

วิเคราะห์กำลังของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหลังถูกเพลิงไหม้

THE ANALYSIS STRENGTH OF BURNED REINFORCED CONCRETE STRUCTURE



โดย  
นายทินกร แพทย์รักษ์  
นายนันทวิทย์ พานิชพงษ์  
นายอรรณพ อุชชิน

รพ.  
11/1/64  
25/3

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 42419  
วัน, เดือน, ปี 20 พ.ศ. 2545

b.....  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

51/20คณ๒๖

**THE ANALYSIS STRENGTH OF BURNED REINFORCED CONCRETE STRUCTURE**



MR.THINAKRON PATRUG  
MR.NANTAWIT PANITCHAPONG  
MR.UNNOP UJJIN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

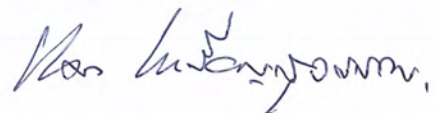
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อ โครงการพิเศษ วิเคราะห์กำลังของ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหลังถูกเพลิงไหม้  
นักศึกษา นายทินกร แพทย์รักษ์ รหัสประจำตัว 40010276  
นายนันทวิทย์ พานิชพงษ์ รหัสประจำตัว 40010382  
นายอรรถพล อุชชิน รหัสประจำตัว 40010966  
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง  
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.อำนาจ พานิชกุลพงศ์

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.อำนาจ พานิชกุลพงศ์ อ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร อ.อุบะ ศิริแก้ว	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(ผศ.ดร.แดง เจริญสุวรรณ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 2 เดือน เมษายน พ.ศ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	วิเคราะห์กำลังของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหลังถูกเพลิงไหม้	
	THE ANALYSIS STRENGTH OF BURNDDED REINFORCED CONCRETE STRUCTURE	
นักศึกษา	นายทินกร แพทย์รักษ์	
	นายนันทวิทย์ พานิชพงษ์	
	นายอรรถพร อูชชิน	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.อำนาจ พานิชกุลพงศ์	
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	สาขาวิศวกรรมกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ปีการศึกษา	2543	

## บทคัดย่อ

หลังจากการเกิดเพลิงไหม้การตัดสินใจว่าสามารถใช้อาคารได้ต่อไปหรือไม่ต้องมีการตรวจสอบทั้งด้านกายภาพและกำลังในการรับน้ำหนักของโครงสร้างอาคาร ในปัจจุบันนั้นส่วนใหญ่เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งประกอบด้วยคอนกรีตและเหล็กเสริม ความร้อนจากเพลิงไหม้นั้นมีผลโดยตรงต่อส่วนประกอบทั้งสอง งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากำลังของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหลังถูกเพลิงไหม้ ได้แก่ กำลังอัดของคอนกรีต, แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและเหล็กเสริม, กำลังดัดของคานคอนกรีตและเหล็กเสริม, กำลังดึงของเหล็กเสริม และกำลังเฉือนของเหล็กปลอก โดยจะทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E119 ที่อุณหภูมิ 927°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง, 1010 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงและ 1093 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และทิ้งตัวอย่างหลังเผาเป็นเวลาต่างๆ แล้วจึงทำการทดสอบกำลัง

จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิทำให้กำลังของคอนกรีตลดลง โดยการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อทดสอบ เหยย, ทิ้งไว้ 3 วันและทิ้งไว้ 7 วัน กำลังเหลือประมาณ 64 %, 40% และ 34% ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 1010 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อทดสอบ เหยย, ทิ้งไว้ 3 วันและทิ้งไว้ 7 วัน กำลังเหลือประมาณ 25 %, 16% และ 12% ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 1093 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง คอนกรีตไม่มีกำลังเหลืออยู่เลย ส่วนเหล็กเสริมอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและเวลาที่ทิ้งไว้มีผลต่อกำลังน้อยมาก

Title : THE ANALYSIS STRENGTH OF BURNED  
REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

Name : MR.THINAKRON PATRUG  
MR.NANTAWIT PANITCHAPONG  
MR.UNNOP UJJIN

Field : CONSTRUCTION ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : ASST.PROF. AMNUAY PANICHAKULPONG

## ABSTRACT

After fire, the burned buildings must be checked about its physical damages and capability of structure. This is to evaluate its validity. Nowadays, almost the structure of the buildings are a reinforced concrete structure (RC) which both of concrete and steel are susceptible to fire. This research aimed to study the strength of burned RC structures which included compressive strength of concrete, bonding strength of reinforcing, flexural strength of reinforced beam and tensile and shearing strength of reinforcing bar. This study used ASTM E119 as a procedure for testing. The 888 specimens were burned at  $927^{\circ}\text{C}$  for 1 hr.,  $1010^{\circ}\text{C}$  for 2 hr and  $1093^{\circ}\text{C}$  for 4 hr. Then they were curing at ambient temperature for vary duration before testing their strength.

By the result of this study, we found that, the more temperature increases, the more strength of concrete decreases. At  $927^{\circ}\text{C}$  burning for 1 hr with instant testing, 3 days and 7 days curing at ambient temperature, strength of concrete remains 64%, 40% and 34% respectively. At 2 hours- $1010^{\circ}\text{C}$  burning for instant testing, 3 days and 7 curing at ambient temperature, strength of concrete remains 64%, 40% and 34% respectively. At 4 hours- $1093^{\circ}\text{C}$ , its compressive strength is zero. For reinforcing bar, its properties, especially strength, didn't change so much.

# กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้จะไม่สำเร็จล่วงได้หากขาดการสนับสนุนและอนุเคราะห์จากบุคคลและหน่วยงานดังต่อไปนี้

ผ.ศ. อำนวย พานิชกุลพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาและคณะกรรมการทุกท่าน สำหรับทุกคำแนะนำที่มีค่าต่อโครงการพิเศษ

อาจารย์ สุรพล พลีคราม หัวหน้าภาควิชาศิลปอุตสาหกรรมที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้สัมภาษณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

อาจารย์ พรศักดิ์ อรรถวานิช ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สจล. ที่ให้คำแนะนำทางด้านวัสดุศาสตร์

คุณลุงฉ้ออน คุณลุงหล่อ คุณมานิตย์ คุณไชยา คุณสมบัติ และเจ้าหน้าที่อาคารปฏิบัติงานวิศวกรรมโยธา และโรงงานเซรามิกส์ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม ที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาตลอด

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาที่สนับสนุนการดำเนินงาน โครงการพิเศษเป็นอย่างดี

ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรมที่อนุเคราะห์ให้ใช้เตาเผา

และท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือด้านต่างๆ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

นายทินกร แพทย์รักษ์  
นายนันทวิทย์ พานิชพงษ์  
นายอรรถพ อุชชิน

ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอวมติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ฎ
	สารบัญภาพ	ท
1	บทนำ	1
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	1.4. สมมุติฐาน	2
	1.5. ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา	2
	1.6. ขั้นตอนการศึกษา	2
2	ลักษณะและพฤติกรรมของเพลิงไหม้อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก	4
	2.1. กล่าวนำ	4
	2.2. ลักษณะพฤติกรรมของเพลิงไหม้	4
	2.3. ขบวนการเกิดเพลิงไหม้	6
	2.3.1 ช่วงการก่อตัวของไฟ	8
	2.3.2 ช่วงการเผาไหม้และช่วงการสลายตัว	8
	2.4. ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมของเพลิงไหม้	9
	2.4.1 ปริมาณของไฟ	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.4.2 พื้นที่ของช่องเปิด	10
	2.5. เส้นโค้งมาตรฐานและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ	10
	2.6. แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ	10
	2.7. เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลา	11
	2.8. ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ	12
	2.9. อิทธิพลของไฟที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของวัสดุพื้นฐาน	13
	2.9.1. คอนกรีต	14
	2.9.1.1. กำลังของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ	16
	2.9.1.2. ความแข็งแรงหรือค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	17
	2.9.1.3. การเปลี่ยนแปลงสีของคอนกรีตตามอุณหภูมิต่าง ๆ	17
	2.9.1.4. การหลุดกระเทาะของคอนกรีต	17
	2.9.2. เหล็ก	18
	2.9.2.1. คุณสมบัติทางเคมีของเหล็กที่อุณหภูมิต่าง ๆ	18
	2.9.2.2. ชนิดของเหล็กกล้า	19
	2.10. พฤติกรรมของโครงสร้างอาคารคอนกรีต	21
	2.11. การตรวจสอบโครงสร้าง	23
3	วิธีดำเนินการและการศึกษา	24
	3.1. กล่าวนำ	24
	3.2. รายละเอียดการดำเนินการศึกษา	24
	3.3. ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา	24
	3.3.1. ขั้นเตรียมวัสดุสำหรับการทดสอบ	24
	3.3.2. ขั้นเผาตัวอย่างทดสอบ	27
	3.3.3. ขั้นตอนการทำการทดสอบหากำลังของตัวอย่างคอนกรีต และการบันทึกผล	28
	3.3.4. การวิเคราะห์ผลการศึกษาและเขียนรายงาน	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	3.4 อุปกรณ์ และ สถานที่ดำเนินการศึกษา	30
4	ผลการศึกษาและการวิเคราะห์	31
	4.1. คุณสมบัติของวัสดุหลังจากการเผา	31
	4.1.1 สมบัติทางกายภาพ	31
	4.1.2 สมบัติทางกล	32
	4.2. วิเคราะห์ผลการทดลอง	42
	4.2.1. การสูญเสียกำลังอัดของคอนกรีต	42
	4.2.1.1. เกิดการสูญเสียของน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน	42
	4.2.1.2. การขยายตัวที่ไม่เท่ากันภายในคอนกรีต	43
	4.2.1.3. ตัวเชื่อมประสาน ( CSH GEL ) ถูกทำลาย	43
	4.2.2. การสูญเสียกำลังรับแรงยึดเหนี่ยว	43
	4.2.3. การสูญเสียกำลังคัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก	44
	4.2.4. การสูญเสียกำลังคึงของเหล็กเสริมหลัก	44
	4.2.5. การสูญเสียกำลังรับแรงเฉือนของเหล็กปลอก	45
5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	47
	5.1. สรุปผลการศึกษา	47
	5.2. ข้อเสนอแนะ	48
	รายการอ้างอิง	49
	บรรณานุกรม	50
	ภาคผนวก ก. : รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการรับกำลัง ของ Reinforced Concrete	ผก1

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก ข.	: รายละเอียดของวิธีการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต	ผข1
ภาคผนวก ค.	: รายละเอียดของวิธีการทำการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต	ผค1
ภาคผนวก ง.	: รายละเอียดวิธีการเผาตัวอย่างคอนกรีตในเตาเผา	ผง1
ภาคผนวก จ.	: รูปแสดงวิธีการเตรียมตัวอย่างคานคอนกรีตสำหรับที่จะทำการทดสอบ	ผจ1
ภาคผนวก ฉ.	: รูปแสดงขั้นตอนการเผาคอนกรีตในเตาเผา	ผฉ1
ภาคผนวก ช.	: รูปแสดงตัวอย่างคอนกรีตหลังจากนำออกจากเตาเผาแล้ว	ผช1
ภาคผนวก ซ.	: รูปแสดงการทดสอบหาค่ารับรับของคอนกรีต โดยทดสอบแบบต่าง ๆ	ผซ1
ภาคผนวก ฌ.	: รูปแสดงการวิบัติแบบต่าง ๆ ของการทดสอบแต่ละอย่าง	ผฌ1
ภาคผนวก ฎ.	: ผลการทดลอง และกราฟแสดงผลการทดลอง	ผฎ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1.	แสดงสมบัติของเชื้อเพลิงพื้นฐานที่จะให้ความร้อน	6
2.2.	องค์ประกอบของ Portland Cement	14
2.3.	สีของเหล็กออกไซด์เปลี่ยนตามอุณหภูมิ	15
2.4.	สีของคอนกรีตที่ถูกเผาไหม้ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	17
2.5.	ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กเส้นกลม	21
2.6.	ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กข้ออ้อย	21
2.7.	ตารางแสดงลำดับและขั้นตอนของพฤติกรรมของโครงสร้างตั้งแต่เริ่มเกิดเพลิงไหม้ จนกระทั่งอาคารเย็นตัว	22
4.1.	สรุปผลการทดสอบกำลังคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ	33
4.2.	สรุปผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวที่อุณหภูมิต่างๆ	34
4.3.	สรุปผลกำลังดัดของคานคอนกรีตหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ	35
4.4.	สรุปผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่อุณหภูมิต่างๆ	36
4.5.	สรุปผลการทดสอบกำลังดึงของเหล็กในคานที่อุณหภูมิต่างๆ	37
ผ.ค.1.	แสดงคุณสมบัติทางกลที่น้อยที่สุดที่ยอมให้ของเหล็กเสริม	ผค8
ผ.ค.2.	แสดงคุณสมบัติทางกลที่น้อยที่สุดที่ยอมให้ของเหล็กเสริมแต่ละชั้น	ผค10
ผ.ค.3.	แสดงความยาวของชิ้นตัวอย่างการทดสอบ	ผค16
ผ.ง.1.	ตารางแสดงอุณหภูมิที่ได้จากการทดสอบเมื่อเทียบกับเวลาในการเผาไหม้	ผง3
ผ.ญ.1.	แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตก่อนเผา	ผญ2
ผ.ญ.2.	แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927° C โดยทิ้งไว้ 0 วัน, 3 วัน, 7 วัน	ผญ3
ผ.ญ.3.	แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010° C โดยทิ้งไว้ 0 วัน, 3 วัน, 7 วัน	ผญ4
ผ.ญ.4.	แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093° C โดยทิ้งไว้ 0 วัน, 3 วัน, 7 วัน	ผญ5
ผ.ญ.5.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมก่อนเผา	ผญ6

## สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.6.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน	ผญ7
ผ.ญ.7.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน	ผญ8
ผ.ญ.8.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน	ผญ9
ผ.ญ.9.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน	ผญ10
ผ.ญ.10.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน	ผญ11
ผ.ญ.11.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน	ผญ12
ผ.ญ.12.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน	ผญ13
ผ.ญ.13.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน	ผญ14
ผ.ญ.14.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน	ผญ15
ผ.ญ.15.	แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆก่อนเผา	ผญ16
ผ.ญ.16.	แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ17
ผ.ญ.17.	แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ18
ผ.ญ. 18.	แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ19

## สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.19.	แสดงผลการทดสอบกำลังคัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ $1010^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ20
ผ.ญ.20.	แสดงผลการทดสอบกำลังคัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ $1010^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ21
ผ.ญ.21.	แสดงผลการทดสอบกำลังคัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ $1010^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ22
ผ.ญ.22.	แสดงผลการทดสอบกำลังคัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ $1093^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ23
ผ.ญ.23.	แสดงผลการทดสอบกำลังคัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ $1093^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ24
ผ.ญ.24.	แสดงผลการทดสอบกำลังคัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ $1093^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ25
ผ.ญ.25.	แสดงกำลังคัดของเหล็กเส้นชนิดต่างๆก่อนเผา	ผญ28
ผ.ญ.26.	แสดงกำลังคัดของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ $927^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน	ผญ29
ผ.ญ.27.	แสดงกำลังคัดของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ $927^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน	ผญ30
ผ.ญ.28.	แสดงกำลังคัดของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ $927^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน	ผญ31
ผ.ญ.29.	แสดงกำลังคัดของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ $1010^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน	ผญ32
ผ.ญ.30.	แสดงกำลังคัดของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ $1010^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน	ผญ33
ผ.ญ.31.	แสดงกำลังคัดของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ $1010^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน	ผญ34
ผ.ญ.32.	แสดงกำลังคัดของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ $1093^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน	ผญ35
ผ.ญ.33.	แสดงกำลังคัดของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ $1093^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน	ผญ36
ผ.ญ.34.	แสดงกำลังคัดของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ $1093^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน	ผญ37
ผ.ญ.35.	แสดง ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก ไม้เผาไฟ	ผญ42
ผ.ญ.36.	แสดง ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก ไม้เผาไฟ	ผญ43
ผ.ญ.37.	แสดง ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก ไม้เผาไฟ	ผญ44

## สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.38.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ45
ผ.ญ.39.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ46
ผ.ญ.40.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ47
ผ.ญ.41.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ48
ผ.ญ.42.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ49
ผ.ญ.43.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ50
ผ.ญ.44.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ51
ผ.ญ.45.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ52
ผ.ญ.46.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ53
ผ.ญ.47.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ54
ผ.ญ.49.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ55
ผ.ญ.50.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ56

## สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.51.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ57
ผ.ญ.52.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ58
ผ.ญ.53.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ59
ผ.ญ.54.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ60
ผ.ญ.55.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ61
ผ.ญ.56.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ62
ผ.ญ.57.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ63
ผ.ญ.58.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ64
ผ.ญ.59.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ65
ผ.ญ.60.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ66
ผ.ญ.61.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ67
ผ.ญ.62.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ68

## สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.63.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ69
ผ.ญ.64.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ70
ผ.ญ.65.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ71
ผ.ญ.66.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ72
ผ.ญ.67.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ73
ผ.ญ.68.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ74
ผ.ญ.69.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ75
ผ.ญ.70.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ76
ผ.ญ.71.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ77
ผ.ญ.72.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ78
ผ.ญ.73.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ79
ผ.ญ.74.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ80

## สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.75.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ81
ผ.ญ.76.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ82
ผ.ญ.77.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ83
ผ.ญ.78.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ84
ผ.ญ.79.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ85
ผ.ญ.80.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ86
ผ.ญ.81.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ87
ผ.ญ.82.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ88
ผ.ญ.83.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ89
ผ.ญ.84.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วั	ผญ90
ผ.ญ.85.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ91
ผ.ญ.86.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ92

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.87.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ93
ผ.ญ.88.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ94
ผ.ญ.89.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ95
ผ.ญ.90.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ96
ผ.ญ.91.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ97
ผ.ญ.92.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ98
ผ.ญ.93.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ99
ผ.ญ.94.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ100
ผ.ญ.95.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ101
ผ.ญ.96.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ102
ผ.ญ.97.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ103
ผ.ญ.98.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ104
ผ.ญ.99.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.100.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ106
ผ.ญ.101.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ107
ผ.ญ.102.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ108
ผ.ญ.103.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ109
ผ.ญ.104.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ110
ผ.ญ.105.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ111
ผ.ญ.106.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ112
ผ.ญ.107.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ113
ผ.ญ.108.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ114
ผ.ญ.109.	แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ115

# สารบัญภาพ

ภาพที่	ชื่อภาพ	หน้า
2.1.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริง	7
2.2.	แสดงเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาตามมาตรฐานไฟ ASTM E119	12
2.3.	แสดงการแปลงความรุนแรงไฟเสมือน	13
3.1.	แสดงหน้าตัดทั้ง 4 ชนิดของการที่มีการทดสอบ	26
3.2.	แสดงการจัดเรียงเหล็กปลอก	26
3.3.	รูปวัสดุสำหรับการทดลองกำลังรับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับ คอนกรีต	27
4.1.	แสดงแนวโน้มกำลังอัดที่เหลือของคอนกรีตเมื่อเผาไฟเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น	33
4.2.	แสดงแนวโน้มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเสริมเหล็กหลังการเผาที่ อุณหภูมิต่างๆ	34
4.3.	แสดงแนวโน้มของกำลังดัดของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆของเหล็ก RB 12	35
4.4.	แสดงแนวโน้มของกำลังเฉือนของเหล็กปอกที่เหลือ ณ อุณหภูมิต่างๆ	36
4.5.	แสดงแนวโน้มกำลังดัดของเหล็ก RB 12	38
4.6.	แสดงแนวโน้มกำลังดัดของเหล็ก DB 12	39
4.7.	แสดงแนวโน้มกำลังดัดของเหล็ก RB 15	40
4.8.	แสดงแนวโน้มกำลังดัดของเหล็ก DB 16	41
ผ.ก.1.	รูปแสดงระบบการทำงานของเครื่อง UTM	ผก9
ผ.ค.1.	ก้อนตัวอย่างคอนกรีตทั้ง 2 ชนิด	ผค2
ผ.ค.2.	การบ่มก้อนตัวอย่างคอนกรีต	ผค3
ผ.ค.3.	ก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่ CAP หัว และไม้ CAP หัว	ผค3
ผ.ค.4.	อุปกรณ์ทำก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก	ผค5
ผ.ค.5.	อุปกรณ์ทดสอบแรงยึดเหนี่ยวและเครื่องทดสอบแรงดึง	ผค13
ผ.จ.1.	อุณหภูมิที่ได้จากการทดสอบเมื่อเทียบกับเวลาในการเผาไหม้	ผจ2
ผ.จ.1.	แสดงการจ่อเหล็กปลอก เพื่อใช้สำหรับทำเป็นเหล็กรับแรงเฉือนในตัวคาน	ผจ2
ผ.จ.2.	แสดงเหล็กเสริมคอนกรีตหลังจากที่ผูกเหล็กเสร็จเรียบร้อยแล้ว และ ไม้แบบที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งจะทำการเทคอนกรีตแล้ว	ผจ2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.จ.3.	แสดงการทาน้ำมันที่ไม้แบบเพื่อที่จะทำให้การแกะแบบง่าย และยืดอายุการใช้งานของไม้แบบ	ผจ3
ผ.จ.4.	แสดงเหล็กเสริม และไม้แบบที่พร้อมที่จะทำการเทคอนกรีต	ผจ3
ผ.จ.5.	แสดงการชั่งน้ำหนักของมวลรวม และคอนกรีต ให้เป็นตามที่ได้คำนวณ ส่วนผสมคอนกรีตเรียบร้อยแล้ว	ผจ4
ผ.จ.6.	แสดงการผสมคอนกรีตโดยใช้ไม้ผสมขนาดเล็ก ผสมได้ครั้งละประมาณ 0.02 ลบ.เมตร	ผจ4
ผ.จ.7.	แสดงขั้นตอนของการเตรียมคอนกรีตเพื่อทำการเช็ด Slump	ผจ5
ผ.จ.8.	ตัวอย่าง Slump ที่ได้ประมาณ 8 เซนติเมตร	ผจ5
ผ.จ.9.	แสดงการกระทุ้งคอนกรีตเพื่อที่จะไม่ให้เกิดช่องว่างในคอนกรีต	ผจ6
ผ.จ.10.	แสดงคานคอง นกรีตเสริมเหล็กที่เทคอนกรีตเรียบร้อยแล้ว	ผจ6
ผ.จ.11.	แสดงคานคอนกรีต และลูกปูนที่เสียบเหล็กเสริม (สำหรับการทดสอบหาค่าลึงยึดเหนี่ยว) หลังจากได้ทำการบ่มในน้ำสะอาดเป็นเวลา 28 วัน	ผจ7
ผ.จ.12.	แสดงลูกปูนหลังจากได้ทำการบ่มในน้ำสะอาดเป็นเวลา 28 วัน	ผจ7
ผ.ฉ.1.	แสดงเตาเผาที่ใช้ในการเผาตัวอย่างคอนกรีต	ผฉ2
ผ.ฉ.2.	แสดงภายในของเตาเผา	ผฉ2
ผ.ฉ.3.	แสดงการเตรียมตัวอย่างคอนกรีตเพื่อใส่ในเตาก่อนทำการเผา	ผฉ3
ผ.ช.1.	แสดงลูกปูนหลังเผาที่อุณหภูมิถึง 927 °C รวมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง	ผช2
ผ.ช.2.	แสดงลูกปูนหลังเผาที่อุณหภูมิถึง 1010 °C รวมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง	ผช2
ผ.ช.3.	แสดงลูกปูนหลังเผาอุณหภูมิถึง 1093 °C แล้วทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน	ผช3
ผ.ช.4.	แสดงลักษณะของคอนกรีตที่ถูกเผาจนอุณหภูมิถึง 923 องศาเซลเซียส	ผช3
ผ.ช.5.	แสดงลักษณะของคอนกรีตที่ถูกเผาจนอุณหภูมิถึง 1010 องศาเซลเซียส	ผช4
ผ.ช.6.	แสดงลักษณะของคอนกรีตที่ถูกเผาจนอุณหภูมิถึง 1093 องศาเซลเซียส	ผช4
ผ.ช.7.	แสดงลักษณะของคานคอนกรีตที่ถูกเผาจนอุณหภูมิถึง 1093 องศาเซลเซียส รวมเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และทิ้งไว้หลังจากนำออกจากเตาเผา 3 วัน	ผช5

# สารบัญภาพ

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ช.8.	แสดงลักษณะที่เหลืออยู่หลังจากนำเศษคอนกรีตที่มีการหลุดกระเทาะออกของคอนกรีตที่ถูกเผาจนอุณหภูมิถึง 1093 องศาเซลเซียส รวมเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และทิ้งไว้หลังจากนำออกจากเตาเผา 3 วัน	ผช5
ผ.ช.9.	แสดงชุดทดสอบBondหลังเผาอุณหภูมิ 1093°C แล้วทิ้งไว้ประมาณ 7 วันมีลักษณะเป็นผง	ผช6
ผ.ช.10.	แสดงการเปรียบเทียบเหล็กเส้นก่อนเผาและหลังเผา	ผช6
ผ.ช.11.	แสดงการเปรียบเทียบเหล็กปลอกก่อนเผาและหลังเผา	ผช7
ผ.ช.1.	แสดงการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต	ผช2
ผ.ช.2.	แสดงการทดสอบกำลังรับแรงค้ำของคาน	ผช2
ผ.ช.3.	แสดงการทดสอบรับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต	ผช3
ผ.ช.4.	แสดงการทดสอบการรับแรงค้ำของเหล็กเสริม	ผช3
ผ.ช.5.	แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหาลำลังรับแรงเฉือนของเหล็กเสริม	ผช4
ผ.ช.6.	แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหาลำลังรับแรงเฉือนของเหล็กเสริมขนาดติดตั้งเข้ากับ UTM แล้ว	ผช4
ผ.ฉ.1.	ลักษณะการวิบัติของลูกปูนหลังเผา	ผฉ2
ผ.ฉ.2.	ลักษณะการวิบัติของชุดทดสอบแรง Bond	ผฉ2
ผ.ฉ.3.	ลักษณะของคอนกรีตหลังวิบัติของชุดทดสอบแรง Bond	ผฉ3
ผ.ฉ.4.	ลักษณะวิบัติของคานก่อนเผา	ผฉ3
ผ.ฉ.5.	ลักษณะวิบัติของคานก่อนเผา	ผฉ4
ผ.ฉ.6.	ลักษณะวิบัติของคานที่เสริมเหล็กกลมหลังเผา	ผฉ4
ผ.ฉ.7.	การแตกร้าวของคานก่อนวิบัติ	ผฉ5
ผ.ฉ.8.	ลักษณะวิบัติของคานที่เสริมเหล็กข้ออ้อยหลังเผา	ผฉ5
ผ.ฉ.9.	ลักษณะวิบัติของคานที่เสริมเหล็กกลมหลังเผาที่ 1010°C	ผฉ6
ผ.ฉ.10.	ลักษณะวิบัติของคานที่เสริมเหล็กกลมหลังเผาที่ 1010°C	ผฉ6
ผ.ฉ.11.	ลักษณะการวิบัติของคานด้วยแรงอัด	ผฉ7
ผ.ฉ.12.	ลักษณะการวิบัติของคานด้วยแรงอัด	ผฉ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ฉ.13.	การวัดของเหล็กเส้นหลังเผา 1010 °C	ผฉ8
ผ.ฉ.14.	การวัดของเหล็กเส้นหลังเผา 1093 °C	ผฉ8
ผ.ฉ.15.	การวัดของเหล็กปลอก	ผฉ9
ผ.ญ.1.	แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตก่อนเผา	ผญ2
ผ.ญ.2.	แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927° C โดยทิ้งไว้ 0 วัน, 3 วัน, 7 วัน	ผญ3
ผ.ญ.3.	แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010° C โดยทิ้งไว้ 0 วัน, 3 วัน, 7 วัน	ผญ4
ผ.ญ.4.	แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093° C โดยทิ้งไว้ 0 วัน, 3 วัน, 7 วัน	ผญ5
ผ.ญ.5.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมก่อนเผา	ผญ6
ผ.ญ.6.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 927° C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน	ผญ7
ผ.ญ.7.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 927° C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน	ผญ8
ผ.ญ.8.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 927° C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน	ผญ9
ผ.ญ.9.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1010° C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน	ผญ10
ผ.ญ.10.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1010° C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน	ผญ11
ผ.ญ.11.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1010° C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน	ผญ12
ผ.ญ.12.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1093° C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน	ผญ13
ผ.ญ.13.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1093° C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน	ผญ14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.14.	แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ $1093^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน	ผญ15
ผ.ญ.15.	แสดงผลการทดสอบกำลังค้ำของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก RB 12	ผญ26
ผ.ญ.16.	แสดงผลการทดสอบกำลังค้ำของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก DB 12	ผญ26
ผ.ญ.17.	แสดงผลการทดสอบกำลังค้ำของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก RB 15	ผญ27
ผ.ญ.18.	แสดงผลการทดสอบกำลังค้ำของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก DB 16	ผญ27
ผ.ญ.19.	แสดงกำลังค้ำของเหล็ก RB 12 ที่เผา ณ อุณหภูมิต่างๆ	ผญ38
ผ.ญ.20.	แสดงกำลังค้ำของเหล็ก DB 12 ที่เผา ณ อุณหภูมิต่างๆ	ผญ39
ผ.ญ.21.	แสดงกำลังค้ำของเหล็ก RB 15 ที่เผา ณ อุณหภูมิต่างๆ	ผญ40
ผ.ญ.22.	แสดงกำลังค้ำของเหล็ก DB 16 ที่เผา ณ อุณหภูมิต่างๆ	ผญ41
ผ.ญ.23.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตไม่เผาไฟ	ผญ42
ผ.ญ.24.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตไม่เผาไฟ	ผญ43
ผ.ญ.25.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตไม่เผาไฟ	ผญ44
ผ.ญ.26.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ $927^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ45
ผ.ญ.27.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ $927^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ46
ผ.ญ.28.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ $927^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ47
ผ.ญ.29.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ $927^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ48
ผ.ญ.30.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ $927^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ49
ผ.ญ.31.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ $927^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ50
ผ.ญ.32.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ $927^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.33.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 10 วัน	ผญ52
ผ.ญ.34.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ53
ผ.ญ.35.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ54
ผ.ญ.37.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ55
ผ.ญ.38.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ56
ผ.ญ.39.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ57
ผ.ญ.40.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ58
ผ.ญ.41.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ59
ผ.ญ.42.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ60
ผ.ญ.43.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ61
ผ.ญ.44.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ62
ผ.ญ.45.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ63

## สารบัญภาพ

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.46.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28วัน	ผญ64
ผ.ญ.47.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28วัน	ผญ 65
ผ.ญ.48.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28วัน	ผญ66
ผ.ญ.49.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28วัน	ผญ67
ผ.ญ.50.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ68
ผ.ญ.51.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ69
ผ.ญ.52.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ70
ผ.ญ.53.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ71
ผ.ญ.54.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ72
ผ.ญ.55.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ73
ผ.ญ.56.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ74
ผ.ญ.57.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ75
ผ.ญ.58.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21วัน	ผญ76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.59.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ77
ผ.ญ.60.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ78
ผ.ญ.61.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ79
ผ.ญ.62.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ80
ผ.ญ.63.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ81
ผ.ญ.64.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ82
ผ.ญ.65.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ83
ผ.ญ.66.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ84
ผ.ญ.67.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ85
ผ.ญ.68.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ86
ผ.ญ.69.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ87
ผ.ญ.70.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ88
ผ.ญ.71.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ89

## สารบัญญภาพ

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.72.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเสาะไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28วัน	ผญ90
ผ.ญ.73.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเสาะไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28วัน	ผญ91
ผ.ญ.74.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเสาะไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ92
ผ.ญ.75.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเสาะไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ93
ผ.ญ.76.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเสาะไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ94
ผ.ญ.77.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเสาะไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ95
ผ.ญ.78.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเสาะไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ96
ผ.ญ.79.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเสาะไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ97
ผ.ญ.80.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเสาะไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ98
ผ.ญ.81.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเสาะไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10วัน	ผญ99
ผ.ญ.82.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเสาะไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21วัน	ผญ100
ผ.ญ.83.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเสาะไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21วัน	ผญ101
ผ.ญ.84.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเสาะไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21วัน	ผญ102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ญ.85.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ103
ผ.ญ.86.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ104
ผ.ญ.87.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ105
ผ.ญ.88.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ106
ผ.ญ.89.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน	ผญ107
ผ.ญ.90.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ108
ผ.ญ.91.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ109
ผ.ญ.92.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ110
ผ.ญ.93.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ111
ผ.ญ.94.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ112
ผ.ญ.95.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ113
ผ.ญ.96.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ114
ผ.ญ.97.	แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน	ผญ115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1. กล่าวนำ

ในอดีต โครงสร้างส่วนใหญ่ในประเทศไทยเป็นโครงสร้างไม้เมื่อเกิดเพลิงไหม้ โครงสร้างส่วนใหญ่จะถูกทำลายและไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก แต่ในปัจจุบัน โครงสร้างส่วนใหญ่เป็น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหลังจากเกิดเพลิงไหม้ โครงสร้างส่วนใหญ่จะยังเหลืออยู่ ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องทราบว่าโครงสร้างที่เหลืออยู่นั้นถูกผลกระทบจากเพลิงไหม้มากเกินไปที่จะนำกลับมาใช้ต่อได้โดยปลอดภัยหรือไม่ ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้มีแรงเกิดขึ้นกับ โครงสร้างที่มีการยึดรั้ง และส่งผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของ โครงสร้าง ในด้านกำลัง ความแข็งแรง และเสถียรภาพ

### 1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

หลังเกิดเพลิงไหม้การตัดสินใจว่าจะสามารถใช้อาคารต่อไปได้หรือไม่ ต้องมีการพิจารณาและตรวจสอบทั้งจากสภาพกายภาพ และกำลังในการรับน้ำหนักของโครงสร้างว่ายังมีกำลังพอที่จะใช้งานได้หรือไม่ การตรวจสอบโครงสร้างหลังเพลิงไหม้ในปัจจุบันจะอ้างอิงจากการตรวจสอบโครงสร้างของอาคารในสภาพปกติ ในการตรวจสอบกำลังของคอนกรีตสามารถทำได้สะดวกและง่ายกว่าการตรวจสอบของเหล็กเสริมในโครงสร้าง การตรวจสอบกำลังเหล็กเสริมในปัจจุบันต้องทุบคอนกรีตโครงสร้างเพื่อตัดเอาเหล็กเสริมในคอนกรีตออกมาทำการทดสอบกำลังดึง โดยการดึงด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) การทุบคอนกรีตและตัดเหล็กเสริมในโครงสร้างออกมานั้น ไม่สะดวกและอาจทำให้กำลังในการรับน้ำหนักของอาคารเสียไป ส่วนการตรวจสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมนั้นในปัจจุบันยังไม่มี การตรวจสอบกันเลย ดังนั้นจึงควรศึกษาค่าความเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการรับน้ำหนักของ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเผาไหม้ ส่วนกำลังรับแรงของโครงสร้างนั้นมีแนวโน้มว่าจะลดลงหลังจากเวลาผ่านไป ดังนั้นจึงควรศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้เพื่อที่จะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขได้อย่างทันที่

### 1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ศึกษาความเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ค่ากำลังที่จุดคลาก และจุดประลัยของเหล็ก ค่ากำลังรับแรงเฉือนที่จุดคลากของเหล็กปลอกรับแรงเฉือน และค่ากำลังรับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน และที่ระยะเวลาหลังจากเอาออกจากเตาเผาเป็นเวลาต่าง ๆ กัน

### 1.4. สมมุติฐาน

ความร้อนนั้นมีผลต่อค่ากำลังของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กแน่นอนซึ่งความร้อนนั้นทำให้ทั้งเหล็กและคอนกรีตขยายตัวจึงทำให้เกิดความเค้นขึ้น และซึ่งคอนกรีตนั้นเป็นการนำมวลรวมมาผสมกับปูนซีเมนต์ด้วยแล้วและยึดเหนี่ยวด้วยตัวเชื่อมประสาน ( CSH GEL ) ซึ่งในตอนก่อนที่คอนกรีตกระทบความร้อนนั้นจึงทำให้มวลรวมขยายตัวไม่เท่ากันและตัวเชื่อมประสานนั้นอาจถูกทำลายจึงเป็นผลให้กำลังของคอนกรีตลดลง และเหล็กเส้นนั้นมีผลแน่นอนคือความร้อนนี้ได้ทำให้โครงสร้างทางโมเลกุลของเหล็กเปลี่ยนไปจึงทำให้กำลังนั้นเปลี่ยนไปด้วยซึ่งทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวมานั้นเป็นส่วนประกอบหลักของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจึงต้องมีการวิจัยกันอย่างจริงจังว่าโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหลังถูกเพลิงไหม้นั้นมีค่ากำลังเปลี่ยนไปมากน้อยเพียงใด

### 1.5. ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา

- อุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาทดลองเพื่อให้ครอบคลุมการเกิดเพลิงไหม้จริง และมีผลต่อการรับกำลังของโครงสร้างจึงกำหนดอุณหภูมิสำหรับทำการทดสอบไว้ดังนี้ 927, 1010 และ 1093 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐาน ASTM E 119
- ตรวจสอบกำลังรับแรงของโครงสร้างที่เหลืออยู่ กับระยะเวลาที่ผ่านไปหลังจากนำแท่งตัวอย่างคอนกรีตออกจากเตาเผาเป็นเวลา 0 วัน, 10 วัน, 21 วัน, และ 28 วัน

### 1.6. ขั้นตอนการศึกษา

1. ทำการศึกษารวบรวมข้อมูล
2. ทำตัวอย่างทดสอบ
3. นำตัวอย่างไปทดสอบ ( เผา )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำตัวอย่างไปทดสอบ ( ทดสอบกำลัง )
5. วิเคราะห์ผลการทดลอง
6. สรุปผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ลักษณะและพฤติกรรมของเพลิงไหม้

#### อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

##### 2.1. คำวนำ

ไฟ คือ สิ่งที่ทำให้เกิดความร้อนกระจายไปโดยการนำ การพา หรือการแผ่รังสี ความร้อนจะมากหรือน้อยขึ้นกับเวลาของการเผาไหม้ โดยปกติระดับความร้อนที่จุดต่าง ๆ ในตัวอาคารจะไม่เท่ากันอุณหภูมิที่แตกต่างกันจะมีผลให้โครงสร้างเกิดการยิดหรือหดตัวไม่เท่ากัน ซึ่งจะถือว่าเป็น “load” ที่กระทำต่อโครงสร้าง นอกจากนี้ อุณหภูมิยังมีอิทธิพลต่อวัสดุพื้นฐานที่มาประกอบเป็นโครงสร้าง คือคอนกรีต และเหล็ก

ดังนั้นก่อนที่จะเราจะทำการศึกษาลักษณะพฤติกรรมของโครงสร้างหลังจากถูกเพลิงไหม้ เราควรจะได้เรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมของไฟที่มีต่อวัสดุต่าง ๆ ในโครงสร้าง รวมถึงพฤติกรรมการวิบัติของโครงสร้างในลักษณะต่าง ๆ ด้วย

##### 2.2. ลักษณะและพฤติกรรมของเพลิงไหม้

ไฟเป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างเชื้อเพลิงรวมตัวกับออกซิเจนอย่างรวดเร็วทำให้เกิดความร้อนเกิดขึ้น เชื้อเพลิงต้องอยู่ในรูปของก๊าซหรือไอ จึงจะผสมได้กับออกซิเจน และอุณหภูมิต้องสูงระดับที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาลุกไหม้ขึ้น ความรุนแรงของไฟที่เกิดขึ้นในอาคารจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสองปัจจัย คือ เชื้อเพลิงหรือสิ่งที่สามารถติดไฟได้ที่มีอยู่ภายในอาคาร และพื้นที่ของช่วงเปิดภายในอาคาร ปัจจัยดังกล่าวสามารถแปรเปลี่ยนได้ และไม่สามารถที่จะกำหนดให้ตายตัว ดังนั้นการที่จะกำหนดค่าความรุนแรงของไฟจะต้องทราบข้อมูลความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา

ความรุนแรงของไฟคือพลังงานความร้อนที่สามารถทำลายคุณสมบัติในการต้านทานไฟ และความทนไฟของวัสดุ ส่วนพลังงานความร้อนคือ พื้นที่ใต้เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ เนื่องจากเส้นโค้งอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ นั้นจะมีลักษณะแบบหนึ่งที่แตกต่างกันจากเส้นโค้งมาตรฐาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิกับเวลาของ ASTM ซึ่งสามารถแปลงให้อยู่ในรูปของมาตรฐานได้ โดยการกำหนดให้พื้นที่ใต้เส้นโค้งมาตรฐานมีค่าเท่ากับเส้นโค้งของไฟจริง ๆ นั่นคืออาศัยหลักการของพลังงาน ASTM E 119 ได้เสนอเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาที่มีความเข้มของปริมาณไฟใกล้เคียงกันกับไฟที่เกิดขึ้นจริงในอาคาร โดยมีค่าความเข้มเท่ากับ 10 ปอนด์/ตร.ฟุต/ชั่วโมง

เชื้อเพลิง (Fuel) คือสารใด ๆ ที่จ่ายอิเล็กตรอนให้แก่ออกซิไดเซอร์ (Oxidizer) เพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี เชื้อเพลิงอาจมีรูปเป็นธาตุ เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน แมกนีเซียม หรืออยู่ในรูปสารประกอบ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH<sub>4</sub>) หรือสารประกอบเชิงซ้อน เช่น ไม้ ยาง หรือ ส่วนผสมของทั้งสองชนิด เป็นต้น

จุดวาบไฟ (Flash Point) เป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่เชื้อเพลิงเหลวจะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอหรือก๊าซ เมื่อของเหลวนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นต่อไปจนถึงจุดวาบไฟ จะทำให้มีไอระเหยออกมาอย่างต่อเนื่อง เมื่อมีการจุดไฟให้เกิดขึ้น (จะโดยการเกิดประกายไฟหรือจุดไฟโดยตรงก็ตาม) ก็จะทำให้มีไฟเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิต่ำสุดที่ทำให้ไฟเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องนี้เรียกว่า จุดติดไฟ (Fire Point หรือ Ignition) และเมื่อของเหลวได้รับความร้อนต่อไปจนเดือดและจะกลายเป็นไอ อุณหภูมิต่ำสุดที่ของเหลวเดือดเรียกว่า จุดเดือด (Boiling Point)

จุดติดไฟอัตโนมัติ (Autoignition Point) เป็นค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ส่วนผสมของไอระเหยจะติดไฟได้เอง โดยไม่อาศัยประกายไฟหรือเปลวไฟจากภายนอก และลุกไหม้ต่อไปโดยไม่ต้องมีความร้อนจากที่อื่นเพิ่มเติม การลามของไฟจากห้องที่ติดไฟ ไปยังบริเวณอื่น มักเป็นการพาความร้อนจากช่องเปิดต่าง ๆ รวมทั้งช่องว่างบริเวณประตูหน้าต่างหรือเป็นไปโดยกรนำความร้อนผ่านผนังกันห้อง การออกแบบที่ดีสำหรับการป้องกันการขยายตัวของไฟ คือการแบ่งอาคาร (Compartmentation) ด้วยผนังกันไฟที่มีอัตรากันไฟขนาดหนึ่ง นอกจากนี้ การออกแบบหลังคาให้มีการจำกัดการขยายตัวของควันไฟหรือจัดให้มีช่องระบายควันไฟโดยเฉพาะสำหรับโถสูง และการเลือกใช้เพดานที่มีติดไฟล้าวนเป็นมาตรฐานการประกอบที่ดี

ศักยภาพของเชื้อเพลิง (Fuel Load) เป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่ทำให้ไฟเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องได้ในบริเวณ หรือห้องหนึ่ง ๆ ในการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยในอาคาร ความรู้เรื่องศักยภาพของเชื้อเพลิงที่มีอยู่เป็นสิ่งที่จำเป็น เราอาจจะแบ่งประเภทของเชื้อเพลิงออกเป็น 2 ประเภทได้คือ ประเภทที่มีเส้นใยและประเภทปิโตรเคมี โดยสมมุติว่าวัสดุในกลุ่มเส้นใยมีศักยภาพในการให้ความร้อนเท่ากับไม้ที่มีน้ำหนักเท่ากัน ส่วนวัสดุในกลุ่มปิโตรเคมีจะมีศักยภาพในการให้ความร้อนเป็นสองเท่าของวัสดุในกลุ่มเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิเคราะห์หาค่าของเชื้อเพลิงได้มีการกำหนดให้ใช้ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงในหน่วยที่เทียบเท่ากับน้ำหนักของไม้เป็น กก./ตร.ม. ที่มีเชื้อเพลิงกองสมบูรณ์ การประเมินพลังงานความร้อนที่วัสดุเชื้อเพลิงจะสร้างขึ้นมาได้ กระทำได้โดยการนำไปเทียบเคียงกับพลังงานความร้อนที่ให้ออกมาเมื่อมีไม้เป็นวัสดุเชื้อเพลิง ดังในตารางที่ 2.1. ซึ่งเป็นค่าตัวเลขโดยประมาณเท่านั้น ตัวเลขเหล่านี้ใช้ประโยชน์ในการออกแบบระบบถีคน้ำอัดโนมิตได้

ตารางที่ 2.1. แสดงสมบัติของเชื้อเพลิงพื้นฐานที่จะให้ความร้อน  
(สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2538)

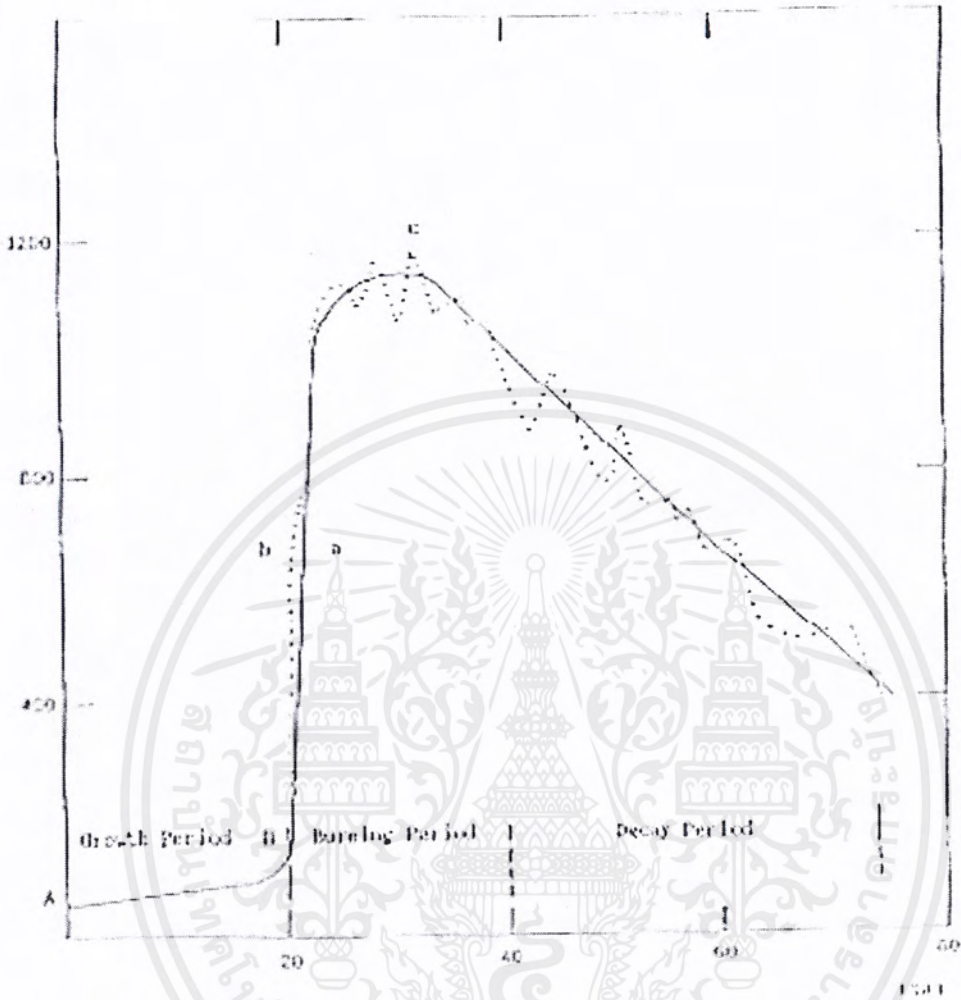
ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (กก./ตร.ม.)	ศักยภาพที่จะให้ความร้อน (10 <sup>6</sup> กิโลจูล / กก.)
ความหนาแน่นน้อยกว่า 200	18.6
ความหนาแน่นน้อยกว่า 250	17.7
ความหนาแน่นมากกว่า 250	16.7

ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่มีให้อย่างต่อเนื่อง เพราะว่าเพลิงจะลุกลามต่อไปไม่ได้ ถ้าไม่มีเชื้อเพลิงให้ ถ้าเชื้อเพลิงเป็นของแข็งหรือของเหลว เพลิงจะไหม้เฉพาะผิวชั้นนอก และผิวชั้นในถัดไปก็พร้อมที่จะระเหยเป็นไอสำหรับการเผาไหม้ในลำดับต่อไปเป็นชั้น ๆ ไป เช่นนี้ ความรวดเร็วของการลุกไหม้ย่อมขึ้นอยู่กับความอัดแน่นของเชื้อเพลิง อธิบายว่า ถ้าเราเผากระดาษ 100 แผ่นที่มีรวมกันอย่างหลวม ๆ พบว่าการลุกไหม้จะเร็วกว่าการเผาหนังสือเย็บเล่มหนา 100 แผ่น และขยะมูลฝอยที่กระจัดกระจายอยู่ตามพื้น ย่อมไหม้ไฟหมดเร็วกว่ากองขยะที่กองอัดแน่น

### 2.3. ขบวนการเกิดเพลิงไหม้

การเพิ่มอุณหภูมิขึ้นของไฟจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วมากถ้าสภาวะแวดล้อมเอื้ออำนวยเพลิงที่ไหม้ในอาคารภายในที่จำกัด เช่น ห้องทำงาน ห้องพักอาศัย ห้องเรียน หรือที่อื่น ๆ ไฟจะสามารถกระจายลุกลามไปได้อย่างรวดเร็ว หรือไม่นั้นขึ้นกับว่าภายในห้องนั้นมีสิ่งทีติดไฟได้สะสมอยู่เป็นปริมาณมากน้อยเท่าไร และมีการถ่ายเทของอากาศได้ดีเพียงใด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าวัสดุอื่นหรือสิ่งอื่น ๆ ที่ติดไฟช้าหรือติดไฟได้ยากนั้นจึงอาจติดไฟได้ด้วย และจะเกิดขึ้นภายในเวลาเพียงไม่กี่นาทีเท่านั้น ซึ่งอุณหภูมิในตอนนั้นจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วมาก เมื่ออนุญาตให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (C)



