที่ ก.8 แสดงแสดงข้อมูลกำลังอัดของคอนกรีตที่กำลังเริ่มต้น 350 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 300 °C ทดสอบโดยเครื่องกด....	94
ตารางที่ ก.9 แสดงแสดงข้อมูลกำลังอัดของคอนกรีตที่กำลังเริ่มต้น 350 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 400 °C ทดสอบโดยเครื่องกด....	95
ตารางที่ ก.10 แสดงแสดงข้อมูลกำลังอัดของคอนกรีตที่กำลังเริ่มต้น 350 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 450 °C ทดสอบโดยเครื่องกด....	96
ตารางที่ ก.11 แสดงข้อมูลกำลังอัดของคอนกรีตเริ่มต้นที่อายุ 28 วัน โดยใช้เครื่องอลตราโซนิค.....	97

ตารางที่ ก.12	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดยเครื่องอุลตราโซนิคที่กำลังเริ่มต้น 210 กก./ชม. ² อุณหภูมิ 300 °C.....	98
ตารางที่ ก.13	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดยเครื่องอุลตราโซนิคที่กำลังเริ่มต้น 210 กก./ชม. ² อุณหภูมิ 400 °C.....	99
ตารางที่ ก.14	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดยเครื่องอุลตราโซนิคที่กำลังเริ่มต้น 210 กก./ชม. ² อุณหภูมิ 450 °C.....	100
ตารางที่ ก.15	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดยเครื่องอุลตราโซนิคที่กำลังเริ่มต้น 280 กก./ชม. ² อุณหภูมิ 300 °C.....	101
ตารางที่ ก.16	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดยเครื่องอุลตราโซนิคที่กำลังเริ่มต้น 280 กก./ชม. ² อุณหภูมิ 400 °C.....	102
ตารางที่ ก.17	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดยเครื่องอุลตราโซนิคที่กำลังเริ่มต้น 280 กก./ชม. ² อุณหภูมิ 450 °C.....	103
ตารางที่ ก.18	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดยเครื่องอุลตราโซนิคที่กำลังเริ่มต้น 350 กก./ชม. ² อุณหภูมิ 300 °C.....	104
ตารางที่ ก.19	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดยเครื่องอุลตราโซนิคที่กำลังเริ่มต้น 350 กก./ชม. ² อุณหภูมิ 400 °C.....	105
ตารางที่ ก.20	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดยเครื่องอุลตราโซนิคที่กำลังเริ่มต้น 350 กก./ชม. ² อุณหภูมิ 450 °C.....	106
ตารางที่ ก.21	แสดงข้อมูลกำลังอัดของคอนกรีตทดสอบโดย Schmidt Hammer ที่อายุ 28 วัน.....	107
ตารางที่ ก.22	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดย Schmidt Hammer ที่กำลังเริ่มต้น 210 กก./ชม. ² อุณหภูมิ 300 °C.....	108
ตารางที่ ก.23	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดย Schmidt Hammer ที่กำลังเริ่มต้น 210 กก./ชม. ² อุณหภูมิ 400 °C.....	109

ตารางที่ ก.24	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดย Schmidt Hammer ที่กำลังเริ่มต้น 210 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 450 °C.....	110
ตารางที่ ก.25	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดย Schmidt Hammer ที่กำลังเริ่มต้น 280 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 300 °C.....	111
ตารางที่ ก.26	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดย Schmidt Hammer ที่กำลังเริ่มต้น 280 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 400 °C.....	112
ตารางที่ ก.27	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดย Schmidt Hammer ที่กำลังเริ่มต้น 280 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 450 °C.....	113
ตารางที่ ก.28	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดย Schmidt Hammer ที่กำลังเริ่มต้น 350 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 300 °C.....	114
ตารางที่ ก.29	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดย Schmidt Hammer ที่กำลังเริ่มต้น 350 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 400 °C.....	115
ตารางที่ ก.30	แสดงข้อมูลกำลังอัดทดสอบโดย Schmidt Hammer ที่กำลังเริ่มต้น 350 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 450 °C.....	116
ตารางที่ ข.1	แสดงข้อมูลค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน.....	117
ตารางที่ ข.2	แสดงข้อมูลค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่กำลังเริ่มต้น 210 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 300 °C.....	118
ตารางที่ ข.3	แสดงข้อมูลค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่กำลังเริ่มต้น 210 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 400 °C.....	119
ตารางที่ ข.4	แสดงข้อมูลค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่กำลังเริ่มต้น 210 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 450 °C.....	120
ตารางที่ ข.5	แสดงข้อมูลค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่กำลังเริ่มต้น 280 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 300 °C.....	121

ตารางที่ ข.6	แสดงข้อมูลค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่กำลังเริ่มต้น 280 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 400 °C.....	122
ตารางที่ ข.7	แสดงข้อมูลค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่กำลังเริ่มต้น 280 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 450 °C.....	123
ตารางที่ ข.8	แสดงข้อมูลค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่กำลังเริ่มต้น 350 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 300 °C.....	124
ตารางที่ ข.9	แสดงข้อมูลค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่กำลังเริ่มต้น 350 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 400 °C.....	125
ตารางที่ ข.10	แสดงข้อมูลค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่กำลังเริ่มต้น 350 กก./ซม. ² อุณหภูมิ 450 °C.....	126
ตารางที่ ค.1	แสดงข้อมูลแรงดึงกับค่า Slip ของคอนกรีตอายุ 28 วัน...	127
ตารางที่ ค.2	แสดงข้อมูลแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลาผ่านไป 1 วัน.....	128
ตารางที่ ค.3	แสดงข้อมูลแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลาผ่านไปครึ่งเดือน....	129
ตารางที่ ค.4	แสดงข้อมูลแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลาผ่านไปหนึ่งเดือน....	130
ตารางที่ ค.5	แสดงข้อมูลแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลาผ่านไปสองเดือน....	131
ตารางที่ ค.6	แสดงข้อมูลแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลาผ่านไปสามเดือน....	132
ตารางที่ ค.7	แสดงข้อมูลแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลาผ่านไปสี่เดือน.....	133
ตารางที่ ค.8	แสดงข้อมูลแรงดึงกับค่า Slip ที่เวลาผ่านไปหกเดือน.....	134
ตารางที่ ค.9	แสดงข้อมูลแรงยึดเหนี่ยวกับเวลาที่ทิ้งไว้หลังเผา.....	135
ตารางที่ ง.1	แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ-เวลา ASTM.....	136
ตารางที่ ง.2	แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ-เวลา ISO.....	138๕