รูปที่ 2.1. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริง

จากรูปที่ 2.1. เป็นกราฟแสดงพฤติกรรมของไฟในรูปความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลาภายในห้องหนึ่ง ๆ ซึ่งมีเชื้อเพลิงจำนวนหนึ่ง และมีการถ่ายเทอากาศแบบหนึ่ง เส้นกราฟ a เป็นกราฟของข้อมูลจริง ๆ ที่เก็บมาได้ ส่วนกราฟ b เป็นกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของกราฟ a ช่วง A - B เป็นช่วงก่อนที่จะเกิดเพลิงไหม้หมดทั้งห้อง และเราเรียกช่วงนี้ว่า “ช่วงเริ่มก่อตัวของไฟ” (Growth period) ที่จุด b ช่วงเผาไหม้ (Burning period) จะเริ่มต้นขึ้น นั่นหมายความว่า ภายในห้องนั้นได้เกิดเพลิงลุกไหม้จนทั้งหมดแล้ว ช่วงนี้ถือว่าการเพิ่มอุณหภูมิของไฟได้เกิดขึ้นเต็มที่ อุณหภูมิภายในจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ว่าจะเกิดในอัตราที่ลดลงเมื่อใกล้ถึงจุด c ซึ่งเป็นจุดที่ความร้อนได้จากสิ่งที่ถูกเผาไหม้ไปกับความร้อนที่สูญเสียไปกับกำแพง และสิ่งแวดล้อมมีค่าเท่ากันพอดี อุณหภูมิจะเริ่มลดลงเลยจุด c ไปถือว่าเป็นช่วงของการสลายตัว (Decay period) แม้ว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิจะเริ่มลดลงแต่อุณหภูมิในช่วงนี้ยังสูงมากอยู่ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการพังทลายของโครงสร้างได้ถ้าใหม่เป็นเวลานาน ๆ ติดต่อกันหลายชั่วโมง ในระหว่างที่ลุกไหม้ในช่วงของการเผาไหม้หรือช่วงการสลายนั้น อาจจะมีการส่งผ่านความร้อนหรือการกระจายของไฟจากห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่งก็ได้ หรืออาจจะมีการแผ่เปลวไฟความร้อนไปยังตึกข้างเคียงอีกด้วย

### 2.3.1. ช่วงการก่อตัวของไฟ (Growth Period)

อุณหภูมิในช่วงนี้ค่อนข้างต่ำอยู่ดังนั้นจึงไม่ค่อยมีผลเท่าใดนัก เวลาของช่วงนี้จะสำคัญกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ ทั้งนี้ เนื่องจากว่าถ้าเวลาของช่วงนี้นานก็จะยังพอมิเวลาที่จะหลบหนีออกจากห้องหรือตัวตึกได้อย่างปลอดภัย และยังสามารถดับไฟได้ทันทั่วทั้งตึกด้วย เวลาของช่วงนี้จะนานเท่าใดนั้นขึ้นกับชนิด และขนาดของเชื้อเพลิง ถ้าเชื้อเพลิงติดไฟได้ไวความร้อนที่ออกมา ก็จะมาก ทำให้เวลาของช่วงนี้ก็จะมีน้อยตามไปด้วย พื้นที่ผิวของกำแพง เพดาน ก็มีผลกระทบเช่นเดียวกัน ถ้าพื้นที่ผิวใหญ่กว้างมากก็จะทำให้ช่วงการก่อตัวของไฟเกิดได้เร็วเพราะว่าความร้อนสามารถส่งผ่านหรือเคลื่อนตัวได้อย่างต่อเนื่อง นอกเหนือจากนี้ยังมีตัวประกอบอื่นอีกที่มีผลกระทบต่อเวลาของช่วงการก่อตัวของไฟอีกก็คือ ระยะห่างของสิ่งที่ติดไฟภายในห้อง ขนาดและตำแหน่งของแหล่งกำเนิดไฟ ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดภายในห้อง ทิศทางและความเร็วของลม ขนาดและรูปร่างของห้อง และปริมาณและขนาดของเชื้อเพลิงภายในห้อง

### 2.3.2. ช่วงการเผาไหม้และช่วงการสลายตัว (Burning and Period)

ระหว่างที่มีเพลิงกำลังไหม้อยู่ภายในห้องนั้น ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของก๊าซที่มาจากสิ่งที่ติดไฟจะมีการเคลื่อนตัวลอยสูงขึ้น และออกไปทางส่วนบนของช่องเปิดหรือทางหน้าต่าง ส่วนอากาศที่เย็นกว่าจากภายนอกก็จะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ทางส่วนล่างของช่องเปิดและเข้าร่วมในการเผาไหม้ต่อไป เหตุการณ์นี้ก็เนื่องมาจากการเกิดความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของอากาศร้อนภายใน และอากาศเย็นภายนอกนั่นเอง ตัวการที่มีส่วนช่วยให้ช่วงนี้เกิดได้ดีก็คือปริมาณของเชื้อเพลิง และขนาดของช่องเปิดภายในห้องนั้น ถ้าช่องเปิดภายในมีขนาดใหญ่ อัตราการเผาไหม้ก็จะยิ่งสูง แต่ความจริง แล้วพื้นที่ผิวของสิ่งที่ติดไฟก็จะเป็นตัวควบคุมอัตราการเผาไหม้ด้วย สิ่งที่ติดไฟภายในอาคารส่วนใหญ่จะเป็นพวกเครื่องเฟอร์นิเจอร์ซึ่งในแต่ละห้องก็จะมีจำนวนแตกต่างกันไป และเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วย อย่างไรก็ตามภายในอาคารหลาย ๆ แห่งจะมีพื้นที่ผิวของเฟอร์นิเจอร์อยู่อย่างเพียงพอ สรุปแล้วอัตราการตายเทของอากาศภายในห้องจะเป็นตัวควบคุมอัตราการเผาไหม้ที่มีผลมากกว่าตัวการอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4. ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิขณะเกิดเพลิงไหม้

ดังนั้นจะเห็นว่าจากขบวนการของการพัฒนาตัวเองของไฟ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะไฟไหม้การกระจายของไฟ ช่วงเวลาที่เกิดไฟไหม้ และอื่น ๆ อีกนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ซึ่งถ้าพิจารณาเฉพาะไฟที่เกิดขึ้นภายในอาคารมีดังนี้

1. ปริมาณของไฟ (Fire Load)
2. ตำแหน่งที่อยู่ของปริมาณไฟ
3. ชนิด รูปร่างและขนาดของเชื้อเพลิงหรือสิ่งซึ่งติดไฟได้
4. พื้นที่ของช่องเปิดหรือหน้าต่าง
5. อุณหภูมิ ความดัน และความชื้นสัมพัทธ์
6. ขนาดของห้อง
7. การนำความร้อนของโครงสร้าง
8. ระดับการแผ่กระจายของไฟ

จากการศึกษา ที่ได้มีการค้นคว้า และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเอาไว้แล้วนั้น พบว่าตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ ตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลทำให้เส้นกราฟของไฟที่มีลักษณะต่าง ๆ กันไปก็คือ ปริมาณของไฟ และพื้นที่ช่องเปิด

### 2.4.1. ปริมาณของไฟ (Fire Load)

ปริมาณของไฟนิยามว่าเป็น ปริมาณความร้อนที่วัดได้จากวัสดุซึ่งติดไฟได้ในห้องๆ หนึ่ง หรืออาจจะนิยามประมาณว่าเป็น ปริมาณความร้อนของวัสดุซึ่งติดไฟต่อพื้นที่หนึ่งตารางหน่วย ถ้าพูดถึงความหนาแน่นของปริมาณไฟนั้นก็คือ วัดภายในปริมาตรปิดนั่นเอง ปกติแล้วค่าปริมาณไฟจะคิดต่อพื้นที่ผิวของห้อง

ในประเทศต่าง ๆ ได้มีการสำรวจเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณของเพลิงในอาคารกันอย่างกว้างขวาง โดยทั่วไปแล้วปริมาณความร้อนของวัสดุซึ่งติดไฟนั้นจะอยู่ในรูปของน้ำหนักของไม้ที่ให้ความร้อนออกมาเท่า ๆ กันกับปริมาณความร้อนของวัสดุนั้นเอง ปริมาณไฟสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับการกระจายของวัสดุในอาคารหรือตำแหน่งของวัสดุ ชนิดของห้องภายในอาคาร และอื่น ๆ อีก จากข้อมูลที่ได้เก็บมาจากหลาย ๆ อาคารก็ได้มีการลงความเห็นกันว่าค่าเฉลี่ยของ

ความน่าจะเป็นของค่าปริมาณไฟในอาคารควรจะมีความไม่น้อยกว่า 10 ปอนด์ต่อพื้นที่หนึ่งตารางฟุต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อหนึ่งชั่วโมง ซึ่งค่านี้ได้ถูกนำไปใช้กำหนดมาตรฐานไฟเพื่อใช้ในการทดสอบซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

#### 2.4.2. พื้นที่ของช่องเปิด (Opening Area)

พื้นที่ของช่องเปิดมีอิทธิพลอย่างมากต่อการลุกไหม้ของเพลิง ถ้าพื้นที่ของช่องเปิดมีมากก็จะทำให้อากาศร้อนภายในลอยตัวออกไปแล้วอากาศเย็นก็จะเข้ามาแทนที่ ทำให้เพลิงมีการลุกไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ และยังสามารถกระจายไปยังห้องข้างเคียงหรือตึกข้างเคียงได้ง่าย พื้นที่ของช่องเปิดในที่นี้ไม่ใช่หมายถึงพื้นที่ของหน้าต่าง และประตูเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังรวมถึงพื้นที่ที่อากาศสามารถผ่านเข้าออกภายในห้องได้อีกด้วย

จากการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้วนั้น ก็จะสามารถเลียนแบบพฤติกรรมของเพลิงที่เกิดขึ้นจริงได้โดยอยู่ในรูปของความสัมพันธ์เวลากับอุณหภูมิ เมื่อสามารถเลียนแบบไฟได้แล้วก็สามารถกำหนดเป็นมาตรฐานไฟเพื่อใช้ในการทดสอบหาพฤติกรรมต่าง ๆ ของวัสดุที่จะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

#### 2.5. เส้นโค้งมาตรฐานไฟและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ (Standard Fire Curve and Basic Theory of Fire Severity)

การที่จะทราบว่าองค์อาคารที่ถูกเพลิงไหม้ไปแล้วนั้นจะมีพฤติกรรมอย่างไร จะสามารถต้านทานไฟได้มากน้อยเพียงใดนั้นก็ต้องมาจากการทดสอบทั้งสิ้น จากข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงๆ ในอาคารได้มีการค้นคว้าเพื่อหามาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ ดังนั้น จึงได้มีการค้นคว้ากันหลาย ๆ ประเทศ สถาบันต่าง ๆ อาทิเช่น ASTM, ISO และอื่น ๆ อีกได้มีการแนะนำมาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ทดสอบโดยอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (Temperature – Time Relation) เพื่อเลียนแบบเพลิงที่เกิดขึ้นจริง ๆ ในอาคาร นักวิจัยชาวอเมริกันชื่อ Ingberg ได้เสนอความคิดในการสร้างเส้นโค้งมาตรฐานไฟโดยเรียกว่า “แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ (Fire Load concept)”

#### 2.6. แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ

ปริมาณของไฟ คือปริมาณความร้อนที่วัดได้จากวัสดุซึ่งติดไฟได้ในห้อง ๆ หนึ่ง หรืออาจจะเรียกว่า ปริมาณความร้อนของวัสดุซึ่งติดไฟต่อพื้นที่หนึ่งตารางหน่วย  
เมื่อผู้รู้เห็นข้อดีของการใช้วิธีนี้หรือข้อเสียหรือข้อควรระวังในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

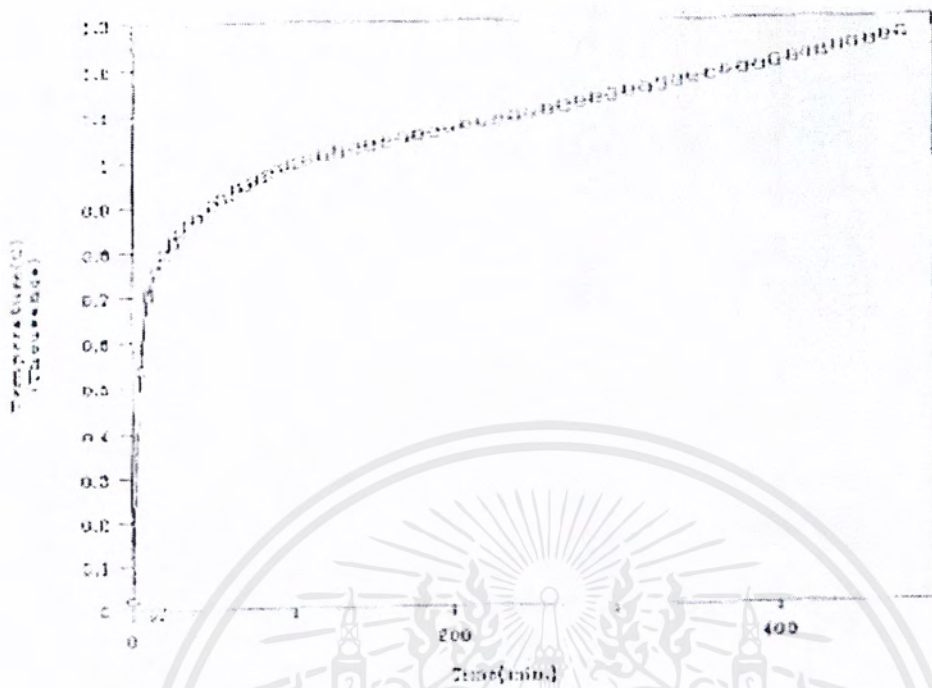
Ingberg (1920) ได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟเป็นข้อสมมุติฐานที่สำคัญดังนี้คือ

1. ความทนทานขององค์อาคาร ขึ้นกับ “ความรุนแรงของไฟ” เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ความรุนแรงของไฟสำหรับอาคารหรือเตาไฟที่ใช้ในการทดสอบซึ่งลอกเลียนแบบไฟจริง ๆ นั้น ก็คือพื้นที่ใต้เส้นกราฟอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง
2. ความรุนแรงของไฟขึ้นกับ ความเข้มของปริมาณไฟเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

ข้อสมมุติฐานดังกล่าวนี้ง่ายและไม่ถูกต้องมากเท่าไรนัก เนื่องจากความรุนแรงของไฟไม่ได้ขึ้นกับความเข้มของปริมาณไฟแต่เพียงอย่างเดียวจริง ๆ แล้วยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ของช่องเปิด ชนิดและน้ำหนักของเชื้อเพลิง คุณสมบัติทางความร้อนของกำแพง เพดาน เป็นต้น แม้กระนั้นก็ตามก็ถือว่าตัวประกอบเหล่านี้มีผลน้อยกว่าเมื่อเทียบกับความเข้มของปริมาณไฟ จนถึงบัดนี้ก็ยังไม่มีแนวความคิดอื่นที่สามารถเลียนไฟให้ใกล้เคียงได้เท่านี้ ดังนั้น แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟนี้จึงยังคงเป็นที่ใช้กันอยู่ และยังเป็นพื้นฐานในการสร้างเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาด้วย

## 2.7. เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลา (Standard temperature – Time Curve)

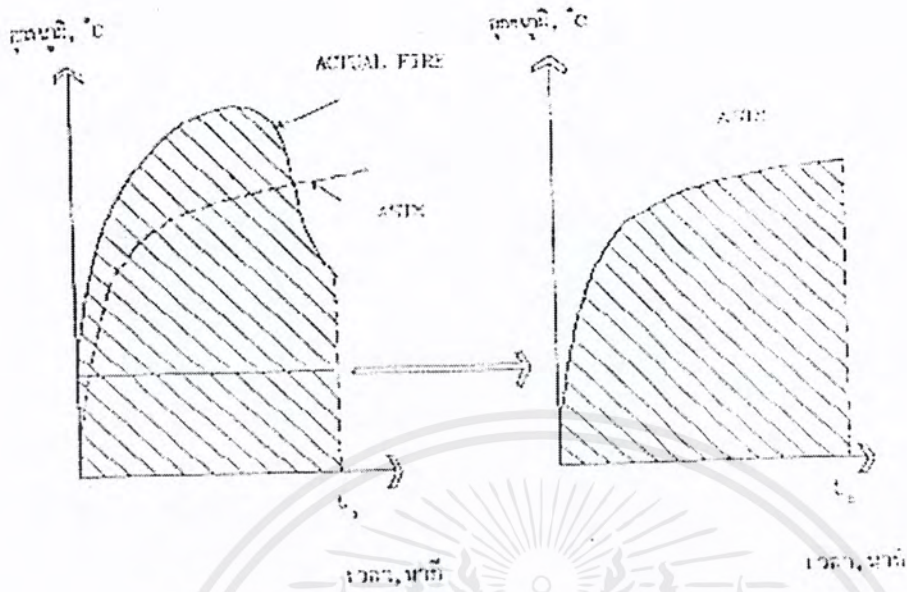
ASTM E119 ได้เสนอเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาที่มีความเข้มของปริมาณไฟใกล้เคียงกันกับเพลิงที่เกิดขึ้นจริง ๆ ในอาคาร โดยมีค่าความเข้มเท่ากับ 10 ปอนด์ต่อพื้นที่หนึ่งตารางฟุตต่อหนึ่งชั่วโมง ISO ก็ได้เสนอเส้นโค้งมาตรฐานเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วจะเห็นว่ามีความใกล้เคียงกันมาก เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาของ ASTM E119 แสดงอยู่ในรูปที่ 2.2 ข้อมูลอยู่ในภาคผนวก ง.



รูปที่ 2.2. แสดงเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาตามมาตรฐานไฟ ASTM E119

## 2.8. ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ (Basic Theory of Fire Severity)

ความรุนแรงของไฟที่เกิดขึ้นในอาคารจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับตัวประกอบที่สำคัญสองตัวคือ เชื้อเพลิงหรือสิ่งซึ่งติดไฟที่มีอยู่ในอาคาร และพื้นที่ของช่องเปิดภายในอาคาร แต่ตัวประกอบทั้งสองนั้นสามารถแปรเปลี่ยนได้ และไม่สามารถที่จะกำหนดให้ตายตัวได้ว่าในอาคารแบบนั้น ๆ จะมีค่าเป็นเท่าไร ดังนั้นการที่จะกำหนดค่าความรุนแรงของไฟจึงจำเป็นต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิของไฟที่เวลาต่าง ๆ นั่นก็คือความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง



รูปที่ 2.3. แสดงการแปลงความรุนแรงไฟเสมือน

ความรุนแรงของไฟจริง ๆ ก็คือ พลังงานความร้อนที่สามารถทำลายคุณสมบัติในการต้านทานไฟ และความทนทานไฟของวัสดุ พลังงานความร้อนในที่นี้ก็คือ พื้นที่ใต้เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟที่ว่า ความรุนแรงของไฟก็คือพื้นที่ใต้เส้นโค้งอุณหภูมิกับเวลา เนื่องจากเส้นโค้งอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ นั้นจะมีลักษณะแบบหนึ่งที่แตกต่างกันจากเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาของ ASTM ซึ่งสามารถแปลงให้อยู่ในรูปของมาตรฐานได้โดยการกำหนดให้พื้นที่ใต้เส้นโค้งมาตรฐานมีค่าเท่ากับเส้นโค้งของไฟจริง ๆ นั่นก็คือ อาศัยหลักการของพลังงานนั่นเอง ยกตัวอย่างการแปลงดังรูปที่ 2.3 รูปทางขวามือจะแสดงถึงลักษณะของไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ ซึ่งมีช่วงเวลาการเผาไหม้เป็น  $t_1$  และจากรูปทางขวามือจะแสดงความรุนแรงของไฟเสมือนภายใต้เส้นโค้งมาตรฐานของ ASTM ซึ่งจะใช้เวลาในการเผาไหม้นานกว่าเป็นเวลา  $t_2$

## 2.9. อิทธิพลของไฟที่มีต่อคุณสมบัติของวัสดุพื้นฐานที่เป็นส่วนประกอบขององค์อาคาร

วัสดุพื้นฐานที่นำมาประกอบเป็นโครงสร้างอาคารคอนกรีตที่สำคัญคือคอนกรีตและเหล็ก วัสดุดังกล่าวเมื่อถูกไฟไหม้ หรือถูกความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน คุณสมบัติทางกายภาพ อาทิ กำลังความแข็งแรง หรือค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น การนำความร้อน การขยายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคืบตัว และอื่น ๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะมีผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างอย่างมาก

เนื่องจากประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุกหรือกำลังของโครงสร้าง และความแข็งแรงของโครงสร้างเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาอันดับแรก ทั้งนี้เพราะโครงสร้างอาจจะเกิดการวิบัติขึ้นได้ จากคุณสมบัติทั้งสองนี้ ดังนั้นควรจะทราบถึงคุณสมบัติพื้นฐาน และอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณสมบัติของคอนกรีต และเหล็ก ดังจะได้อธิบายต่อไป

### 2.9.1. คอนกรีต

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประกอบด้วยส่วนผสมที่สำคัญได้แก่ หินปูน (Limestone) ดินสอพอง (Chalk) ซิลิกา อลูมินา และ แร่เหล็ก (Iron Ore) รวมทั้งลิตาแลง (Laterite) ออกไซด์หลักของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประกอบด้วย  $\text{CaO}$   $\text{SiO}_2$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  และ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ดังแสดงในตารางที่ 2.2.

ตารางที่ 2.2. องค์ประกอบของ Portland Cement (ซีซาลย์ เสริมรูป, 2540)

สารประกอบ	ปริมาณ (% โดยน้ำหนัก)
CaO	60 – 67
SiO <sub>2</sub>	17 – 25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 – 8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5 – 6.0
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	0.2 – 1.3
MgO	0.1 – 4.0
Free CaO	2
SO <sub>3</sub>	1 – 3

ออกไซด์หลักจะรวมตัวกันในระหว่างการเกิดปูนเม็ด เกิดเป็น ไตรซิลิเคต (3CaOSiO<sub>2</sub>) ไดซิลิเคต (2CaOSiO<sub>2</sub>) ไตรซิลิเคตอลูมิเนต (3CaOAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) เตตราซิลิเคตอลูมิเนต (4CaOAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์งานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุ Transition เป็นส่วนประกอบที่ทำให้เกิดสีในคอนกรีตเมื่อธาตุ transition ทำปฏิกิริยากับ  $\text{SiO}_2$  จะทำให้สีจางอ่อนลง ไม่คงทน (ปริดา พิมพ์ขาวจำ, พ.ศ. 2535) เมื่อเผาองค์ประกอบของเหล็กออกไซด์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีได้ดังตารางที่ 2.3 สีชมพูเกิดจากการผสมกันของออกไซด์ของโครเมียม ดิบบุก ซิลิกา เหล็ก โครเมียมบอร์ริก ออกไซด์ และ แคลเซียมคาร์บอเนต เกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1000 องศาเซลเซียส สีน้ำตาลเกิดจากการผสมออกไซด์ของเหล็ก โครเมียม อลูมินา และซิงค์ออกไซด์ ซึ่งความเข้มของสีน้ำตาล จะขึ้นกับปริมาณของอลูมินา เหล็ก และโครเมียมเป็นหลัก ส่วน ซิงค์ออกไซด์จะทำให้สีน้ำตาลจางลง สีดำเกิดจากส่วนผสมออกไซด์ของ โคบอล โครเมียม แมงกานีส และนิกเกิล การเกิดสีตามธรรมชาติของคอนกรีตจะขึ้นกับปฏิกิริยาทางเคมีของออกไซด์หลัก ซึ่งเมื่อเผาคอนกรีตให้ร้อนจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนของสีของคอนกรีต เนื่องจากความร้อนไปกระตุ้น ธาตุ Transition ต่าง ๆ ให้เปลี่ยนสถานะภาพเป็นองค์ประกอบของออกไซด์

ตารางที่ 2.3. สีของเหล็กออกไซด์เปลี่ยนตามอุณหภูมิ (ปริดา พิมพ์ขาวจำ, พ.ศ.2535)

อุณหภูมิที่เผา (องศาเซลเซียส)	สี
600	ส้ม (Orange)
700	แดง (scarlet)
800	แดงม่วง (Violet Red)
900	แดงม่วงเข้ม (Deep Violet Red)
1000	เทา (Gray)

ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้คอนกรีตเสียหายด้านกายภาพส่วนใหญ่มาจากแรงดึง (Tensile Stress) ที่กระทำต่อคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วส่งผลให้คอนกรีตแตกร้าว และสุดท้ายจะทำให้อายุการใช้งานของโครงสร้างลดลง ใฟเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตเปลี่ยนไปจากเดิม คอนกรีตเป็นวัสดุที่ไม่ดีไฟ และไม่ปล่อยควันพิษเมื่อถูกเผาจนอุณหภูมิสูง แต่กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะลดลงซึ่งขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ส่วนผสมคอนกรีต และขนาดของคอนกรีต

J.M. Illson (1994) กล่าวถึงสาเหตุที่คอนกรีตสูญเสียกำลังรับแรงอัดที่อุณหภูมิต่อเนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ในกรณีที่คอนกรีตอิมมัวไปด้วยน้ำ และมีค่าอัตราการรั่วซึมต่ำ หากเผาและเพิ่มอุณหภูมิขึ้นถึง 100 องศาเซลเซียส น้ำในคอนกรีตดังกล่าวจะเริ่มระเหยกลายเป็นไอ ทำให้เกิดแรงดันในคอนกรีต ส่งผลให้คอนกรีตแตกร้าว และร่อน
2. เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 500 องศาเซลเซียส จะเกิดการขยายตัวที่แตกต่างกันของซีเมนต์เพสต์และมวลรวม ซึ่งเป็นผลมาจากความเค้นที่เกิดจากความร้อน (thermal stress) ทำให้เกิดการแตกร่อน และคอนกรีตจะสูญเสียกำลังอย่างรวดเร็ว
3. เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นไปถึง 1000 องศาเซลเซียส ความร้อนจะทำลายซีเมนต์เพสต์ คอนกรีตจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจากเดิมถึง 100 %

การ Dehydrate ของเพสต์จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิตั้งแต่ 250 องศาเซลเซียส และจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และสมบูรณ์ที่อุณหภูมิเพียง 500 องศาเซลเซียส ถ้าคอนกรีตนี้สัมผัสกับอุณหภูมินี้เป็นเวลานาน เมื่อมีการ Dehydrate ไม่เพียงแต่กำลังจะลดลงเท่านั้น แต่ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะลดลงด้วย

ผลของอุณหภูมิที่สูงจะกระทบต่อกำลังอัดของคอนกรีต โดยเป็นอิสระต่ออัตราส่วน น้ำต่อซีเมนต์ในช่วง 0.4 – 0.65 คอนกรีตที่ใช้ปูนน้อยจะเสียหายน้อยกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนมาก และถ้าต้องการให้คอนกรีตทนต่ออุณหภูมิสูง ๆ ได้เป็นเวลานาน ผู้ออกแบบควรเลือกใช้ปูนซีเมนต์ประเภท High Alumina Cement เลือกใช้หินที่มีอัตราการขยายตัวต่ำเมื่อถูกความร้อน และออกแบบให้ระยะหุ้มเหล็กเสริม (Covering) ที่มากพอ

### 2.9.1.1 กำลังของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ

กำลังของคอนกรีตแบ่งออกเป็น กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงเฉือน และกำลังรับแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตที่มีต่อเหล็กเสริม ในที่นี้จะกล่าวถึงกำลังรับแรงอัดที่อุณหภูมิต่าง ๆ เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะมีค่าลดลงซึ่งมีพฤติกรรมคล้ายกับของเหล็ก เนื่องจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตขึ้นกับ ค่าอัตราส่วนของ น้ำต่อซีเมนต์ แต่ งานวิจัยของนักวิจัยบางท่านแสดงให้เห็นว่า ค่าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์จะไม่มีผลต่อการลดลงของกำลังของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยที่ใช้มวลรวมชนิดเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้มวลรวมต่างชนิดกันมาผสมคอนกรีต แล้วทำการทดสอบไฟที่อุณหภูมิต่าง ๆ จะได้ว่า ถ้าใช้มวลรวมคาร์บอนเนตอาทิ หินปูน และ โดโลไมด์ มาผสมคอนกรีต จะมีความต้านทานไฟที่ดีกว่าใช้มวลรวมชนิดอื่น ๆ มาผสม

### 2.9.1.2. ความแข็งแรงหรือค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีต จะมีค่าลดลงโดยจะเห็นว่าที่อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นจะมีค่าลดลงเหลือประมาณ 50% ของค่าเริ่มต้น โดยทำการเผาแท่งตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐานไฟ ASTM E119 เป็นเวลานานอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

### 2.9.1.3. การเปลี่ยนแปลงสีของคอนกรีตตามอุณหภูมิต่าง ๆ

คอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ไปแล้วนั้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของคอนกรีตไปเป็นสีต่าง ๆ ตามระดับของอุณหภูมิดังแสดงให้ดูในตารางที่ 2.4.

ตารางที่ 2.4. สีของคอนกรีตที่ถูกเผาไหม้ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ศิริพงษ์ อุทัยแก้ว, 2533)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สีของคอนกรีต
300	ปกติไม่เปลี่ยนแปลง
300 – 600	ชมพู – แดง
600 – 900	เทาขาว (Whitish – grey)
950	เหลืองคล้ำ (Buff)

### 2.9.1.4. การหลุดกระเทาะของคอนกรีต

คอนกรีตเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ กำลังรับแรง (ทั้งแรงประลัย และแรงคราก) และ Stiffness ของคอนกรีตลดลง สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น คือ การหลุดกระเทาะ (Spalling)

การหลุดกระเทาะของคอนกรีต เกิดจาก 2 สาเหตุใหญ่ คือ

1. คอนกรีตอัดตัว (Excessive Compression) เนื่องจากโครงสร้างคอนกรีตมีความหนา ผิวชั้นนอกจะร้อนกว่าผิวชั้นใน ทำให้เกิดการขยายตัวมากกว่า แต่การขยายตัวนี้จะถูกต้านและยั้งไว้โดยผิวชั้นในที่เย็นกว่า ทำให้มีแรงอัดเกิดขึ้นที่ผิวชั้นนอก ถ้าแรงอัดที่เกิดขึ้นสูงกว่า กำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีต จะทำให้คอนกรีตที่ผิวนอกหลุดกระเทาะออกมา
2. แรงดันของไอน้ำในคอนกรีต เนื่องจากคอนกรีตเป็นของผสมที่มีน้ำอยู่ด้วย เมื่อถูกไฟเผาไอน้ำที่ผิวนอกบางส่วนจะระเหยออกมา และมีบางส่วนถูกไล่เข้าไปในแกนกลาง ผิววนอกที่สูญเสียน้ำจะแห้ง เปราะ และเป็นตัวกันไม่ให้ไอน้ำชั้นในระเหยออกมา เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแรงดันไอน้ำจะสูงขึ้น (Gas Law) สามารถดันเนื้อคอนกรีตให้แตกออกมาได้

การหลุดกระเทาะของคอนกรีตจะมีอิทธิพลสูงต่อพฤติกรรมของโครงสร้าง เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่ทนไฟสูงและต้านทานความร้อนได้ดี (ส่งผ่านความร้อนได้น้อย) ถ้าคอนกรีตไม่หลุดกระเทาะ อุณหภูมิของเหล็กในเนื้อคอนกรีตจะไม่สูงมากนัก โครงสร้างจะไม่ค่อยเสียหาย

### 2.9.2. เหล็ก

เหล็กเป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญในการรับกำลังของ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้กำลังรับแรง (ทั้งแรงประลัย และแรงคราก) และ Stiffness ของเหล็กเสริมลดลง

#### 2.9.2.1. คุณสมบัติทางเคมีของเหล็กที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เหล็กบริสุทธิ์ มีการเปลี่ยนแปลงได้ 4 แบบ ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ ทำให้เกิดฟอร์มที่เรียกว่าเหล็กแอลฟา เหล็กเบต้า เหล็กแกมมา และเหล็กเดลต้า ใน 4 ฟอร์มนี้ เหล็กแอลฟา เบต้า และเดลต้า มีโครงสร้างผลึกที่เหมือนกัน คือเป็นแบบ Body Centered Cubic ส่วนแกมมา จะมีโครงสร้างผลึกเป็น Face Centered Cubic ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า เหล็กบริสุทธิ์ มีอัญชะรูป 2 แบบคือ BCC และ FCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนโครงสร้างจาก แอลฟา ไป เบต้า ที่ 768 องศาเซลเซียส นั้นไม่ได้เปลี่ยนโครงสร้างผลึก แต่เป็นการเปลี่ยนจาก เหล็ก แอลฟา ที่มีคุณสมบัติทางแม่เหล็กไปเป็นเหล็ก เบต้า ซึ่งไม่มีคุณสมบัติทางแม่เหล็กเท่านั้น

เนื่องจากเหล็กบริสุทธิ์มีกำลังต่ำเกินกว่าที่จะนำไปใช้งานทางวิศวกรรมได้ จึงมีการเติมธาตุอื่นลงไป ซึ่งเราเรียกว่าธาตุผสม (Alloying Elements) เข้าไปในเนื้อเหล็กเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ต้องการตามนิยามของเหล็กกล้า ซึ่งเกิดจากการผสมกันระหว่างเหล็กและคาร์บอน

โดยทั่วไปแล้วเหล็กกล้าจะอยู่ในรูปของสารผสมระหว่าง เหล็ก คาร์บอน ธาตุผสม และ สารมลทิน ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนในเหล็กกล้านั้นจะมีตั้งแต่ 0.05 ถึง 1.4 % โดยน้ำหนัก เมื่อเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนสูงขึ้น กำลัง (Strength) และความแกร่ง (Hardness) ของเหล็กกล้าจะเพิ่มขึ้นแต่ความเหนียวหยุ่น (Toughness) ของเหล็กกล้านั้นจะลดลง

### 2.9.2.2. ชนิดของเหล็กกล้า

นอกจากนี้เรายังแบ่งชนิดของเหล็กกล้าได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

1. เหล็กกล้าคาร์บอน (Plain Carbon steel)
2. เหล็กกล้าผสม (Alloy Steel)

ธาตุที่ผสมอยู่ในเหล็กกล้าประเภทนี้ได้แก่ ซิลิกอน และแมงกานีส ส่วนกำมะถันและฟอสฟอรัส จะอยู่ในรูปของสารมลทิน เราแบ่งชนิดของเหล็กกล้าคาร์บอนตามเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนที่อยู่ในเนื้อเหล็ก ได้ดังนี้

Mild Steel (low carbon steel)	มากกว่า 0.25 % โดยมวล
Medium Carbon Steel	0.25 – 0.45 % โดยมวล
High Carbon Steel	0.45 – 1.40 % โดยมวล

เมื่อเติมคาร์บอนเข้าไปในเหล็กบริสุทธิ์ คาร์บอนจะแทรกเข้าไปในเนื้อเหล็กกลายเป็นสารละลายของแข็ง (Solid Solution) ภาค (Phase) ที่ได้นี้เรียกว่า แฟร์ไรต์ (Ferrite) ปริมาณของคาร์บอนจะละลายอยู่ในแฟร์ไรต์จะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิขึ้น และที่อุณหภูมิ 723 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส คาร์บอนจะละลายได้มากที่สุดในเฟอร์ไรต์ 0.025 % ส่วนที่อุณหภูมิห้อง เฟอร์ไรต์จะมี คาร์บอนละลายอยู่เพียง 0.008 % เท่านั้น

เมื่อปริมาณคาร์บอนมีมากกว่าพิกัดที่สามารถละลายได้ในเฟอร์ไรต์ คาร์บอนก็จะ รวมตัวกับเหล็ก เกิดเป็นสารประกอบทางเคมีขึ้นคือ  $Fe_3C$  ซึ่งมีคาร์บอนผสมอยู่ 6.67 % เราเรียก เหล็กคาร์บอนนี้ว่า ซีเมนต์ไทต์ (Cementite) ภูมิภาคอีกตัวหนึ่งในเนื้อเหล็กกล้าก็คือ เฟอร์ไรต์ (Pearlite) เป็นจุลโครงสร้างผสม ประกอบด้วยแถบของเฟอร์ไรต์ กับซีเมนต์ไทต์เมื่อเผาเหล็กกล้า ถึงอุณหภูมิสูง จุลโครงสร้างพลิกเปลี่ยนจาก Body Centered Cubic (bcc) มาเป็น Faced Centerec Cubic (FCC) ภาคใหม่นี้จะละลายคาร์บอนได้มาก และที่อุณหภูมิ 1130 องศาเซลเซียส จะละลายคาร์บอนได้ถึง 2 % หมายความว่า ที่อุณหภูมิสูง  $Fe_3C$  ที่เคยมีอยู่ที่อุณหภูมิต่ำ จะสลาย ตัวแยกเป็น Fe กับ C และตัว C ที่ได้จะละลายแทรกเข้าไปอยู่ในเนื้อเหล็ก fcc จุลโครงสร้าง ใหม่ที่เราเรียกว่า ออสเตนไนต์ (Austenite)

เหล็กกล้าที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอน 0.8 % จะมีจุลโครงสร้างเป็นเฟอร์ไรต์ อย่าง เดียวเราเรียกเหล็กประเภทนี้ว่า Eutectics steels สำหรับเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนต่ำกว่า 0.8 % เรียกว่า Hypoeutectoid Steels และเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนสูงกว่า 0.8 % เรียกว่า Hypercetectoid Steels

ในเหล็กเสริมคอนกรีตมีส่วนประกอบทางเคมีคือ เหล็ก คาร์บอน แมงกานีส ฟอสฟอรัส และกำมะถัน เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ผิว (Scale) ที่อุณหภูมิการเผา 500 องศาเซลเซียส สีของเหล็กเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน มีริ้วสีเงินเล็ก ๆ ซึ่งเกิดจากสีของ Fe ที่อุณหภูมิการเผา 700 องศา เซลเซียส สีของเหล็กเปลี่ยนเป็นสีดำ เกิดจาก  $Fe_2O_3$ ,  $MnO_2$  และการเผาไหม้ของคาร์บอน และที่ อุณหภูมิการเผา 900 องศาเซลเซียส เกิดตะกรันที่ผิวเหล็กเสริม

คุณสมบัติเชิงกลของเหล็กกล้าคาร์บอนจะขึ้น โดยตรงกับประเภทและปริมาณของ จุลโครงสร้างภายในเนื้อเหล็กนั้น เฟอร์ไรต์มีกำลัง และความแข็งไม่สูงนัก แต่มีความเหนียว ซีเมนต์ ไทต์มีความแข็งสูง เพราะ เฟอร์ไรต์มีกำลังสูงและสามารถยึดตัวได้ดีมากภายใต้แรงดัน และทำย สดออสเตนไนต์มีกำลังต่ำ สามารถรีดให้เข้ารูปได้ง่าย เป็นต้น ส่วนประเภท และปริมาณของจุล โครงสร้างจะขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กกล้านั้น ๆ

เหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีส่วนประกอบทางเคมีต่าง ๆ ไม่ เกินอัตราร้อยละโดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 2.5. และ ตารางที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กเส้นกลม (มาตรฐาน ตันตระบัญญัติ, พ.ศ.2536)

คาร์บอน	ซิลิกอน	แมงกานีส	ฟอสฟอรัส	กำมะถัน
0.280	-	-	0.058	0.058

ตารางที่ 2.6 ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กข้ออ้อย (มาตรฐาน ตันตระบัญญัติ, พ.ศ.2536)

ชั้นคุณภาพ	คาร์บอน	แมงกานีส	ฟอสฟอรัส	กำมะถัน	(คาร์บอน + แมงกานีส)/6
SD 40	-	1.80	0.50	0.50	0.55
SD 50	-	1.80	0.05	0.05	0.60

## 2.10 พฤติกรรมของโครงสร้างอาคารคอนกรีต

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า เมื่อถูกไฟไหม้อุณหภูมิภายในตัวอาคารจะไม่เท่ากัน ส่วนที่ร้อนกว่าจะขยายตัวมากกว่า ส่วนที่เย็นกว่าจะทำหน้าที่เป็นตัวยึดรั้ง ทำให้มีแรงภายในเกิดขึ้นในตัวโครงสร้างนอกจากนี้ คุณสมบัติทางกลของเหล็กและคอนกรีตยังเสื่อมลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น พฤติกรรมของโครงสร้างที่เกิดขึ้นก็จะหนีไม่พ้นสิ่งเกี่ยวกับ Strength, Stiffness และ Stability ข้อใดข้อหนึ่งหรืออาจจะทั้งหมดดังนี้

1. มีการโก่งหรือแอ่นตัวมากขึ้น เนื่องจากทั้ง Modulus of Elasticity และ Strength ของวัสดุลดลง
2. มีรอยแตก เนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้น มีการขยายตัว ทำให้ความเค้นสูงขึ้น
3. มีการร่อนหรือหลุดกระเทาะของคอนกรีต (Spalling)
4. มีการโก่งเดาะของโครงสร้าง (Buckling) เนื่องจากส่วนที่เย็นกว่าของโครงสร้างจะเป็นตัวยึดรั้งการขยายตัวของส่วนที่ร้อนกว่า ทำให้มีแรงอัดเกิดขึ้น
5. เกิดการวิบัติ (Failure or Collapse)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากโครงสร้างเริ่มได้รับความร้อนจากไฟไหม้อุณหภูมิของโครงสร้างจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งหลังจากนั้นที่ไหม้ได้หยุด โครงสร้างเริ่มเย็นตัวลง พฤติกรรมของโครงสร้างได้เปลี่ยนไปเรื่อย ๆ ดังตารางที่ 2.7.

ตารางที่ 2.7 ตารางแสดงลำดับและขั้นตอนของพฤติกรรมของโครงสร้าง ตั้งแต่เริ่มเกิดเพลิงไหม้ จนกระทั่งอาคารเย็นตัว

ลำดับขั้น	พฤติกรรม
1. อุณหภูมิสูงขึ้น	1. ผิวนอกเริ่มเสียหาย ปูนฉาบเริ่มกะเทาะ
2. ความร้อนผ่านเข้าไปในเนื้อคอนกรีต	2. มีรอยแตก มีการหลุดกะเทาะ คอนกรีตเริ่มเสียดำล้าง และความแข็ง
3. ความร้อนผ่านเข้าไปถึงเหล็ก (จะเกิดเร็วมากถ้าคอนกรีตหลุดกะเทาะ)	3. โครงสร้างเสียดำล้าง มีการโก่งหรือแอ่นตัวเพิ่มขึ้น อาจมีการโก่งเคาะ (Buckling) เกิดขึ้น
4. อุณหภูมิของเหล็กลดลง	4. เหล็กจะฟื้นตัวได้ดีมากถ้าอุณหภูมิไม่เกิน 700 องศาเซลเซียส ส่วนเหล็กที่ Buckle จะเสียดำล้าง จะไม่สามารถฟื้นตัวได้
5. อุณหภูมิคอนกรีตลดลง	5. ขนาดของรอย crack จะเล็กลง กำล้างของโครงสร้างจะดีขึ้น (ทั้งเหล็ก และคอนกรีต มี strength recovery ได้พอสมควร) การโก่งตัวจะน้อยลง แต่จะไม่คืนสภาพเดิม
6. อาคารเย็น	6. คอนกรีตจะแห้งมาก และจะดูดความชื้นเข้าไป รอย crack จะขยายตัวเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.11 การตรวจสอบโครงสร้าง

หลังจากไฟไหม้อาคารไปแล้ว นอกจากความเสียหายทางทรัพย์สินแล้ว ก็ยังมีความมั่นคงแข็งแรงของตัวอาคารที่ต้องตรวจสอบ ซึ่งมีแนวทางการตรวจสอบทั้งโดยตรงและทางอ้อม พอสรุปได้ดังนี้

1. จับระยะเวลาที่เกิดไฟไหม้ ถ้าไฟไหม้นาน อุณหภูมิจะสูง
2. ดูปริมาณวัสดุที่ติดไฟ เมื่อหาค่าโดยประมาณของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น
3. ตรวจสอบสภาพของวัสดุที่ติดไฟที่อาจหลงเหลืออยู่ เพื่อหาค่าประมาณของอุณหภูมิ เช่น สังกะสี มีจุดหลอมละลายที่ 420 องศาเซลเซียส
4. ตรวจสอบคู่มือของคอนกรีตดังตาราง
5. ดูขนาด ตำแหน่งของรอย Crack และการโก่งตัวของโครงสร้าง
6. ใช้ Impact rebound hammer เพื่อเปรียบเทียบกำลังของคอนกรีต
7. ทำ Concrete Coring
8. ตรวจสอบสภาพเหล็กเสริม
9. ทำ Load test ซึ่งเป็นขั้นสุดท้ายถ้าไม่มีวิธีที่ยืนยันความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างได้

## บทที่ 3

# วิธีการดำเนินการและการศึกษา

### 3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินการศึกษาโครงการว่ามีขั้นตอนการศึกษารวมถึงขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อที่จะศึกษาถึงโครงการที่เสนอ

### 3.2 รายละเอียดการดำเนินการศึกษา

การศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในโครงการนี้จะทำเพียงการศึกษาพฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยแบ่งการศึกษาพฤติกรรมของคานออกเป็น 4 ส่วนคือ

1. การศึกษากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างแท่งคอนกรีต
2. การศึกษากำลังรับแรงดัดของตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็ก
3. การศึกษากำลังรับแรงดัดของตัวอย่างเหล็กเสริมหลักในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก
4. การศึกษากำลังรับแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่เสริม ณ ตำแหน่งต่างๆ กันในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก
5. การศึกษาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมหลักกับคอนกรีต

### 3.3. ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาแบ่งออกเป็น

#### 3.3.1 ขั้นเตรียมวัสดุสำหรับการทดสอบ

##### ก. การศึกษากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างแท่งคอนกรีต

โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทำการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยในการทดสอบนี้ออกแบบให้คอนกรีตรับแรงอัดประลัยที่ 28 วันเท่ากับ 250 ksc
2. ทำการผสมคอนกรีตตามที่ได้ออกแบบไว้ในข้อ 1 โดยใช้โมผสมคอนกรีต
3. หลังจากเทคอนกรีต ให้ทิ้งคอนกรีตไว้ 24 ชั่วโมง แล้วทำการถอดแบบหล่อ แล้วนำไปบ่มในน้ำสะอาดเป็นเวลา 28 วัน เมื่อครบกำหนดให้ขึ้นมาฝั่งแคคให้แห้ง

#### ข. การศึกษากำลังของตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

การออกแบบหน้าตัดคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้สำหรับการทดสอบนี้ คานคอนกรีตเสริมเหล็กจะถูกออกแบบให้มีเหล็กเสริมรับแรงดึงมากพอที่จะไม่ให้คานเกิดการวิบัติเนื่องจากเหล็กเสริมหลักไม่สามารถรับแรงดึงได้ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการออกแบบหน้าตัดของคานดังนี้

1. ทำการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยในการทดสอบนี้ออกแบบให้คอนกรีตรับแรงอัดประลัยที่ 28 วันเท่ากับ 250 ksc
2. ออกแบบขนาดคาน คานที่ใช้สำหรับการศึกษานี้จะมีขนาด 0.10 x 0.15 x 0.70 เมตร
3. ออกแบบเหล็กเสริมที่ใช้เป็นเหล็กเสริมหลักในคาน จากการออกแบบเราจะศึกษาถึงพฤติกรรมของเหล็กขนาดต่าง ๆ ในการรับแรงของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยเหล็กเสริมที่จะใช้ในคานนี้จะมีขนาดดังต่อไปนี้

RB 12 - SD24

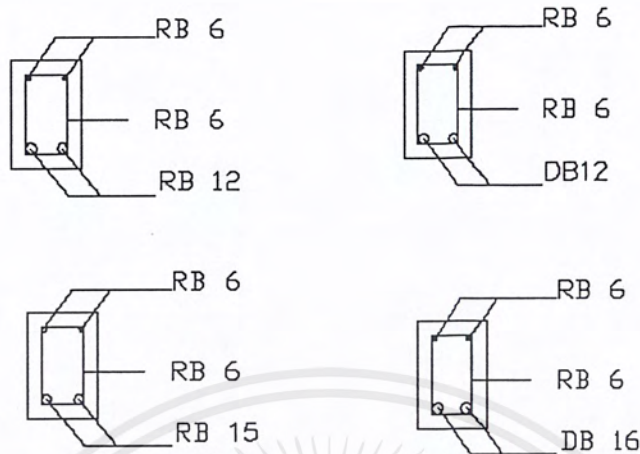
DB 12 - SD30

RB 15 - SD24

DB 16 - SD30

4. เหล็กปลอกรับแรงเฉือน ใช้เหล็ก RB 6 วางห่างกันที่ระยะ 7.5 เซนติเมตร จากปลายคานจนถึงกึ่งกลางคาน
5. จากข้อกำหนดต่าง ๆ ข้างบนจะได้คานสำหรับทำการทดสอบ 4 แบบดังรูปที่ 3.1. และรูปที่ 3.2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1. แสดงหน้าตัดทั้ง 4 ชนิดของคานที่มีการทดสอบ



รูปที่ 3.2. แสดงการจัดเรียงเหล็กปลอก

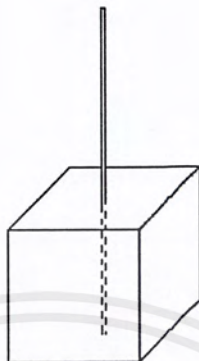
6. ทำการผสมคอนกรีตตามที่ได้ออกแบบไว้ในข้อ 1 โดยใช้ไม้ผสมคอนกรีต
7. หลังจากเทคอนกรีต ให้ทิ้งคอนกรีตไว้ 24 ชั่วโมง แล้วทำการถอดแบบหล่อ แล้วนำไปบ่มในน้ำสะอาดเป็นเวลา 28 วัน เมื่อครบกำหนดให้ขึ้นมาผึ่งแดดให้แห้ง

#### ค. การศึกษาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมหลักกับคอนกรีต

มีรายละเอียดขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1. ทำการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยในการทดสอบนี้ออกแบบให้คอนกรีตรับแรงอัดประลัยที่ 28 วันเท่ากับ 250 ksc
2. ทำการหล่อค้ำรูปปลุกบาศก์ขนาด 0.15 x 0.15 x 0.15 เมตร
3. นำเหล็กเสริม DB 12 และ DB 16 ความยาว 60 เซนติเมตร มาเสียบตรงกลาง จัดเหล็กเสริมให้อยู่ในแนวตั้งทั้งสองด้าน ดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3. รูปวัสดุสำหรับการทดลองกำลังรับแรงยึดเหนี่ยว  
ระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต

4. ให้ทิ้งคอนกรีตไว้ 24 ชั่วโมง แล้วทำการถอดแบบหล่อ แล้วนำไปบ่มในน้ำสะอาดเป็นเวลา 28 วัน เมื่อครบกำหนดให้จุ่มมาฟิงแคคให้แห้ง

### 3.3.2 ชั้นเผาตัวอย่างทดสอบ

เมื่อได้ตัวอย่างคอนกรีตเรียบร้อยแล้วขั้นต่อไปคือขั้นตอนของการนำตัวอย่างคอนกรีตดังกล่าวไปเผาไฟ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาเป็นอุณหภูมิที่ได้มาจาก Standard of Fire Test ตามมาตรฐาน ASTM E119 ซึ่งเป็นไปตามเส้นโค้งของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา โดยการศึกษาโครงการนี้เป็นการศึกษาเฉพาะที่อุณหภูมิต่อไปนี้

- เผาตัวอย่างทดสอบโดยเริ่มจากอุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิถึง 927 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง
- เผาตัวอย่างทดสอบโดยเริ่มจากอุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิถึง 1010 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง
- เผาตัวอย่างทดสอบโดยเริ่มจากอุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิถึง 1093 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 4 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3 ขั้นตอนการทำการทดสอบหาค่าล้างของตัวอย่างคอนกรีต และการบันทึกผล

วิธีการทดสอบ ประกอบด้วยการทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างแท่งคอนกรีต อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C617 การทดสอบหาค่าล้างที่จุดครากของเหล็ก อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM E8-69

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างแท่งคอนกรีตแบ่งการทดสอบออกเป็น

- ทำการทดสอบหลังจากเผาตัวอย่างแท่งคอนกรีตแล้วเป็นเวลา 1 วัน
- ทำการทดสอบหลังจากเผาตัวอย่างแท่งคอนกรีตแล้วเป็นเวลา 3 วัน
- ทำการทดสอบหลังจากเผาตัวอย่างแท่งคอนกรีตแล้วเป็นเวลา 7 วัน

การทดสอบกำลังของตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็ก และตัวอย่างลูกปูนสำหรับการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต แบ่งการทดสอบออกเป็น

- ทำการทดสอบหลังจากเผาตัวอย่างคานแล้วเป็นเวลา 10 วัน
- ทำการทดสอบหลังจากเผาตัวอย่างคานแล้วเป็นเวลา 21 วัน
- ทำการทดสอบหลังจากเผาตัวอย่างคานแล้วเป็นเวลา 28 วัน

โดยการทดสอบแบ่งออกเป็นการทดสอบดังต่อไปนี้

#### ก. การทดสอบการรับกำลังอัดของลูกปูน

การทดสอบทำโดยใช้เครื่อง UTM ทำการอัดลูกปูนจนกระทั่งตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติ

#### ข. การทดสอบการรับแรงดัดของคาน

การทดสอบทำโดยใช้เครื่อง UTM ทำการถ่ายแรงเข้าสู่คาน โหลดที่ใช้เป็นโหลดที่กระทำแบบเป็นจุดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของคาน มีระยะระหว่างฐานรองรับทั้งสองด้านเท่ากับ 44 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### ก. การทดสอบการรับแรงดึงของเหล็กเสริมหลักที่อยู่ในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

การทดสอบตัวอย่างเหล็กเสริมหลัก เหล็กเสริมที่ใช้นำออกมาจากคานคอนกรีตเสริมเหล็กหลังจากทำการทดสอบแรงคดแล้ว การทดสอบทำโดยใช้เครื่อง UTM ทำการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ

#### ง. การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของเหล็กปลอกรับแรงเฉือน

เหล็กปลอกที่นำมาใช้หาลังรับแรงเฉือนนั้นนำมาจากตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกทดสอบหาลังรับแรงคดแล้ว โดยทำการหาลังรับแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่อยู่ในคานแบ่งออกเป็น

- ที่ตำแหน่งกึ่งนอกสุดของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก
- ที่ตำแหน่งคู่อี 2 ของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก
- ที่ตำแหน่งคู่อี 3 ของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก
- ที่ตำแหน่งคู่อีในสุดของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

#### จ. การทดสอบกำลังรับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต

ทำการทดสอบโดยเครื่อง UTM ให้ส่วนบนของเครื่องเป็นตัวจับเหล็กเสริม และส่วนล่างของเครื่องใช้จับลูกปูน แล้วทำการดึงจนกระทั่งตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติ

### 3.3.4 การวิเคราะห์ผลการศึกษาและเขียนรายงาน

- การทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางกลของคอนกรีตหลังถูกเพลิงไหม้ เพื่อใช้ประเมินหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต
- การทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางกลของเหล็กเสริมหลังถูกเพลิงไหม้เพื่อใช้ประเมินหาค่ากำลังรับแรงคดของเหล็ก
- การทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางกลของเหล็กปลอกรับแรงเฉือนหลังถูกเพลิงไหม้เพื่อใช้ประเมินหาค่ากำลังรับแรงเฉือนเหล็กปลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางกลของเหล็กเสริมหลักหลังถูกเพลิงไหม้เพื่อใช้ประเมินหาค่ากำลังรับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมหลัก และคอนกรีต
- การใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังครากของเหล็กเสริม เพื่อศึกษาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต และกำลังครากของเหล็กหลังถูกเพลิงไหม้

### 3.4 อุปกรณ์ และ สถานที่ดำเนินการศึกษา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการศึกษามีดังนี้

1. เตาเผา ขนาด 0.80 x 1.00 x 1.00 ชนิดใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง
2. เครื่องมือ Universal Testing Machine (UTM)

สถานที่ดำเนินการศึกษา

1. อาคารปฏิบัติการภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. โรงปฏิบัติงานเซรามิกส์ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## บทที่ 4

# ผลการศึกษาและวิเคราะห์

### 4.1. คุณสมบัติของวัตถุหลังการเผา

#### 4.1.1. คุณสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบพบว่าในแต่ละอุณหภูมิมีคุณสมบัติทางกายภาพของชิ้นตัวอย่างทดสอบจะมีการเปลี่ยนแปลงต่างกัน โดยทำการสรุปลักษณะทางกายภาพหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆไว้ดังต่อไปนี้

ที่อุณหภูมิ 927 องศาเซลเซียส ลักษณะของลูกปุ่นและฟิวคานจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักจะมีการเปลี่ยนของสีผิว โดยผิวจะมีสีออกม่วงๆเนื่องจากส่วนผสมของคอนกรีตที่หล่อและมีรอยแตกร้าวเล็กน้อยที่ลูกปุ่นและฟิวคานเพราะเนื่องจากการขยายตัวของคอนกรีตภายในและภายนอกไม่เท่ากันจึงเกิดการแตกร้าว ส่วนในเหล็กเสริมหลักและเหล็กปลอกหลังจากการทดสอบแล้วไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักมีเพียงแต่รอยคราบของคอนกรีตขาวๆเท่านั้นเนื่องจากว่าเหล็กเสริมหลักและเหล็กปลอกนั้นถูกห่อหุ้มด้วยคอนกรีตจึงเป็นการป้องกันความร้อนที่จะถ่ายมายังเหล็ก

ที่อุณหภูมิ 1010 องศาเซลเซียส ลักษณะของลูกปุ่นและฟิวคานมีการแตกร้าวมากขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้การขยายตัวระหว่างภายนอกกับภายในแตกต่างกันมากขึ้นและบริเวณผิวลักษณะสีม่วงลดน้อยลงแต่บริเวณที่ขอบของหัวคานทั้งสองข้างมีการร่อนของคอนกรีต ส่วนเหล็กเสริมหลักสภาพยังมีลักษณะเหมือนเดิมมีเพียงแต่คราบขาวๆของคอนกรีตเท่านั้น โดยคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมยังมีประสิทธิภาพสามารถปกป้องความร้อนที่จะถ่ายมายังเหล็กได้

ที่อุณหภูมิ 1093 องศาเซลเซียส ลักษณะของวัสดุทดสอบทุกอย่างมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมากโดยผิวของลูกปุ่น, คานและชุดทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและเหล็กเสริมจะมีลักษณะมีก้อนแข็งๆ โผล่มาตามผิวและสีผิวมีสีน้ำตาลเข้ม โดยเมื่อทิ้งไว้ 3 วันจะมีการร่อนของคอนกรีตและเมื่อทิ้งไว้ 7 วันลักษณะของคอนกรีตที่ทดสอบจะมีลักษณะเป็นกองผงไม่มีโครง

โครงเดิมอีกต่อไปยกเว้นแต่คานจะมีคอนกรีตที่อยู่ภายในเหล็กปลอกซึ่งเหล็กจะช่วยยึดไม่ให้  
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตแตกออกมาเป็นผง ส่วนเหล็กเสริมลักษณะผิวของเหล็กมีรอยหลุคร่อนและสีค่อนข้างดำ  
น้ำหนักลดลงเนื่องจากการร่อนของผิวเหล็ก

#### 4.1.2. สมบัติทางกล

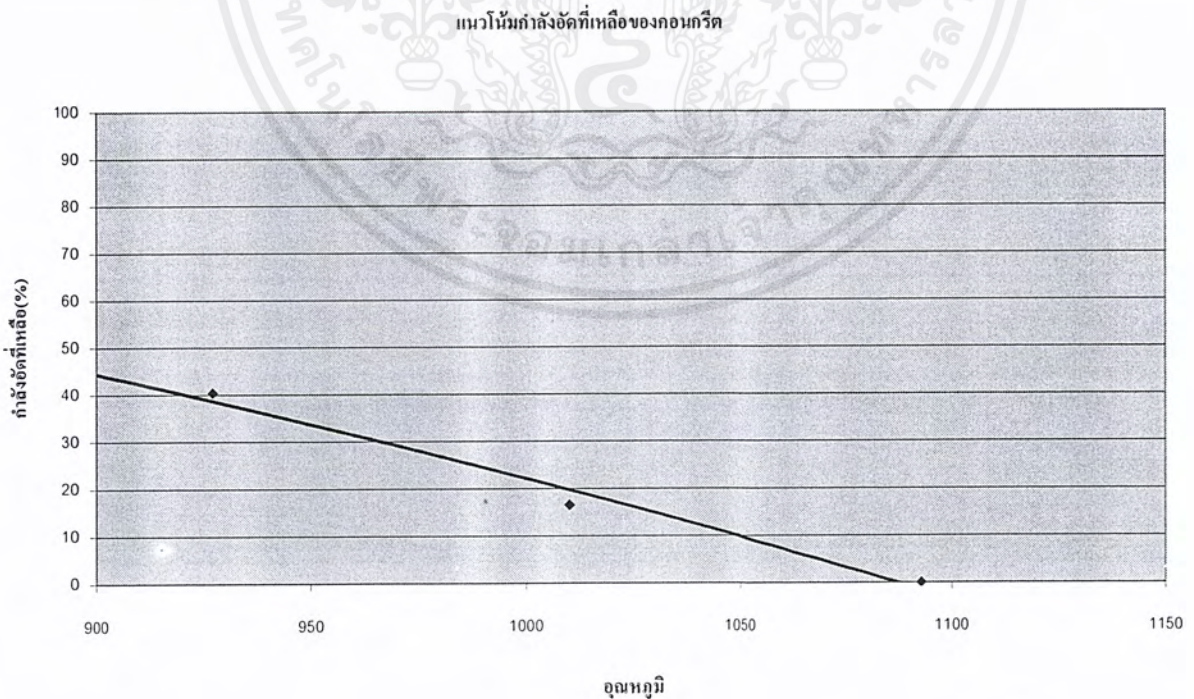
ผลการทดสอบทำโดยเครื่อง UTM โดยทำการทดสอบกำลัง 5 ชนิดหลังการเผาคือ

1. กำลังอัดของคอนกรีต
2. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม โดยทดสอบเหล็ก 2 ชนิดคือ DB12,DB16
3. กำลังดัดของคานคอนกรีต
4. กำลังเนียนของเหล็กปลอก
5. กำลังดึงของเหล็ก

ผลการทดสอบกำลังทั้ง 5 ชนิดสามารถแสดงผลในตารางที่ 4.1. ถึง 4.5. และ  
กราฟแสดงให้ดูในรูปที่ 4.1. ถึง 4.8.

ตารางที่ 4.1. แสดงสรุปผลการทดสอบกำลังคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ

สรุปผลการทดลอง			
ผลการทดสอบกำลังคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ			
ตัวอย่าง	กำลังอัดเฉลี่ย (ksc)	กำลังอัดที่เหลือ (%)	
ลูกปูนก่อนเผา	277.67	100.00	
ที่ 927°c	ทำการทดสอบเลข	178.64	64.34
	ทิ้งไว้ 3 วัน	112.24	40.42
	ทิ้งไว้ 7 วัน	95.45	34.38
ที่ 1010°c	ทำการทดสอบเลข	69.42	25.00
	ทิ้งไว้ 3 วัน	45.84	16.51
	ทิ้งไว้ 7 วัน	33.58	12.09
ที่ 1093°c	ทำการทดสอบเลข	0	0.00
	ทิ้งไว้ 3 วัน	0	0.00
	ทิ้งไว้ 7 วัน	0	0.00



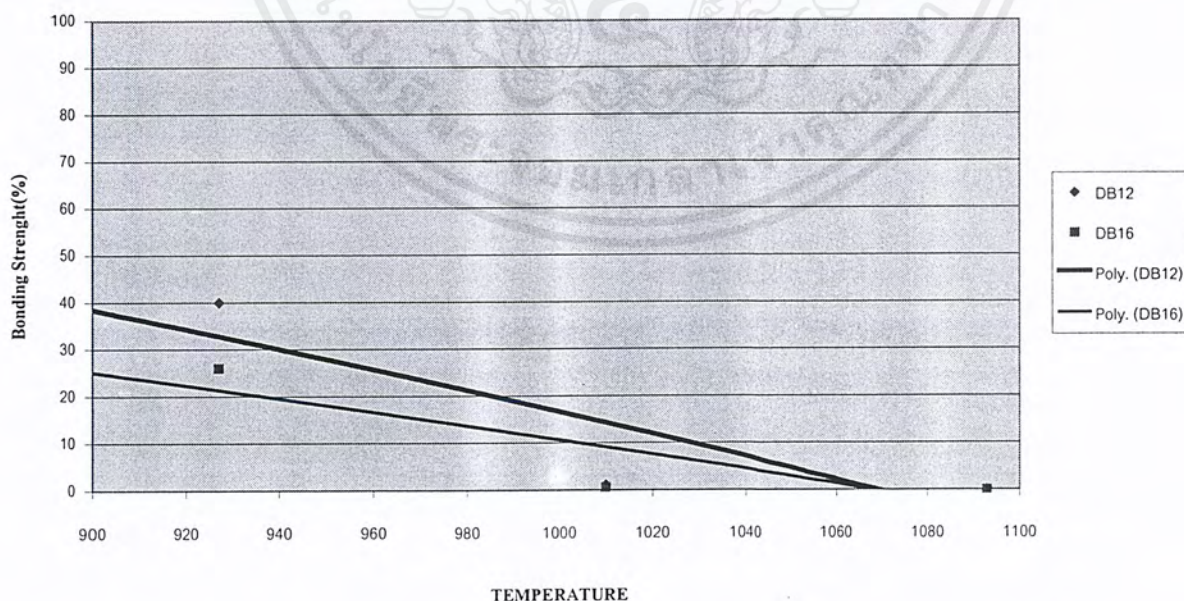
รูปที่ 4.1. แสดงแนวโน้มกำลังอัดที่เหลือของคอนกรีตเมื่อเผาไฟเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2. แสดงสรุปผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวที่อุณหภูมิต่างๆ

สรุปผลการทดลอง					
ผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวที่อุณหภูมิต่างๆ					
ตัวอย่าง		แรงยึดเหนี่ยว		แรงยึดเหนี่ยวที่เหลือ	
		DB12	DB16	DB12	DB16
		(ksc)	(ksc)	(%)	(%)
ก่อนเผา		106.45	94.60	100.00	100.00
ที่ 927 °c	ทิ้งไว้ 10 วัน	40.08	25.85	37.65	27.33
	ทิ้งไว้ 21 วัน	41.05	24.10	38.56	25.48
	ทิ้งไว้ 28 วัน	41.04	26.78	38.55	28.31
ที่ 1010 °c	ทิ้งไว้ 10 วัน	1.10	0.61	1.03	0.65
	ทิ้งไว้ 21 วัน	0.00	0.00	0.00	0.00
	ทิ้งไว้ 28 วัน	0.00	0.00	0.00	0.00
ที่ 1093 °c	ทิ้งไว้ 10 วัน	0.00	0.00	0.00	0.00
	ทิ้งไว้ 21 วัน	0.00	0.00	0.00	0.00
	ทิ้งไว้ 28 วัน	0.00	0.00	0.00	0.00

แนวโน้มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม (Bonding Strength) หลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

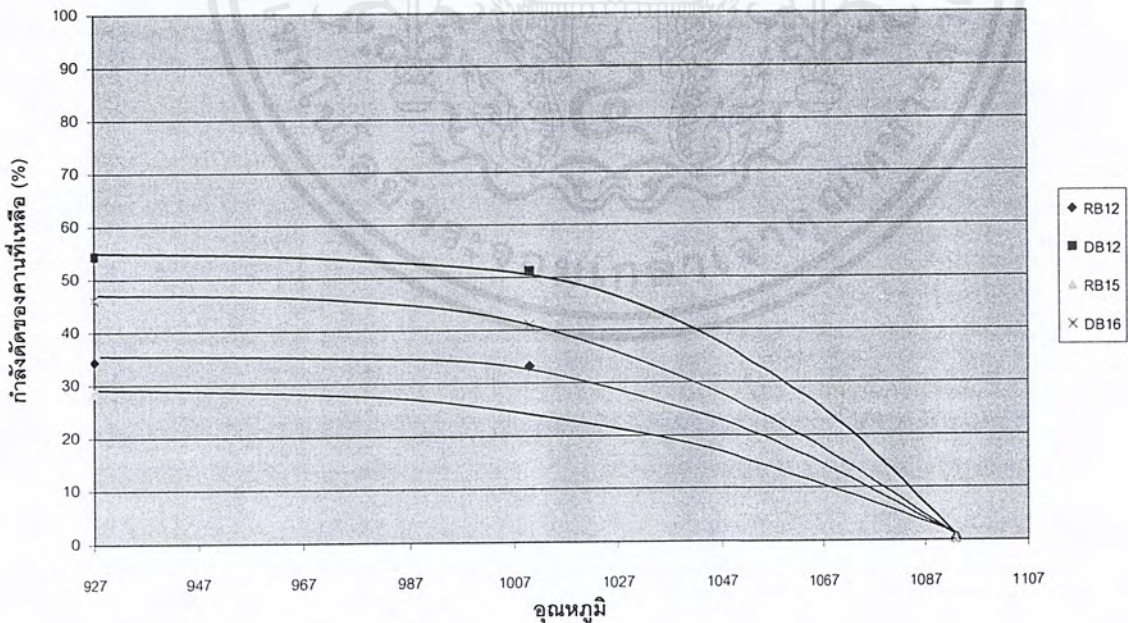


รูปที่ 4.2. แสดงแนวโน้มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเสริมเหล็กหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3. แสดงสรุปผลกำลังคัดของคอนกรีตหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

สรุปผลการทดสอบ									
กำลังคัดของคอนกรีตหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ									
อุณหภูมิ °C	เวลา วัน	กำลังคัดของคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ				(% )กำลังคัดที่เหลือของคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ			
		RB12	DB12	RB15	DB16	RB12	DB12	RB15	DB16
		Kg-m.				(% )			
ก่อนเผา		756.4	1004.44	1004.45	1272.33	100	100	100	100
ที่ 927 °C	ทิ้งไว้ 10 วัน	259.33	551.98	308.61	591.25	34.28	54.95	28.32	46.47
	ทิ้งไว้ 21 วัน	260.76	546.26	314.27	589.05	34.47	54.38	28.84	46.30
	ทิ้งไว้ 28 วัน	259.82	541.37	309.16	579.98	34.35	53.90	28.37	45.58
ที่ 1010 °C	ทิ้งไว้ 10 วัน	251.02	514.47	266.09	523.27	33.19	51.22	24.42	41.13
	ทิ้งไว้ 21 วัน	256.69	515.08	259.77	523.82	33.94	51.28	23.84	41.17
	ทิ้งไว้ 28 วัน	246.29	514.58	256.91	524.04	32.56	51.23	23.58	41.19
ที่ 1093 °C	ทิ้งไว้ 10 วัน	0	0	0	0	0	0	0	0
	ทิ้งไว้ 21 วัน	0	0	0	0	0	0	0	0
	ทิ้งไว้ 28 วัน	0	0	0	0	0	0	0	0



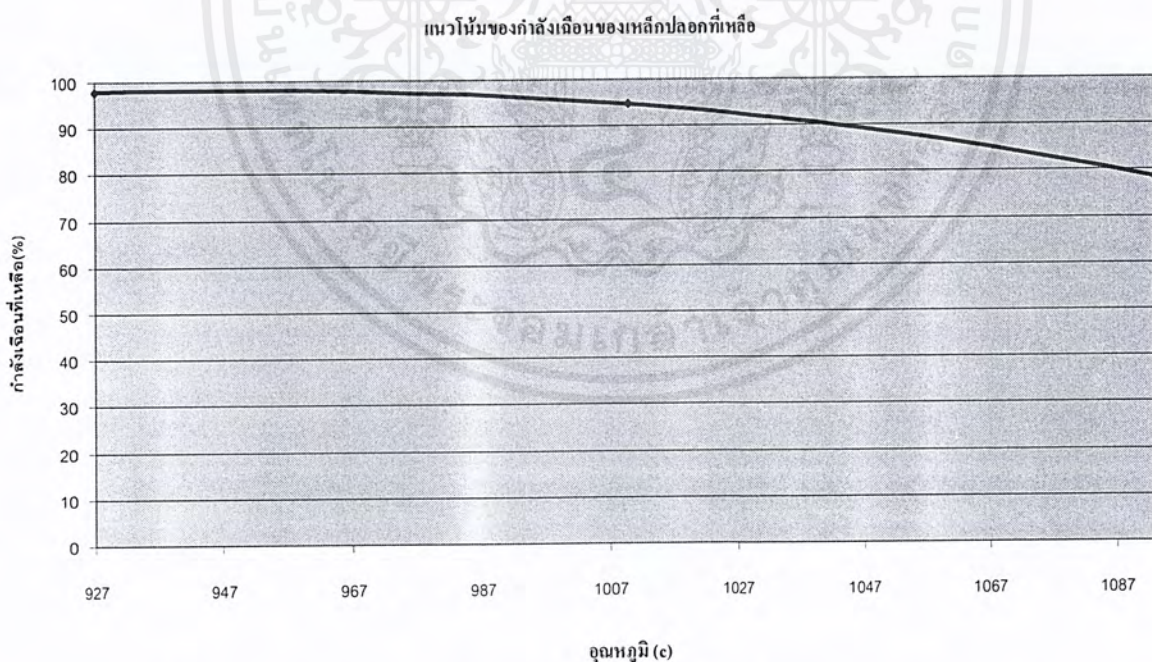
รูปที่ 4.3. แสดงแนวโน้มของกำลังคัดของคอนกรีตเมื่อเสริมด้วยเหล็กชนิดต่างๆ

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4. แสดงสรุปผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่อุณหภูมิต่างๆ

สรุปผลการทดสอบ ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่อุณหภูมิต่างๆ										
ประเภท	ตัวอย่าง								กำลังเฉือนเฉลี่ย (ksc)	กำลังเฉือนที่เหลือ (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
ก่อนเผา	4150.65	4128.13	4140.7						4139.83	100.00
ที่ 927°C ทั้งไว้ 10 วัน	4067.53	4039.12	4219.84	4029.58	4079.38	3995.6	3975.6	4145.81	4069.06	98.29
	4017.71	3974.66	3976.99	4001.43	4099.86	4044.47	3966.98	4096.14	4022.28	97.16
	3995.6	3986.06	4116.61	3970.24	3976.99	4105.74	3975.13	4057.74	4023.01	97.18
ที่ 1010°C ทั้งไว้ 10 วัน	3958.77	3985.13	3858.3	3865.05	3927.19	3999.44	3899.96	3957.44	3931.41	94.97
	3891.35	3841.55	3884.6	3925.33	3884.14	4006.54	3875.53	3979.32	3911.05	94.47
	3909.96	3929.05	3918.58	3764.52	3954.01	3858.3	3867.85	4005.61	3900.99	94.23
ที่ 1093°C ทั้งไว้ 10 วัน	3870.09	3901.73	3832.67	3818.5	3831.61	3874.31	3868.51	3923.53	3865.12	93.36
	3782.35	3823.19	3827.97	3895.1	3892.91	3886.83	3808.73	3879.63	3849.59	92.99
	3807.6	3904.13	3874.1	3856.18	3806.45	3797.01	3907.74	3908.22	3857.68	93.18



รูปที่ 4.4. แสดงแนวโน้มของกำลังเฉือนของเหล็กปลอกที่เหลือ ณ อุณหภูมิต่างๆ

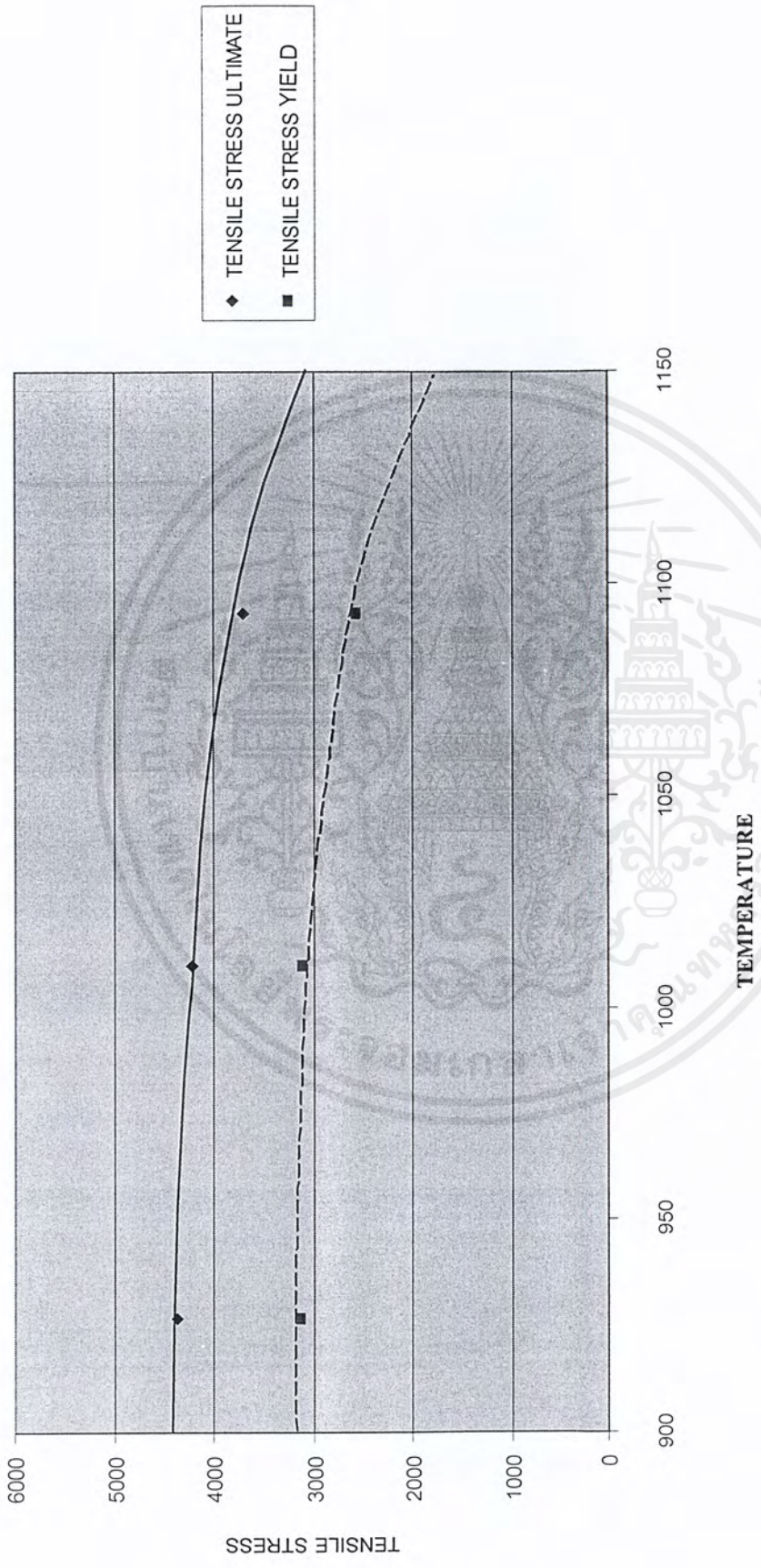
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5. แสดงผลการทดสอบกำลังดึงของเหล็กในคานหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

สรุปผลการทดสอบ		กำลังดึงของเหล็กในคานหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ												(%) กำลังดึงที่เหลือของเหล็กชนิดต่างๆ													
		RB12				DB12				RB15				DB16				RB12			DB12			RB15			DB16
อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วัน)	YEILD	ULTIMATE	(ksc)	YEILD	ULTIMATE	(ksc)	YEILD	ULTIMATE	(ksc)	YEILD	ULTIMATE	(ksc)	YEILD	ULTIMATE	(%)	YEILD	ULTIMATE	(%)	YEILD	ULTIMATE	(%)	YEILD	ULTIMATE	(%)		
		ก่อนเผา		4280.7	5542.7	4941	6922.3	5684.8	4841.93	4088.21	6163.15	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ทิ้งไว้ 10 วัน	3778.42		5286.72	4561.67	6469.63	2908.34	4498.02	3678.54	5848.31	88.27	95.38	88.27	95.38	88.27	95.38	88.27	95.38	88.27	95.38	88.27	95.38	88.27	95.38	88.27	95.38	88.27	
ทิ้งไว้ 21 วัน	3724.02		5216.45	4546.33	6533.42	2888.66	4497.39	3673.49	5814.59	87.00	94.11	87.00	94.11	87.00	94.11	87.00	94.11	87.00	94.11	87.00	94.11	87.00	94.11	87.00	94.11	87.00	
ทิ้งไว้ 28 วัน	3685.71		5228.96	4504.99	6431.75	2908.63	4453.20	3655.63	5753.09	86.10	94.34	86.10	94.34	86.10	94.34	86.10	94.34	86.10	94.34	86.10	94.34	86.10	94.34	86.10	94.34	86.10	
ที่ 1010 °C		3758.40	5101.60	4348.21	5993.50	2842.44	4073.12	3323.39	5462.83	87.80	92.04	87.80	92.04	87.80	92.04	87.80	92.04	87.80	92.04	87.80	92.04	87.80	92.04	87.80	92.04	87.80	
	ทิ้งไว้ 10 วัน	3649.29	5015.92	4365.93	5952.17	2857.36	4081.08	3216.54	5330.22	85.25	90.50	85.25	90.50	85.25	90.50	85.25	90.50	85.25	90.50	85.25	90.50	85.25	90.50	85.25	90.50	85.25	
	ทิ้งไว้ 21 วัน	3636.50	5102.59	4273.03	5945.98	2829.91	4081.01	3212.44	5359.95	84.95	92.06	84.95	92.06	84.95	92.06	84.95	92.06	84.95	92.06	84.95	92.06	84.95	92.06	84.95	92.06	84.95	
	ทิ้งไว้ 28 วัน	3300.17	4778.81	3596.08	5757.72	2407.30	4148.74	2745.52	4954.38	77.09	86.22	77.09	86.22	77.09	86.22	77.09	86.22	77.09	86.22	77.09	86.22	77.09	86.22	77.09	86.22	77.09	
ที่ 1093 °C		3338.01	4776.30	3567.45	5619.14	2399.66	4171.26	2739.60	4909.63	77.98	86.17	77.98	86.17	77.98	86.17	77.98	86.17	77.98	86.17	77.98	86.17	77.98	86.17	77.98	86.17	77.98	
	ทิ้งไว้ 10 วัน	3311.51	4768.01	3588.45	5637.80	2365.43	4169.99	2683.63	4873.56	77.36	86.02	77.36	86.02	77.36	86.02	77.36	86.02	77.36	86.02	77.36	86.02	77.36	86.02	77.36	86.02	77.36	
	ทิ้งไว้ 21 วัน																										
	ทิ้งไว้ 28 วัน																										

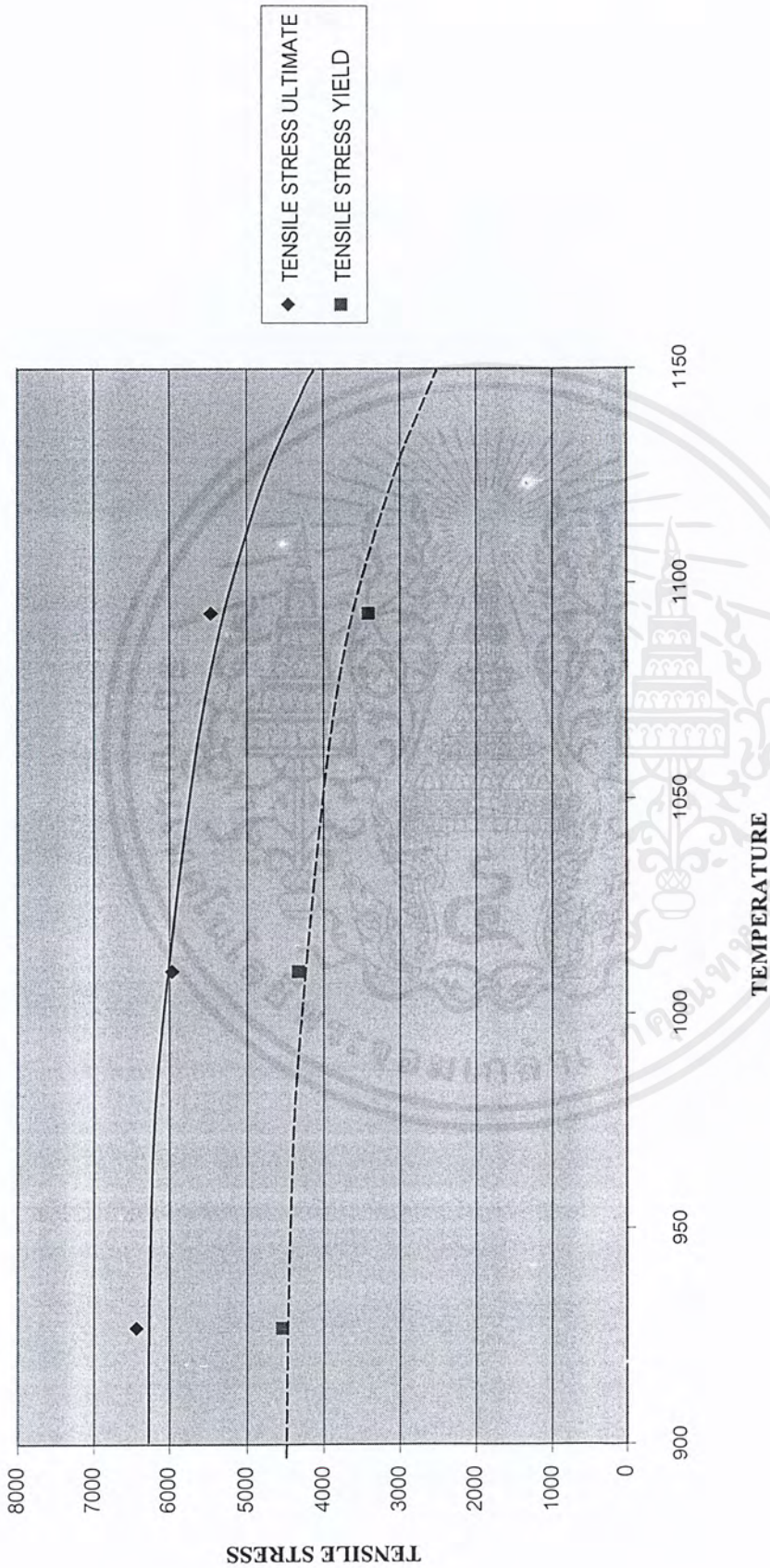
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวโน้มกำลังดึงของเหล็ก RB12



รูปที่ 4.5. แสดงแนวโน้มกำลังดึงของเหล็ก RB 12

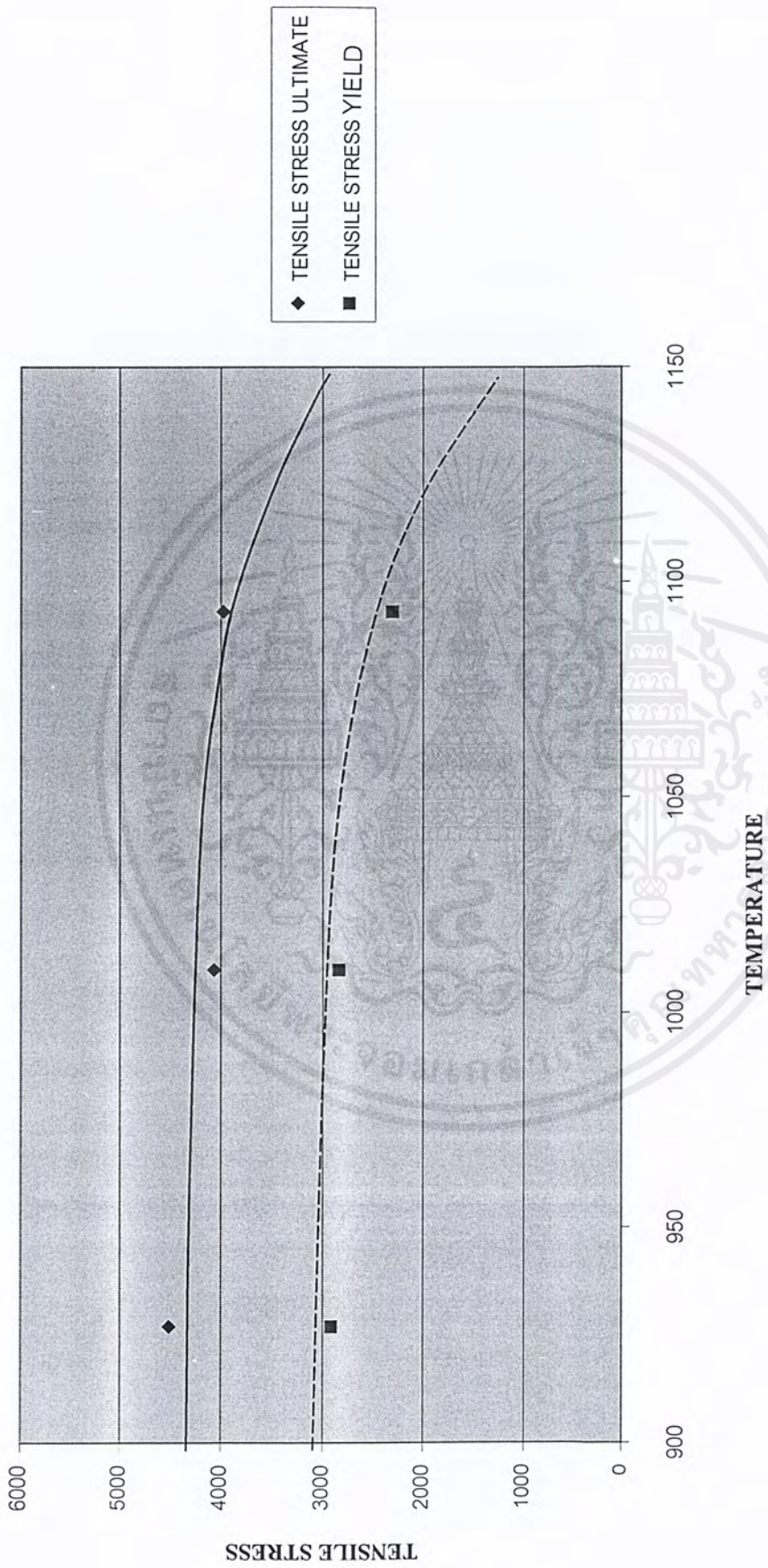
แนวโน้มนำกำลังดึงของเหล็ก DB12



รูปที่ 4.6. แสดงแนวโน้มนำกำลังดึงของเหล็ก DB 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

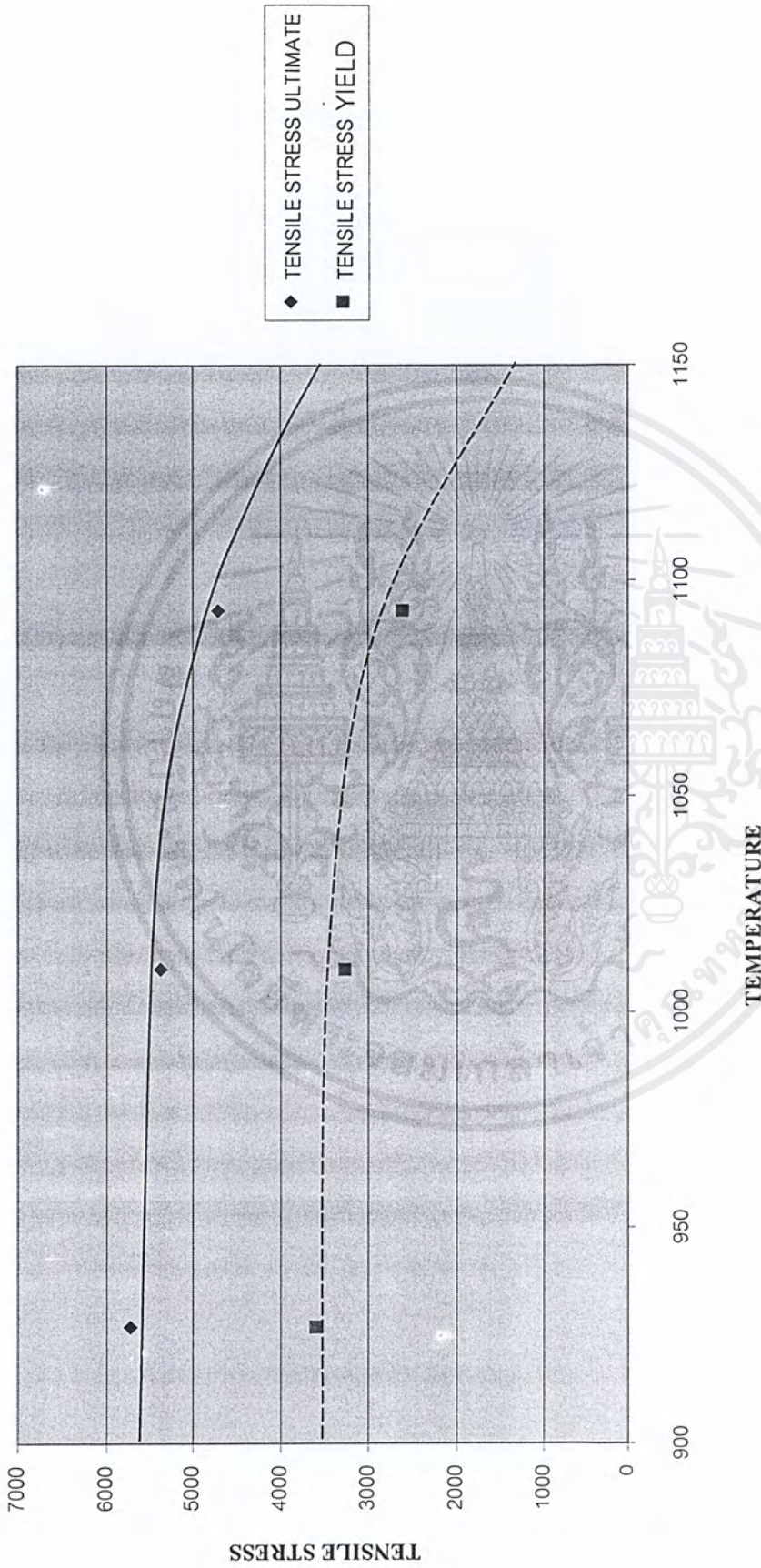
แนวโน้มนำกำลังดึงของเหล็ก RB15



รูปที่ 4.7. แสดงแนวโน้มนำกำลังดึงของเหล็ก RB 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวโน้มนำกำลังดึงของเหล็ก DB16



รูปที่ 4.8. แสดงแนวโน้มนำกำลังดึงของเหล็ก DB 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

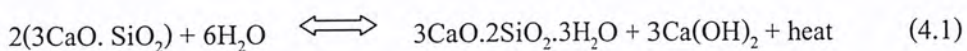
## 4.2. วิเคราะห์ผลการทดลอง

### 4.2.1. การสูญเสียกำลังอัดของคอนกรีต

ปัจจัยหลักที่ทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลงเมื่อถูกเผาคือ อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา โดยกำลังอัดจะลดลงเรื่อยๆเมื่อเวลาผ่านไป โดยที่ทำการเผาอุณหภูมิ 927 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปทดสอบเลยกำลังอัดจะมีค่าเหลือประมาณ 64 % แต่เมื่อทิ้งไว้ 3 วัน กำลังอัดจะมีค่าเหลือประมาณ 40 % และเมื่อทิ้งไว้ 7 วันกำลังอัดจะมีค่าประมาณ 34 % และเมื่อทำการเผาที่อุณหภูมิ 1010 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปทดสอบเลยกำลังอัดเหลือประมาณ 25 % เมื่อทิ้งไว้ 3 วันกำลังเหลือประมาณ 17 % และเมื่อทิ้งไว้ 7 วันกำลังเหลือประมาณ 12 % เมื่อทำการทดสอบที่ 1093 องศาเซลเซียส ไม่เหลือกำลังของคอนกรีตเลย การที่คอนกรีตมีกำลังลดลงหลังจากถูกไฟไหม้ในช่วงอุณหภูมิที่พิจารณานั้นเป็นเพราะสาเหตุสำคัญดังนี้ คือ

#### 4.2.1.1. เกิดการสูญเสียของน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน

เกิดการสูญเสียของน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Dehydration) ของสารประกอบ Hydration Products พวกเจล และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปกติแล้วสารประกอบหลักของซีเมนต์ที่สำคัญและมีมากที่สุดก็คือ แคลเซียมซิลิเกต ( $C_3S$ ,  $C_2S$ ) เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ จะให้สารประกอบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ออกมา ซึ่งมีอิทธิพลต่อการสร้างกำลังปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตนั้นมีมากกว่าความจำเป็นที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นปริมาณน้ำในคอนกรีตจึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกไม่ได้ใช้ในการทำปฏิกิริยาแทรกอยู่ตามช่องโพรงในคอนกรีตเรียกปริมาณน้ำในส่วนนี้ว่า Free Water ส่วนที่สอง คือปริมาณน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเคมี (ปฏิกิริยา Hydration) เรียกว่า Combine Water เมื่อคอนกรีตถูกไฟไหม้ Free Water จะระเหยไปก่อนในช่วงอุณหภูมิประมาณ 100 – 400 องศาเซลเซียส ต่อจากนั้นจะเกิดการสูญเสียน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา Hydration ในช่วงอุณหภูมิ 400 – 600 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังสมการ 4.1 มีต่อไปนี



ความร้อนจากไฟเข้าไปทำให้สารประกอบแคลเซียมซิลิเกต และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทางขวามือของสมการมีการสูญเสียน้ำไปจากการระเหย ทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับไปในทางซ้ายของสมการ นั่นคือเกิดปฏิกิริยา Dehydration ขึ้น การสูญเสียน้ำในที่นี้สามารถยืนยันได้  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการลดลงของน้ำหนักคอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าน้ำหนักจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อเวลานานขึ้น ถ้าเราเริ่มต้นเผาจากช่วงที่อุณหภูมิต่ำ ขึ้นไปเรื่อย ๆ น้ำหนักจะลดลงไปจนหมดน้ำในส่วนเกิน Free Water ซึ่งน้ำส่วนที่เป็น Free Water ที่หายไปไม่ได้เป็นส่วนที่ใช้ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ (คือไม่ได้เป็นน้ำในส่วนที่ทำให้เกิดกำลัง) ดังนั้นกำลังรับแรงอัดในการเผาในช่วงอุณหภูมิต่ำ แทบจะไม่มีเปลี่ยนแปลงเลย

ในช่วงอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส น้ำหนักของคอนกรีตจะมีค่าลดลงไปประมาณ 6 % ซึ่งเป็นน้ำในส่วนของ Free water 4.80 % ที่เหลือเป็นส่วนของ Combined Water นั้นแสดงว่าในช่วงอุณหภูมินี้แคลเซียมซิลิเกต และแคลเซียมไฮดรอกไซด์เกิดปฏิกิริยา Dehydration ในอัตราที่สูงทำให้กำลังของคอนกรีตตกลงไปอย่างรวดเร็ว เมื่อปล่อยให้คอนกรีตที่เผาไฟใหม่ ๆ นั้นเย็นตัวลงที่ความดันบรรยากาศ กำลังของคอนกรีตต่อจากนั้นจะมีค่าลดลงไปอีก ส่วนในกรณีแห้งตัวอย่างที่นำไปเผาให้เย็นตัวลงในน้ำ คอนกรีตนั้นก็ดูความชื้นจากน้ำหลังจากเย็นตัวแล้ว ไปทำปฏิกิริยาใหม่ ทำให้กำลังของคอนกรีตฟื้นคืนขึ้นมาใหม่อีก ทั้งนี้กำลังที่ฟื้นตัวขึ้นมาคงขึ้นกับเวลาในการเกิดปฏิกิริยาค่ะ

#### 4.2.1.2. การขยายตัวที่ไม่เท่ากันของมวลรวมภายในคอนกรีต

ในคอนกรีตนั้นเกิดจากการผสมกันระหว่างมวลรวมและปูนซีเมนต์และมวลรวมนั้นเมื่อได้รับความร้อนก็จะเกิดการขยายตัวที่ไม่เท่ากันจึงทำให้เกิดการแตกร้าวภายในคอนกรีตจึงทำให้กำลังของคอนกรีตลดลง

#### 4.2.1.3 ตัวเชื่อมประสาน ( CSH GEL ) ถูกทำลาย

ตัวเชื่อมประสานระหว่างมวลรวมนั้น ได้ถูกทำลายหลังที่ได้ถูกเพลิงไหม้ที่อุณหภูมิสูงสังเกตได้จากการวิบัติหลังจากนำคอนกรีตไปทดสอบหลังเผาก็จะมีการแตกร่อนทั่วทั้งลูกปูน ซึ่งอาจเกิดจากตัวเชื่อมประสานถูกทำลายทำให้แรงยึดเกาะน้อยลงทำให้กำลังของคอนกรีตน้อยลง

#### 4.2.2. การสูญเสียกำลังรับแรงยึดเหนี่ยว

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแรงยึดเหนี่ยวนั้นขึ้นอยู่กับกำลังอัดของคอนกรีตโดยเมื่อกำลังอัดของคอนกรีตลดลงก็ทำให้แรงยึดเหนี่ยวลดลงไปด้วยโดยเมื่อนำไปเผาที่ 927 องศาเซลเซียส DB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12 จะมีค่าแรงยึดเหนี่ยวเหลือประมาณ 38 % และ DB 16 จะเหลือประมาณ 27 % และเมื่อทำการเผา อุณหภูมิ 1010 องศาเซลเซียส DB 12 และ DB 16 จะไม่เหลือกำลัง

#### 4.2.3. การสูญเสียกำลังตัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

เช่นเดียวกันกำลังตัดของคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นขึ้นอยู่กับกำลังอัดของคอนกรีต และแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กเสริมและเมื่อกำลังของทั้ง 2 ชนิดนั้นมีค่าลดลงจะนั้นจึงทำให้กำลังตัดของคอนกรีตลดลงด้วย โดยเมื่อทำการเผาที่อุณหภูมิ 927 องศาเซลเซียส นั้นกำลังตัดของคาน คอนกรีตที่เสริมเหล็ก RB 12 จะมีค่าเหลือประมาณ 34 % และคานคอนกรีตที่เสริมเหล็ก DB12 นั้น จะเหลือกำลังตัดประมาณ 54 % และคานคอนกรีตเสริมเหล็กด้วย RB15 จะเหลือกำลังตัดประมาณ 28 % และคานคอนกรีตเสริมเหล็กด้วย DB16 จะเหลือกำลังตัดประมาณ 46 % เมื่อทำการเผาที่ อุณหภูมิ 1010 องศาเซลเซียส คานคอนกรีตที่เสริมเหล็ก RB12 จะเหลือกำลังตัดประมาณ 33 % คานคอนกรีตที่เสริมเหล็ก DB12 จะเหลือประมาณ 51% คานคอนกรีตที่เสริมเหล็ก RB15 จะเหลือ กำลังตัดประมาณ 24% คานคอนกรีตที่เสริมเหล็ก DB16 จะเหลือกำลังตัดประมาณ 41 % ส่วนเมื่อทำ การเผาที่อุณหภูมิ 1093 องศาเซลเซียส คานคอนกรีตที่เสริมเหล็กจะไม่เหลือกำลังตัดเลยจากการ ทดสอบกำลังอัดและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมจะสังเกตได้ว่าเมื่อทำการทดสอบ ที่ อุณหภูมิ 1010 องศาเซลเซียส แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีตไม่เหลือเลยแต่เมื่อ ทำการทดสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่อุณหภูมิ 1010 องศาเซลเซียส นั้นคานยังมีกำลังตัดอยู่ซึ่ง เป็นเหตุผลเพราะว่าในคานคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นมีเหล็กปลอกซึ่งคอนกรีตภายในเหล็กปลอกนั้น ยังมีกำลังอัดเหลืออยู่และจากการทดสอบนั้นสรุปได้ว่าการออกแบบคานให้มีเหล็กปลอกนั้นจะ สามารถช่วยทำให้คอนกรีตที่อยู่ในเหล็กปลอกนั้นยังมีกำลังอัดเหลืออยู่

#### 4.2.4. การสูญเสียกำลังดึงของเหล็กเสริมหลัก

ในส่วนกำลังของเหล็กเสริมหลักนั้นเมื่อทำการทดสอบเหล็กเสริมหลักภายในคาน ในที่นี้จะคิดแต่กำลังครากของเหล็กเท่านั้นเพราะในตอนออกแบบจะใช้จุดครากของเหล็กเป็นตัว กำหนดกำลังของเหล็ก

อุณหภูมิ 927 องศาเซลเซียสเผาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กำลังของเหล็กเสริมหลักทั้ง กำลังคราก และ กำลังประลัย จะมีค่าเปลี่ยนแปลงทั้ง 4 ชนิดของเหล็กเลยโดยจะมีค่าต่ำลงเพราะว่า ความร้อนทำให้กำลังดึงของเหล็กนั้นลดลง โดย RB12 มีค่ากำลังครากเหลือประมาณ 87 % DB 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่ากำลังครากเหลือประมาณ 92 % RB15 มีค่ากำลังครากเหลือประมาณ 78 % DB16 มีค่ากำลังครากเหลือประมาณ 89 %

อุณหภูมิ 1010 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง กำลังที่ดึงของเหล็กทั้ง 4 ชนิดจะมีค่าลดลงไปอีก โดย RB12 มีค่ากำลังครากเหลือประมาณ 85 % DB12 มีค่ากำลังครากเหลือประมาณ 88 % RB15 มีค่ากำลังครากเหลือประมาณ 77% DB16 มีค่ากำลังครากเหลือประมาณ 79 %

อุณหภูมิ 1093 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ค่ากำลังครากของเหล็กทั้ง 4 ชนิดจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดย RB12 ค่ากำลังครากมี เหลือประมาณ 77% DB12 มีค่ากำลังครากประมาณ 72 % RB15 มีค่ากำลังเหลือประมาณ 65 % DB 16 มีค่ากำลังครากเหลือประมาณ 67% โดยสังเกตได้ว่าเมื่อทำการทดสอบทั้ง 3 อุณหภูมิแล้ว และทิ้งไว้ 10 วัน 21 วันและ 28 วัน กำลังดึงของเหล็กหลังเผาที่อุณหภูมิต่างๆมีค่าค่อนข้างจะคงที่และเหล็กบางชนิดมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นและกำลังดึงของเหล็กที่อุณหภูมิ 1093 เริ่มไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

โดยจุดครากของเหล็กที่ลดลงไปจากเดิมเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจาก เมื่อเหล็กได้รับความร้อน โครงสร้างผลึกของเหล็กจะสลายตัวแยกออกจากกันไปอยู่ในรูปสารประกอบของเหล็ก คือเหล็กและคาร์บอนโดยที่โครงสร้างผลึกของเหล็กแบบ Body Centered Cubic (bcc) จะเปลี่ยนไปเป็นแบบ Face Centered Cubic (fcc) ที่มีความยาวของด้านขอบที่ยาวมากกว่าเดิม อะตอมคาร์บอนที่แยกตัวเป็นอิสระมาจากเหล็กคาร์ไบด์ก็จะกระจายออกไปในเหล็ก และอยู่ในกลุ่มของเหล็ก กระบวนการเช่นนี้ เกิดขึ้นในสภาพที่เป็นของแข็ง โครงสร้างผลึกที่ได้รับการก่อรูปขึ้นมาเรียกว่า ออสเตนไนต์ (Austenite) ในการนี้ได้เกิดโลหะผสม เหล็ก-คาร์บอน ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ซึ่งธาตุของโลหะผสม จะเชื่อมตัวกันแบบที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นบวก หรือลบของอะตอม (คุณสมบัติทางเคมี) โลหะผสมเช่นนี้จะมีชื่อเรียกว่า สารละลายของแข็ง (Solid Solution) เมื่อปล่อยให้เย็นลงโดยไม่มีการควบคุม การจัดเรียงตัวของอะตอมเป็นโครงสร้างจะไม่มี ความสม่ำเสมอ พันธะยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมจะไม่แข็งแรง ทำให้กำลังของเหล็กลดลงและอีกสมมุติฐานหนึ่งคือหลังจากเผาแล้วขนาดเกรนของเหล็กมีขนาดหยาบขึ้นจึงทำให้มีกำลังต่ำลง

#### 4.2.5. การสูญเสียกำลังรับแรงเฉือนของเหล็กปลอก

กำลังเฉือนของเหล็กปลอกที่ทำการทดลองแบบ Double Shear เพราะว่าเหล็กปลอกในคานานั้นสามารถรับแรงเฉือนได้ 2 ขาโดยกำลังเฉือนของเหล็กปลอกนั้นมีแนวโน้มที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารหลวงวันเวสสำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่นอญญาติหนาไปไซประโยชน์ดานการค้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิยิ่งสูงขึ้นกำลังยิ่งลดลง เช่นเดียวกับเหล็กเสริมหลักแต่ว่าเหล็กปลอกนั้นมีผลน้อยมาก โดยที่ อุณหภูมิ 927 องศาเซลเซียส จะมีค่ากำลังเฉือนเหลือประมาณ 97 % และที่อุณหภูมิ 1010 องศาเซลเซียส จะมีกำลังเฉือนประมาณ 94 % และที่ อุณหภูมิ 1093 องศาเซลเซียส จะมีแรงเฉือนประมาณ 92%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

### 5.1. สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาจากโครงการพิเศษนี้สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. กำลังอัดของคอนกรีตมีแนวโน้มว่าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 1093 องศาเซลเซียสกำลังอัดของคอนกรีตไม่เหลืออยู่เลยและที่อุณหภูมิ 1010 องศาเซลเซียส กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าไม่ถึง 30 %
2. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตมีแนวโน้มว่าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเพราะว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและเหล็กเสริมแปรผันตามกำลังอัดของคอนกรีต โดยที่อุณหภูมิ 927 องศาเซลเซียสยังมีแรงยึดเหนี่ยวเหลืออยู่บ้างแต่ไม่ถึง 40 % และที่อุณหภูมิ 1010 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 1093 องศาเซลเซียส ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวเหลืออยู่เลย
3. กำลังคัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีแนวโน้มว่าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเช่นกันเมื่อเทียบกับเหล็กเส้นกลม RB12 และ RB15 กำลังคัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสริมด้วย RB12 จะมีกำลังคัดเหลือมากกว่า RB15 และเมื่อเทียบกับเหล็กข้ออ้อย DB12 และ DB16 คานที่เสริมเหล็ก DB12 จะเหลือกำลังคัดมากกว่าที่เสริมเหล็ก DB16 จากการทดลองจึงอาจสรุปได้ว่าการเสริมเหล็กที่มีขนาดเล็กจะสามารถป้องกันการลดลงของกำลังคัดของคานคอนกรีต ไปได้และเมื่อเสริมเหล็กข้ออ้อยก็จะช่วยป้องกันด้วยเช่นกัน
4. กำลังดึงของเหล็กมีแนวโน้มว่าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเช่นกันแต่ที่อุณหภูมิ 927 องศาเซลเซียส ในเหล็กข้ออ้อยจะมีผลไม่มากค่า Yield Strength ลดลงไปประมาณ 5-10% เท่านั้นแต่ในเหล็กกลมกำลังได้ลดลงไปถึง 10-22 % และที่อุณหภูมิ 1093 องศาเซลเซียส ค่า Yield Strength ของเหล็กกลมและเหล็กข้ออ้อยลดลงไปเหลือประมาณ 60-70 % เท่านั้น
5. กำลังเฉือนของเหล็กปลอกจะมีค่าลดลงไม่มากนักแม้กระทั่งทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 1093 องศาเซลเซียส กำลังเฉือนก็ลดลงไปแค่ประมาณ 5-7% เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารหลวงวันเวสสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2. ข้อเสนอแนะ

1. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น ต้องใช้เวลาช่วงระยะเวลาเพื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ต้องการ หากเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจะทำให้ก้อนคอนกรีตตัวอย่างระเหิดและคอนกรีตตัวอย่างจะสะสมพลังงานความร้อนซึ่งสภาพแวดล้อมของการทดสอบจะแตกต่างจากการเกิดเพลิงไหม้จริงที่มีการเพิ่มของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และมีการถ่ายเทความร้อนไปยังด้านที่ไม่มีเพลิงไหม้ การทดสอบนี้ ก้อนตัวอย่างจะโดนความร้อนทุกด้านจึงทำให้ไม่มีการถ่ายเทความร้อน ดังนั้น ก้อนตัวอย่างจะถูกเพลิงไหม้ในลักษณะรุนแรงกว่าการเกิดเพลิงไหม้จริงการศึกษาโครงการพิเศษอื่นต้องปรับการทดสอบให้สอดคล้องกับการเกิดเพลิงไหม้จริงๆ
2. กำลังอัดของคอนกรีตควรเปลี่ยนค่ากำลังอัดเป็นหลายๆค่าเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง
3. ควรทิ้งระยะเวลาในการทดสอบไว้นานกว่านี้เพื่อที่จะรู้ว่าที่ระยะเวลานานกว่านี้จะทำให้ค่ากำลังเปลี่ยนไปหรือไม่ ซึ่งอาจจะนานเป็นปี
4. ในการทำการทดสอบของ โครงการงานพิเศษนี้คานคอนกรีตเสริมเหล็กไม่อยู่ในสถานะการรับน้ำหนักควรปรับให้ขณะทำการเผาไฟให้คานคอนกรีตเสริมเหล็กให้อยู่ภายใต้สถานะน้ำหนัก
5. ในความเป็นจริงแม้หลังเผาอาจทำให้เหล็กเส้นมีกำลังไม่มากก็ตามมันจึงดู ไม่มีผลกระทบมากนัก แต่ว่าเหล็กเส้นนั้นมีผลกระทบในตอนที่เหล็กกำลังร้อนอยู่จึงอาจจะวิบัติในตอนนั้นไปแล้วก็ได้
6. ขนาดคานที่ใช้ในโครงการงานพิเศษนี้เป็นขนาดที่ค่อนข้างเล็กซึ่งค่ากำลังอาจจะเปลี่ยนแปลงต่างกันไปเมื่อขนาดของคานเปลี่ยนไป จึงควรลองใช้ขนาดคานต่างๆ ซึ่งถ้าอัตราส่วน ขนาดของคานทดสอบ : ขนาดของคานจริง เป็น 1:1 ก็จะดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รายการอ้างอิง

- J.M. Illson 1994. Construction Materails. Chapman & Hall. Hong Kong, 518p
- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2540. คอนกรีตเทคโนโลยี บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้างจำกัด. กรุงเทพฯ ฯ
- สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2538. วิศวกรรมความปลอดภัยพื้นฐานของวิศวกร. กรุงเทพฯ ฯ
- ศิริพงษ์ อุทัยแก้ว และ อาวุธ เจริญวัฒนานนท์, 2533. การเปลี่ยนแปลงการรับกำลังของคอนกรีต  
หลังเผา : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ ฯ
- ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2535. เซรามิกส์. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ ฯ
- มานพ ดันตระบัญญัติ, พ.ศ.2536. วัสดุวิศวกรรม. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย – ญี่ปุ่น กรุงเทพฯ ฯ
- Ingberg, 1920

## บรรณานุกรม

- มานพ ตันตระบัญญัติ, 2536. วิศวกรรม : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น. กรุงเทพฯ
- สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร และ ปรีทรรณน์ พันธุ์บรรยงก์, 2538. โลหะวิทยาเชิงวิศวกรรม. กรุงเทพฯ
- คณีย์ ธนามี, เทอดพงษ์ สมภักดี และ สิริชัย มาลีพัตร, 2540. การศึกษากำลังของคอนกรีตเสริมเหล็กหลังถูกเพลิงไหม้ : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ชัชวาล เศรษฐบุตร, 2536. คอนกรีตเทคโนโลยี : บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด
- เมธ บัญญัติอุปลัตม์ และฉัตรชัย ชูพานิช, 2541. คู่มือการทดสอบ หิน ทราบ และ คอนกรีต : บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด
- อาจารย์ อำนวย พานิชกุลพงศ์, 2542. ปฏิบัติการทดสอบวัสดุไม้และเหล็ก : บริษัท เอส.เอส.บี.คส์ เฮ้าส์ จำกัด
- รศ.ดร.พิภพ สุนทรสมัย, วิศวกรรมกรรมการก่อสร้าง : ส.เอเชียเพรส จำกัด
- ชาญชัย จารุจินดา, 2540. ออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
- มนตรี พิรุณเกษตร, 2540. กลศาสตร์ของวัสดุ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ก.**

**รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการรับกำลังของ  
Reinforced Concrete**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.  
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบนี้มีการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทดสอบเพื่อทำการเผาก้อนตัวอย่าง และทดสอบหาค่ากำลังคอนกรีตและกำลังของเหล็กดั่งจะกล่าวต่อไปนี้

1. เตาเผา

คุณลักษณะทั่วไปของเตาเผาที่ใช้ในการทดสอบเป็นดังนี้

1. ขนาด 1 x 1 x 1.5 เมตร
2. ขนาดความจุ 1.5 ลูกบาศก์เมตร
3. ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง
4. เตาเผาก่อด้วยอิฐทนไฟ
5. อุณหภูมิสูงสุดที่เผาได้ 1250 องศาเซลเซียส

ส่วนประกอบของเตาเผามีดังนี้

1. ตัวเตาก่อด้วยอิฐทนไฟมีแท่นวางวัสดุวางบนรางเอน สามารถเลื่อนเข้าออกได้ระบายความร้อน ด้วยปล่องทางด้านบน
2. หัวแก๊สมี่ทั้ง 2 ข้าง ๆ ละ 5 หัวรวม 10 หัว มีวาล์วเปิด-ปิด แยกกัน
3. วาล์วควบคุมปริมาณแก๊ส ใช้ในการปรับปริมาณแก๊สที่จ่ายเข้าหัวแก๊ส
4. เกจวัดปริมาณแก๊ส ใช้ในการวัดปริมาณแก๊สในถัง
5. Temperature Indicator ใช้วัดอุณหภูมิในเตาเผาสามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 1600 องศาเซลเซียส แสดงผลเป็นตัวเลขดิจิทัล
6. วาล์วเชื่อมต่อถังแก๊สมี่ทั้งหมด 4 วาล์วสำหรับเชื่อมต่อกับถังแก๊สปกติจะเชื่อมต่อทีละ 2 ถัง
7. บ่อวางถังแก๊ส ใช้ใส่น้ำไว้ระบายความร้อนของถังแก๊ส หรือค้ำน้ำเพื่อไล่แก๊สในถัง

## 2. เครื่องทดสอบคุณสมบัติวัสดุ

### (UNIVERSAL TESTING MACHINE) ของ INSTRON MODEL 8505

การทดสอบคุณสมบัติทางกลของวัสดุอุตสาหกรรมในห้องปฏิบัติการ จะเป็นเครื่องทดสอบที่ได้มาตรฐานเครื่องทดสอบมีหลายชนิดแตกต่างกันออกไป บางชนิดมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ราคาแพง บางชนิดมีประสิทธิภาพต่ำ ราคาถูกขึ้นอยู่กับความต้องการของการทดสอบ รวมถึงขนาดรูปร่าง มีความเหมาะสมหรือไม่ ในปัจจุบันนี้เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสามารถแบ่งได้เป็นแบบอนาล็อก (Analog) และแบบดิจิทัล (Digital) แต่ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้เครื่องทดสอบประเภทดิจิทัลมีประสิทธิภาพในการทำงานมากกว่าแบบอนาล็อกมาก เพราะสามารถพัฒนาเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ได้ และถูกออกแบบให้ทดสอบได้หลาย ๆ การทดสอบในเครื่องเดียว

เครื่อง UTM ของ INSTRON MODEL 8505 มี LOAD CAPACITY สำหรับการทดสอบ STATIC สูงสุด 2000 kN และสำหรับการทดสอบ DYNAMIC สูงสุด 1000 kN โดยอาศัยการทำงานของระบบไฮดรอลิก (HYDRAULIC SYSTEM) และควบคุมการทำงานของเครื่องด้วยอิเล็กทรอนิกส์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เครื่อง UTM ของ INSTRON MODEL 8505 นับเป็นเครื่องที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพในการทดสอบวัสดุมากที่สุดในประเทศไทยขณะนี้

### วัตถุประสงค์การใช้งาน

เครื่องทดสอบคุณสมบัติวัสดุ (Universal Testing Machine) ของ INSTRON MODEL 8505 เป็นเครื่องทดสอบวัสดุที่มีความทันสมัยอาศัยการควบคุมการทำงานผ่านทางระบบอิเล็กทรอนิกส์ และระบบคอมพิวเตอร์ และถูกออกแบบให้สามารถทดสอบได้หลาย ๆ การทดสอบในเครื่องเดียว ซึ่งจะใช้เครื่อง UTM เข้ากับการทดสอบได้ 3 วิธีคือ

1. Static load test เป็นการทดสอบโดยให้แรงที่กระทำอย่างคงที่ เช่น การทดสอบความแข็งแรง (Hardness test) การทดสอบความเค้น (Stress test) เป็นต้น
2. Dynamic load test เป็นการทดสอบโดยให้แรงที่กระทำสามารถเคลื่อนที่ เช่น การทดสอบการกระแทก (Impact test) เป็นต้น
3. Cyclic load test เป็นการทดสอบโดยให้แรงที่กระทำ ๆ เป็นจังหวะ เช่น การทดสอบความล้า

(Fatigue test) เป็นต้น

เครื่องทดสอบคุณสมบัติวัสดุ (UTM) เป็นเครื่องมือที่มุ่งการทดสอบวัสดุแบบทำลาย ซึ่งถูกออกแบบมาให้สามารถทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุอุตสาหกรรม โดยสามารถทำการทดสอบถึงคุณสมบัติดังต่อไปนี้ได้

- ความแข็งแรงต่อการดึง (Tensile strength)
- ความแข็งแรงต่อการอัด (Compressive strength)
- ความแข็งแรงต่อการเฉือน (Shear strength)
- ความต้านทานการล้า (Fatigue resistance)
- ความต้านทานการแตกร้าว (Crack growth resistance)
- ลักษณะการโค้งงอ (Bend characteristic) ฯลฯ

นอกจากนี้ยังสามารถทดสอบวัสดุได้ทั้งประเภทโลหะและอโลหะ เช่น โลหะ พลาสติก และไม้แข็งเหล็ก, เซรามิก, คอนกรีต, ไม้, อีฐ หรือวัสดุจำพวกสิ่งทอก็ได้

### ส่วนประกอบหลักของเครื่อง UTM ของ INSTRON MODEL 8505

เครื่องมือทดสอบวัสดุ UTM เป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการทดสอบสูง และมีการทำงานของเครื่องที่สลับซับซ้อน ต้องอาศัยส่วนต่าง ๆ ของเครื่องเชื่อมต่อเข้าด้วยกันจึงจะสามารถทำงานได้ ซึ่งเราสามารถแบ่งส่วนประกอบหลักของเครื่องได้ 7 อย่างคือ

#### 1. HYDRAULIC PUMP

Hydraulic pump เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรกของเครื่อง UTM เพราะจะเป็นแหล่งจ่ายน้ำมันเข้าสู่ตัวเครื่อง UTM ให้สามารถทำงานได้ ซึ่งเครื่อง UTM (INSTRON MODEL 8505) ต้องอาศัยหลักการทำงานของระบบไฮดรอลิกเป็นแกนหลักในการทำงาน โดยจะจ่ายน้ำมันเข้าสู่ส่วนของ Actuator เพื่อให้เกิดความดันขึ้นที่ Actuator

## 2. LOAD FRAME

Load frame เป็นโครงสร้างหลักของเครื่อง UTM ซึ่งโครงสร้างนี้ต้องมีความแข็งแรงสูงเพื่อรองรับแรงปฏิกิริยาที่เกิดจากแรงการทดสอบ และ Load frame จะเป็นตัวโครงสร้างที่จะนำเอา Actuator และ Load cell มาติดตั้งเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ในส่วนของ Load frame จะประกอบไปด้วย

- ฐานรองรับ (Support base)
- แท่นวาง (Table)
- ครอสเฮด (Crosshead)
- เสาเหล็ก 4 ต้น (Four steel column)
- กระบอบลิฟต์ (Lift cylinder)
- เครื่องหนีบยึด (Clamp)

ส่วนประกอบดังกล่าวจะเข้าร่วมด้วยกันเป็น load frame โดยที่แท่นวาง (table) จะวางอยู่บนเสาเหล็กทั้ง 4 ต้น ซึ่งเป็นเสาทรงกระบอบในแนวตั้ง ครอสเฮด (crosshead) จะถูกยึดอยู่กับที่ในระหว่างการทดสอบวัสดุด้วยการใช้ตัวหนีบยึด (clamp) ทำการยึดครอสเฮดให้ติดอยู่กับเสาเหล็กทำให้เคลื่อนที่ไม่ได้ แต่ก็สามารถเคลื่อนที่ได้ในกรณีที่ต้องการปรับระยะตำแหน่งของชิ้นงานวัสดุที่ทดสอบ โดยการคลายการยึดตัวหนีบยึด

## 3. ACTUATOR

Actuator เป็นส่วนที่ทำหน้าที่คล้ายกระบอบสูบ โดยจะมีน้ำมันจาก hydraulic pump จ่ายเข้ามาใน actuator ซึ่งน้ำมันที่ถูกจ่ายเข้ามาจะเป็นตัวขับเคลื่อนให้ actuator เกิดระบบของการให้น้ำหนักที่จะกระทำต่อวัสดุทดสอบ และภายในของ actuator จะมีลูกสูบที่เลื่อนขึ้นลงได้เนื่องจากใช้น้ำมันเป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งลูกสูบจะต่อกับวัสดุทดสอบ และภายในของ actuator จะมีลูกสูบที่เลื่อนขึ้นลงได้เนื่องจากใช้น้ำมันเป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งลูกสูบจะเลื่อนขึ้นและลงได้เป็นระยะรวม 250 มิลลิเมตร ลูกสูบจะมีก้านสูบเชื่อมต่อกับ load cell อีกด้วย และ actuator จะสามารถทำให้เกิด load สูงสุด 2000 kN สำหรับการทดสอบแบบ STATIC ส่วนการทดสอบแบบ DYNAMIC สามารถทำให้เกิด load สูงสุด 1000 kN

#### 4. LOAD CELL

Load cell เป็นส่วนที่มีหน้าที่วัดค่าแรงที่เกิดจาก actuator แล้วไปกระทำต่อวัสดุซึ่งค่าแรงนี้ load cell จะทำการอ่านแล้วเปลี่ยนคุณสมบัติเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ แล้วส่งต่อไปยังเครื่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ load cell ของเครื่อง UTM (INSTRON MODEL 8505) จะสามารถวัดค่าแรงได้สูงสุด 2000 kN สำหรับการทดสอบแบบ STATIC และวัดค่าแรงได้สูงสุด 1000 kN สำหรับการทดสอบแบบ DYNAMIC แต่ทั้งนี้ค่าแรงสูงสุดที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับ actuator ด้วยว่าสามารถทำให้เกิดแรงได้สูงสุดเท่าไร load cell จะถูกติดตั้งเข้ากับก้านสูบของ actuator ซึ่งอยู่ใต้ครอสเฮด (crosshead)

#### 5. CONTROL SYSTEM

Control system เป็นส่วนที่มีความสำคัญมากจะทำหน้าที่ในการควบคุมแล้วป้อนข้อมูลให้เครื่อง UTM ทำงานได้ ซึ่งถ้าระบบควบคุมนี้ถือว่าเป็นสมองของเครื่อง UTM เลยทีเดียว การทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นจะขึ้นอยู่กับระบบควบคุมนี้หมด ระบบควบคุมเครื่อง UTM สามารถแบ่งออกเป็น 5 ด้าน คือ

##### 5.1 Mechanical control

การควบคุมด้านเครื่องจักรกลสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

##### 5.1.1. Control Hydraulic Pump

การควบคุมการทำงานของ hydraulic pump ให้จ่ายน้ำมันเข้ามาที่ actuator และ lift cylinder โดยสามารถกดปุ่มปิดเปิดเครื่องที่เป็นควบคุมไฮดรอลิกที่ติดอยู่ตรง load frame ได้เลย ไม่ต้องไปที่ hydraulic Pump

##### 5.1.2. Control Actuator

การควบคุมการทำงานของ actuator โดยทำการปรับลูกสูบที่อยู่ภายใน actuator ซึ่งมีก้านสูบต่ออยู่ให้ไปควบคุมตัวกดหรือดึงชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งตามที่ต้องการ

### 5.1.3. Control Crosshead

การควบคุมการทำงานของ crosshead ให้สามารถเลื่อนขึ้นลงตามการทำงานของ lift cylinder เพื่อที่จะปรับระยะตำแหน่งของชิ้นงานที่ทดสอบ และควบคุมการ Clamping ของ crosshead ด้วย

## 5.2. Electronics Control

การควบคุมด้านอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

### 5.2.1. Tower console

การทำงานของ tower console จะมีหน้าที่เหมือนกับ CPU ของคอมพิวเตอร์ทั่วไป ซึ่งส่วนประกอบทุกอย่างของเครื่อง UTM จะมีการเชื่อมต่อเข้ากับ Tower console เช่น load cell, actuator, hydraulic control lift & clamp เป็นต้น ทำให้การทำงานของส่วนประกอบของเครื่อง UTM ต้องได้รับข้อมูลหรือส่งข้อมูลผ่าน tower console เสียก่อนจึงจะทำงานได้

### 5.2.2. Front panel

การทำงานของ front panel จะทำหน้าที่คล้ายกับเป็นจอ monitor ที่แสดงผลข้อมูลที่เกิดจากการทดสอบ เป็นทั้ง keyboard ที่จะให้ผู้ใช้เครื่อง UTM ป้อนข้อมูลของการทดสอบลงไปซึ่งข้อมูลที่ป้อนลงไปจะต้องไปผ่าน tower console ก่อน แล้วจึงจะส่งไปยังส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่อง UTM เช่นเดียวกัน ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบก็ต้องผ่าน tower console ก่อนแล้วจึงจะแสดงผลออกสู่ front panel และ front panel จะถูกเชื่อมสัญญาณต่อเข้ากับ tower console ด้วยซึ่ง front panel จะอยู่ส่วนบนของ tower console สรุปแล้ว front panel เป็นทั้งเครื่องแสดงผลการทดสอบและควบคุมการทดสอบด้วย

## 5.3. Computer software control

การควบคุมการทำงานของเครื่องด้วย ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ซึ่งจะเป็นโปรแกรมที่

ใช้ในการควบคุมการทดสอบวัสดุซึ่งจะทำงานบน Microsoft Windows ซึ่งตัวของโปรแกรมเองก็ ต้องมีการเชื่อมต่อเข้ากับ tower console เช่นกัน ทำให้การส่งผ่านข้อมูลของโปรแกรมต้องมี tower console เป็นตัวกลาง เช่นเดียวกับ front panel แต่ตัวโปรแกรมนี้จะดีกว่า front panel ตรงที่มีความสะดวกในการใช้งานและข้อมูลที่ได้จากผลการทดสอบจะสามารถนำมาเขียนกราฟได้ และ print ออกมาเลขก็ได้ ในขณะที่ front panel ไม่สามารถทำได้

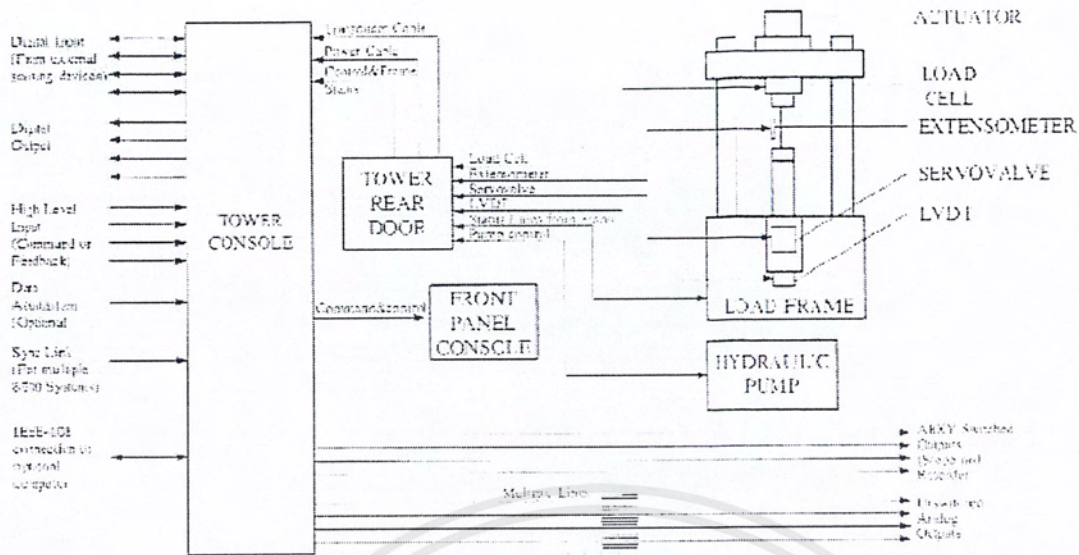
## 6. GRIPS

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการยึดจับชิ้นงานวัสดุที่จะทำการทดสอบแบบการดึง (tension) แต่กรณีที่ต้องการทดสอบการอัด (compression) ก็ไม่จำเป็นต้องเอา grip ออก เพียงแต่นำอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดสอบชิ้นงานมาติดตั้งเข้ากับ grip ก็จะสามารถทำการทดสอบการอัดได้ และตัว grip จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ติดกับ load cell และที่ติดกับ table

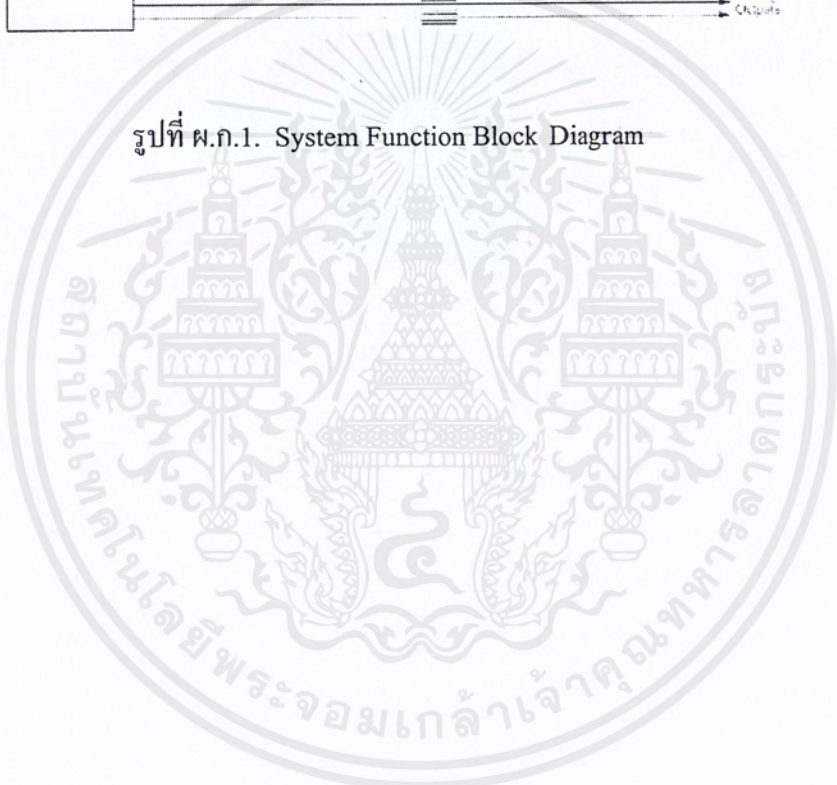
## 7. OTHER EQUIPMENT

เครื่องทดสอบ UTM (INSTRON MODEL 8505) ยังมีอุปกรณ์อย่างอื่นที่จะทำให้ระบบการทดสอบวัสดุเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะนำมาประกอบเข้ากับเครื่อง UTM แล้วต้องให้ถูกต้องกับลักษณะของงานที่จะทดสอบด้วย อุปกรณ์ดังกล่าวมีดังนี้

- Extensometer เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชิ้นงานที่ทำการทดสอบซึ่งสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงในแกนเดียวหรือมากกว่าหนึ่งแกนก็ได้ และจะใช้เป็นตัวควบคุมการทดสอบภายใต้การควบคุม strain
- Compression platens เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบเข้ากับ grips ตัวบน ซึ่งเราจะใช้เป็นตัวกดวัสดุชิ้นงานในกรณีที่มีการทดสอบการกดอัด (compressive test) ซึ่งตัวของ compression platen จะมีค่าน้ำหนักกดได้สูงสุด 2000 kN ซึ่งจะสัมพันธ์กับ load ที่มาจาก actuator ด้วย
- Three point bending เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบเข้ากับ grips ตัวล่างซึ่งเราจะใช้เป็นตัวจากรองรับชิ้นงานที่มี span ยาวและทดสอบการรับแรงดัด (Bending test) ซึ่งตัว Three point bending นี้จะมีความยาวของ span จำกัด อยู่ที่ระยะ 60 เซนติเมตร เท่านั้น



รูปที่ ผ.ก.1. System Function Block Diagram



ภาคผนวก ข.

รายละเอียดของวิธีการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบในครั้งนี้จะใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัยเฉลี่ย ( $f'_c$ ) ของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 250 โดยให้โอกาสที่ก้อนตัวอย่างก้อนต่ำกว่าที่ออกแบบไว้ได้ไม่เกิน 5% ( $k = 1.645$ ) และค่า  $S = 30$  กก./ตร.ซม. ปูนซีเมนต์ที่เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะ 3.15 มวลรวมหยาบขนาดโตสุด 20 มม. มีความถ่วงจำเพาะ 2.70 ค่าการดูดซึมน้ำ 0.5% และมีหน่วยน้ำหนัก (แห้งและอัดแน่น) เป็น 1600 กก./ลบ.เมตร มวลรวมละเอียดมีความถ่วงจำเพาะ 2.60 ค่าการดูดซึมน้ำ 0.7% และมีโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 2.80

วิธีทำ ทำตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. กำลังที่ต้องผลิต  $= f'_c + ks$   
 $= 250 + (1.645 \times 30) = 300$
2. จากการปฏิบัติงานโดยทั่วไปเห็นว่าควรใช้ค่าความยุบตัว 8-10 ซม.
3. ข้อกำหนดให้ใช้ขนาดโตสุดของวัสดุผสมหยาบเป็น 20 มม.
4. เมื่อขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบเป็น 20 มม. ค่าความยุบตัว 8-10 ซม. ไม่ต้องใช้สารกักกระจายฟองอากาศจะได้ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ = 200 ลิตร/ลบ.เมตร ของคอนกรีต
5. สำหรับคอนกรีตที่ต้องการกำลัง 300 กก./ตร.ซม. จะได้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่ต้องใช้ = 0.55
6. ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการ  $= \frac{200}{0.55} = 364$  กก.
7. หาปริมาณของวัสดุผสมหยาบ เมื่อค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 2.80 และขนาดโตสุดของวัสดุผสมหยาบเป็น 20 มม. จะได้ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่น = 0.62 ลบ.เมตร/ลบ.เมตร ของคอนกรีต  
 หน่วยน้ำหนักของหิน = 1600 กก./ลบ.เมตร  
 ดังนั้นน้ำหนักของวัสดุผสมหยาบที่ใช้  $= 0.62 \times 1600 = 992$  กก./ลบ.เมตร ของคอนกรีต
8. หาปริมาณของวัสดุผสมละเอียด  
 ปริมาตรเนื้อแท้ของส่วนผสม :

$$\text{ปริมาตรของน้ำ} = \frac{200}{1000} = 0.200 \text{ ม.}^3$$

$$\text{ปริมาตรของซีเมนต์} = \frac{364}{3.15 \times 1000} = 0.116 \text{ ม.}^3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบ} = \frac{992}{2.70 \times 1000} = 0.367 \text{ ม.}^3$$

$$\text{ปริมาตรฟองอากาศ} = 0.02 \times 1.0 = 0.020 \text{ ม.}^3$$

$$\text{ดังนั้นปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นทราย} = 0.703 \text{ ม.}^3$$

$$\text{ปริมาตรของทรายที่ต้องใช้} = 1 - 0.703 = 0.297 \text{ ม.}^3$$

$$\text{น้ำหนักของทรายแห้ง} = 0.297 \times 2.60 \times 1000 = 772 \text{ กก.}$$

ฉะนั้น คอนกรีต 1 ลบ.เมตร ต้องใช้

ซีเมนต์ 364 กก.

น้ำ 200 กก.

วัสดุผสมหยาบ 992 กก.

วัสดุผสมละเอียด 772 กก.

รวมน้ำหนักทั้งหมด 2328 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ก.**

**รายละเอียดของวิธีการทำการทดสอบคุณสมบัติของ  
คอนกรีต**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

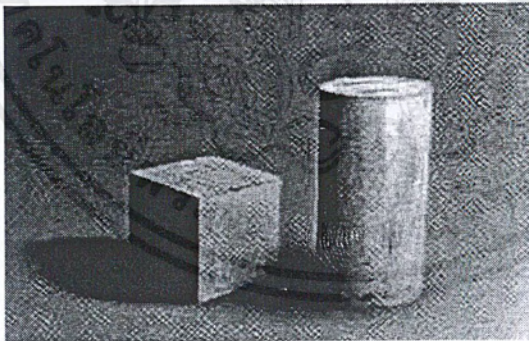
ในส่วนนี้จะแสดงถึงรายละเอียดของวิธีทำการทดสอบแบบต่าง ๆ เพื่อหาค่าคุณสมบัติการรับกำลังของคอนกรีต แบ่งการทดสอบออกเป็น

1. การทดสอบการรับกำลังของคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก
2. การทดสอบการรับกำลังของเหล็กเสริมคอนกรีต
3. การทดสอบการรับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต
4. การทดสอบการรับแรงเฉือนของเหล็กปลอกรับแรงเฉือน
5. การทดสอบการรับกำลังค้ำของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

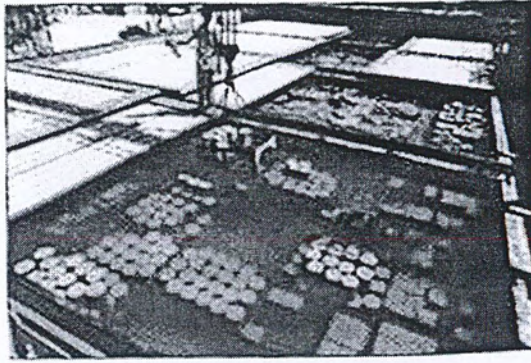
### 1. การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ซึ่งการทดสอบทำโดยหล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีตมาตรฐานที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายมี 2 รูปทรงคือ

- รูปทรงลูกบาศก์ ตามมาตรฐานอังกฤษ BS 1881 : PART 3 ขนาดที่ใช้คือ 15 × 15 × 15 ซม.
- รูปทรงกระบอก ตามมาตรฐานอเมริกา ASTM C192 ขนาดที่ใช้ คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.

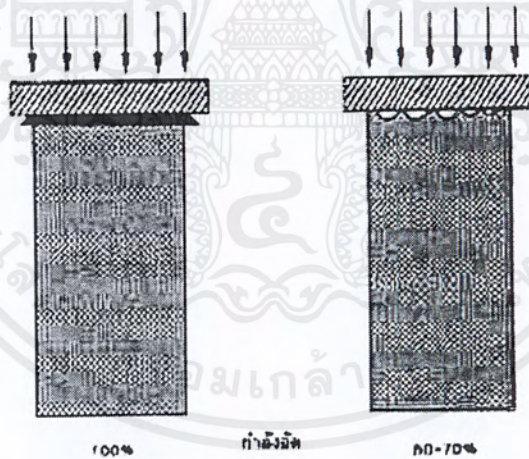


รูปที่ ผ.ค.1. ก้อนตัวอย่างคอนกรีตทั้ง 2 ชนิด



รูปที่ ผ.ค.2. การบ่มก้อนตัวอย่างคอนกรีต

ในทางปฏิบัติผิวด้านบนของก้อนตัวอย่างรูปทรงระบอบมักจะไม่เรียบ ทำให้ผลการทดสอบผิดพลาดได้ ดังนั้นก่อนการทดสอบจะต้องทำการ CAP ก้อนตัวอย่างทั้ง 2 ด้านด้วยกำมะถันเสียก่อน ส่วนก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์นั้นไม่ต้อง CAP ก้อนตัวอย่างเพราะมีผิวด้านข้างอีก 4 ด้านเรียบทำการทดสอบได้



รูปที่ ผ.ค.3. ก้อนตัวอย่างรูปทรงระบอบที่ CAP หัว และไม่ CAP หัว

ปัจจัยอื่นในด้านการทดสอบที่ส่งผลกระทบต่อกำลังอัดของคอนกรีต

1. วิธีทำก้อนตัวอย่าง คอนกรีตที่ได้รับการทำให้แน่น โดยการกระทุ้งด้วยเหล็ก จะให้ค่ากำลังอัดต่ำกว่าจากการทำให้แน่นด้วยเครื่องเขย่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขนาดและลักษณะของก้อนทดสอบ การใช้แท่งทดสอบที่ขนาดต่างจากมาตรฐานที่กำหนดให้จะมีผลให้ค่ากำลังอัดแตกต่างกัน
3. อัตราการกด ถ้าใช้อัตราการกดสูงทำให้กำลังอัดของคอนกรีตสูงตามไปด้วยดังนั้นจึงควรใช้อัตราการกดตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 1.43 – 3.47 กก./ตร.ซม./วินาที สำหรับก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก และ 1.12 – 2.72 กก./ตร.ซม./วินาที สำหรับก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์
4. ความชื้นของก้อนตัวอย่าง ก้อนตัวอย่างที่มีความชื้นจะให้กำลังอัดที่ต่ำกว่าก้อนตัวอย่างที่แห้ง เพราะการขยายตัวของซีเมนต์เพสต์ คั้นเนื่องมาจากการดูดซึมน้ำจะส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์เพสต์กับมวลรวมลดลง โดยมาตรฐาน ASTM C39 แนะนำให้ทำการทดสอบก้อนตัวอย่างในสภาพชื้นทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความผันแปรอันเนื่องมาจากระดับของความแห้ง

### การประเมินผลกำลังอัดของคอนกรีต

เมื่อทดสอบกำลังอัดแล้วต้องดำเนินการประเมินผลโดยทำตามมาตรฐาน ACI 318R Chapter E Concrete Quality, Mixing, and Placing หรือตามมาตรฐาน วสท. ภาค 3 เกณฑ์กำหนดในการก่อสร้างซึ่งมีวิธีการประเมินดังนี้

#### ค่ากำลังอัดที่ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

1. ค่าเฉลี่ยของกำลังอัดจากการทดสอบ 3 ครั้งติดต่อกัน มากกว่าค่ากำลังอัดที่กำหนด ( $f_c$ )
2. ค่ากำลังอัดแต่ละครั้งต่ำกว่าค่ากำลังอัด ( $f_c$ ) ที่ต้องการได้ไม่เกิน 30 กก./ตร.ซม.

### การทำก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก

มาตรฐานที่ใช้

ASTM C 192

Standard Method of Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory

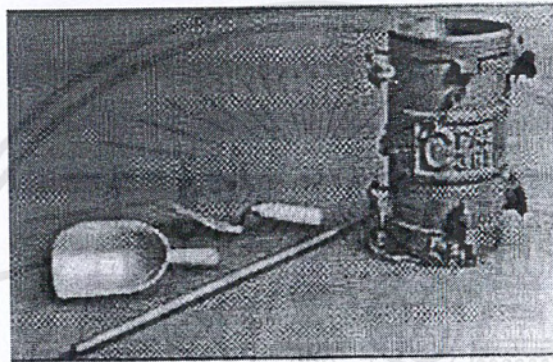
### อุปกรณ์

1. แบบหล่อก้อนตัวอย่างทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.
2. เหล็กดำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ปลายกลมมน
3. ช้อนตัก เกรียงเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีทำก้อนตัวอย่าง

1. ทำความสะอาดแบบหล่อตัวอย่าง แล้วทาน้ำมันที่ผิวภายในทุกด้าน
2. ตักคอนกรีตใส่แบบ โดยแบ่งเป็น 3 ชั้น เท่ากัน ๆ แต่ละชั้น ต่ำด้วยเหล็กด้า 25 ครั้ง
3. เมื่อต่ำชั้นสุดท้ายเสร็จ ปาดผิวหน้าให้เรียบ



รูปที่ ผ.ก.4. อุปกรณ์ทำก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก

## การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

มาตรฐานที่ใช้สำหรับตัวอย่างทรงกระบอก

ASTM C 39

Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

## อุปกรณ์

1. เครื่องทำการทดสอบกำลังอัด (UTM)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. ตลับเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเตรียมตัวอย่าง

1. รักษาความชื้นของตัวอย่างทดสอบอยู่ตลอดเวลา หลังจากนำขึ้นจากบ่อ บ่มจนกระทั่งทำการทดสอบทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างเหล่านี้ ต้องทำการทดสอบในขณะที่อยู่ในสภาพชื้น
2. ตรวจสอบตัวอย่างทดสอบ สังเกตดูว่ามีตัวอย่างทดสอบใดที่มีขนาดแตกต่างจากมาตรฐานมากอย่างเห็นได้ชัด ถ้าพบให้ตัดตัวอย่างทดสอบนั้นทิ้งไป

## วิธีทำการทดสอบ

1. วัดและบันทึกค่าความสูง และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของก้อนตัวอย่างทดสอบโดยวัด 2 แนวที่ตั้งฉากกัน ให้วัดให้ละเอียดถึงระดับ มม.
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบ และบันทึกค่าการฉีก่อนตัวอย่างทรงกระบอกให้ทำการ Capping ตัวอย่างทดสอบด้วยกัมมะถันเพื่อให้มั่นใจว่า ผิวหน้าตัดตัวอย่างทดสอบตั้งฉากกับแกนของตัวอย่างทดสอบ
3. นำก้อนตัวอย่างวางบนกึ่งกลางของแท่นทดสอบ โดยให้แกนอยู่ในแนวศูนย์กลางของแท่นทดสอบ
4. เปิดเครื่องทดสอบ โดยในการทดสอบนี้จะต้องควบคุมน้ำหนักที่กดให้มีอัตราสม่ำเสมอ ประมาณ 1.43 – 3.47 กก./ตร.ซม./วินาที
5. กดก้อนตัวอย่างจนพัง บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้ นำค่าน้ำหนักและพื้นที่หน้าตัดที่ได้มาหาค่ากำลังอัดเฉลี่ย

$$\text{กำลังอัดเฉลี่ย} = \frac{\text{น้ำหนักกดเฉลี่ย}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของก้อนตัวอย่าง}} \quad (\text{ผ.ก.1.})$$

## หน่วยที่ใช้ในการทดสอบทั่วไปคือ

1. กก./ตร.ซม. (ksc)
2. นิวตัน/ตร.มม. (N/mm<sup>2</sup>)

## 2. การทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเส้น

แบ่งออกเป็น การทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเส้นกลม และเหล็กข้ออ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1. การทดสอบหาค่าดึงของเหล็กเส้นกลม (Round Bars)

### อุปกรณ์ที่ใช้

1. Universal Testing Machine พร้อมชุดทดสอบแรงดึง
2. Extensometer (เครื่องวัดการยืดตัว)
3. Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 0.05$  มม. และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มม.
4. ตลับเมตร ที่มีความยาวเพียงพอที่จะวัดความยาวโดยตลอดของเหล็ก
5. ตาชั่งแบบ Triple Beam Balance ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม
6. เลื่อยตัดเหล็ก
7. ตะไบ

### ทฤษฎี

มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต (Standard for Steel Bars for Reinforced concrete) สำหรับเหล็กเส้นกลม (Round Bars) มีดังต่อไปนี้

### ข้อบ่งชี้

1. เป็นเหล็กเส้นที่มีผิวเรียบ ไม่มีรอยปริแตกหรือรอยร้าว
2. มีลักษณะหน้าตัดกลม พื้นที่ลาดตัดขวางสม่ำเสมอตลอด
3. สามารถนำไปใช้เสริมคอนกรีตได้

## คุณสมบัติทางกล

ตารางที่ ผ.ค.1. แสดงคุณสมบัติทางกลที่น้อยที่สุดที่ยอมให้ของเหล็กเสริม

เหล็กเส้นกลม	แรงเค้นที่จุดคราก ไม่น้อยกว่า กก./ซม. <sup>2</sup>	แรงเค้นดึงสูงสุด ไม่น้อยกว่า กก./ซม. <sup>2</sup>	ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางกลางไม่น้อยกว่า	การทดสอบด้วยการดัดเย็น	
				มุมการดัด	เส้นผ่าศูนย์กลางกลางวงดัด
SR 24	2400	3900	21 %	180°	1.5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางกลาง

หมายเหตุ	แรงเค้นที่จุดคราก	=	Yield Stress
Stress	ความเค้นดึงสูงสุด	=	Maximum Tensile
	ความยืด	=	Elongation
	การทดสอบด้วยการดัดเย็น	=	Cold Bend Test
	มุมการดัด	=	Bending Angle
	เส้นผ่าศูนย์กลางวงดัด	=	Diameter of Bends
	ช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง	=	Gauge Length

ชั้นคุณภาพ เหล็กเส้นกลมที่กำหนดในมาตรฐาน มีชั้นคุณภาพ SR 24 ซึ่งมีเพียงชั้นคุณภาพเดียว

ในกรณีที่เหล็กเส้นกลมที่ใช้มีภาคตัดขวางเป็นรูปวงรี ซึ่งทำให้วัดหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่แน่นอนไม่ได้ สามารถคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ เมื่อทราบน้ำหนักของเหล็กเส้น ดังสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$D = \sqrt{\frac{w}{0.6165}} \quad (\text{ผ.ค.2.})$$

เมื่อ  $w$  คือ น้ำหนัก กิโลกรัม ต่อ เมตร  
 $D$  คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง หน่วย ซม.

### การเตรียมตัวอย่าง

1. ตัดวัสดุทดสอบอย่างน้อย 3 ตัวอย่างแต่ละชิ้นต้องยาว 1.00–1.50 เมตร ซึ่งทั้ง 3 ตัวอย่าง ควรจะเตรียมจากเหล็กเส้น เส้นละตัวอย่าง
2. ความยาวชิ้นทดสอบ และระยะระหว่างหัวจะต้องเป็นไปตามตาราง
3. ตัดวัสดุทดสอบให้ยาวไม่น้อยกว่า 5.5 D โดย D คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเส้น
4. สภาพของวัสดุทดสอบต้องคงรูปเดิมของเหล็กเส้นสำเร็จรูป ต้องไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนมาก่อน การตัดจากสภาพโค้งให้ตรง ต้องทำโดยการตัดเย็น หากบิดโค้งมากไปให้ตัดทิ้ง
5. การทดสอบแต่ละชุดจะต้องทำการทดสอบไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง
6. เหล็กเส้นกลมตั้งแต่ RB 15 ลงมาให้ทดสอบโดยไม่ต้องกลึงขึ้นทดสอบให้เล็กลง เหล็กเส้นกลมตั้งแต่ RB 19 ขึ้นไปอาจกลึงลดขนาดลงให้พอเหมาะที่จะใช้กับเครื่องทดสอบแรงดึงก็ได้ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 15 มม.

### 2.2. การทดสอบหาค่าดึงของเหล็กข้ออ้อย (Deform Bars)

#### อุปกรณ์ที่ใช้

1. Universal Testing Machine พร้อมชุดทดสอบแรงดึง
2. Extensometer (เครื่องวัดการยืดตัว)
3. Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 0.05$  มม. และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มม.
4. ตลับเมตร ที่มีความยาวเพียงพอที่จะวัดความยาวโดยตลอดของเหล็ก
5. ตาชั่งแบบ Triple Beam Balace ซึ่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม
6. เลื่อยตัดเหล็ก
7. ตะไบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ทฤษฎี

เหล็กข้ออ้อย หมายถึง เหล็กเส้นกลมที่มีบั้ง (Transverse Ribs) และอาจมีกิริบ (Longitudinal Ribs) ที่ผิว เพื่อเสริมสร้างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กและเนื้อคอนกรีต

เหล็กข้ออ้อยที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมี 3 ชั้นคุณภาพ และมีสัญลักษณ์ ดังนี้คือ SD 30, SD 40, SD 50

มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต (Standard for Steel Bars for reinforced concrete) สำหรับเหล็กเส้นข้ออ้อย (Deformed Bars) มีดังต่อไปนี้

### ข้อบ่งชี้

1. เหล็กข้ออ้อยต้องมีผิวทั้งหมดเรียบเกลี้ยง และต้องไม่มีรอยปริแตกร้าว
2. เหล็กข้ออ้อยต้องมีบั้งเป็นระยะ ๆ เท่า ๆ กันตลอดทั้งเส้น โดยบั้งต้องทำมุมกับแกนของเหล็กเส้นไม่น้อยกว่า 45 องศา มุมที่ทำตั้งแต่ 45 ถึง 70 องศา บั้งจะวางสวนทางกันบนแต่ละข้างของเหล็กเส้น หรือบั้งทั้งหมดของด้านหนึ่งสวนทางกับบั้งทั้งหมดของด้านตรงข้าม

### คุณสมบัติทางกล

ตารางที่ ผ.ค.2. แสดงคุณสมบัติทางกลที่น้อยที่สุดที่ยอมให้ของเหล็กเสริมแต่ละชั้น

เหล็กเส้นกลม	แรงเค้นที่จุดครากไม่น้อยกว่า กก./ซม. <sup>2</sup>	แรงเค้นดึงสูงสุดไม่น้อยกว่า กก./ซม. <sup>2</sup>	ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า	การทดสอบด้วยการดัดเย็น	
				มุมการดัด	เส้นผ่าศูนย์กลางวงดัด
SD 30	3000	4900	17 %	180°	4 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง
SD 40	4000	5700	15 %	180°	4 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง
SD 50	5000	6300	13 %	180°	4 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ	แรงเค้นที่จุดคราก	=	Yield Stress
	ความเค้นดึงสูงสุด	=	Maximum Tensile Stress
	ความยืด	=	Elongation
	การทดสอบด้วยการดัดเย็น	=	Cold Bend Test
	มุมการดัด	=	Bending Angle
	เส้นผ่าศูนย์กลางวงดัด	=	Diameter of Bends
	ช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง	=	Gauge Length

ชั้นคุณภาพ เหล็กข้ออ้อยที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมี 3 ชั้น  
คุณภาพ คือ SD 30, SD 40, SD 50

พื้นที่ภาคตัดที่ระบุคำนวณได้จากสูตร

$$A = \frac{100W}{0.785L} \quad (\text{ผ.ก.3.})$$

เมื่อ A = พื้นที่ภาคตัดขวางระบุเป็นตารางมิลลิเมตร  
W = มวลระบุเป็นกิโลกรัม  
L = ความยาวเป็นเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางระบุ คำนวณได้จากสูตร

$$D^2 = \frac{162W}{L} \quad (\text{ผ.ก.4.})$$

เมื่อ D = เส้นผ่าศูนย์กลางระบุเป็นมิลลิเมตร  
W = มวลระบุเป็นกิโลกรัม  
L = ความยาวเป็นเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นรอบวงระนาบ คำนวณได้จากสูตร

$$C = 3.142D$$

(ผ.ก.5.)

เมื่อ C = เส้นรอบวงระนาบเป็นมิลลิเมตร  
D = เส้นผ่าศูนย์กลางเป็นมิลลิเมตร

### 3. การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม (Bond Strength)

#### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กำลังในการยึดเหนี่ยว (Bond Strength) เกิดจากการยึดติด (Adhesion) และแรงเสียดทาน (Friction) ของเหล็กเสริมกับซีเมนต์เพสต์ที่แข็งตัวแล้ว แต่มีความยากในการวัดค่าที่แท้จริง ทั้งนี้เพราะมีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้อง เช่น ขณะที่คอนกรีตได้รับการบ่ม และแข็งตัว จะเกิดการหดตัว ทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเหล็กเสริมและคอนกรีตลดลง ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวลดลง ถ้าคอนกรีตมีการแตกร้าวหรือน้ำซึมผ่านได้ง่ายจะทำให้เกิดการกัดกร่อนของเหล็กเสริมภายใน ซึ่งจะส่งผลต่อแรงยึดเหนี่ยวเช่นกัน นอกจากนี้คุณสมบัติของเนื้อคอนกรีตเองแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย คือ ขนาดของเหล็กเสริม ชนิดของเหล็กเสริม ตำแหน่งของเหล็กเสริมในคอนกรีต (ทำหน้าที่รับแรงดึง แรงอัด หรือ แรงดัด) การกระจายบริเวณเหล็กเสริม ช่องว่างอากาศใต้เหล็กเสริมที่เกิดจากการเขี่ย คอนกรีตต้องอยู่ในสภาวะเปียกและแห้งสลับกันหรือไม่ และคอนกรีตต้องอยู่ในสภาพอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงที่จุดยึดหรือเชื่อมหรือไม่

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงยังไม่มีวิธีการวัดกำลังในการยึดเหนี่ยว (Bond Strength) ที่เป็นมาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามการทดสอบด้วยการดึง (Pull – Out Test, ASTM C 234) ถือเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับค่านิยมในการเปรียบเทียบค่ากำลังในการยึดเหนี่ยวของคอนกรีตซึ่งทำได้โดยการหล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 ซม. แล้วฝังเหล็กเสริมไว้ ต่อจากนั้นทำการดึงเหล็กเสริมออก ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงเพื่อหาแรงยึดเหนี่ยวสูงสุดของคอนกรีต กับเหล็กเสริม โดยกำลังในการยึดเหนี่ยวสูงสุด (Maximum Bond Strength) สามารถหาได้จากแรงดึงสูงสุดหารด้วยพื้นที่ของเหล็กเสริมที่สัมผัสกับคอนกรีต

ในทางปฏิบัตินั้นถือว่ากำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีต (Bond Strength) มีความสัมพันธ์กับกำลังอัดของคอนกรีต คือ เมื่อกำลังอัดของคอนกรีตเพื่อขึ้นกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตจะเพิ่มตาม และกำลังยึดเหนี่ยวของเหล็กข้ออ้อยจะมากกว่าเหล็กกลม และพบว่ากำลังในการยึดเหนี่ยวลดลงอย่างมากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่ไม่เท่ากันของเหล็ก และคอนกรีต

### การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม

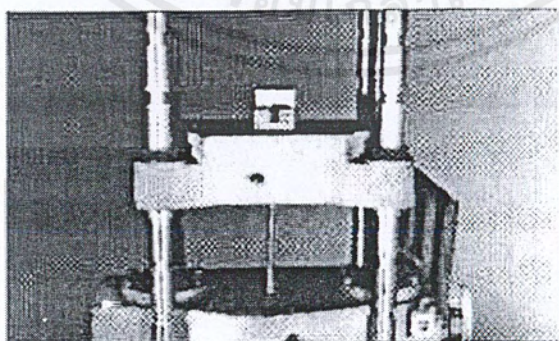
#### มาตรฐานที่ใช้

ASTM C 234

Standard Test Method for Comparing Concrete onth basis of the Bond Developed with Reinforcing Steel

#### อุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องทดสอบกำลังดึง
2. อุปกรณ์ทดสอบแรงยึดเหนี่ยว
3. Dial Micrometer
4. Micrometer
5. ไม้บรรทัดเหล็ก



รูปที่ ผ.ค.5 อุปกรณ์ทดสอบแรงยึดเหนี่ยวและเครื่องทดสอบแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีทดสอบ

1. หล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 ซม. แล้วฝังเหล็กข้ออ้อยหรือเหล็กกลมที่ต้องการทดสอบลงไป เมื่อก้อนตัวอย่างแข็งตัวแล้ว 24 ชม. จึงถอดแบบและบ่มภายในห้องบ่ม เพื่อรอการทดสอบที่ 28 วันต่อไป
2. วัดเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริมโดย Micrometer และระยะที่ฝังเหล็กลงในคอนกรีตด้วยไม้บรรทัดเหล็ก
3. ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบแรงยึดเหนี่ยวเข้ากับก้อนตัวอย่าง
4. ติดตั้งก้อนตัวอย่างเข้ากับหัวจับเครื่องทดสอบกำลังดึง และ Dial Micrometer เพื่อวัดระยะเลื่อนของเหล็กเสริม
5. เปิดเครื่องเพื่อดึงเหล็กเสริม โดยการควบคุมแรงดึงไม่ให้เกิน 5.78 กก./ตร.ซม./วินาที
6. บันทึกแรงดึงและระยะเลื่อนของเหล็กเสริมทุก 0.02 มม.
7. ทำการทดสอบจนกว่าแรงที่ใช้ดึงเหล็กเสริมถึงจุดสูงสุด หรือเมื่อคอนกรีตเริ่มชำรุดแยกออกจากกัน หรือเมื่อระยะเลื่อนมีค่ามากกว่า 2.5 มม.
8. เขียนกราฟระหว่างแรงยึดเหนี่ยวกับระยะเลื่อนในโกล และคำนวณหาค่ากำลังยึดเหนี่ยวสูงสุด (Maximum Bond Stress)

กำลังยึดเหนี่ยวสูงสุด = แรงดึงสูงสุด / พื้นที่เหล็กเสริมสัมผัสคอนกรีต

9. ทำการทดสอบเปรียบเทียบผลระหว่างเหล็กข้ออ้อยกับเหล็กกลม

## 4. การทดสอบรับแรงเฉือนของเหล็ก

## วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของเหล็กเส้นกลมในแรงเฉือนระนาบเดียวและแรงเฉือนสองระนาบ

## วัสดุที่ใช้ทดลอง

1. เหล็กเส้นกลมผิวเรียบที่มีขนาดและเกรดต่างๆกัน

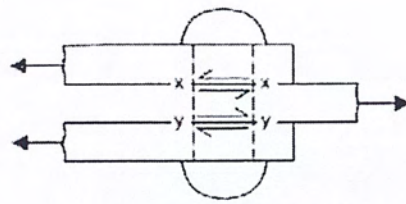
## อุปกรณ์ที่ใช้

1. shear tool with dies for different sizes of pedimens
2. Venier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 0.05$  มม.และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มม.
3. ตลับเมตร ที่มีความยาวเพียงพอที่จะวัดความยาว โดยตลอดของเหล็ก
4. เลื่อยตัดเหล็ก

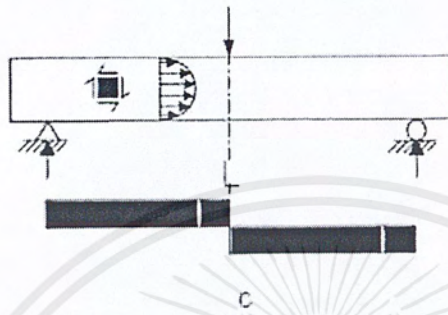
## ทฤษฎี

Shearing Stress เป็นพฤติกรรมของแรงอย่างหนึ่งซึ่งกระทำขนานกับหน้าตัดของวัสดุ ซึ่งแตกต่างไปจากแรงดึงและแรงอัดซึ่งกระทำตั้งฉากกับระนาบของวัสดุ หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปสามารถแยกได้ดังนี้

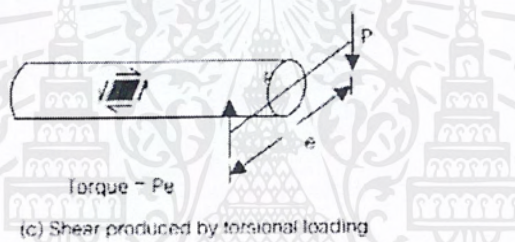
1. แรงเฉือนซึ่งเกิดจากการกระทำของแรงในแนวขนานกับหน้าตัด แต่มีทิศทางตรงกันข้าม โดยถือว่าแรงกระทำผ่านจุดศูนย์กลางของหน้าตัด หน่วยแรงเฉือนที่เกิดในหมุดย้ำและสลักเกลียว ดังแสดงในรูป ผ.ศ.6. a
2. หน่วยแรงเฉือนที่เกิดจากแรงที่กระทำตั้งฉากกับแกนสะเทินของ โครงสร้าง และจะมีหน่วยแรงเฉือนมากที่สุดที่แกนสะเทิน และมีค่าเป็น 0 ที่ขอบผิวบนและล่างของหน้าตัด โครงสร้าง ดังแสดงในรูป ผ.ศ.6. b
3. หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นโดยที่แรงไม่ได้กระทำที่แกนสะเทินและจุดศูนย์กลางของหน้าตัด แต่กระทำเป็นแรงคู่ควบรอบหน้าตัดของโครงสร้างนั้น ซึ่งหน่วยแรงเฉือนชนิดนี้เป็นผลเนื่องจากแรงบิดที่กระทำต่อหน้าตัดของ โครงสร้างนั่นเอง ดังแสดงในรูป ผ.ศ.6. c



(a) Direct (double) shear in a rivet



(b) Shear in a homogeneous beam of rectangular section



(c) Shear produced by torsional loading

รูป ผ.ค.6. แสดงรูปแบบของหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้น

### การเตรียมตัวอย่าง

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบรวมทั้งความยาวถือตามระบุไว้ในตาราง

ตารางที่ ผ.ค.3. แสดงความยาวของชิ้นตัวอย่างการทดสอบ

เส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวน สำหรับทดสอบ (ม.ม.)	ความยาวของชิ้นทดสอบ (ม.ม.)
30	135
20	135
15	135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการทดลอง

1. วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่างอย่างน้อย 2 จุด นำมาคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย
2. ประกอบชุดทดสอบแรงเฉือนเข้ากับแท่นวัด
3. ใส่แหวนทดสอบเลือกขนาดที่เหมาะสมกับตัวอย่าง
4. นำตัวอย่างใส่ในแหวนแล้วเพิ่มแรงอย่างต่อเนื่องจนตัวอย่างขาด ในระหว่างการทดสอบให้บันทึกด้วยว่ามีจุดคลาจหรือไม่
5. บันทึกค่าแรงสูงสุดพร้อมทั้งเขียนภาพตัวอย่างหลังการทดสอบ
6. ทำการทดสอบตัวอย่างขึ้นไป โดยทำการทดสอบทั้งแรงเฉือนระนาบเดียวและสองระนาบ โดยในการทดสอบแรงเฉือนแบบระนาบเดียว ตัวอย่างทดสอบจะต้องยื่นออกมาเพียงพอภายใต้เครื่องมือทดสอบเพื่อหลีกเลี่ยงความเค้นกดส่วนเกิน เช่นเดียวกับการทดสอบแรงเฉือนแบบสองระนาบ ตัวอย่างทดสอบจะต้องคาบเกี่ยวระหว่างแท่นอย่างเพียงพอเพื่อหลีกเลี่ยงความเค้นกดขนาดสูง

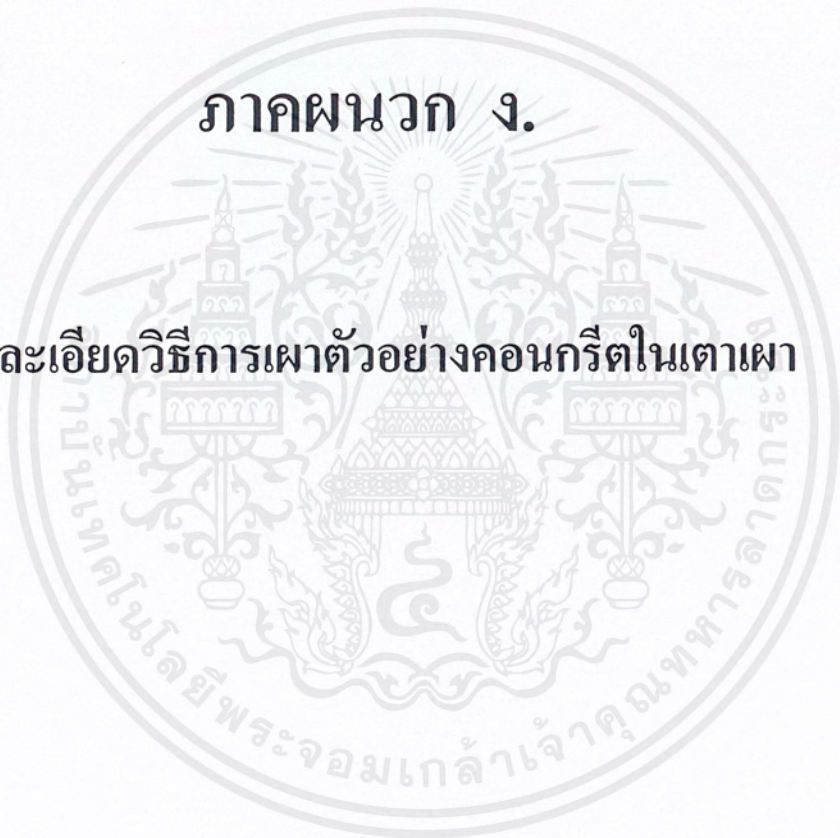
## 5. การทดสอบกำลังรับโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

1. ทำการประกอบชุดติดตั้งสำหรับการทดสอบหากำลังรับโมเมนต์ของคาน โดยที่มีระยะระหว่างฐานรองรับทั้งสองด้านเท่ากับ 44 เซนติเมตร มีโหลดกระทำแบบเป็นจุดที่กึ่งกลางคาน
2. นำคานที่จะทำการทดสอบติดตั้งเข้ากับอุปกรณ์การทดสอบ โดยที่จะต้องติดตั้งคานที่จะทำการถ่ายแรงด้วย เพื่อที่จะทำให้แรงที่กระทำกับคานเป็นแรงกระทำแบบเป็นจุด
3. เพิ่มแรงด้วยอัตราคงที่จนกระทั่งคานเกิดการวิบัติ
4. นำแรงที่ได้ไปคำนวณหาค่าโมเมนต์ที่ทำให้เกิดการวิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

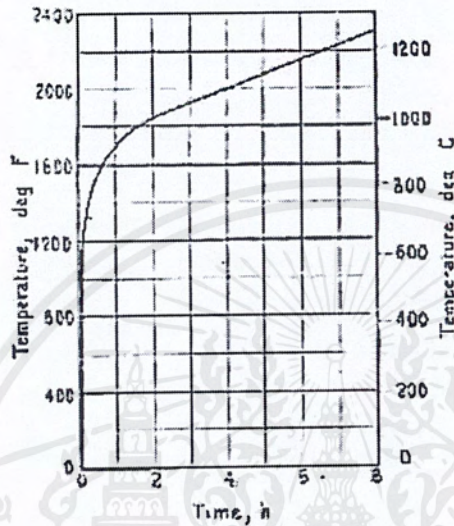
ภาคผนวก ง.

รายละเอียดวิธีการเผาตัวอย่างคอนกรีตในเตาเผา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาเพื่อค่าความสามารถในการรับกำลังหลังจากได้รับความร้อน ที่ใช้ในการทดลองนำมาจาก Standard of Fire Test ตามมาตรฐาน ASTM E119 ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ได้มาจากการศึกษาหาอุณหภูมิที่เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ มีค่าความเข้มของไฟเท่ากับ 10 ปอนด์ต่อ 1 ตารางฟุต และมีเชื้อเพลิงอย่างเพียงพอในการเผาไหม้ ดังดูได้จากรูปที่ ผ.ง.1. หรือในตารางที่ ผ.ง.1.



รูปที่ ผ.ง.1. อุณหภูมิที่ได้จากการทดสอบเมื่อเทียบกับเวลาในการเผาไหม้

ตารางที่ ผ.ง.1. ตารางแสดงอุณหภูมิที่ได้จากการทดสอบเมื่อเทียบกับเวลาในการเผาไหม้

เวลา	อุณหภูมิ	เวลา	อุณหภูมิ
ชั่วโมง : นาที	(องศาเซลเซียส)	ชั่วโมง : นาที	(องศาเซลเซียส)
0:00	20	3:10	1059
0:05	538	3:20	1066
0:10	704	3:30	1072
0:15	760	3:40	1079
0:20	795	3:50	1086
0:25	821	4:00	1093
0:30	843	4:10	1100
0:35	862	4:20	1107
0:40	878	4:30	1114
0:45	892	4:40	1121
0:50	905	4:50	1128
0:55	916	5:00	1135
1:00	927	5:10	1142
1:05	937	5:20	1149
1:10	946	5:30	1156
1:15	955	5:40	1163
1:20	963	5:50	1170
1:25	971	6:00	1177
1:30	978	6:10	1184
1:35	985	6:20	1191
1:40	991	6:30	1198
1:45	996	6:40	1204
1:50	1001	6:50	1211
1:55	1006	7:00	1218
2:00	1010	7:10	1225
2:10	1017	7:20	1232
2:20	1024	7:30	1239
2:30	1031	7:40	1246
2:40	1038	7:50	1253
2:50	1045	8:00	1260
3:00	1052		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

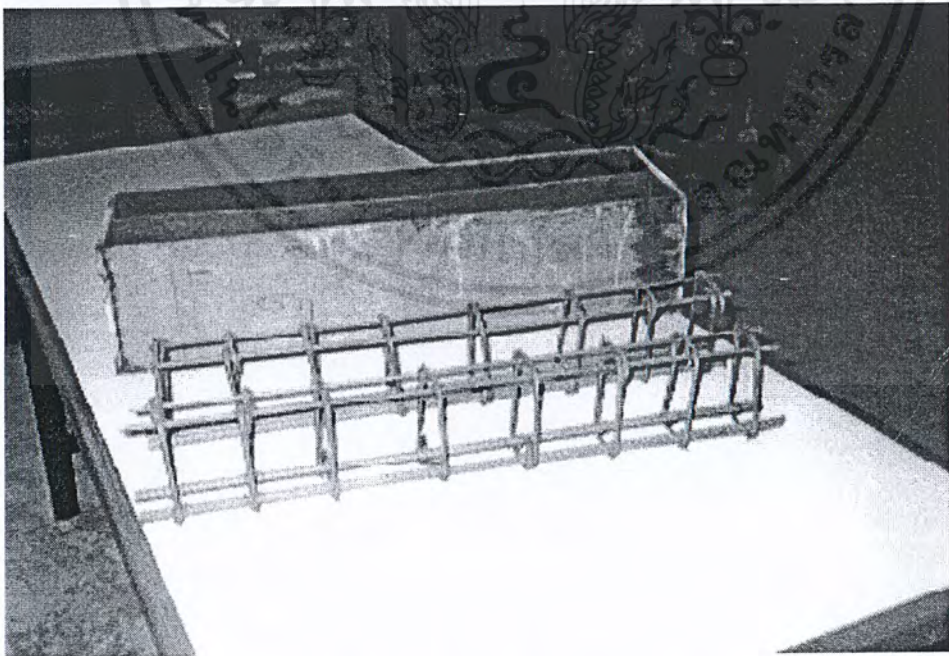
## ภาคผนวก จ.

# รูปแสดงวิธีการเตรียมตัวอย่างคานคองกริตสำหรับที่จะทำ การทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

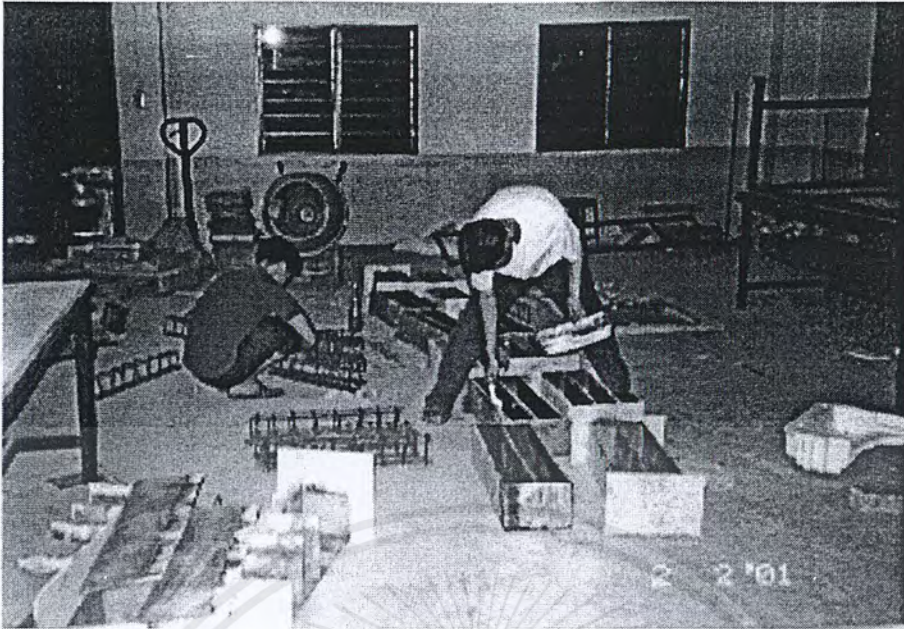


รูปที่ ผ.จ.1. แสดงการงอเหล็กปลอก เพื่อใช้สำหรับทำเป็นเหล็กรับแรงเฉือนในตัวคาน

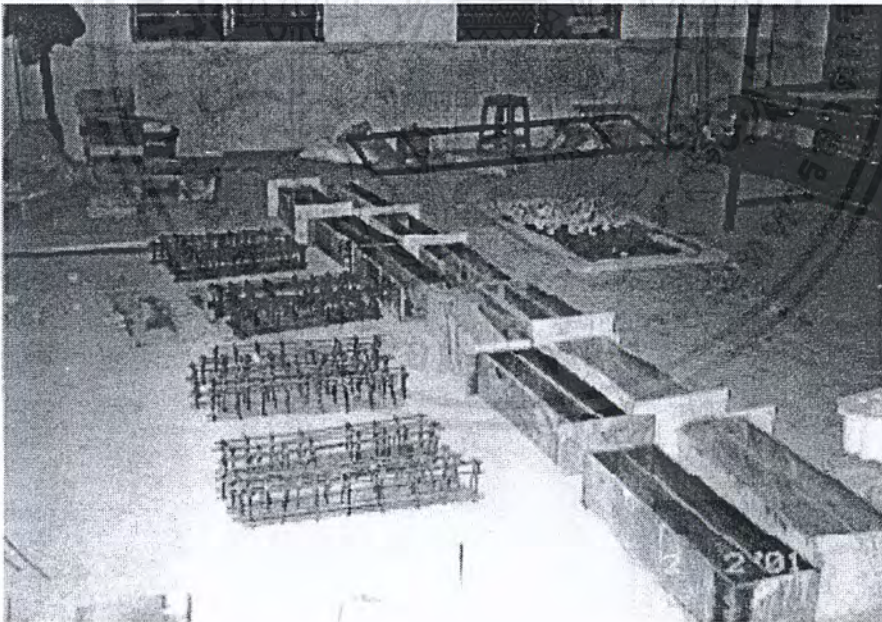


รูปที่ ผ.จ.2. แสดงเหล็กเสริมคอนกรีตหลังจากที่ผูกเหล็กเสร็จเรียบร้อยแล้ว และไม้แบบที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งจะทำการเทคอนกรีตแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.3. แสดงการทำน้ำมันที่ไม้แบบเพื่อที่จะทำให้การแกะแบบง่าย  
และยืดอายุการใช้งานของไม้แบบ



รูปที่ ผ.จ.4. แสดงเหล็กเสริม และไม้แบบที่พร้อมที่จะทำการเทคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

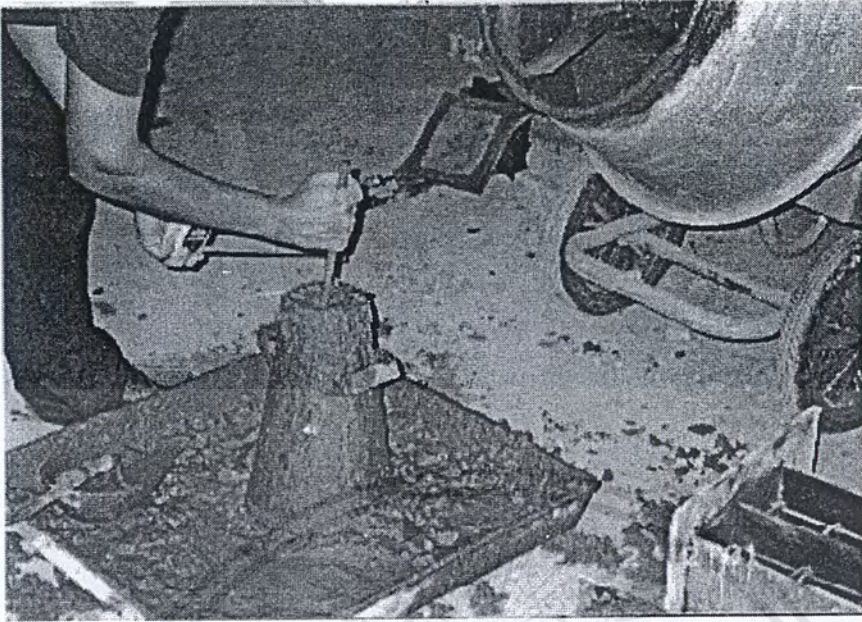


รูปที่ ผ.จ.5. แสดงการชั่งน้ำหนักของมวลรวม และคอนกรีตให้เป็นตามที่ได้  
คำนวณส่วนผสมคอนกรีตเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ ผ.จ.6. แสดงการผสมคอนกรีตโดยใช้ไม้ผสมขนาดเล็ก  
ผสมได้ครั้งละประมาณ 0.02 ลบ.เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.7. แสดงขั้นตอนของการเตรียมคอนกรีตเพื่อทำการเช็ค Slump

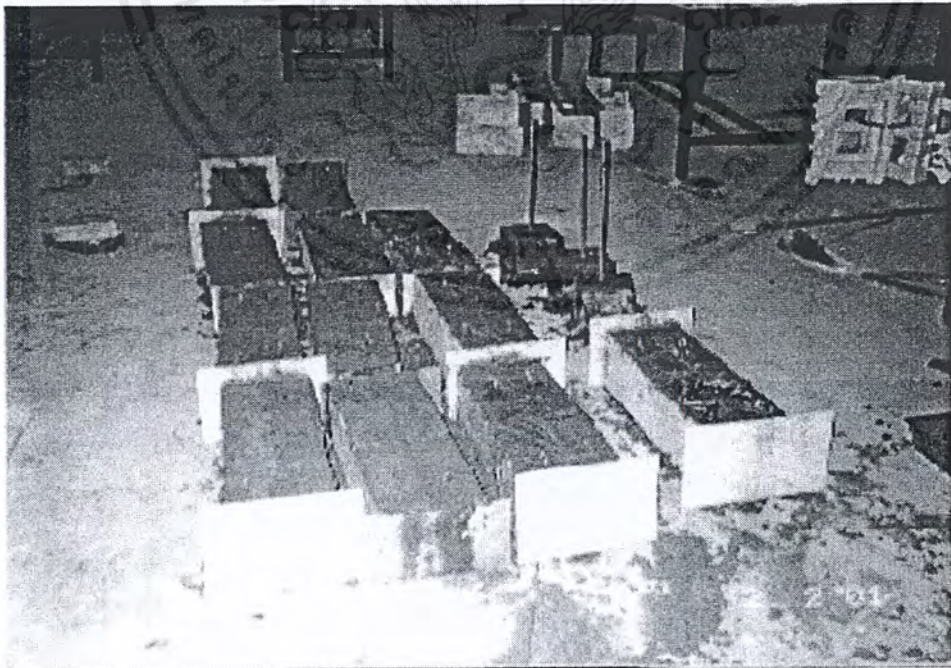


รูปที่ ผ.จ.8. ตัวอย่าง Slump ที่ได้ประมาณ 8 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

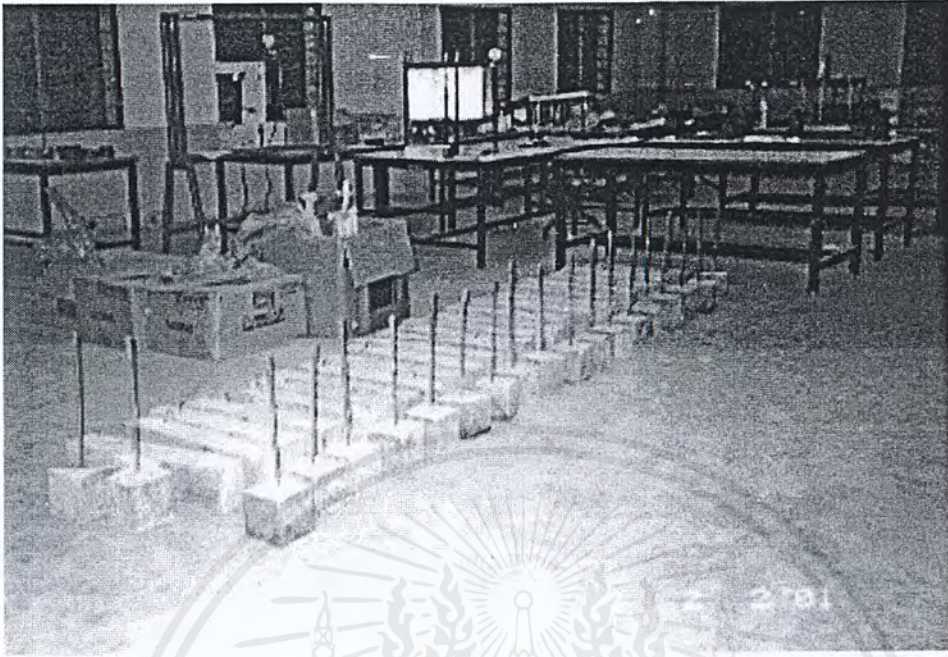


รูปที่ ผ.จ.9. แสดงการกระทำทุกคอนกรีตเพื่อที่จะไม่ให้เกิดช่องว่างในคอนกรีต



รูปที่ ผ.จ.10. แสดงคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่เทคอนกรีตเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.11. แสดงคานคอนกรีต และลูกปูนที่เสียบเหล็กเสริม (สำหรับการทดสอบหากำลังยึดเหนี่ยว) หลังจากได้ทำการบ่มในน้ำสะอาดเป็นเวลา 28 วันเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ ผ.จ.12. แสดงลูกปูนหลังจากได้ทำการบ่มในน้ำสะอาดเป็นเวลา 28 วันเรียบร้อยแล้ว

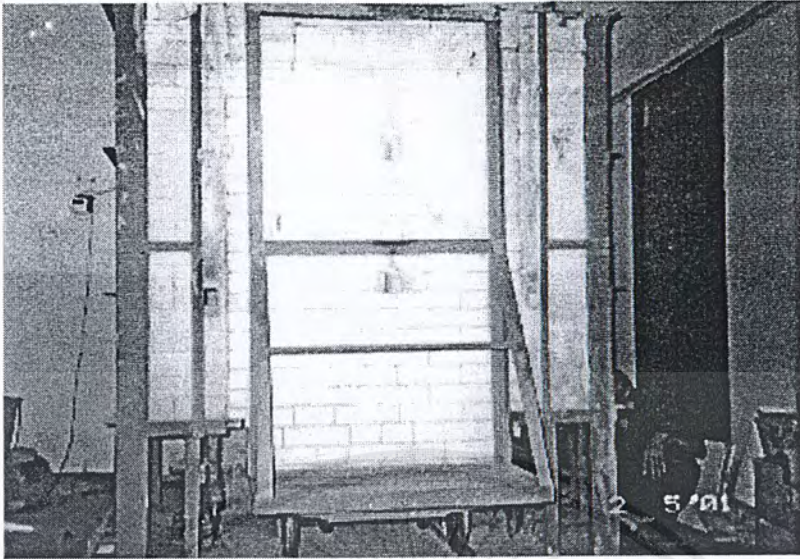
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ.

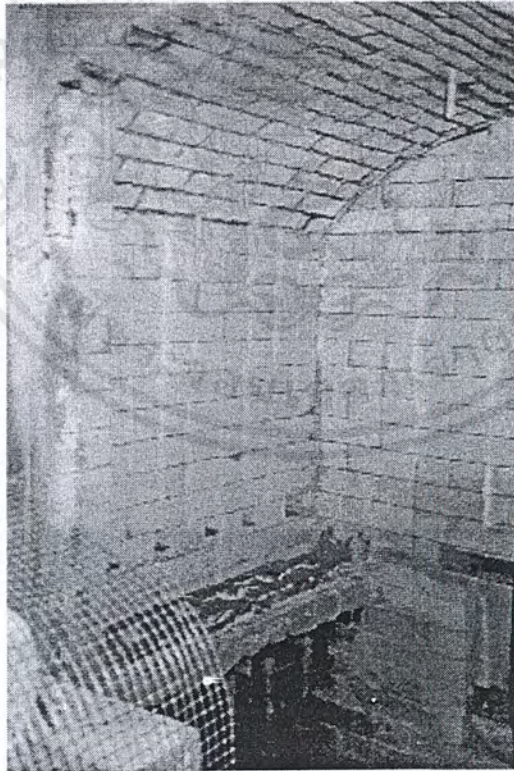
รูปแสดงขั้นตอนการเผาอนุกรมในเตาเผา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

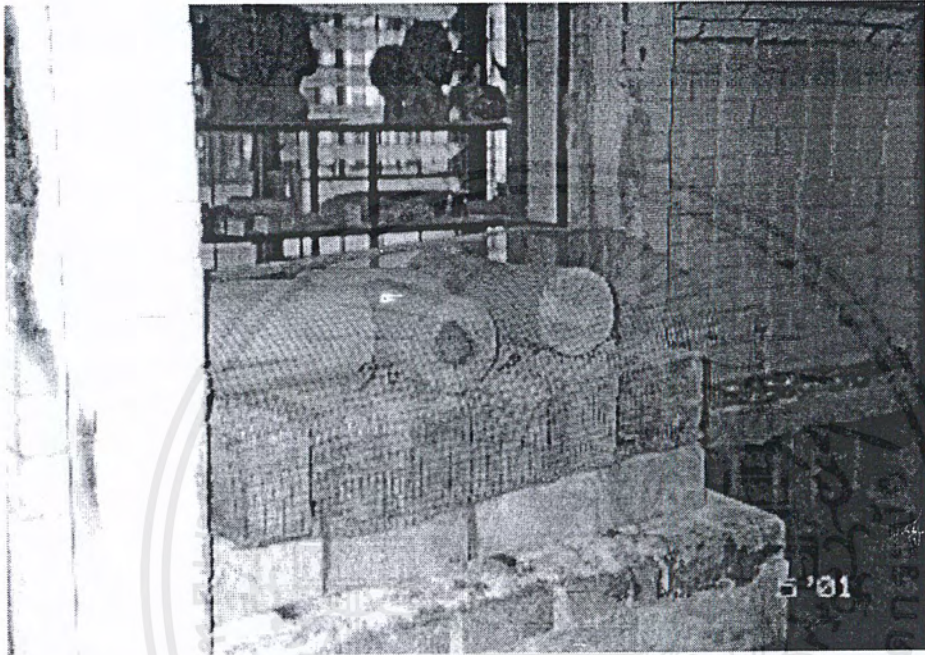


รูปที่ ผ.ฉ.1. แสดงเตาเผาที่ใช้ในการเผาตัวอย่างคอนกรีต



รูปที่ ผ.ฉ.2. แสดงภายในของเตาเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.3. แสดงการเตรียมตัวอย่างคอนกรีตเพื่อใส่ในเตาก่อนทำการเผา

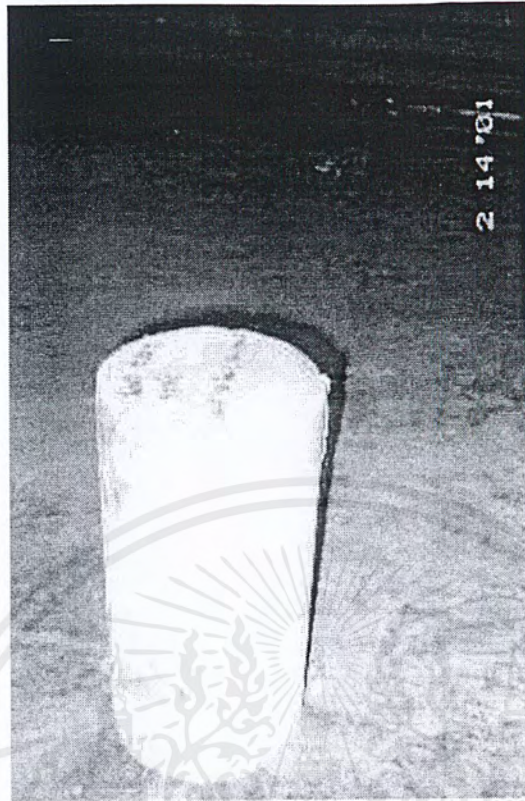
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข.

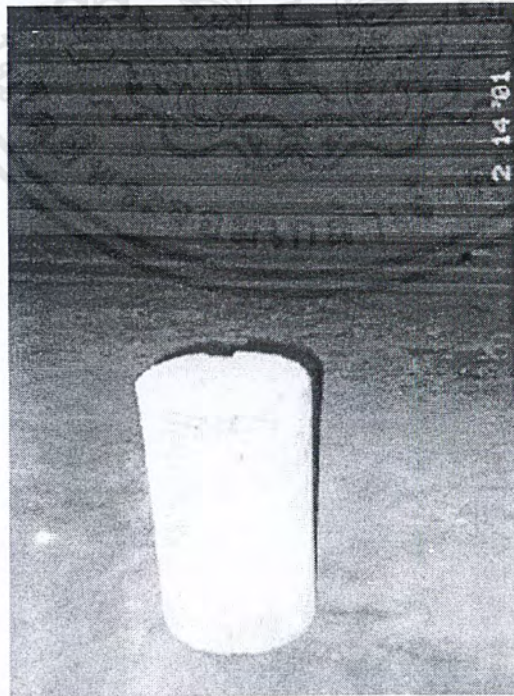
รูปแสดงตัวอย่างคอนกรีตหลังจากนำออกจากเตาเผาแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

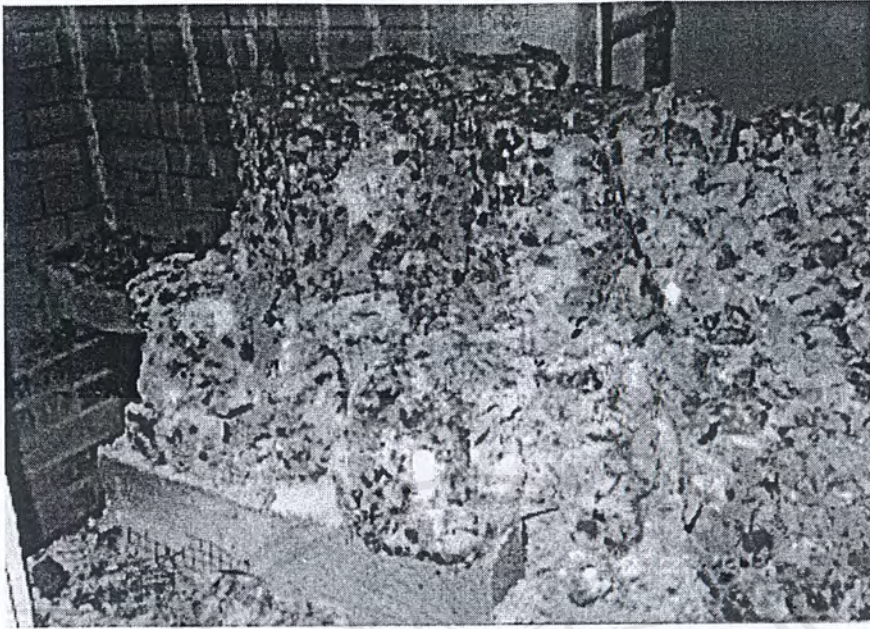


รูปที่ ผ.ช.1. แสดงลูกปูนหลังเผาที่อุณหภูมิถึง  $927^{\circ}\text{C}$  รวมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

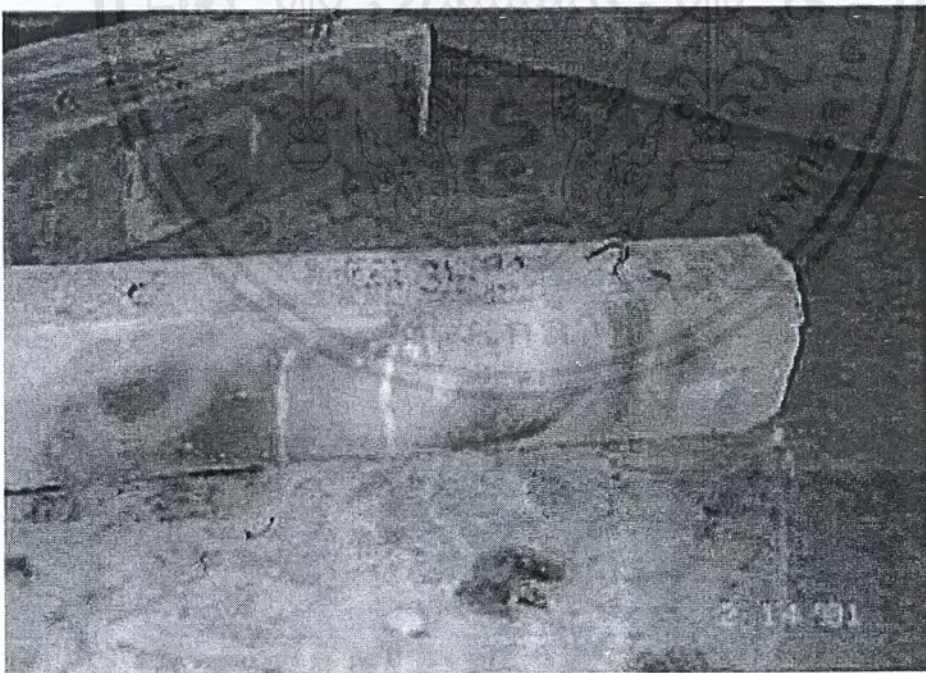


รูปที่ ผ.ช.2. แสดงลูกปูนหลังเผาที่อุณหภูมิถึง  $1010^{\circ}\text{C}$  รวมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ช.3. แสดงลูกปุนหลังเผาอุณหภูมิถึง  $1093^{\circ}\text{C}$  แล้วทิ้งไว้ประมาณ 7 วันมีลักษณะเป็นผง



รูปที่ ผ.ช.4. แสดงลักษณะของคอนกรีตที่ถูกเผาจนอุณหภูมิถึง  $923^{\circ}\text{C}$  องศาเซลเซียส  
รวมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

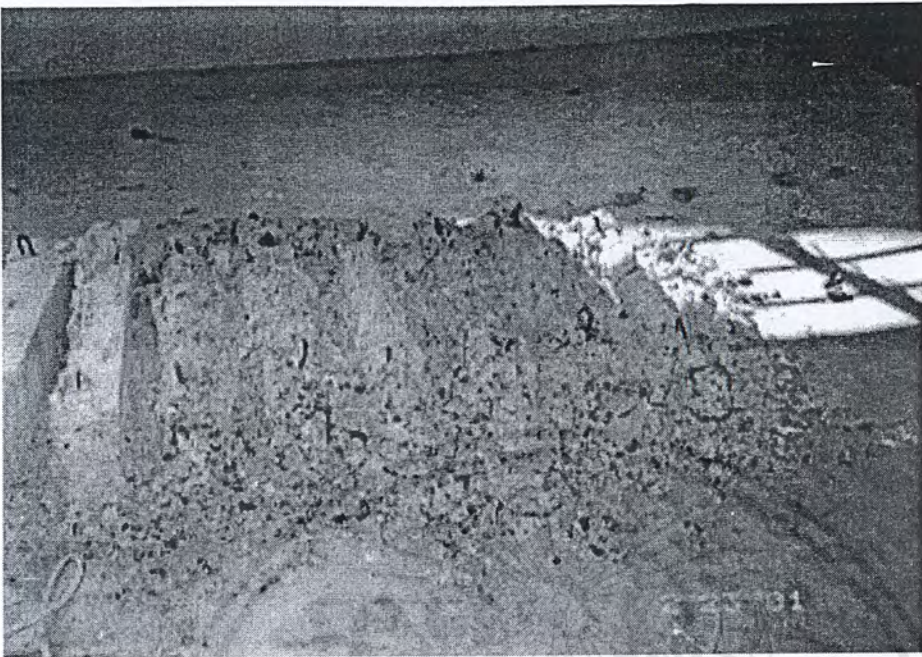


รูปที่ ผ.ช.5. แสดงลักษณะของคอนกรีตที่ถูกเผาจนอุณหภูมิถึง 1010 องศาเซลเซียส  
รวมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

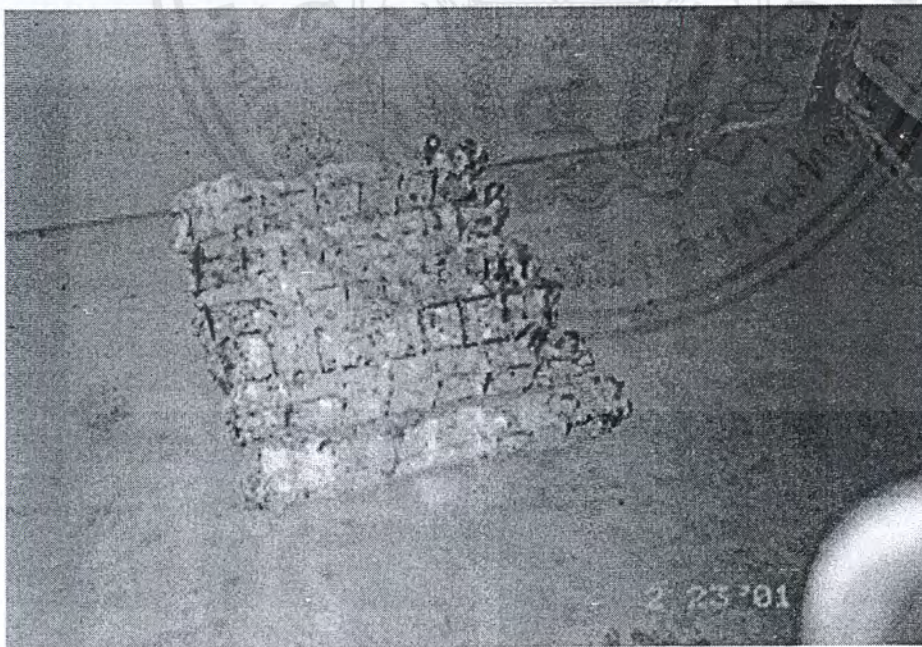


รูปที่ ผ.ช.6. แสดงลักษณะของคอนกรีตที่ถูกเผาจนอุณหภูมิถึง 1093 องศาเซลเซียส  
รวมเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ช.7. แสดงลักษณะของคานคอนกรีตที่ถูกเผาจนอุณหภูมิถึง 1093 องศาเซลเซียส รวมเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และทิ้งไว้หลังจากนำออกจากเตาเผา 3 วัน มีผงร้อนออกมา

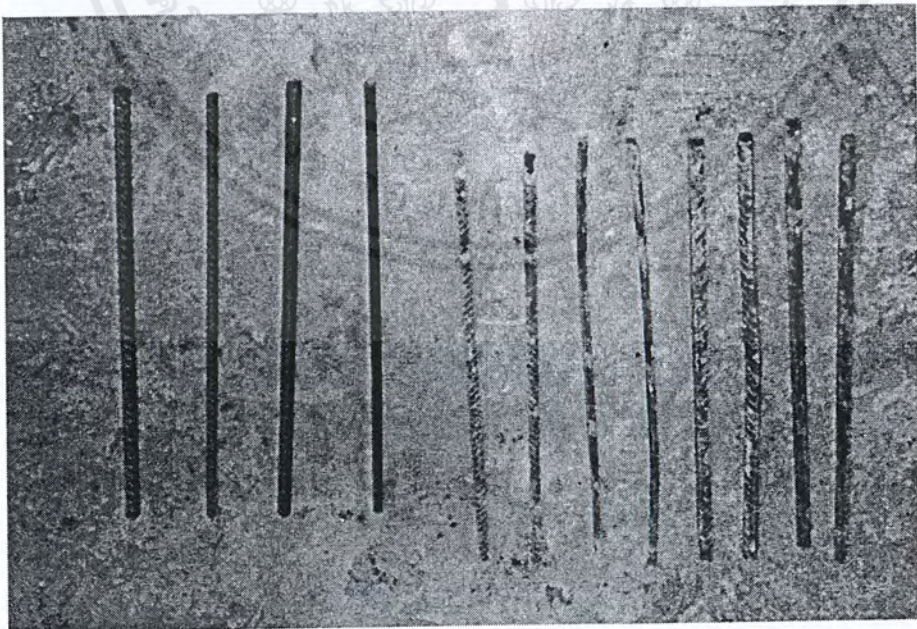


รูปที่ ผ.ช.8. แสดงลักษณะที่เหลืออยู่หลังจากนำเศษคอนกรีตที่มีการหลุดกระเทาะออก ของคอนกรีตที่ถูกเผาจนอุณหภูมิถึง 1093 องศาเซลเซียส รวมเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และทิ้งไว้หลังจากนำออกจากเตาเผา 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในอำนวยการดำเนินงานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

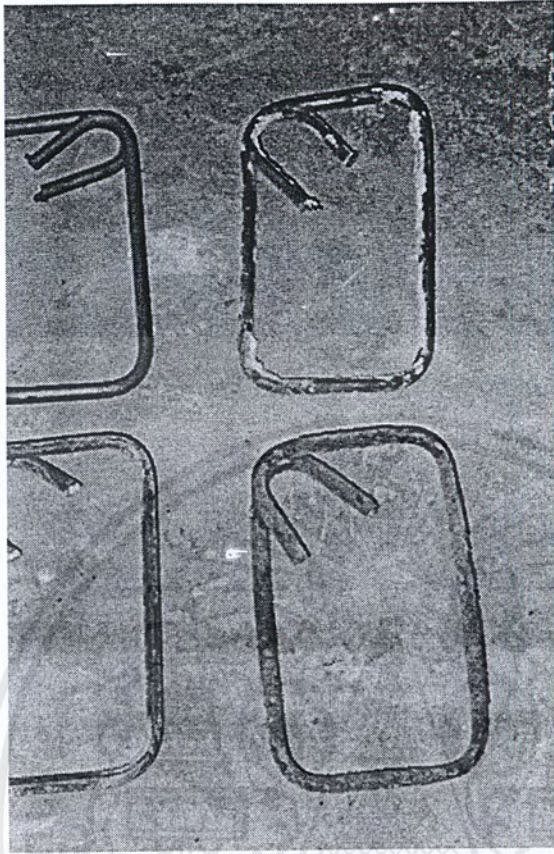


รูปที่ ผ.ช.9. แสดงชุดทดสอบBondหลังเผาอุณหภูมิ 1093°C แล้วทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน มีลักษณะเป็นผง



รูปที่ ผ.ช.10. แสดงการเปรียบเทียบเหล็กเส้นก่อนเผาและหลังเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ช.11. แสดงการเปรียบเทียบเหล็กปลอกก่อนเผาและหลังเผา

บนซ้าย เหล็กปลอกที่อยู่ในคอนกรีตธรรมดาที่ไม่ได้รับความร้อน  
ล่างซ้าย เหล็กปลอกที่อยู่ในคอนกรีตที่ถูกเผาจนอุณหภูมิถึง 923 องศาเซลเซียส  
บนขวา เหล็กปลอกที่อยู่ในคอนกรีตที่ถูกเผาจนอุณหภูมิถึง 1010 องศาเซลเซียส  
ล่างขวา เหล็กปลอกที่อยู่ในคอนกรีตที่ถูกเผาจนอุณหภูมิถึง 1093 องศาเซลเซียส

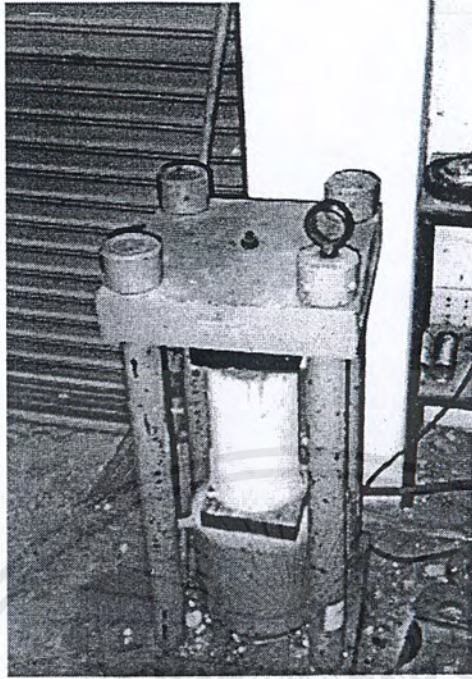
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ซ.

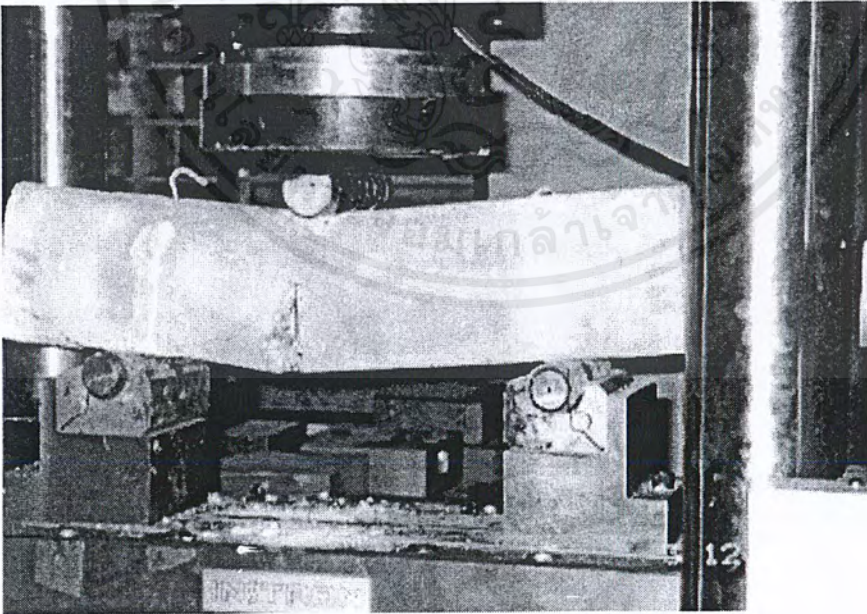
รูปแสดงการทดสอบหาค่ากำลังของคอนกรีตโดยทดสอบแบบ  
ต่าง ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

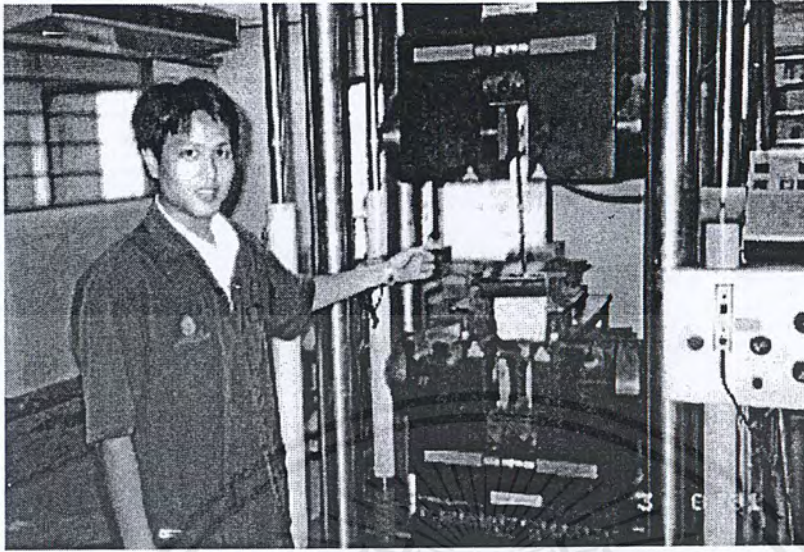


รูปที่ ผ.ช.1. แสดงการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

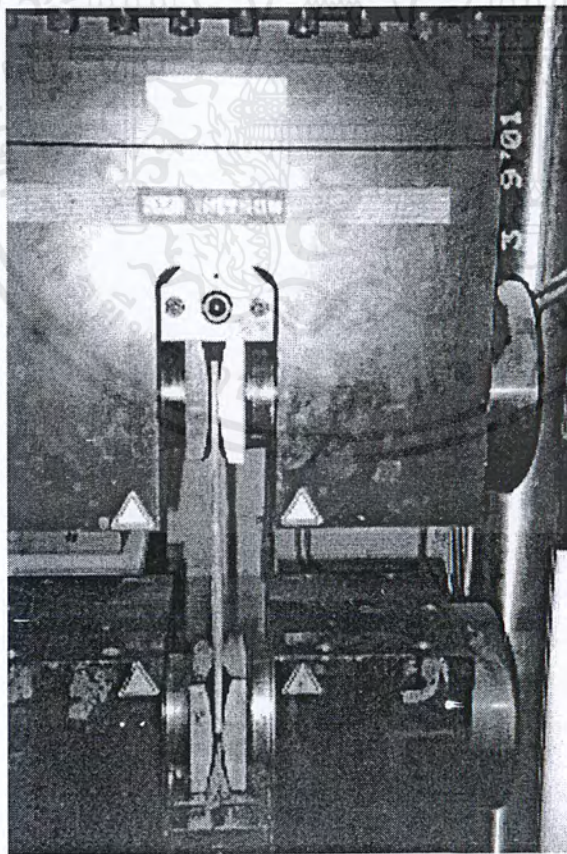


รูปที่ ผ.ช.2. แสดงการทดสอบกำลังรับแรงดัดของคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

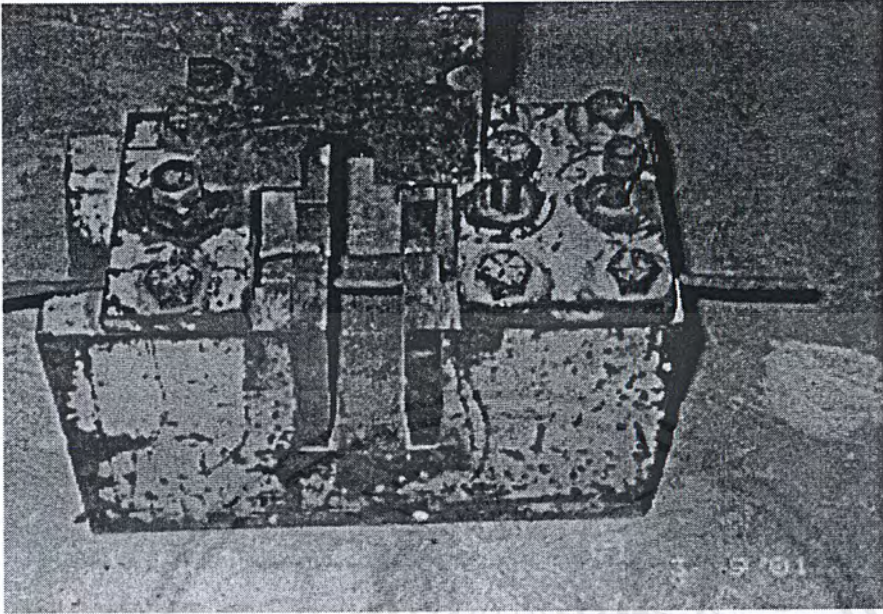


รูปที่ ผ.ช.3. แสดงการทดสอบรับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต

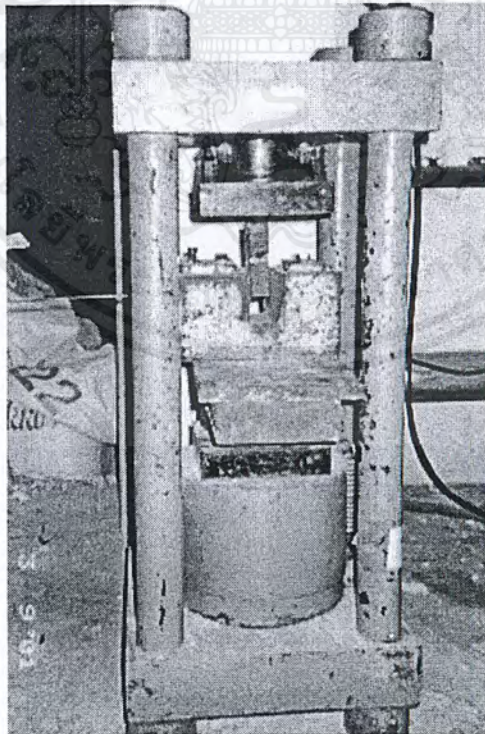


รูปที่ ผ.ช.4. แสดงการทดสอบการรับแรงดึงของเหล็กเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ช.5. แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของเหล็กเสริม



รูปที่ ผ.ช.6. แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือน

ของเหล็กเสริมขนาดติดตั้งเข้ากับ UTM แล้ว

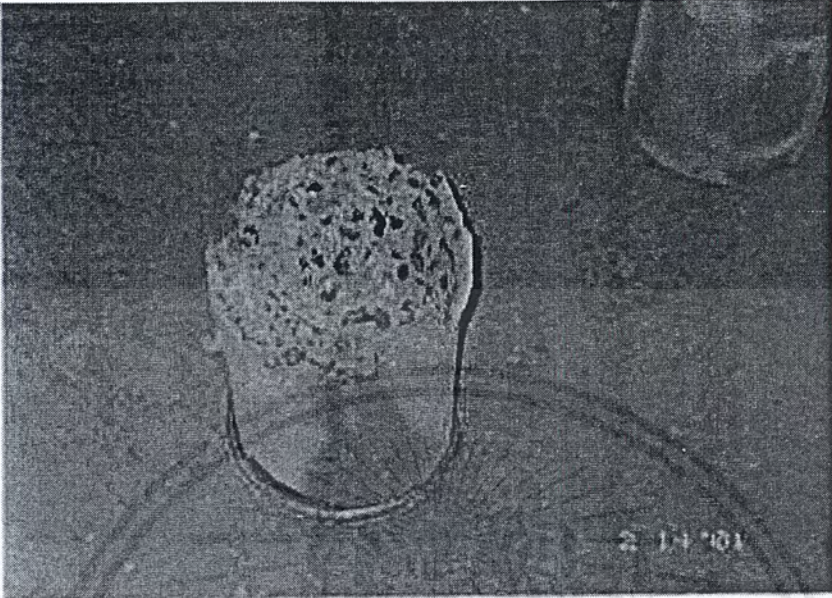
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ณ.**

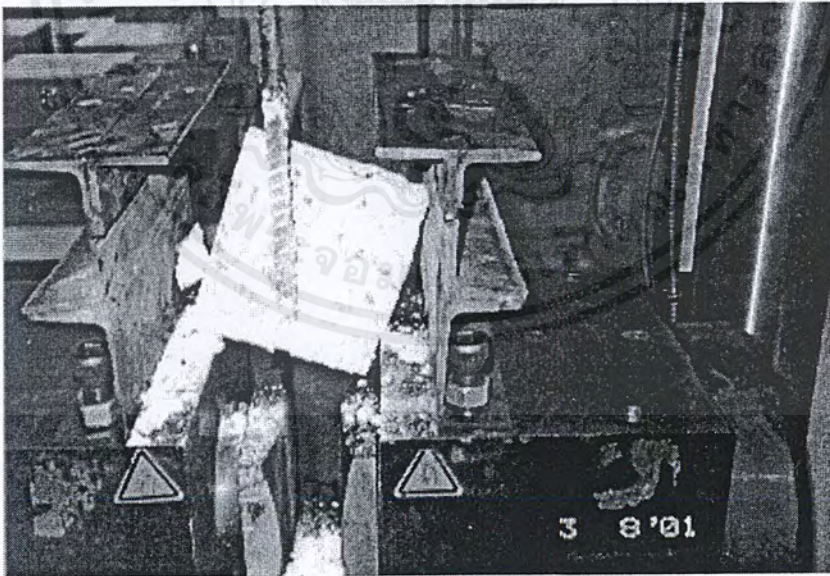
**รูปแสดงการวิบัติแบบต่าง ๆ ของการทดสอบ**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ฉ.1. ลักษณะการวิบัติของลูกปูนหลังเผา

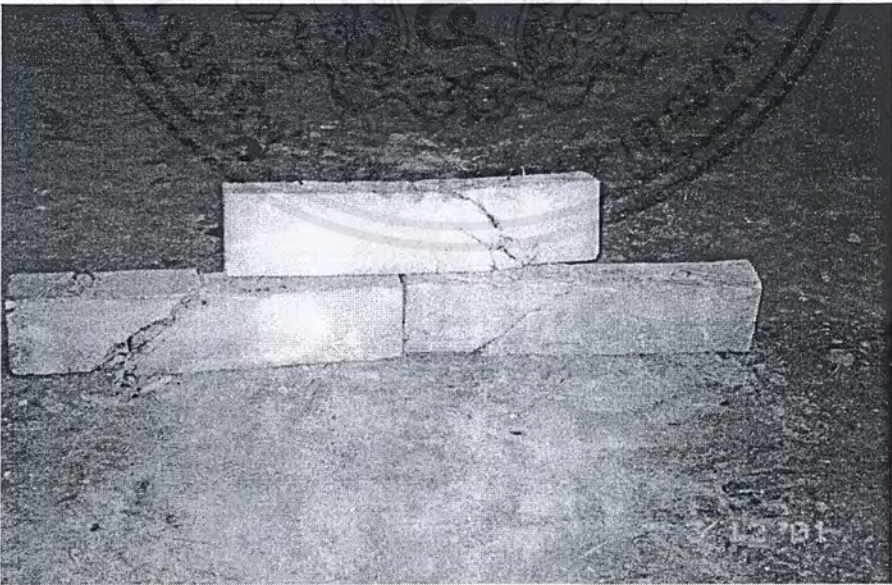


รูปที่ ผ.ฉ.2. ลักษณะการวิบัติของชุดทดสอบแรง Bond

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

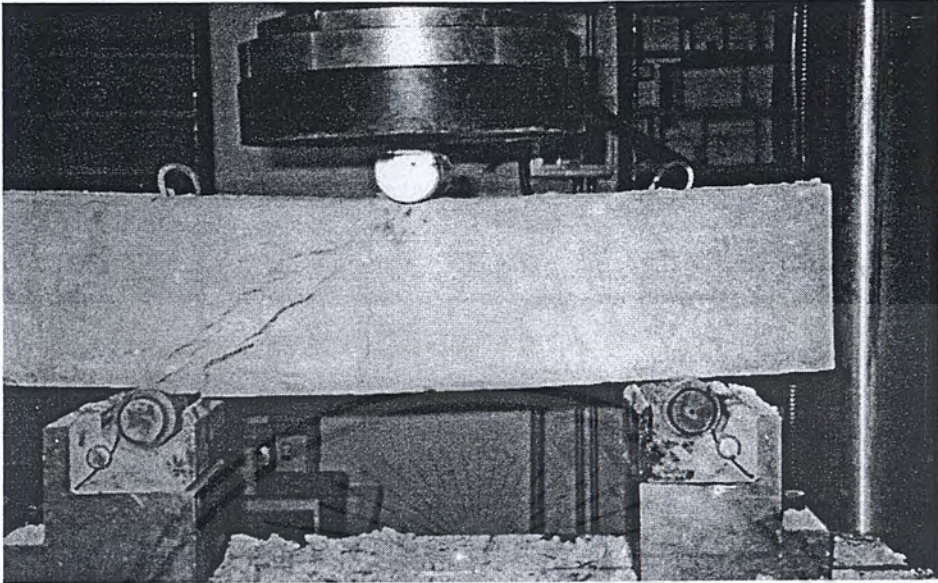


รูปที่ ผ.ฉ.3. ลักษณะของคอนกรีตหลังวิบัติของชุดทดสอบแรง Bond

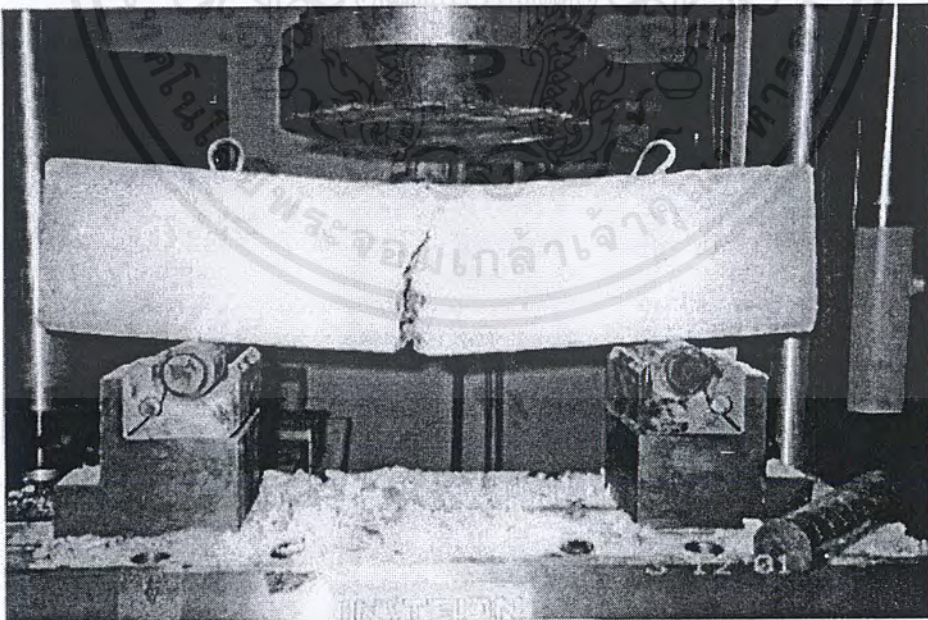


รูปที่ ผ.ฉ.4. ลักษณะวิบัติของคานก่อนเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ฉ.5. ลักษณะวิบัติของคานก่อนเผา

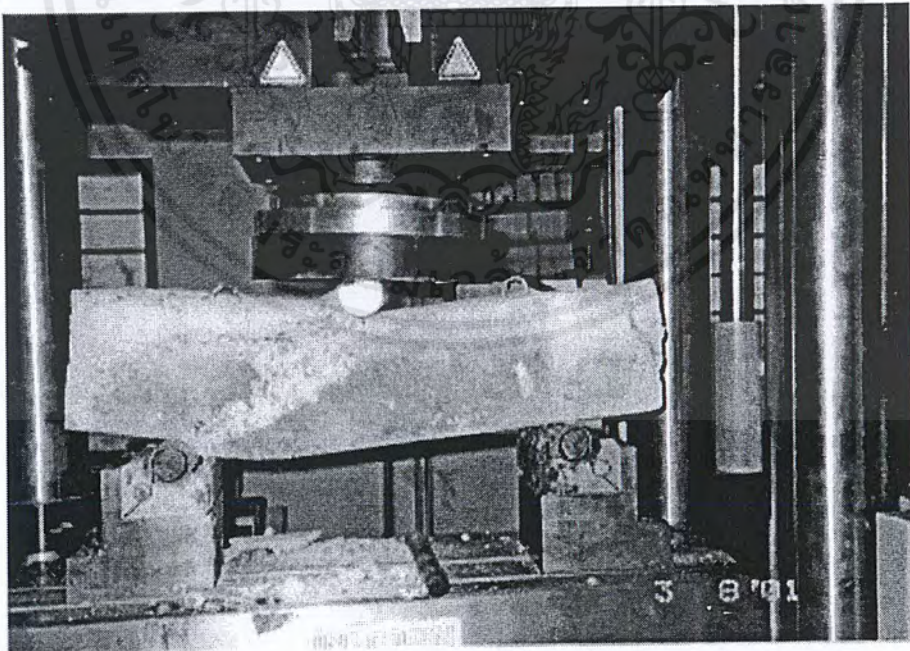


รูปที่ ผ.ฉ.6. ลักษณะวิบัติของคานที่เสริมเหล็กกลมหลังเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

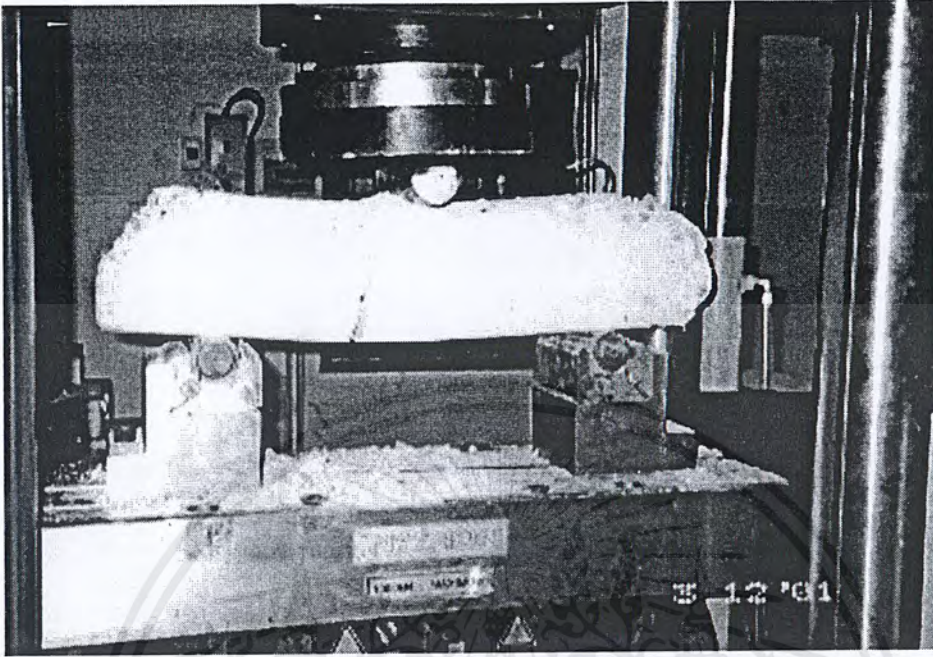


รูปที่ ผ.ฌ.7. การแตกร้าวของคานก่อนวิบัติ

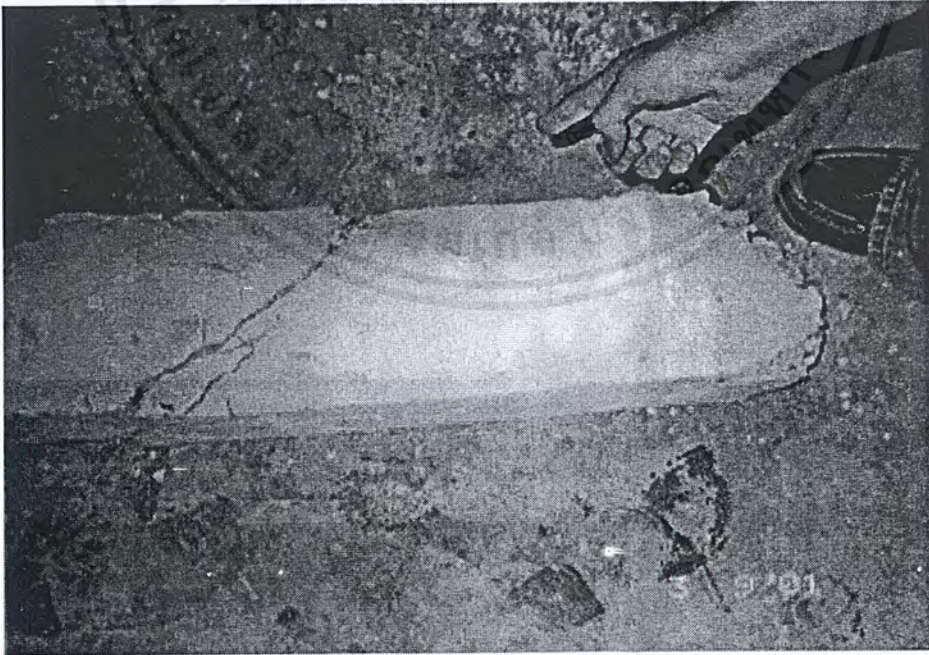


รูปที่ ผ.ฌ.8. ลักษณะวิบัติของคานที่เสริมเหล็กข้ออ้อยหลังเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

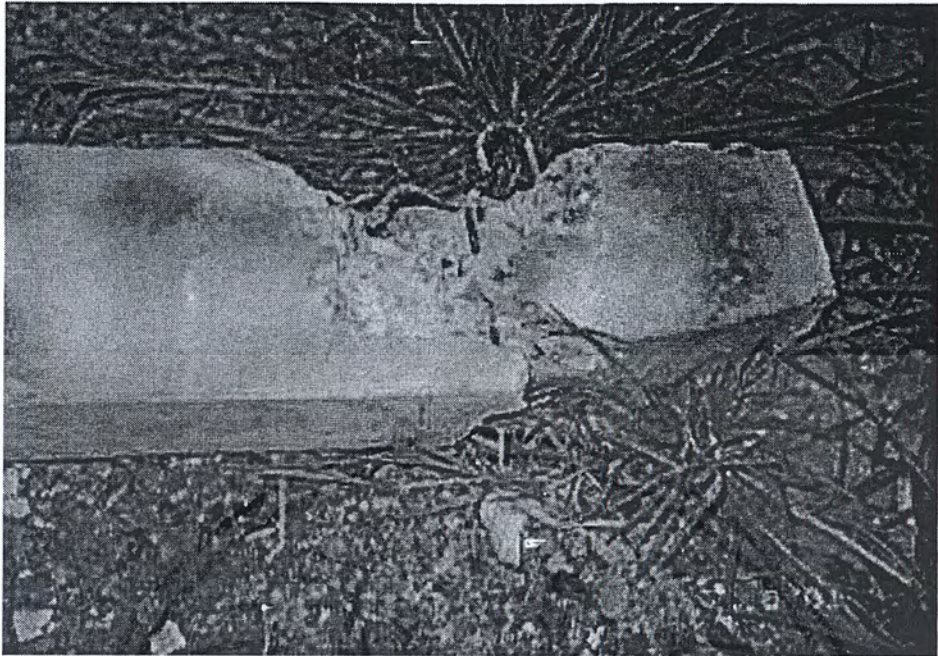


รูปที่ ผ.๗.9. ลักษณะวิบัติของคานที่เสริมเหล็กกลมหลังเผาที่ 1010°C

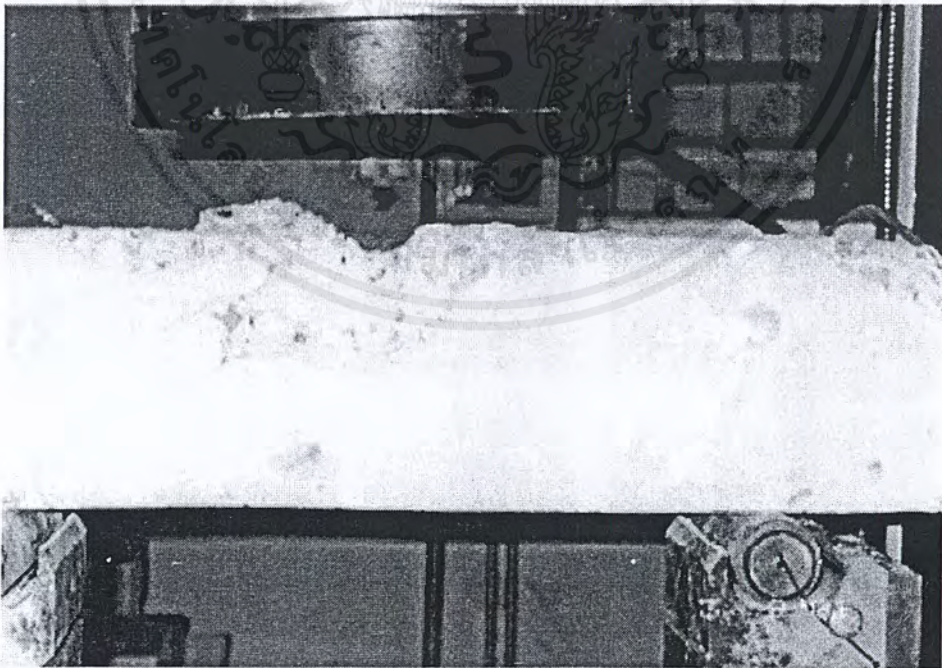


รูปที่ ผ.๗.10. ลักษณะวิบัติของคานที่เสริมเหล็กกลมหลังเผาที่ 1010°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

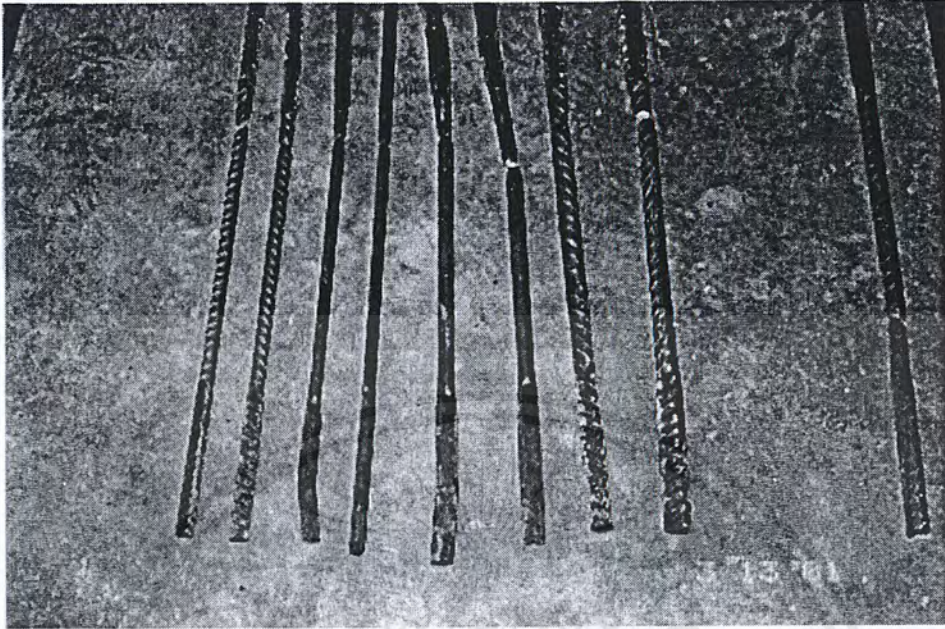


รูปที่ ผ.ฉ.11. ลักษณะการวิบัติของคานด้วยแรงอัด

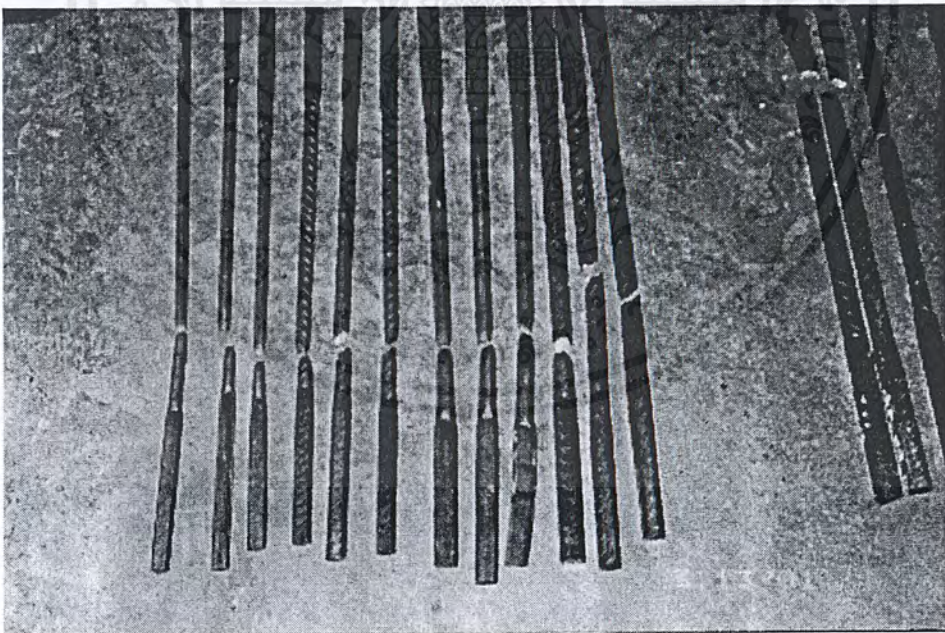


รูปที่ ผ.ฉ.12. ลักษณะการวิบัติของคานด้วยแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

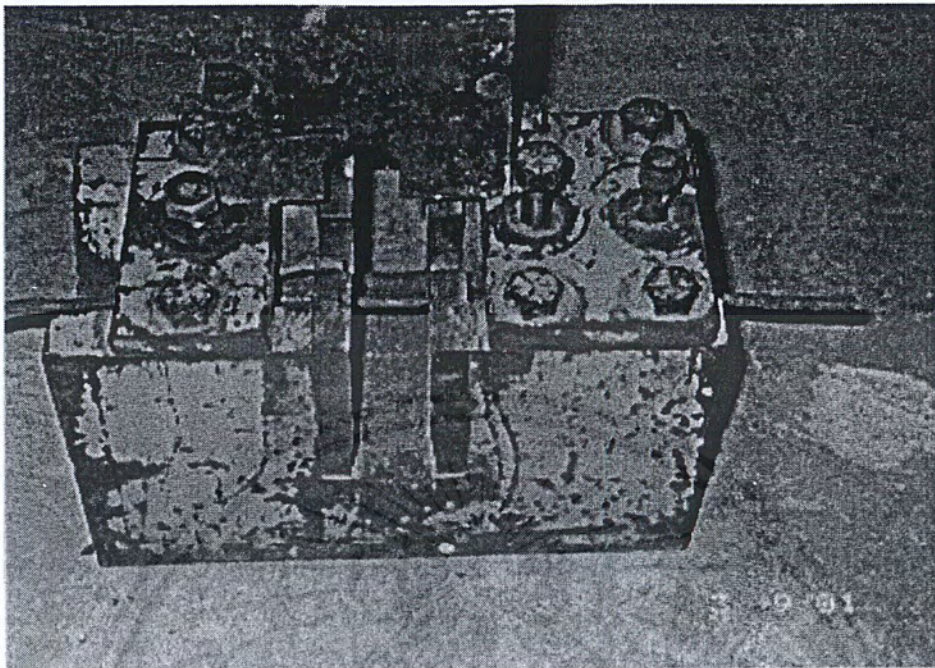


รูปที่ ผ.ฉ.13. การวิบัติของเหล็กเส้นหลังเผา 1010 °C



รูปที่ ผ.ฉ.14. การวิบัติของเหล็กเส้นหลังเผา 1093 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ฉ.15. การวิบัติของเหล็กปลอก

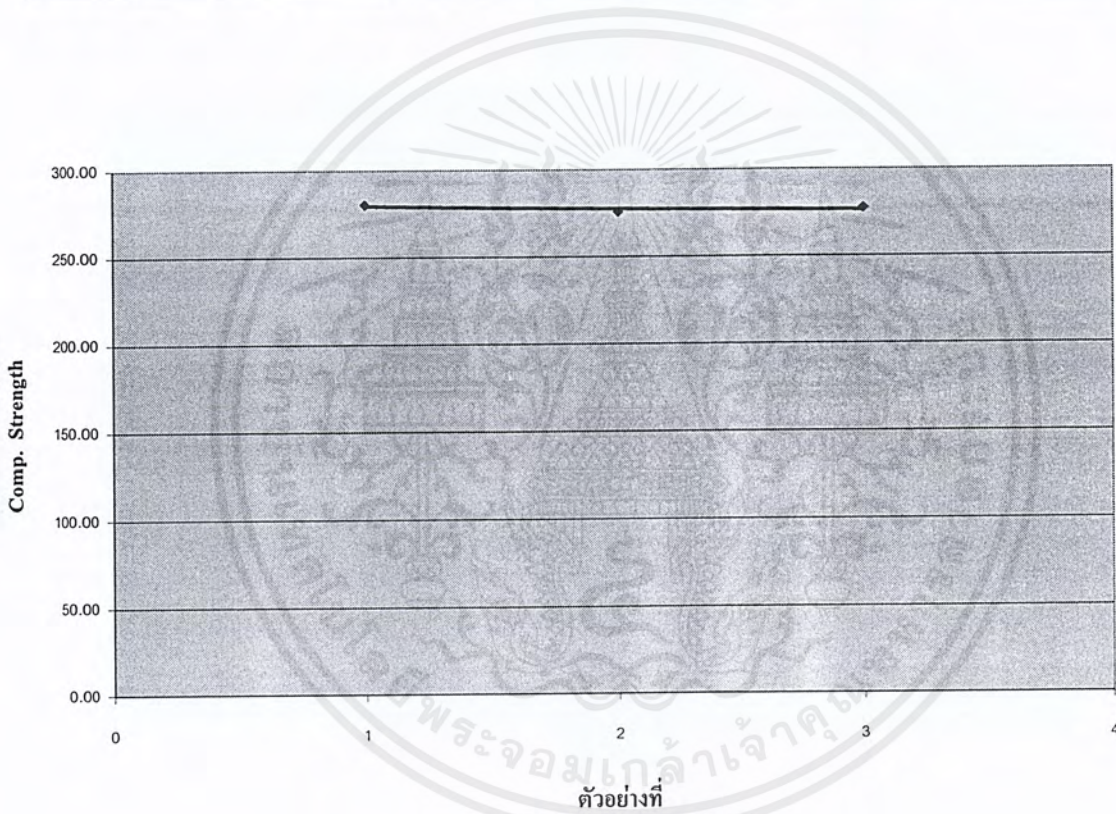
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.1 แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตก่อนเผา

ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ( Compression Strength ) ก่อนเผา								
Spec. No.	Cross Section	Height	Weight	Slump	Ages	Ultimate Load	Comp. Strength	Average. Strength
	(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(kg)	(cm)	(days)	(kg)	(ksc)	(ksc)
1	176.71	30	12.5	9	28	49500	280.12	277.67
2	176.71	30	12.3	9	28	48700	275.59	
3	176.71	30	12.7	9	28	49000	277.29	

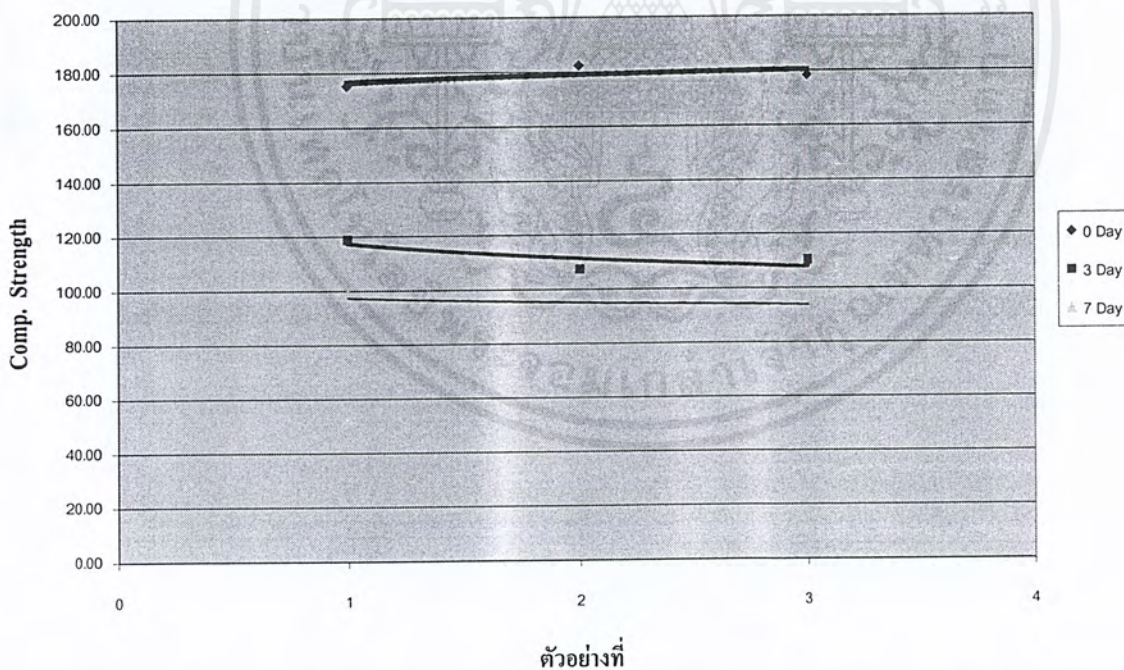


รูปที่ ผ.ญ.1. แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตก่อนเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.2 แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927° C โดยทิ้งไว้ 0 วัน, 3 วัน, 7 วัน

ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C									
Spec. No.	Time after burned	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Height (cm)	Weight (kg)	Slump (cm)	Ages (days)	Ultimate Load (kg)	Comp. Strength (ksc)	Average. Strength (ksc)
	(days)								
1	0	176.71	30	12	9	28	31000	175.43	178.635429
2	0	176.71	30	12.1	9	28	32200	182.22	
3	0	176.71	30	12.2	9	28	31500	178.26	
1	3	176.71	30	12	9	28	21000	118.84	112.24
2	3	176.71	30	12.1	9	28	19000	107.52	
3	3	176.71	30	11.9	9	28	19500	110.35	
1	7	176.71	30	11.8	9	28	17500	99.03	95.45
2	7	176.71	30	11.8	9	28	16000	90.54	
3	7	176.71	30	11.9	9	28	17100	96.77	

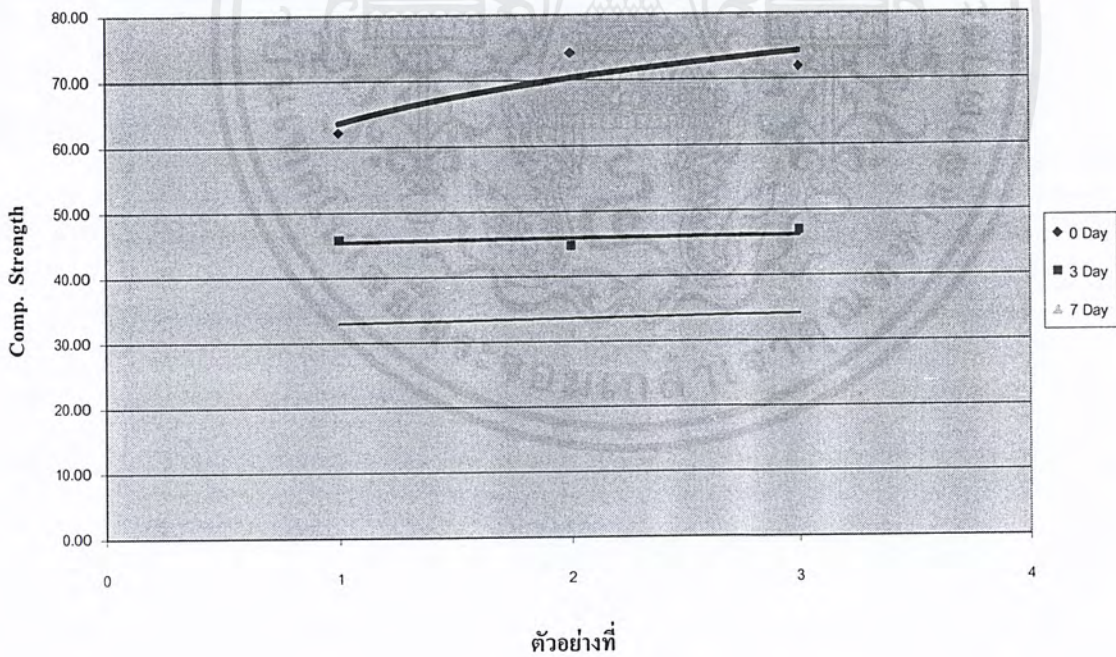


รูปที่ ผ.ญ.2 แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927° C โดยทิ้งไว้ 0 วัน, 3 วัน, 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.3 แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C โดยทิ้งไว้ 0 วัน, 3 วัน, 7 วัน

ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C									
Spec.No.	Time after burned	Cross Section	Height	Weight	Slump	Ages	Ultimate Load	Comp. Strength	Average. Strength
	(days)								
1	0	176.71	30	11.6	9	28	11000	62.25	69.42
2	0	176.71	30	11.9	9	28	13100	74.13	
3	0	176.71	30	12	9	28	12700	71.87	
1	3	176.71	30	11.7	9	28	8100	45.84	45.84
2	3	176.71	30	11.8	9	28	7900	44.71	
3	3	176.71	30	11.9	9	28	8300	46.97	
1	7	176.71	30	11.4	9	28	5700	32.26	33.58
2	7	176.71	30	11.6	9	28	6200	35.09	
3	7	176.71	30	11.7	9	28	5900	33.39	

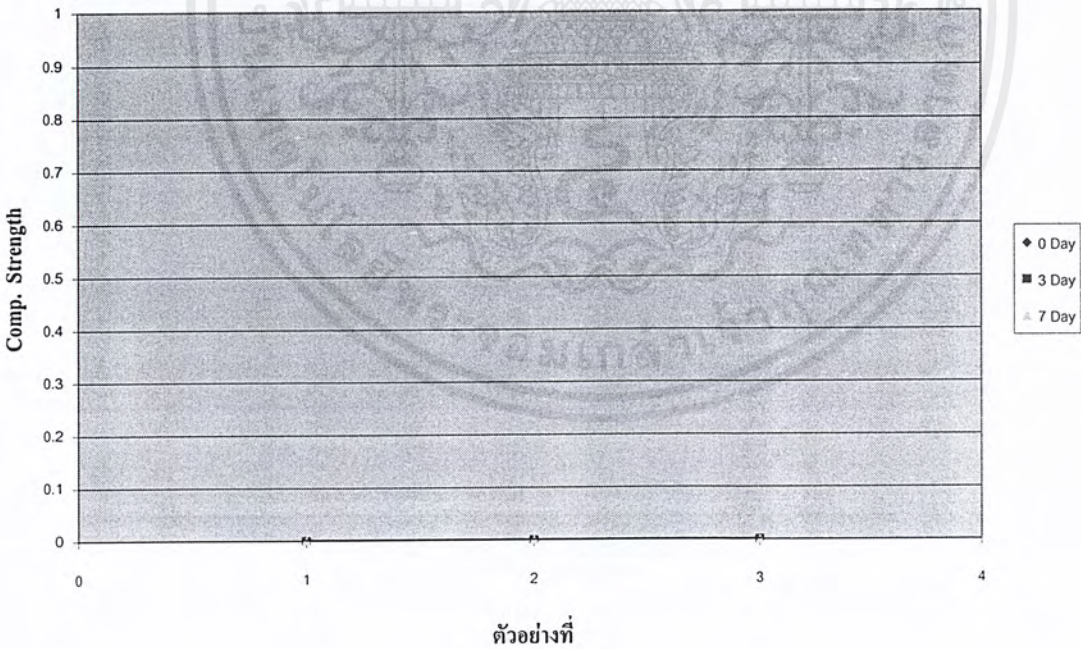


รูปที่ ผ.ญ.3 แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C โดยทิ้งไว้ 0 วัน, 3 วัน, 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ. 4 แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093<sup>o</sup> C  
โดยทิ้งไว้ 0 วัน, 3 วัน, 7 วัน

ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต หลังจากการเผาที่อุณหภูมิที่ 1093 องศาเซลเซียส									
Spec. No.	Time after burned	Cross Section	Height	Weight	Slump	Ages	Ultimate Load	Comp. Strength	Average. Strength
	(days)								
1	0	176.71	วัดไม่ได้	วัดไม่ได้	9	28	0	0	0
2	0	176.71	วัดไม่ได้	วัดไม่ได้	9	28	0	0	
3	0	176.71	วัดไม่ได้	วัดไม่ได้	9	28	0	0	
1	3	176.71	วัดไม่ได้	วัดไม่ได้	9	28	0	0	0
2	3	176.71	วัดไม่ได้	วัดไม่ได้	9	28	0	0	
3	3	176.71	วัดไม่ได้	วัดไม่ได้	9	28	0	0	
1	7	176.71	วัดไม่ได้	วัดไม่ได้	9	28	0	0	0
2	7	176.71	วัดไม่ได้	วัดไม่ได้	9	28	0	0	
3	7	176.71	วัดไม่ได้	วัดไม่ได้	9	28	0	0	

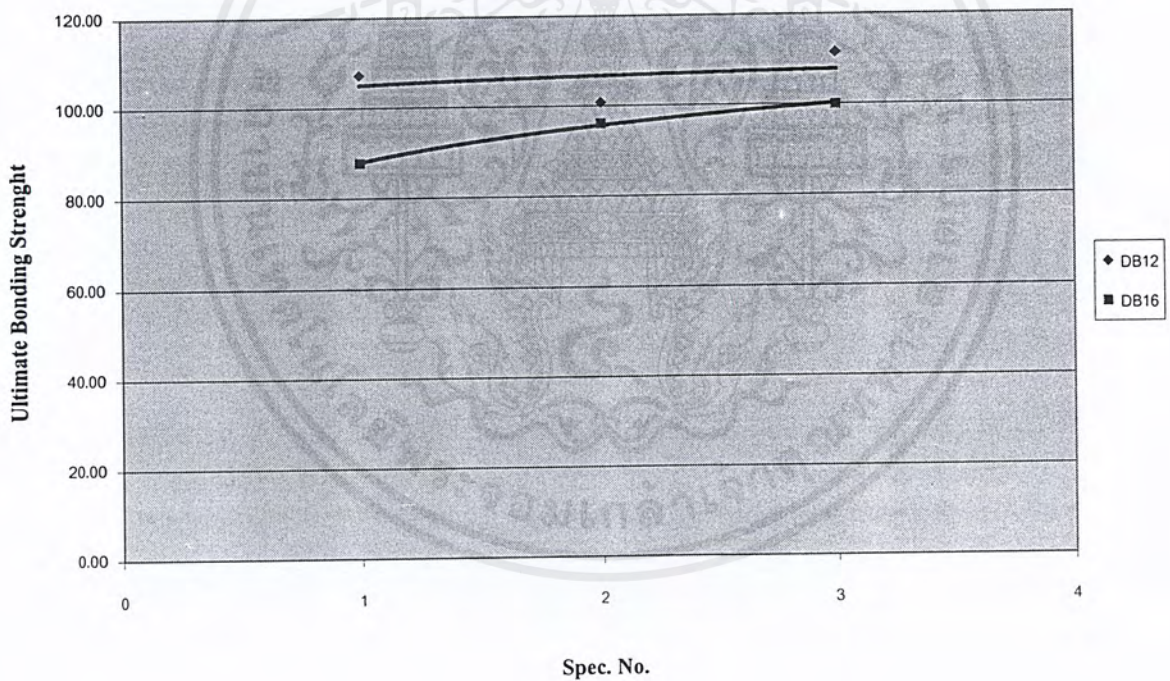


รูปที่ ผ.ญ.4 แสดงผลการทดสอบการอัดของคอนกรีตหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093<sup>o</sup> C  
โดยทิ้งไว้ 0 วัน, 3 วัน, 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.5. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมก่อนเผา

ผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม (Bonding Strength) ก่อนเผา							
Spec. No	Type of Steel Bar	Dimeter	Bond Length	Bonding Area	Ultimate Load	Ultimate Bonding Strength	Average Ultimate Bonding Strength
	(DB,RB)	( cm.)	( cm.)	( cm <sup>2</sup> )	( kg.)	( ksc.)	( ksc)
1	DB12	1.19	15	56.08	6010	107.17	106.45
2	DB12	1.2	15	56.55	5700	100.80	
3	DB12	1.2	15	56.55	6299	111.39	
1	DB16	1.57	15	73.98	6495	87.79	94.60
2	DB16	1.58	15	74.46	7154	96.08	
3	DB16	1.58	15	74.46	7441	99.94	

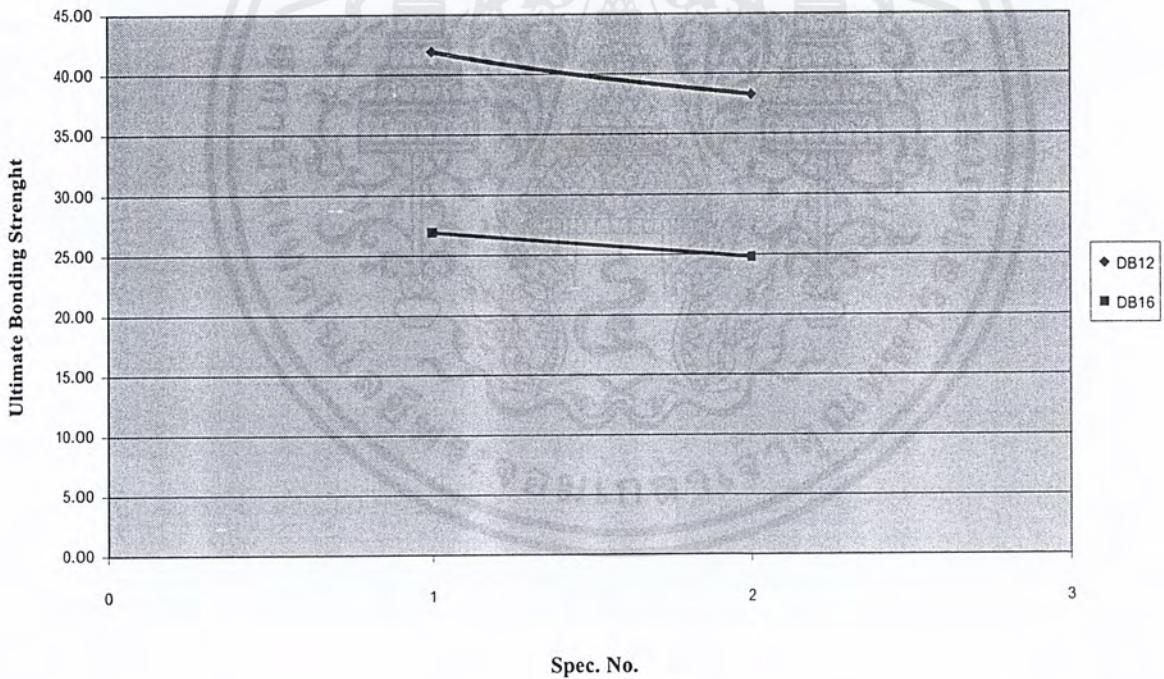


รูปที่ ผ.ญ.5. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมก่อนเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.6. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจาก  
ที่เผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน

ผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม ( Bonding Strenght )							
หลังการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน							
Spec. No	Type of Steel Bar	Dimeter	Bond Length	Bonding Area	Ultimate Load	Ultimate Bonding Strenght	Average Ultimate Bonding Strenght
	( DB,RB )	( cm. )	( cm. )	( cm. <sup>2</sup> )	( kg. )	( ksc. )	( ksc. )
1	DB12	1.19	15	56.08	2350	41.91	40.08
2	DB12	1.19	15	56.08	2145	38.25	
1	DB16	1.59	15	74.93	2017	26.92	25.85
2	DB16	1.58	15	74.46	1845	24.78	

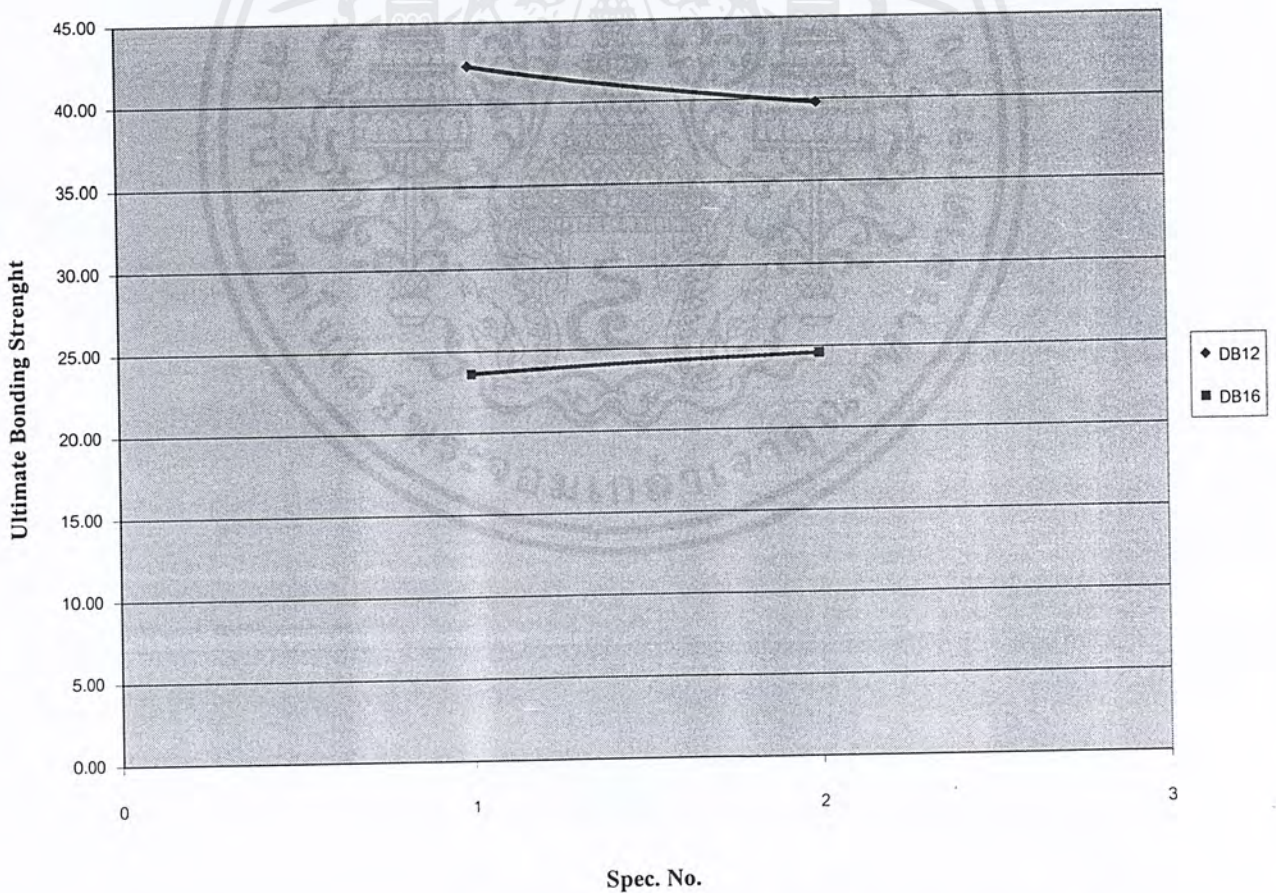


รูปที่ ผ.ญ. 6. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจาก  
ที่เผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.7. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจาก  
ที่เผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน

ผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม ( Bonding Strenght )							
หลังการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน							
Spec. No	Type of Steel Bar	Dimeter	Bond Length	Bonding Area	Ultimate Load	Ultimate Bonding Strenght	Average Ultimate Bonding Strenght
	( DB, RB )	( cm. )	( cm. )	( cm. <sup>2</sup> )	( kg. )	( ksc. )	( ksc. )
1	DB12	1.19	15	56.08	2373	42.32	41.05
2	DB12	1.2	15	56.55	2250	39.79	
1	DB16	1.59	15	74.93	1770	23.62	24.10
2	DB16	1.58	15	74.46	1830	24.58	

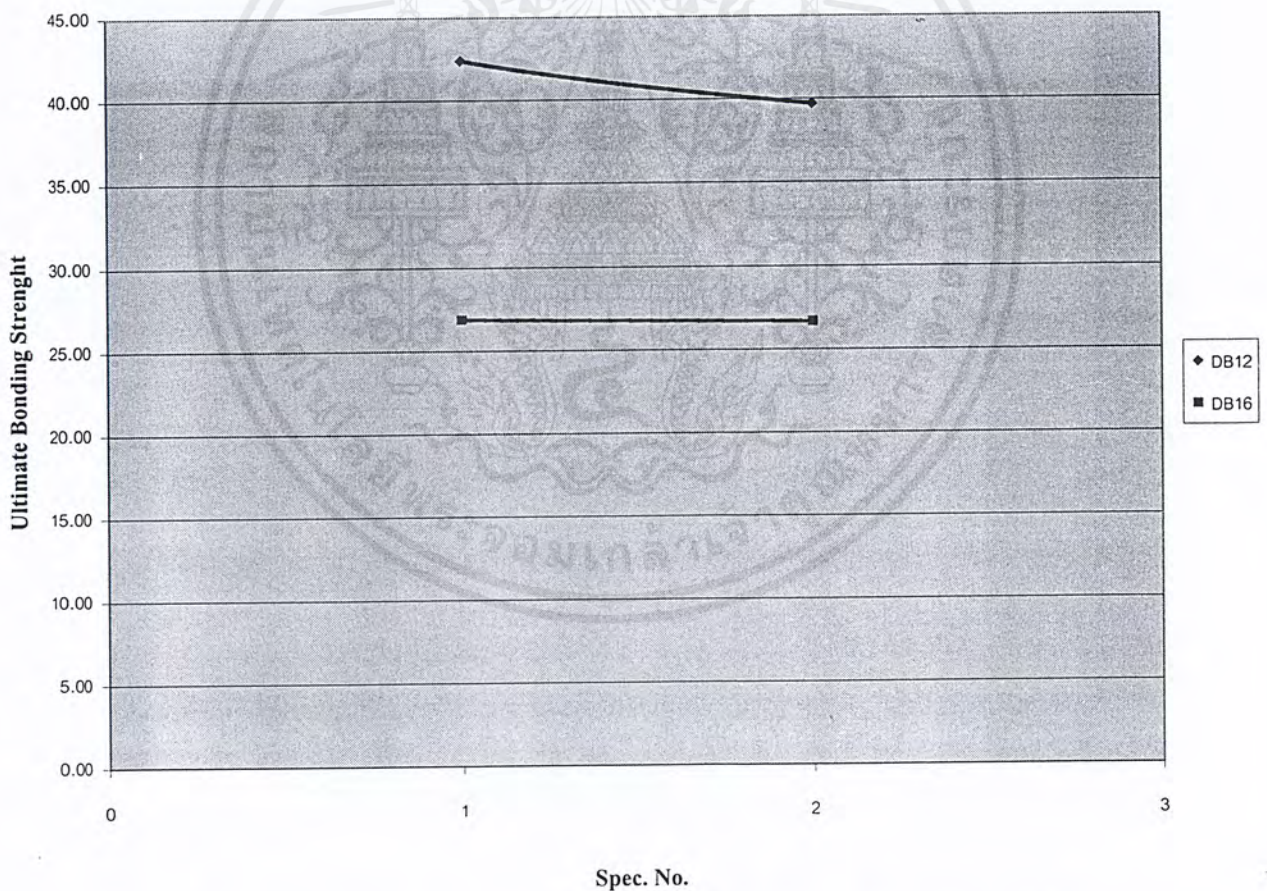


รูปที่ ผ.ญ.7. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่เผาที่  
อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.8. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจาก  
ที่เผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน

ผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม ( Bonding Strenght )							
หลังการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน							
Spec.No	Type of Steel Bar	Dimeter	Bond Length	Bonding Area	Ultimate Load	Ultimate Bonding Strength	Average Ultimate Bonding Strength
	( DB,RB )	( cm. )	( cm. )	( cm. <sup>2</sup> )	( kg. )	( ksc. )	( ksc. )
1	DB12	1.19	15	56.08	2377	42.39	41.04
2	DB12	1.2	15	56.55	2245	39.70	
1	DB16	1.59	15	74.93	2014	26.88	26.78
2	DB16	1.58	15	74.46	1986	26.67	

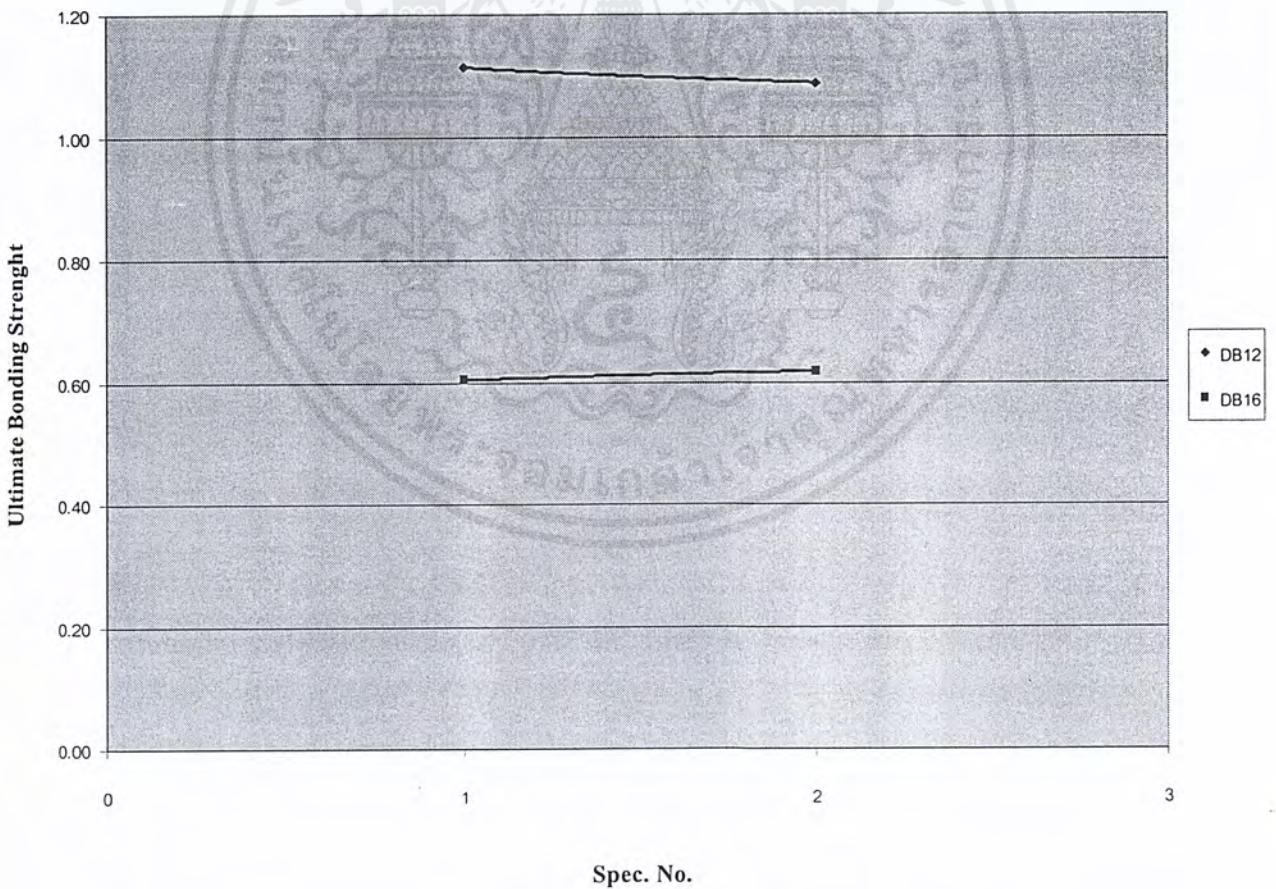


รูปที่ ผ.ญ.8. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่  
เผาที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.9. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจาก  
ที่เผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทั้งไว้เป็นเวลา 10 วัน

ผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม ( Bonding Strenght )							
หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทั้งไว้เป็นเวลา 10 วัน							
Spec. No	Type of Steel Bar	Dimeter	Bond Length	Bonding Area	Ultimate Load	Ultimate Bonding Strenght	Average Ultimate Bonding Strenght
	( DB,RB )	( cm. )	( cm. )	( cm. <sup>2</sup> )	( kg. )	( ksc. )	( ksc. )
1	DB12	1.2	15	56.55	63	1.11	1.10
2	DB12	1.2	15	56.55	61.5	1.09	
1	DB16	1.58	15	74.46	45	0.60	0.61
2	DB16	1.58	15	74.46	46	0.62	

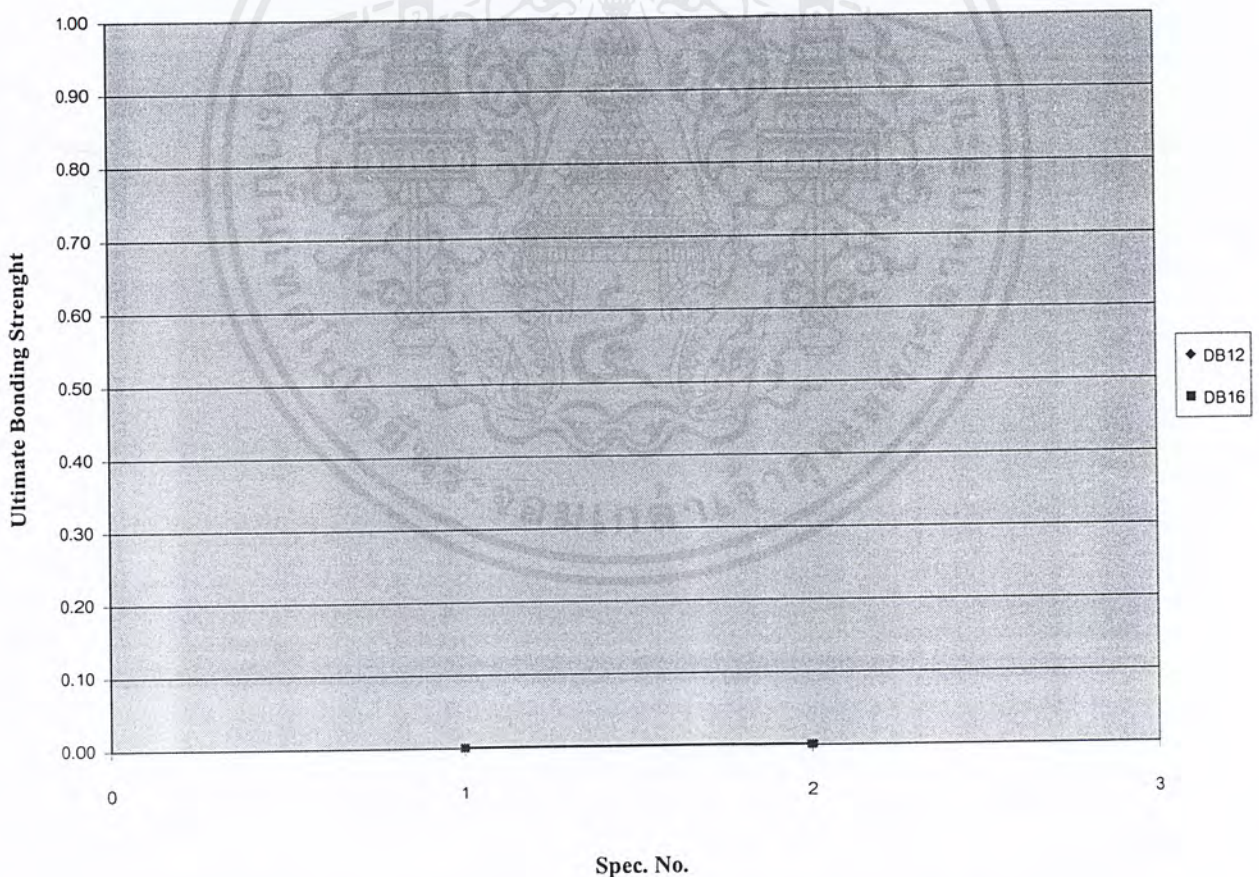


รูปที่ ผ.ญ.9. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมหลังจากที่  
เผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทั้งไว้เป็นเวลา 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.10. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม  
หลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน

ผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม ( Bonding Strenght )							
หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน							
Spec. No	Type of Steel Bar	Dimeter	Bond Length	Bonding Area	Ultimate Load	Ultimate Bonding Strenght	Average Ultimate Bonding Strenght
	( DB,RB )	( cm. )	( cm. )	( cm. <sup>2</sup> )	( kg. )	( ksc. )	( ksc. )
1	DB12	1.2	15	56.55	0	0.00	0.00
2	DB12	1.19	15	56.08	0	0.00	
1	DB16	1.58	15	74.46	0	0.00	0.00
2	DB16	1.59	15	74.93	0	0.00	

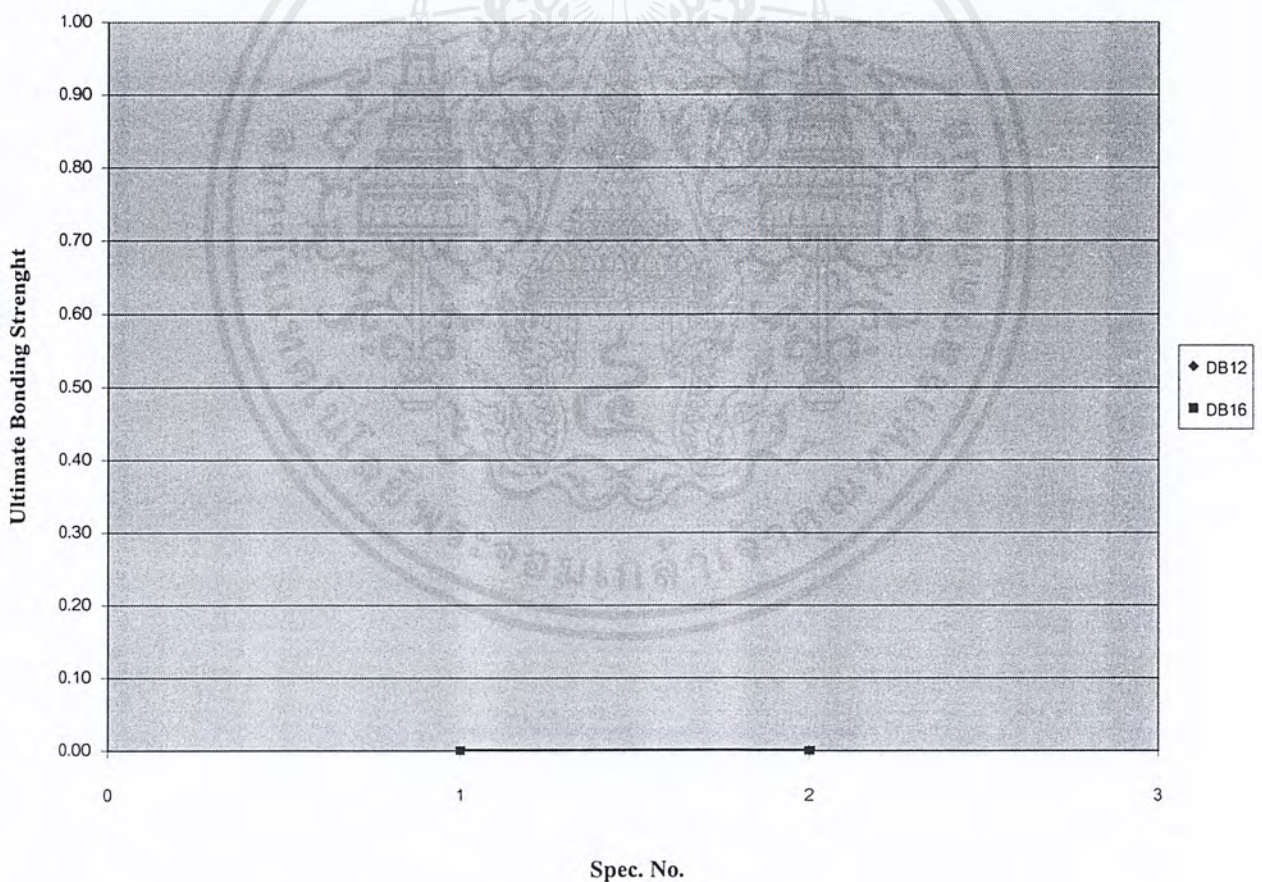


รูปที่ ผ.ญ.10. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม  
หลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.11. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม  
หลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน

ผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม ( Bonding Strenght )							
หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน							
Spec.No	Type of Steel Bar ( DB,RB)	Dimeter ( cm.)	Bond Length ( cm.)	Bonding Area ( cm. <sup>2</sup> )	Ultimate Load ( kg.)	Ultimate Bonding Strenght ( ksc.)	Average Ultimate Bonding Strenght ( ksc.)
1	DB12	1.2	15	56.55	0	0.00	0.00
2	DB12	1.2	15	56.55	0	0.00	
1	DB16	1.58	15	74.46	0	0.00	0.00
2	DB16	1.59	15	74.93	0	0.00	

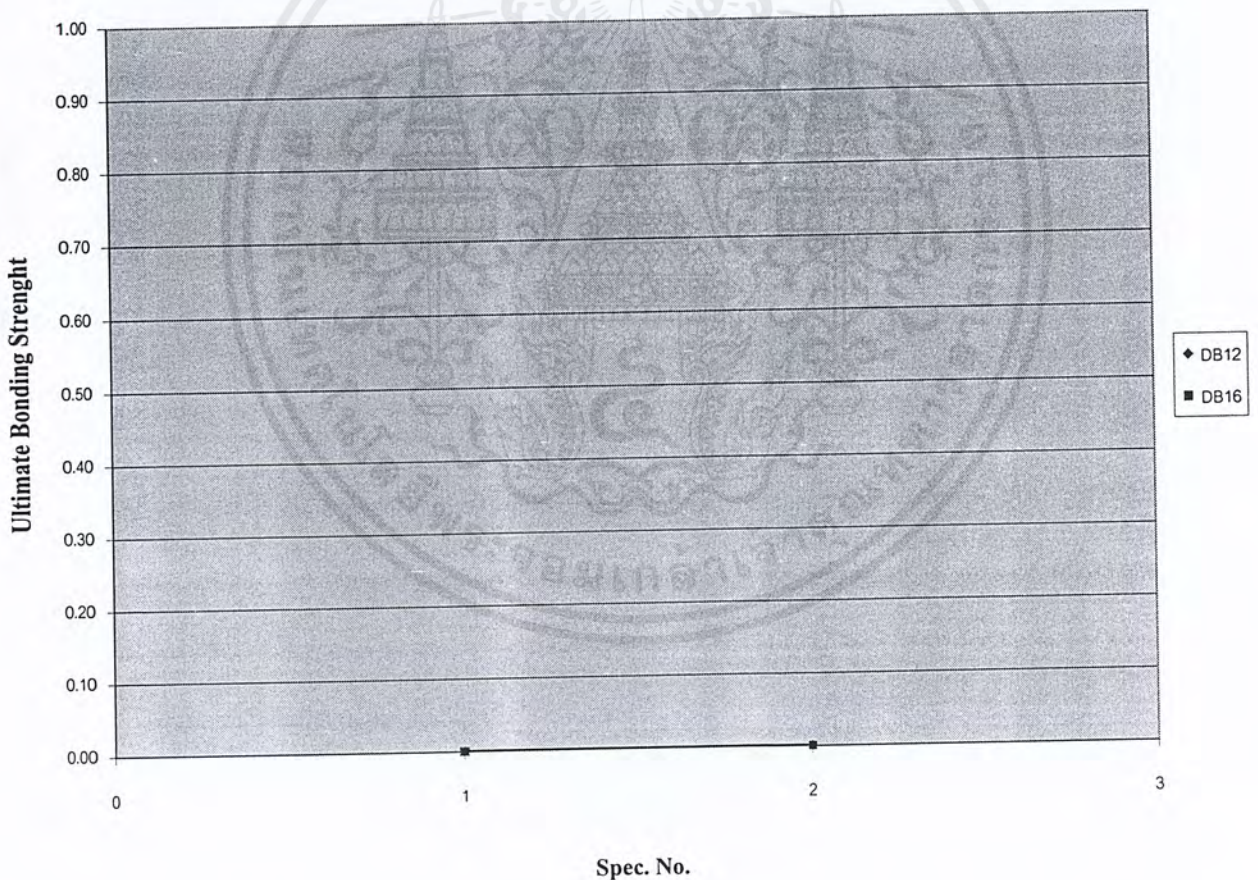


รูปที่ ผ.ญ.11. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม  
หลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.12. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม  
หลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน

ผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม ( Bonding Strength )							
หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน							
Spec. No	Type of Steel Bar	Dimeter	Bond Length	Bonding Area	Ultimate Load	Ultimate Bonding Strength	Average Ultimate Bonding Strength
	( DB,RB )	( cm. )	( cm. )	( cm. <sup>2</sup> )	( kg. )	( ksc. )	( ksc. )
1	DB12	1.17	15	55.14	0	0.00	0.00
2	DB12	1.17	15	55.14	0	0.00	
1	DB16	1.56	15	73.51	0	0.00	0.00
2	DB16	1.56	15	73.51	0	0.00	

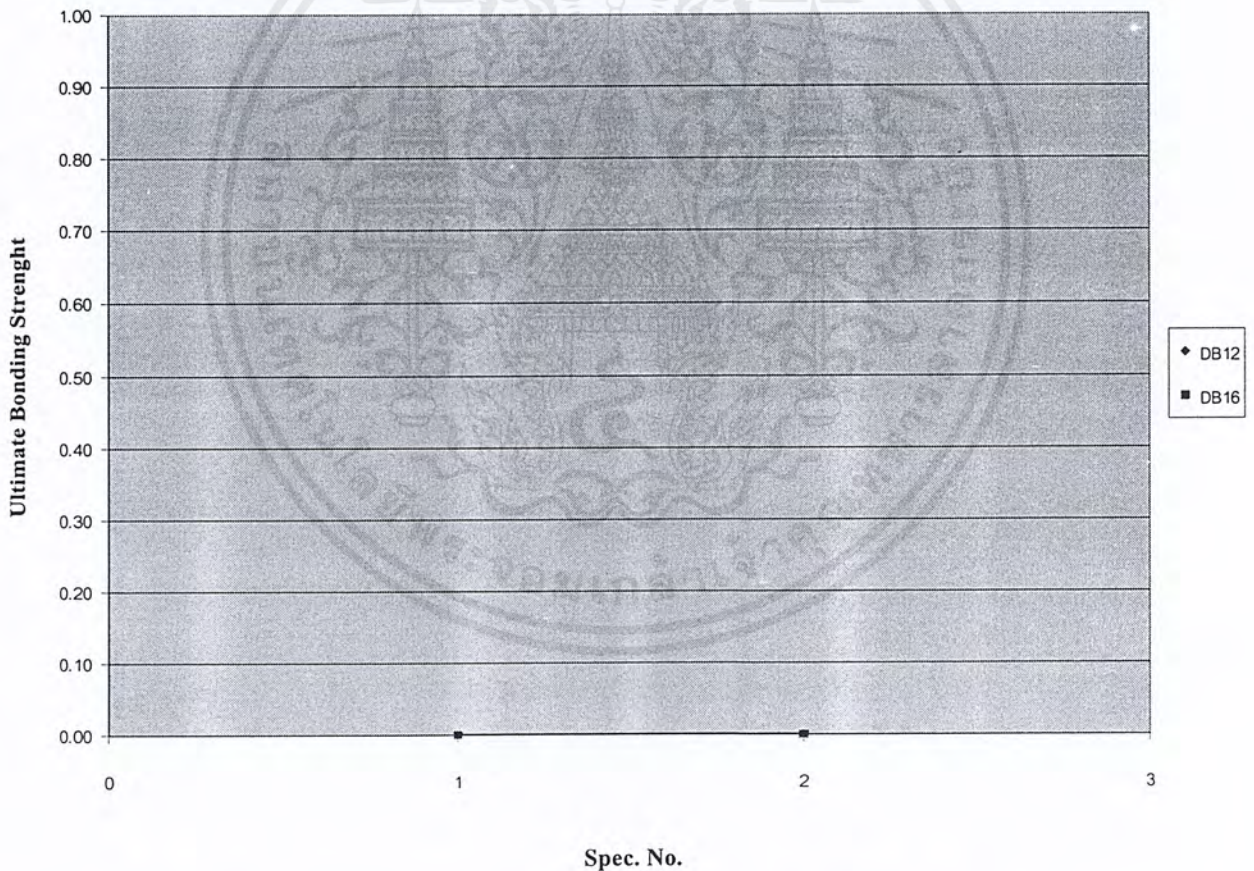


รูปที่ ผ.ญ. 12. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม  
หลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.13. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม  
หลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน

ผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม (Bonding Strength) หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน							
Spec. No	Type of Steel Bar	Dimeter	Bond Length	Bonding Area	Ultimate Load	Ultimate Bonding Strength	Average Ultimate Bonding Strength
	(DB,RB)	( cm.)	( cm.)	( cm. <sup>2</sup> )	( kg.)	( ksc.)	( ksc.)
1	DB12	1.2	15	56.55	0	0.00	0.00
2	DB12	1.19	15	56.08	0	0.00	
1	DB16	1.59	15	74.93	0	0.00	0.00
2	DB16	1.58	15	74.46	0	0.00	

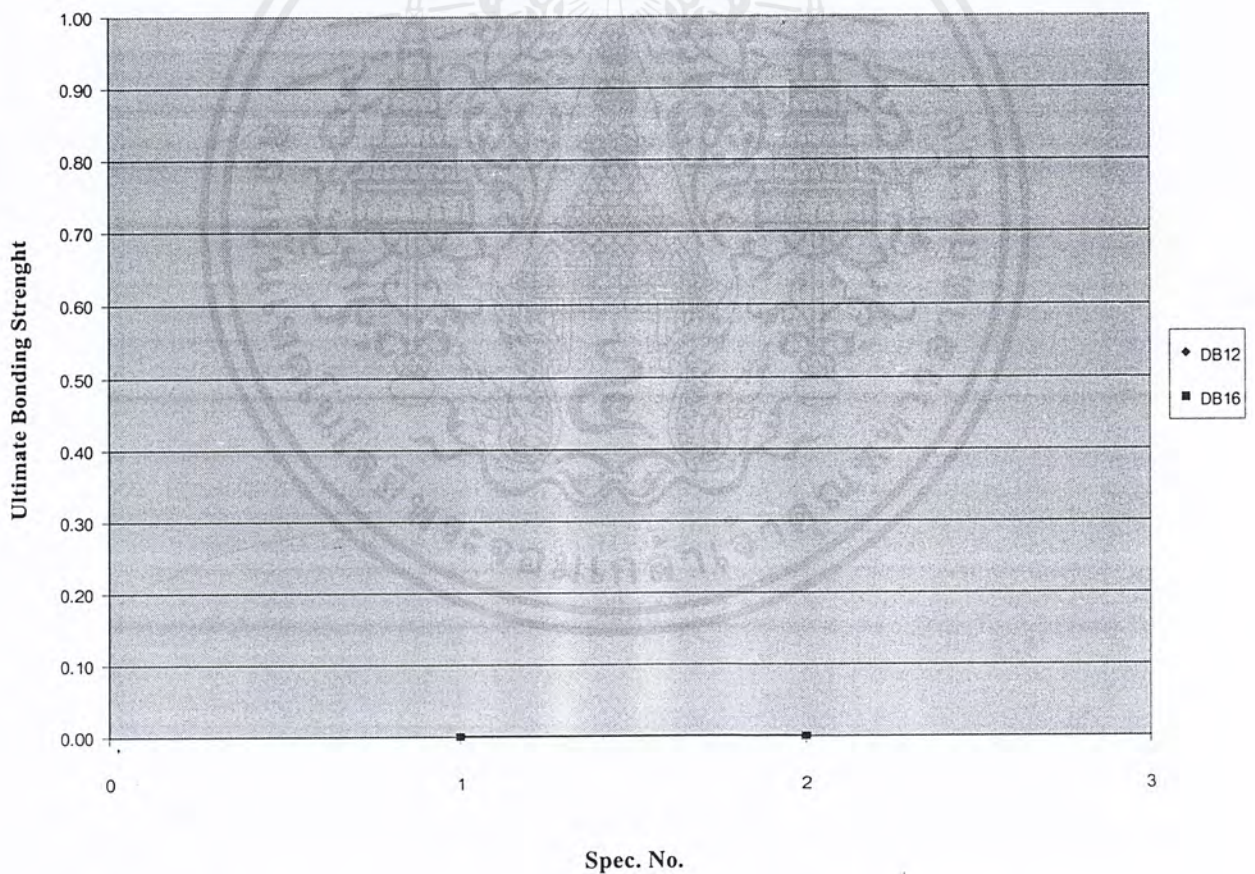


รูปที่ ผ.ญ.13. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม  
หลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ. 14. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม  
หลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน

ผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม ( Bonding Strenght )							
หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน							
Spec.No	Type of Steel Bar ( DB,RB )	Dimeter ( cm. )	Bond Length ( cm. )	Bonding Area ( cm. <sup>2</sup> )	Ultimate Load ( kg. )	Ultimate Bonding Strenght ( ksc. )	Average Ultimate Bonding Strenght ( ksc. )
1	DB12	1.2	15	56.55	0	0.00	0.00
2	DB12	1.19	15	56.08	0	0.00	
1	DB16	1.6	15	75.40	0	0.00	0.00
2	DB16	1.6	15	75.40	0	0.00	



รูปที่ ผ.ญ. 14. แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม  
หลังจากที่เผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.15. แสดงผลการทดสอบกำลังค้ำของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆก่อนผา

ผลการทดสอบกำลังค้ำของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ ก่อนผา			
Type of Reinforce Beam	Maximum Load	Bending Moment	Average Bending Moment
(RB,DB)	(kg.)	(kg-m.)	(kg-m.)
RB 12	6852	753.72	756.40
RB12	6616	727.76	
RB12	7161	787.71	
DB12	8866	975.26	1004.45
DB12	9112	1002.32	
DB12	9416	1035.76	
RB15	9695	1066.45	1089.73
RB15	9805	1078.55	
RB15	10220	1124.2	
DB16	11570	1272.7	1272.33
DB16	12050	1325.5	
DB16	11080	1218.8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.16. แสดงผลการทดสอบกำลังค้ำของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่าง ๆ  
 หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบกำลังค้ำของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน			
Type of Reinforce Beam	Maximum Load (kg.)	Bending Moment (kg-m.)	Average Bending Moment (kg-m.)
(RB,DB)			
RB 12	2397	263.67	259.33
RB12	2318	254.98	
DB12	4983	548.13	551.98
DB12	5053	555.83	
RB15	2813	309.43	308.61
RB15	2798	307.78	
DB16	5530	608.3	591.25
DB16	5220	574.2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.17. แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่าง ๆ  
 หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927 ° C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ			
หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927° C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน			
Type of Reinforce Beam	Maximum Load (kg.)	Bending Moment (kg-m.)	Average Bending Moment (kg-m.)
(RB,DB)	(kg.)	(kg-m.)	(kg-m.)
RB 12	2266	249.26	260.76
RB12	2475	272.25	
DB12	4900	539	546.26
DB12	5032	553.52	
RB15	2916	320.76	314.27
RB15	2798	307.78	
DB16	5500	605	589.05
DB16	5210	573.1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.18. แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ  
 หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ  
 หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน

Type of Reinforce Beam	Maximum Load (kg.)	Bending Moment (kg-m.)	Average Bending Moment (kg-m.)
RB 12	2512	276.32	259.82
RB12	2212	243.32	
DB12	4888	537.68	541.37
DB12	4955	545.05	
RB15	2833	311.63	309.16
RB15	2788	306.68	
DB16	5332	586.52	579.98
DB16	5213	573.43	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.19. แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่าง ๆ  
 หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ			
หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน			
Type of Reinforce Beam	Maximum Load (kg.)	Bending Moment (kg-m.)	Average Bending Moment (kg-m.)
(RB,DB)			
RB 12	2252	247.72	251.02
RB12	2312	254.32	
DB12	4656	512.16	514.47
DB12	4698	516.78	
RB15	2384	262.24	266.09
RB15	2454	269.94	
DB16	4798	527.78	523.27
DB16	4716	518.76	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.20. แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่าง ๆ  
 หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ			
หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน			
Type of Reinforce Beam	Maximum Load	Bending Moment	Average Bending Moment
(RB,DB)	(kg.)	(kg-m.)	(kg-m.)
RB 12	2182	240.02	256.69
RB12	2485	273.35	
DB12	4787	526.57	515.08
DB12	4578	503.58	
RB15	2270	249.7	259.77
RB15	2453	269.83	
DB16	4775	525.25	523.82
DB16	4749	522.39	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.21. แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่าง ๆ  
 หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน			
Type of Reinforce Beam	Maximum Load (kg.)	Bending Moment (kg-m.)	Average Bending Moment (kg-m.)
(RB,DB)	(kg.)	(kg-m.)	(kg-m.)
RB 12	2015	221.65	246.29
RB12	2463	270.93	
DB12	4655	512.05	514.58
DB12	4701	517.11	
RB15	2302	253.22	256.91
RB15	2369	260.59	
DB16	4722	519.42	524.04
DB16	4806	528.66	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.22. แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่าง ๆ  
 หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ			
หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน			
Type of Reinforce Beam	Maximum Load (kg.)	Bending Moment (kg-m.)	Average Bending Moment (kg-m.)
(RB,DB)	(kg.)	(kg-m.)	(kg-m.)
RB 12	0	0	0.00
RB12	0	0	
DB12	0	0	0.00
DB12	0	0	
RB15	0	0	0.00
RB15	0	0	
DB16	0	0	0.00
DB16	0	0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.23. แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่าง ๆ  
 หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ที่งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ  
 หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ที่งไว้เป็นเวลา 21 วัน

Type of Reinforce Beam	Maximum Load (kg.)	Bending Moment (kg-m.)	Average Bending Moment (kg-m.)
RB 12	0	0	0.00
RB12	0	0	
DB12	0	0	0.00
DB12	0	0	
RB15	0	0	0.00
RB15	0	0	
DB16	0	0	0.00
DB16	0	0	

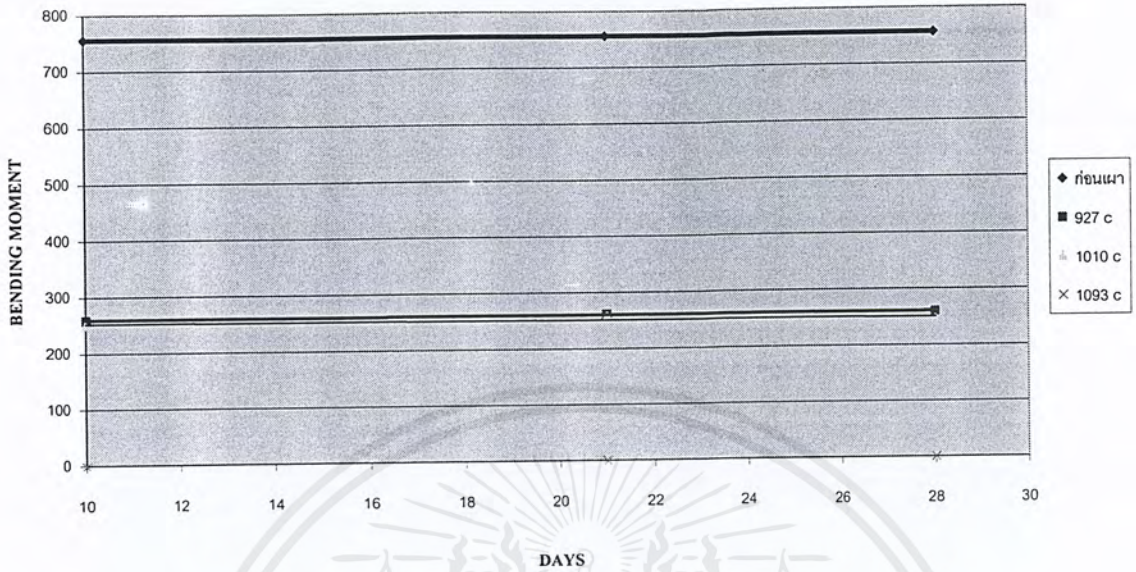
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.24. แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่าง ๆ  
 หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน			
Type of Reinforce Beam	Maximum Load (kg.)	Bending Moment (kg-m.)	Average Bending Moment (kg-m.)
(RB,DB)			
RB 12	0	0	0.00
RB12	0	0	
DB12	0	0	0.00
DB12	0	0	
RB15	0	0	0.00
RB15	0	0	
DB16	0	0	0.00
DB16	0	0	

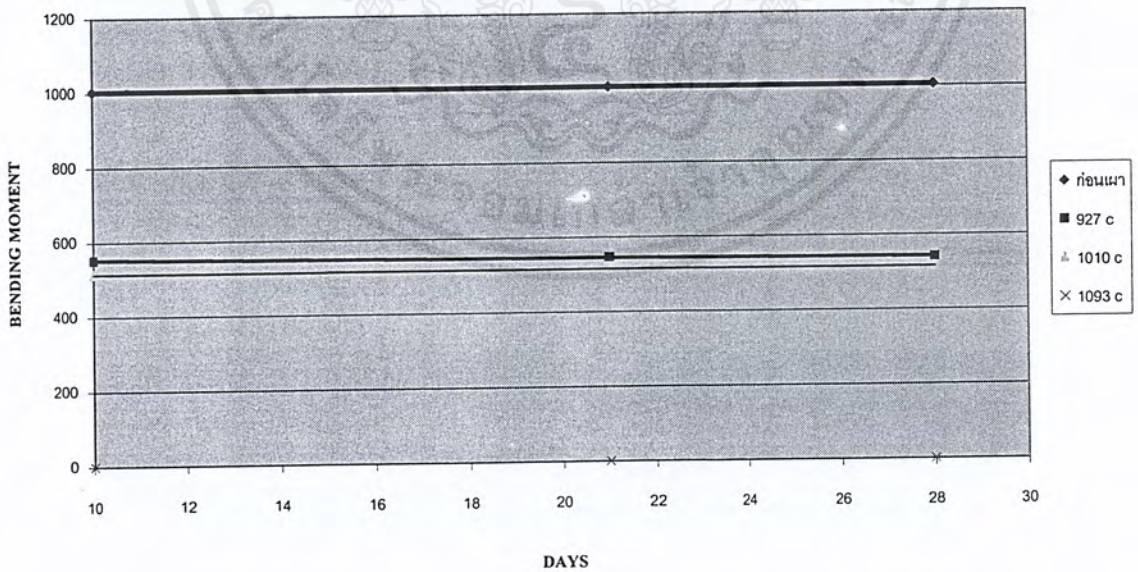
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กRB12



รูปที่ ผ.ญ.15. แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก RB 12

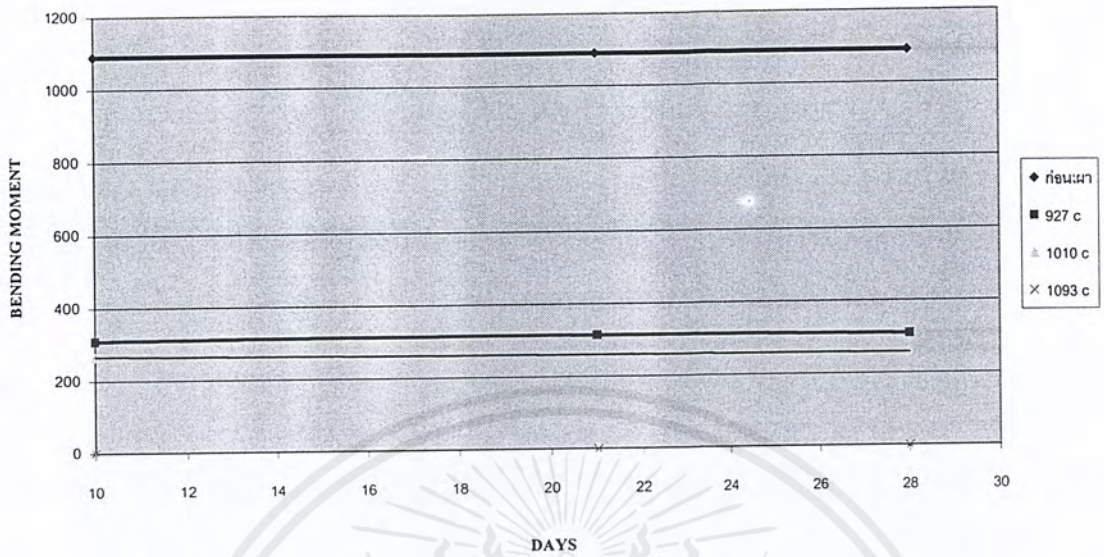
ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กDB12



รูปที่ ผ.ญ.16. แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก DB 12

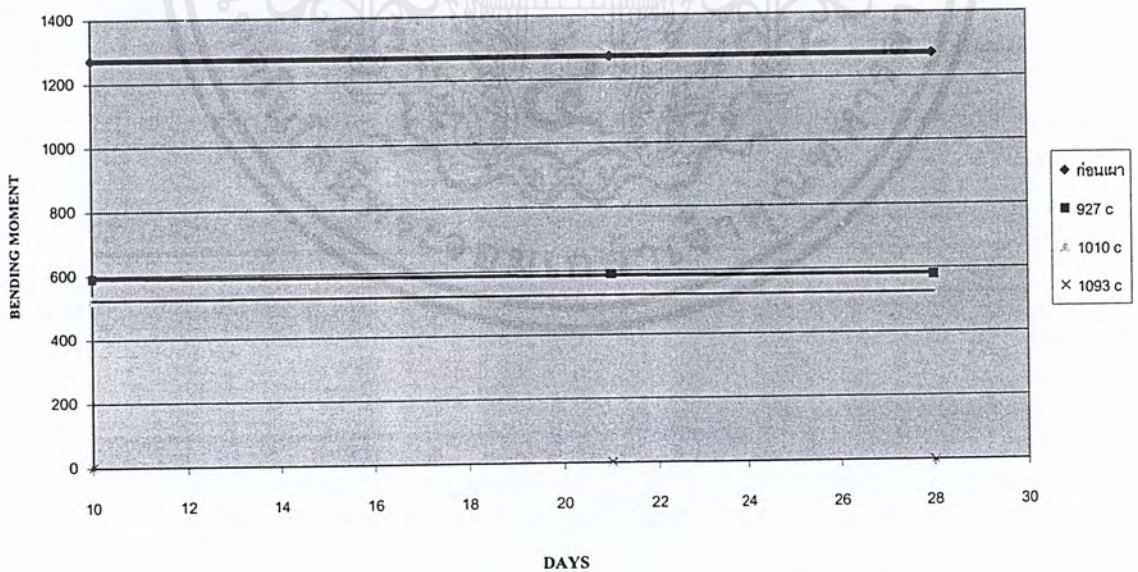
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กRB15



รูปที่ ผ.ญ.17. แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก RB 15

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กDB16



รูปที่ ผ.ญ.18. แสดงผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก DB 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ. 25. แสดงกำลังดึงของเหล็กเส้นชนิดต่าง ๆ ก่อนเผา

กำลังดึงของเหล็กเส้นชนิดต่าง ๆ ก่อนเผา													
Spec. No.	Type of Steel Bar	Cross Section Area (cm. <sup>2</sup> )	Load			Tensile Stress			Gauge Length (cm.)	Elongation		Average Tensile Stress	
			Yield (kg.)	Ultimate (kg.)	Yield (ksc)	Ultimate (ksc)	(cm.)	(%)		Yield (ksc)	Ultimate (ksc)		
1	RB12	0.93	4087	5116	4418.38	5530.81	6	1.9	31.67	4280.72	5542.70		
2	RB12	0.93	3876	5145	4190.27	5562.16	6	2.1	35.00				
3	RB12	0.93	3916	5120	4233.51	5535.14	6	1.8	30.00				
1	DB12	1.12	5600	7877	5000.00	7033.04	6	1.6	26.67	4941.00	6922.30		
2	DB12	1.13	5450	7580	4823.01	6707.96	6	1.8	30.00				
3	DB12	1.12	5600	7869	5000.00	7025.89	6	1.7	28.33				
1	RB15	1.79	6531	8584	3650.64	4798.21	8	2.8	35.00	3684.79	4841.93		
2	RB15	1.77	6450	8580	3644.07	4847.46	8	3.1	38.75				
3	RB15	1.76	6617	8589	3759.66	4880.11	8	2.8	35.00				
1	DB16	1.95	7930	12110	4066.67	6210.26	8	1.7	21.25	4088.21	6163.15		
2	DB16	1.97	8050	12100	4086.29	6142.13	8	1.7	21.25				
3	DB16	1.97	8100	12090	4111.68	6137.06	8	1.6	20.00				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ. 26. แสดงกำลังดึงของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทั้งไว้เป็นเวลา

Spec. No.	Type of Steel Bar	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load		Tensile Stress		Gauge Length (cm)	Elongation		Average	
			Yield (kg.)	Ultimate (kg.)	Yield (ksc)	Ultimate (ksc)		(cm.)	(%)	Tensile Stress Yield (ksc)	Tensile Stress Ultimate (ksc)
1	RB12	0.93	3432	4955	3690.32	5327.96	6	1.4	23.33	3778.42	5286.72
	RB12	0.93	3694	4911	3972.04	5280.65	6	1.5	25.00		
	RB12	0.94	3411	4927	3628.72	5241.49	6	1.6	26.67		
1	RB12	0.93	3555	4926	3822.58	5296.77	6	1.5	25.00	4561.67	6469.63
	DB12	1.13	5251	7291	4646.90	6452.21	6	1.5	25.00		
	DB12	1.12	5042	7312	4501.79	6528.57	6	1.8	30.00		
2	DB12	1.13	5113	7294	4524.78	6454.87	6	1.6	26.67	2908.34	4498.02
	DB12	1.12	5122	7216	4573.21	6442.86	6	1.6	26.67		
	RB15	1.77	5130	7991	2898.31	4514.69	8	2.1	26.25		
2	RB15	1.76	5216	7954	2963.64	4519.32	8	2	25.00	3678.54	5848.31
	RB15	1.79	5166	7994	2886.03	4465.92	8	2.2	27.50		
	RB15	1.78	5136	7996	2885.39	4492.13	8	2	25.00		
1	DB16	1.97	7266	11450	3688.32	5812.18	8	1.9	23.75	3678.54	5848.31
	DB16	1.98	7162	11594	3617.17	5855.56	8	1.8	22.50		
	DB16	1.96	7256	11483	3702.04	5858.67	8	1.7	21.25		
2	DB16	1.96	7265	11499	3706.63	5866.84	8	1.7	21.25		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ. 27. แสดงกำลังดึงของเหล็กหลังจากรีดจากเผาที่อุณหภูมิ 927 ° C ที่ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน

Spec. No.	Type of Steel Bar	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load		Tensile Stress		Gauge Length (cm)	Elongation		Average	
			Yield (kg.)	Ultimate (kg.)	Yield (ksc)	Ultimate (ksc)		(cm)	(%)	Tensile Stress Yield (ksc)	Tensile Stress Ultimate (ksc)
1	RB12	0.93	3352	4860	3604.30	5225.81	6	1.4	23.33	3724.02	5216.45
	RB12	0.94	3658	4904	3891.49	5217.02	6	1.6	26.67		
2	RB12	0.94	3454	4855	3674.47	5164.89	6	1.5	25.00	3724.02	5216.45
	RB12	0.93	3465	4890	3725.81	5258.06	6	1.45	24.17		
1	DB12	1.12	5125	7292	4575.89	6510.71	6	1.5	25.00	4546.33	6533.42
	DB12	1.13	5086	7331	4500.88	6487.61	6	1.8	30.00		
2	DB12	1.13	5136	7391	4545.13	6540.71	6	1.8	30.00	4546.33	6533.42
	DB12	1.12	5111	7386	4563.39	6594.64	6	1.6	26.67		
1	RB15	1.78	5125	7972	2879.21	4478.65	8	2.1	26.25	2888.66	4497.39
	RB15	1.77	5200	7998	2937.85	4518.64	8	2	25.00		
2	RB15	1.76	5011	7972	2847.16	4529.55	8	2.2	27.50	2888.66	4497.39
	RB15	1.77	5116	7899	2890.40	4462.71	8	2.1	26.25		
1	DB16	1.97	7250	11490	3680.20	5832.49	8	1.9	23.75	3673.49	5814.59
	DB16	1.98	7150	11560	3611.11	5838.38	8	1.9	23.75		
2	DB16	1.97	7256	11325	3683.25	5748.73	8	1.9	23.75	3673.49	5814.59
	DB16	1.96	7290	11444	3719.39	5838.78	8	1.8	22.50		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ. 28. แสดงกำลังดึงของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทั้งไว้เป็นเวลา 28 วัน

Spec. No.	Type of Steel Bar	Cross Section Area (cm. <sup>2</sup> )	Load		Tensile Stress		Gauge Length (cm.)	Elongation		Average	
			Yield (kg.)	Ultimate (kg.)	Yield (ksc)	Ultimate (ksc)		(cm.)	(%)	Tensile Stress Yield (ksc)	Tensile Stress Ultimate (ksc)
1	RB12	0.93	3216	4855	3458.06	5220.43	6	1.6	26.67	3685.71	5228.96
	RB12	0.94	3659	4911	3892.55	5224.47	6	1.5	25.00		
	RB12	0.94	3312	4889	3523.40	5201.06	6	1.5	25.00		
2	RB12	0.93	3598	4901	3868.82	5269.89	6	1.6	26.67	4504.99	6431.75
	DB12	1.12	5013	7291	4475.89	6509.82	6	1.8	30.00		
	DB12	1.13	5111	7313	4523.01	6471.68	6	1.7	28.33		
2	DB12	1.13	5019	7122	4441.59	6302.65	6	1.7	28.33	2908.68	4453.21
	DB12	1.12	5129	7216	4579.46	6442.86	6	1.8	30.00		
	RB15	1.78	5105	7896	2867.98	4435.96	8	2.1	26.25		
2	RB15	1.77	5196	7986	2935.59	4511.86	8	2	25.00	3655.63	5753.09
	RB15	1.76	5123	7756	2910.80	4406.82	8	2.2	27.50		
	RB15	1.77	5169	7891	2920.34	4458.19	8	2.4	30.00		
1	DB16	1.97	7115	11560	3611.68	5868.02	8	2.1	26.25	2908.68	4453.21
	DB16	1.96	7116	10998	3630.61	5611.22	8	1.9	23.75		
	DB16	1.97	7246	11250	3678.17	5710.66	8	1.9	23.75		
2	DB16	1.96	7256	11412	3702.04	5822.45	8	1.8	22.50		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ. 29. แสดงกำลังดึงของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทั้งไว้เป็นเวลา 10 วัน

Spec. No.	Type of Steel Bar	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load				Tensile Stress			Gauge Length (cm)	Elongation		Average	
			Yield (kg.)	Ultimate (kg.)	Yield (ksc)	Ultimate (ksc)	Yield (ksc)	Ultimate (ksc)	Yield (ksc)		Ultimate (ksc)	Tensile Stress Yield (ksc)	Tensile Stress Ultimate (ksc)	
														(%)
1	RB12	0.93	3575	4772	3844.09	5131.18	6	1.2	20.00	3758.40	5101.60			
	RB12	0.94	3456	4821	3676.60	5128.72	6	1.2	20.00					
2	RB12	0.94	3570	4771	3797.87	5075.53	6	1.3	21.67	4348.21	5993.50			
	RB12	0.93	3455	4716	3715.05	5070.97	6	1.4	23.33					
1	DB12	1.12	4973	6711	4440.18	5991.96	6	1.4	23.33	2842.44	4073.12			
	DB12	1.13	4811	6701	4257.52	5930.09	6	1.2	20.00					
2	DB12	1.12	4983	6799	4449.11	6070.54	6	1.2	20.00	3323.39	5462.83			
	DB12	1.13	4798	6759	4246.02	5981.42	6	1.1	18.33					
1	RB15	1.76	5016	7166	2850.00	4071.59	8	2.1	26.25	2842.44	4073.12			
	RB15	1.77	5101	7201	2881.92	4068.36	8	2.1	26.25					
2	RB15	1.77	4983	7211	2815.25	4074.01	8	2	25.00	3323.39	5462.83			
	RB15	1.77	4996	7219	2822.60	4078.53	8	2	25.00					
1	DB16	1.97	6743	10761	3422.84	5462.44	8	1.9	23.75	2842.44	4073.12			
	DB16	1.98	6133	10895	3097.47	5502.53	8	1.9	23.75					
2	DB16	1.98	6710	10778	3388.89	5443.43	8	2	25.00	3323.39	5462.83			
	DB16	1.98	6701	10777	3384.34	5442.93	8	1.8	22.50					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ. 30. แสดงกำลังดึงของเหล็กหลังจกเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ที่ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน

Spec. No.	Type of Steel Bar	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load			Tensile Stress			Gauge Length (cm)	Elongation		Average	
			Yield (kg.)	Ultimate (kg.)	Yield (ksc)	Ultimate (ksc)	Yield (%)	Ultimate (%)		Tensile Stress Yield (ksc)	Tensile Stress Ultimate (ksc)		
1	RB12	0.94	3401	4712	3618.09	5012.77	6	1.6	26.67	3649.29	5015.92		
	RB12	0.93	3465	4754	3725.81	5111.83	6	1.5	25.00				
	RB12	0.95	3413	4681	3592.63	4927.37	6	1.5	25.00				
	RB12	0.94	3441	4711	3660.64	5011.70	6	1.6	26.67				
1	DB12	1.13	4979	6722	4406.19	5948.67	6	1.3	21.67	4365.93	5952.17		
	DB12	1.12	4769	6716	4258.04	5996.43	6	1.5	25.00				
	DB12	1.12	4977	6701	4443.75	5983.04	6	1.3	21.67				
	DB12	1.13	4922	6645	4355.75	5880.53	6	1.3	21.67				
1	RB15	1.76	4912	7210	2790.91	4096.59	8	2.1	26.25	2857.36	4081.08		
	RB15	1.77	5103	7120	2883.05	4022.60	8	2	25.00				
	RB15	1.78	5126	7456	2879.78	4188.76	8	2	25.00				
	RB15	1.77	5090	7109	2875.71	4016.38	8	2.1	26.25				
1	DB16	2.01	6472	10660	3219.90	5303.48	8	1.8	22.50	3216.54	5330.22		
	DB16	2.01	6416	10890	3192.04	5417.91	8	1.9	23.75				
	DB16	2.01	6478	10650	3222.89	5298.51	8	1.9	23.75				
	DB16	2.01	6495	10655	3231.34	5301.00	8	2	25.00				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ. 31. แสดงกำลังดึงของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทั้งไว้เป็นเวลา 28 วัน

Spec. No.	Type of Steel Bar	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load			Tensile Stress			Gauge Length (cm)	Elongation		Average	
			Yield (kg)	Ultimate (kg)	Yield (ksc)	Ultimate (ksc)	Yield (%)	Ultimate (%)		Tensile Stress Yield (ksc)	Tensile Stress Ultimate (ksc)		
1	RB12	0.94	3398	4828	3614.89	5136.17	6	1.5	25.00	3636.50	5102.59		
	RB12	0.93	3412	4766	3668.82	5124.73	6	1.6	26.67				
	RB12	0.93	3401	4788	3656.99	5148.39	6	1.4	23.33				
	RB12	0.94	3389	4701	3605.32	5001.06	6	1.6	26.67				
1	DB12	1.12	4826	6699	4308.93	5981.25	6	1.5	25.00	4273.03	5945.98		
	DB12	1.13	4911	6716	4346.02	5943.36	6	1.4	23.33				
	DB12	1.13	4723	6712	4179.65	5939.82	6	1.5	25.00				
	DB12	1.13	4811	6689	4257.52	5919.47	6	1.4	23.33				
1	RB15	1.76	5033	7198	2859.66	4089.77	8	2.1	26.25	2829.91	4081.01		
	RB15	1.76	4983	7149	2831.25	4061.93	8	2.4	30.00				
	RB15	1.77	4977	7210	2811.86	4073.45	8	2.4	30.00				
	RB15	1.78	5014	7296	2816.85	4098.88	8	2.5	31.25				
1	DB16	2.01	6444	10756	3205.97	5351.24	8	1.9	23.75	3212.44	5359.95		
	DB16	2.01	6498	10698	3232.84	5322.39	8	1.9	23.75				
	DB16	2.01	6419	10815	3193.53	5380.60	8	2	25.00				
	DB16	2.01	6467	10825	3217.41	5385.57	8	2	25.00				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ. 32. แสดงกำลังดึงของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทั้งไว้เป็นเวลา 10 วัน

กำลังดึงของเหล็กเส้นหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทั้งไว้เป็นเวลา 10 วัน												
Spec. No.	Type of Steel Bar	Cross Section		Load		Tensile Stress		Gauge Length (cm.)	Elongation		Average	
		Area (cm. <sup>2</sup> )	Yield (kg.)	Ultimate (kg.)	Yield (ksc)	Ultimate (ksc)	(cm.)		(%)	Tensile Stress Yield (ksc)	Tensile Stress Ultimate (ksc)	
1	RB12	0.87	2949	4222	3389.66	4852.87	6	1.3	21.67	3300.17	4778.81	
	RB12	0.87	2845	4165	3270.11	4787.36	6	1.2	20.00			
2	RB12	0.88	2845	4125	3232.95	4687.50	6	1.4	23.33	3300.17	4778.81	
	RB12	0.88	2911	4213	3307.95	4787.50	6	1.4	23.33			
1	DB12	1.07	3845	6244	3593.46	5835.51	6	1.3	21.67	3596.08	5757.72	
	DB12	1.08	3866	6042	3579.63	5594.44	6	1.3	21.67			
2	DB12	1.07	3845	6213	3593.46	5806.54	6	1.4	23.33	3596.08	5757.72	
	DB12	1.07	3871	6200	3617.76	5794.39	6	1.2	20.00			
1	RB15	1.70	4112	7042	2418.82	4142.35	8	2.1	26.25	2407.30	4148.74	
	RB15	1.69	3991	7001	2361.54	4142.60	8	1.9	23.75			
2	RB15	1.70	4121	7125	2424.12	4191.18	8	2	25.00	2407.30	4148.74	
	RB15	1.70	4122	7002	2424.71	4118.82	8	2	25.00			
1	DB16	1.92	5221	9322	2719.27	4855.21	8	1.8	22.50	2745.52	4954.38	
	DB16	1.91	5298	9695	2773.82	5075.92	8	1.9	23.75			
2	DB16	1.91	5232	9392	2739.27	4917.28	8	2	25.00	2745.52	4954.38	
	DB16	1.91	5252	9491	2749.74	4969.11	8	1.8	22.50			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ. 33. แสดงกำลังดึงของเหล็กหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทั้งไว้เป็นเวลา 21 วัน

Spec. No.	Type of Steel Bar	Cross Section Area (cm. <sup>2</sup> )	Load			Tensile Stress			Gauge Length (cm.)	Elongation		Average	
			Yield (kg.)	Ultimate (kg.)	Yield (ksc)	Ultimate (ksc)	Yield (%)	Ultimate (%)		Tensile Stress Yield (ksc)	Tensile Stress Ultimate (ksc)		
1	RB12	0.86	2838	4145	3300.00	4819.77	6	1.3	21.67	3338.01	4776.30		
			2878	4192	3270.45	4763.64	6	1.4	23.33				
			2945	4111	3385.06	4725.29	6	1.5	25.00				
			2921	4125	3396.51	4796.51	6	1.6	26.67				
1	DB12	1.07	3865	6204	3612.15	5798.13	6	1.3	21.67	3567.45	5619.14		
			3842	5942	3557.41	5501.85	6	1.2	20.00				
			3826	6001	3575.70	5608.41	6	1.2	20.00				
			3877	6125	3524.55	5568.18	6	1.3	21.67				
1	RB15	1.69	4157	7041	2459.76	4166.27	8	2.1	26.25	2399.66	4171.26		
			3809	7003	2267.26	4168.45	8	2.2	27.50				
			4121	7002	2438.46	4143.20	8	2	25.00				
			4112	7110	2433.14	4207.10	8	2.4	30.00				
1	DB16	1.91	5220	9321	2732.98	4880.10	8	1.9	23.75	2739.60	4909.63		
			5271	9675	2745.31	5039.06	8	1.7	21.25				
			5221	9333	2733.51	4886.39	8	1.8	22.50				
			5246	9231	2746.60	4832.98	8	2	25.00				

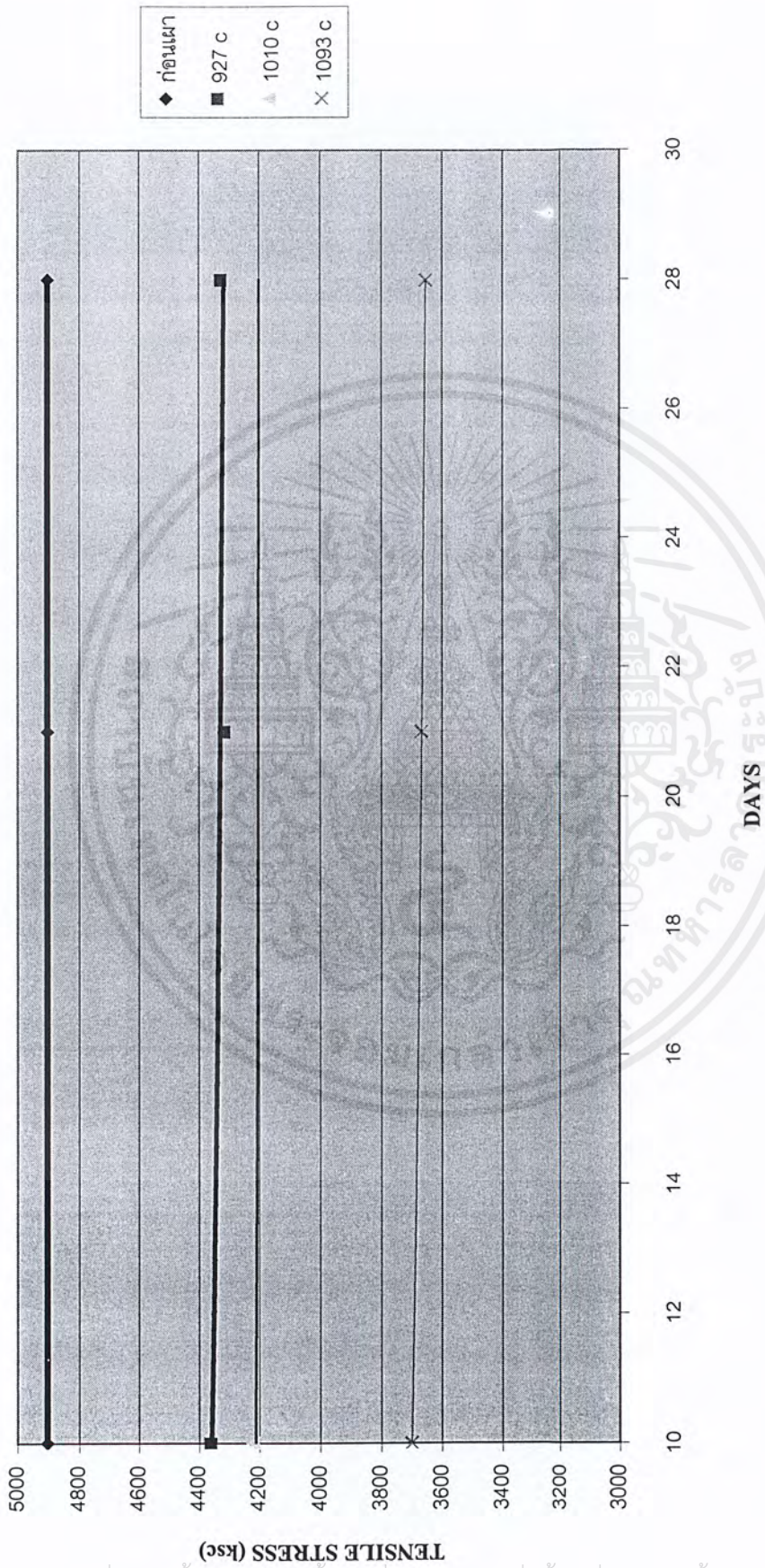
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ. 34. แสดงกำลังดึงของเหล็กดึงจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทั้งไว้เป็นเวลา 28 วัน

Spec. No.	Type of Steel Bar	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load			Tensile Stress			Gauge Length (cm.)	Elongation		Average	
			Yield (kg.)	Ultimate (kg.)	Yield (ksc)	Ultimate (ksc)	Yield (%)	Ultimate (%)		Tensile Stress Yield (ksc)	Tensile Stress Ultimate (ksc)		
1	RB12	0.86	2825	4102	3269.68	4747.69	6	2	33.33	3311.51	4768.01		
	RB12	0.86	2877	4145	3345.35	4819.77	6	2.5	41.67				
	RB12	0.87	2813	4103	3233.33	4716.09	6	2.3	38.33				
	RB12	0.87	2956	4166	3397.70	4788.51	6	2.2	36.67				
1	DB12	1.07	3844	5996	3592.52	5603.74	6	2	33.33	3588.45	5627.80		
	DB12	1.08	3856	5987	3570.37	5543.52	6	2	33.33				
	DB12	1.07	3871	6104	3617.76	5704.67	6	2.1	35.00				
	DB12	1.08	3859	6112	3573.15	5659.26	6	2.1	35.00				
1	RB15	1.69	4016	6993	2376.33	4137.87	8	3	37.50	2365.43	4169.99		
	RB15	1.68	3994	7012	2377.38	4173.81	8	2.9	36.25				
	RB15	1.69	3978	6978	2353.85	4128.99	8	3	37.50				
	RB15	1.68	3955	7122	2354.17	4239.29	8	3	37.50				
1	DB16	1.91	5116	9321	2678.53	4880.10	8	2.9	36.25	2683.63	4873.56		
	DB16	1.92	5201	9221	2708.85	4802.60	8	2.8	35.00				
	DB16	1.91	5212	9369	2728.80	4905.24	8	2.6	32.50				
	DB16	1.91	5001	9371	2618.32	4906.28	8	2.9	36.25				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

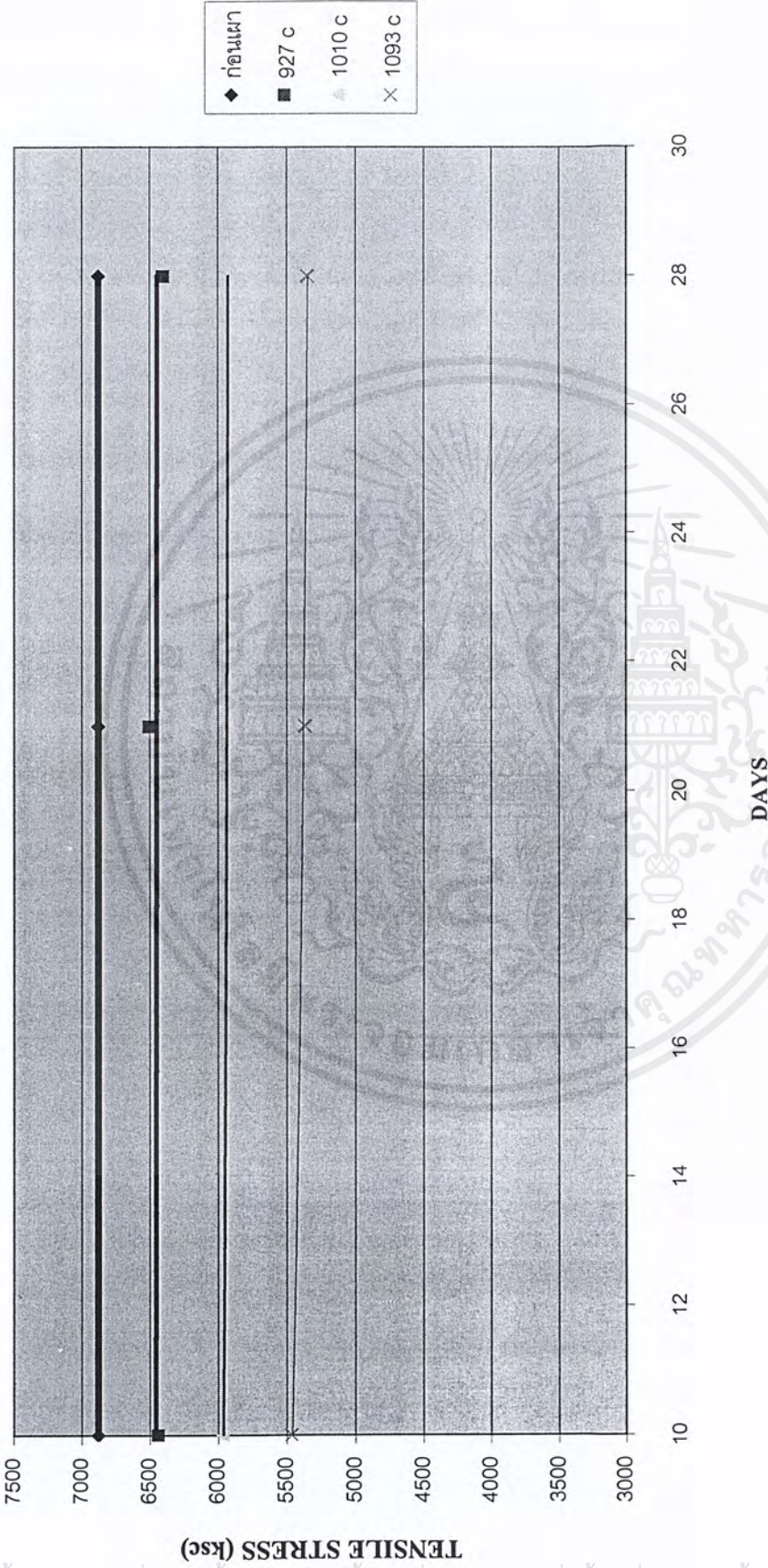
กำลังดึงของเหล็ก RB12 อุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ ผ.ญ. 19. แสดงกำลังดึงของเหล็ก RB 12 ที่เผา ณ อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

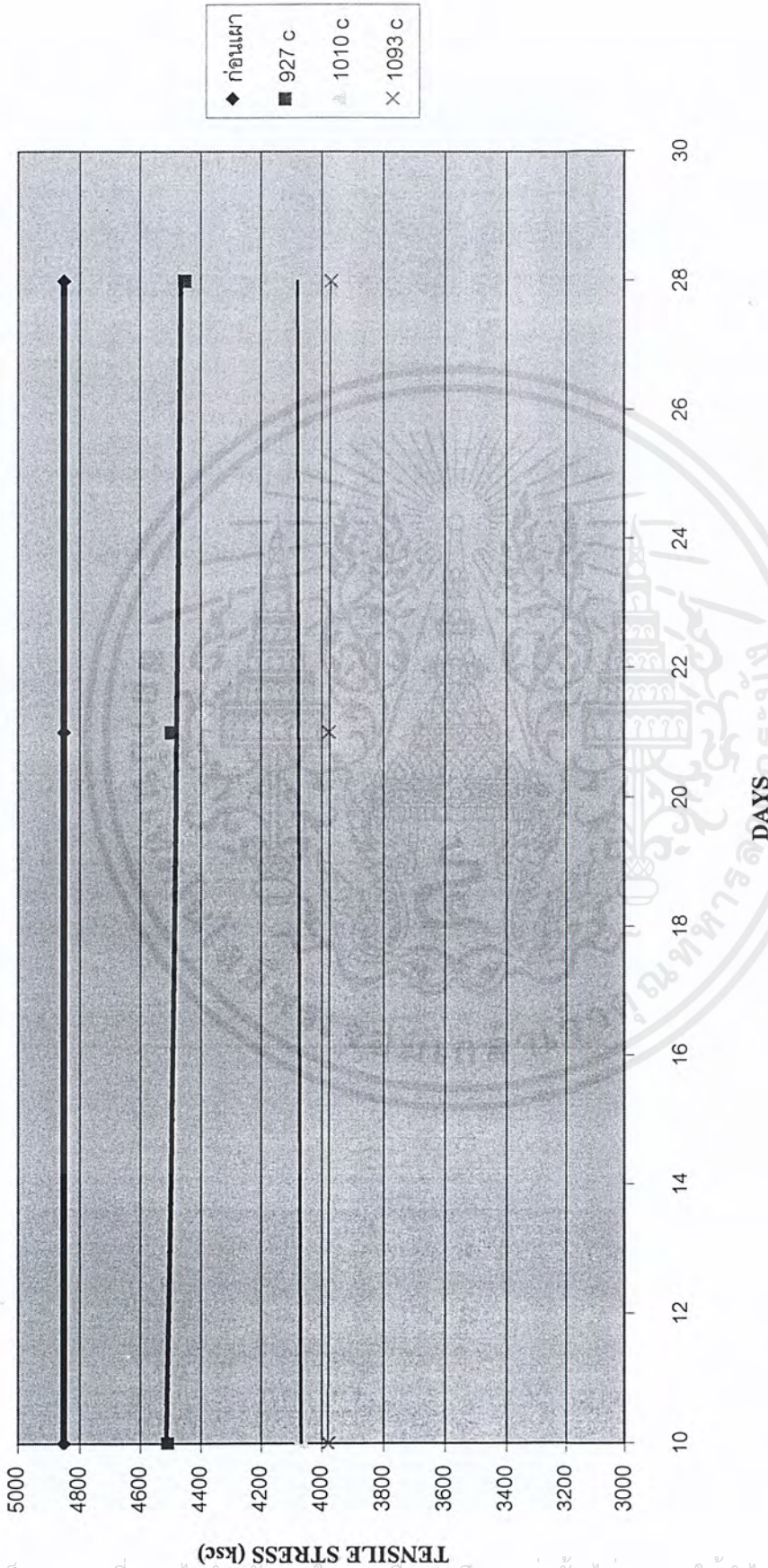
กำลังดึงของเหล็ก DB12 อุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ ผ.ญ. 20. แสดงกำลังดึงของเหล็ก DB 12 ที่เผา ณ อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

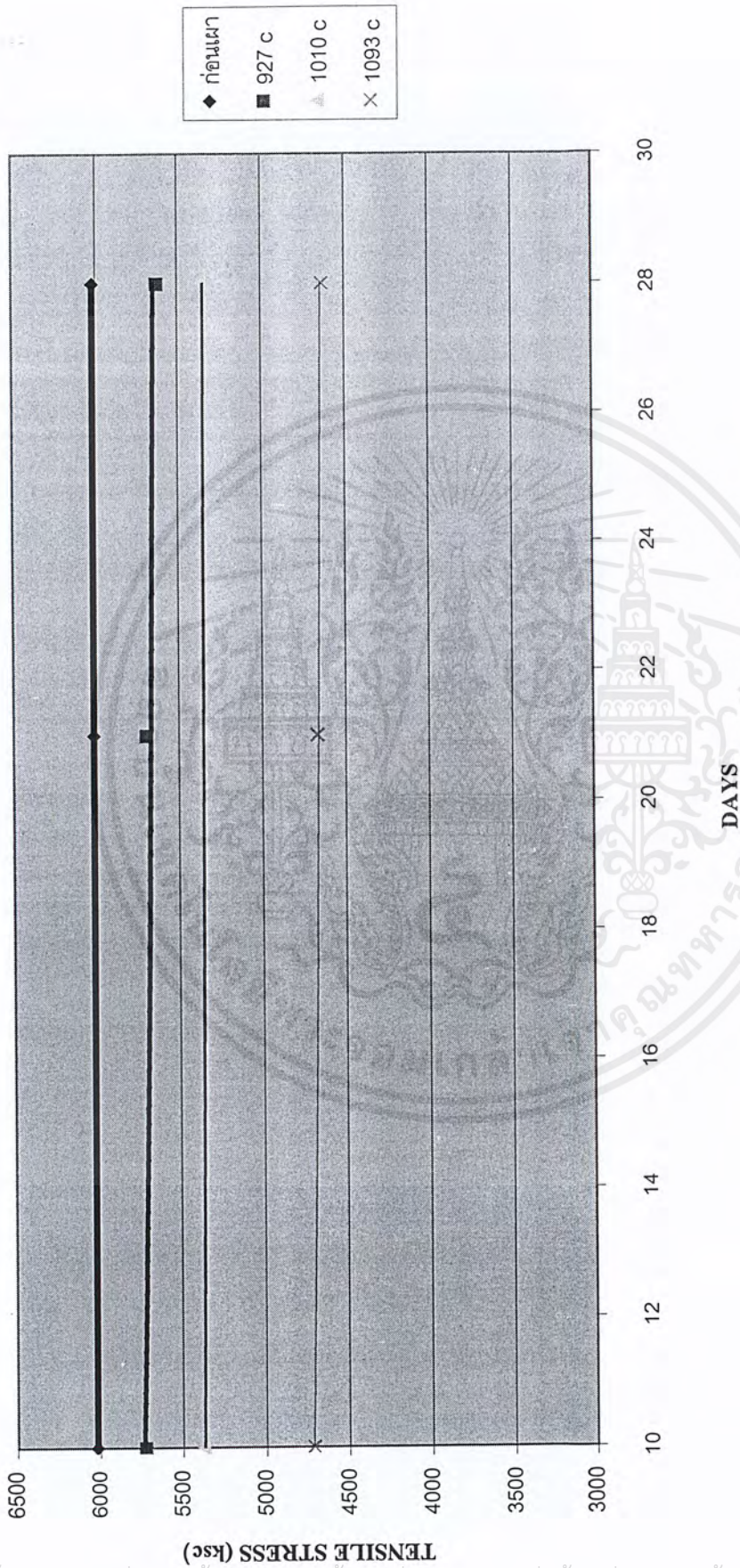
กำลังดึงของเหล็ก RB15 อุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ ผ.ญ. 21. แสดงกำลังดึงของเหล็ก RB 15 ที่เผา ณ อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังดึงของเหล็ก DB16 อุณหภูมิต่างๆ

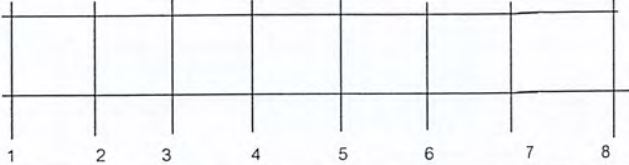


รูปที่ ผ.ญ. 22. แสดงกำลังดึงของเหล็ก DB 16 ที่เผา ณ อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

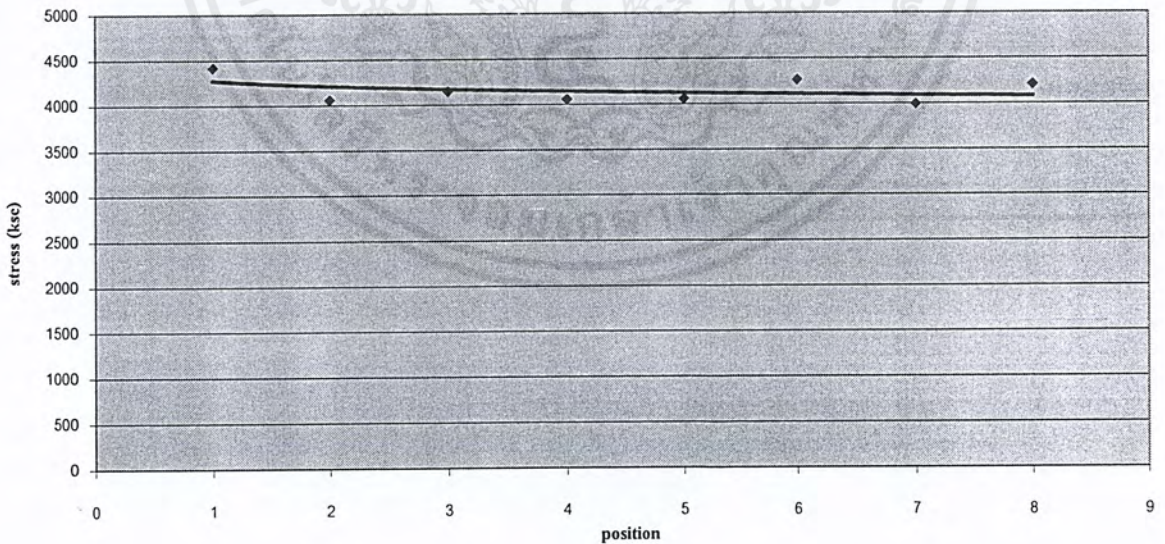
ตารางที่ ผ.ญ.35. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก ไม้เผาไฟ

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
ไม้เผาไฟ



SPEC NO.	POSITION	TYPE&DIAMETER OF STEEL		GRADE OF STEEL	LENGTH (M)	WEIGHT (Kg)	DIAMETER (mm)	CROSS SECTION AREA (cm <sup>2</sup> )	LOAD (Kg)	STRESS (ksc)	AVERAGE STRESS (ksc)
		DB	RB								
1	1		6				5.5	0.48	2100	4417.73	4150.65
	2		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	3		6				5.4	0.46	1900	4146.40	
	4		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	5		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	6		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	7		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	8		6				5.5	0.48	2000	4207.36	

แรงเฉือนเหล็กปลอกก่อนเผาไฟ ตัวอย่างที่ 1

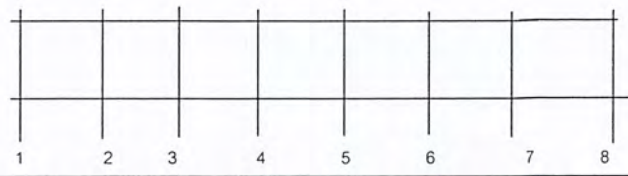


รูปที่ ผ.ญ.23. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตไม้เผาไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

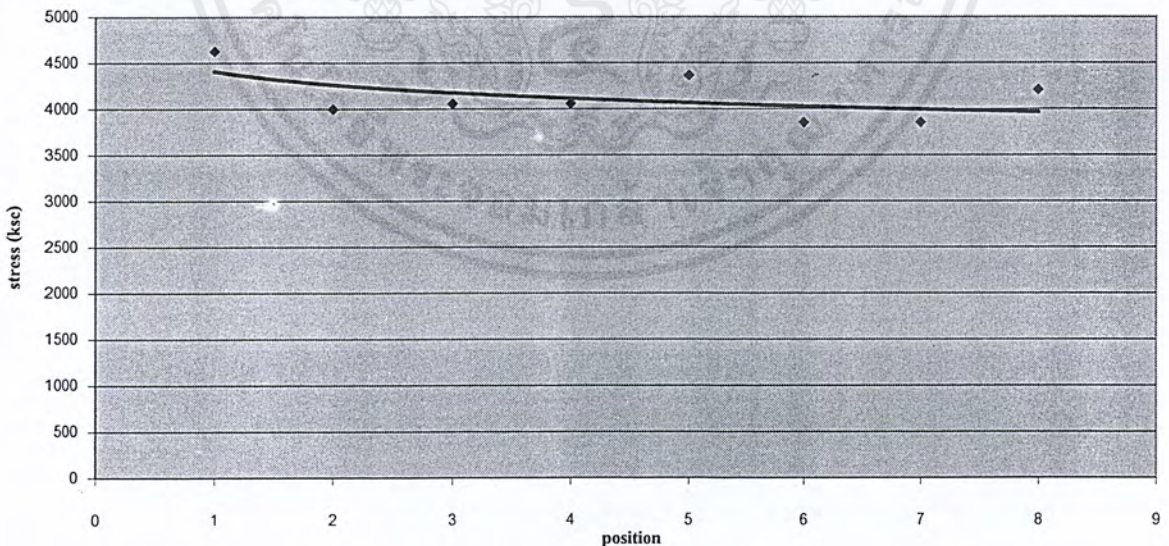
ตารางที่ ผ.ญ.36. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก ไม้เผาไฟ

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
ไม้เผาไฟ



SPEC NO.	POSITION	TYPE&DIAMETER OF STEEL		GRADE OF STEEL	LENGTH (M)	WEIGHT (Kg)	DIAMETER (mm)	CROSS SECTION AREA (cm <sup>2</sup> )	LOAD (Kg)	STRESS (ksc)	AVERAGE STRESS (ksc)
		DB	RB								
2	1		6				5.5	0.48	2200	4628.10	4128.13
	2		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	3		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	4		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	5		6				5.4	0.46	2000	4364.63	
	6		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	7		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	8		6				5.5	0.48	2000	4207.36	

แรงเฉือนเหล็กปลอกก่อนเผาไฟ ตัวอย่างที่ 2

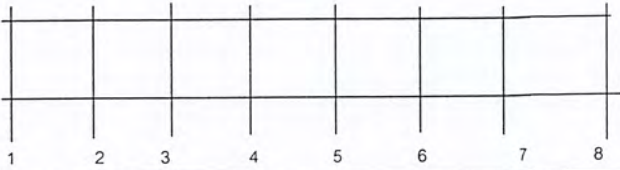


รูปที่ ผ.ญ.24. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตไม้เผาไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

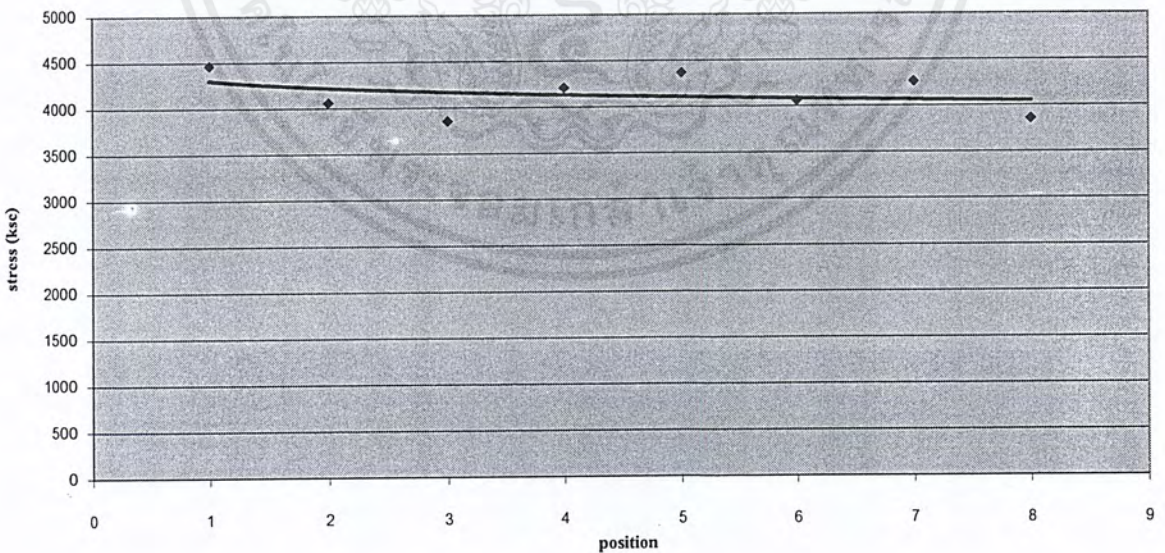
ตารางที่ ผ.ญ.37. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก ไม้เผาไฟ

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
ไม้เผาไฟ



SPEC NO.	POSITION	TYPE&DIAMETER OF STEEL		GRADE OF STEEL	LENGTH (M)	WEIGHT (Kg)	DIAMETER (mm)	CROSS SECTION AREA (cm <sup>2</sup> )	LOAD (Kg)	STRESS (ksc)	AVERAGE STRESS (ksc)
		DB	RB								
3	1		6				5.6	0.49	2200	4464.29	4140.70
	2		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	3		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	4		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	5		6				5.4	0.46	2000	4364.63	
	6		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	7		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	8		6				5.6	0.49	1900	3855.52	

แรงเฉือนเหล็กปลอกก่อนเผาไฟ ตัวอย่างที่ 3

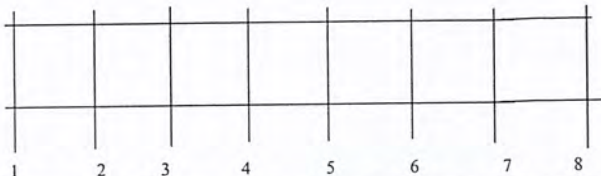


รูปที่ ผ.ญ.25. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีตไม้เผาไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

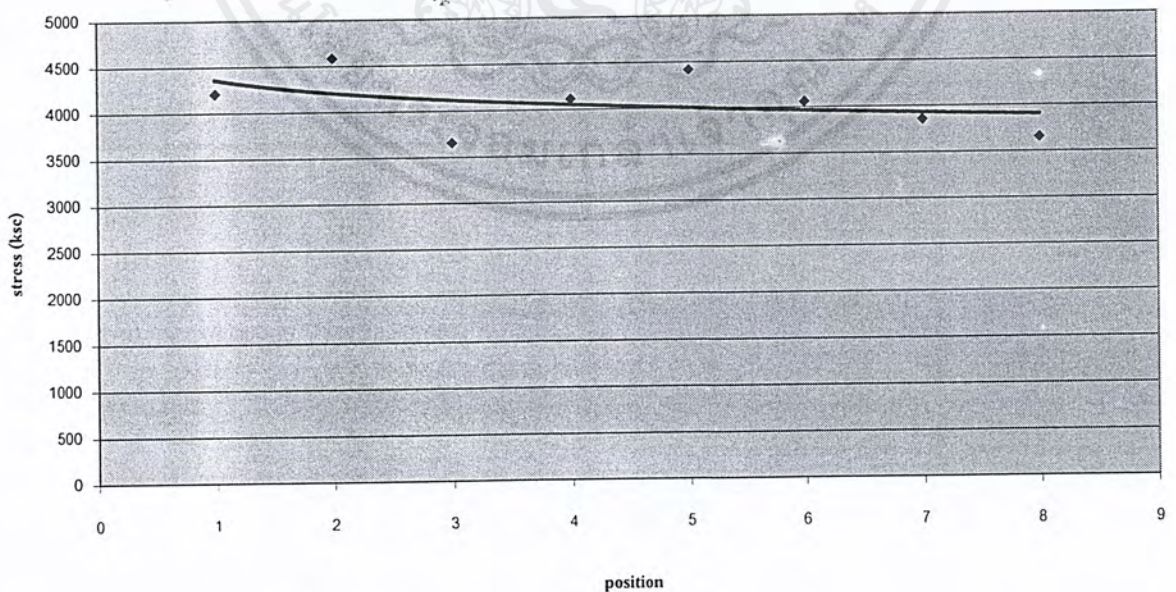
ตารางที่ ผ.ญ.38. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		1	1								
	2		6			5.4	0.46	2100	4582.87		
	3		6			5.6	0.49	1800	3652.60		
	4		6			5.7	0.51	2100	4113.15		
	5		6			5.5	0.48	2100	4417.73		
	6		6			5.6	0.49	2000	4058.44		
	7		6			5.6	0.49	1900	3855.52		
	8		6			5.6	0.49	1800	3652.60		

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 1



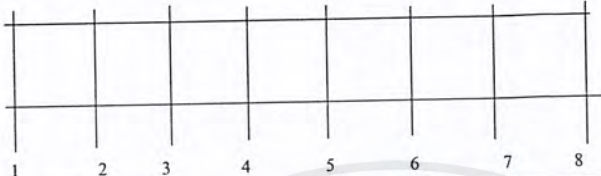
รูปที่ ผ.ญ.26. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในคานคอนกรีต

เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

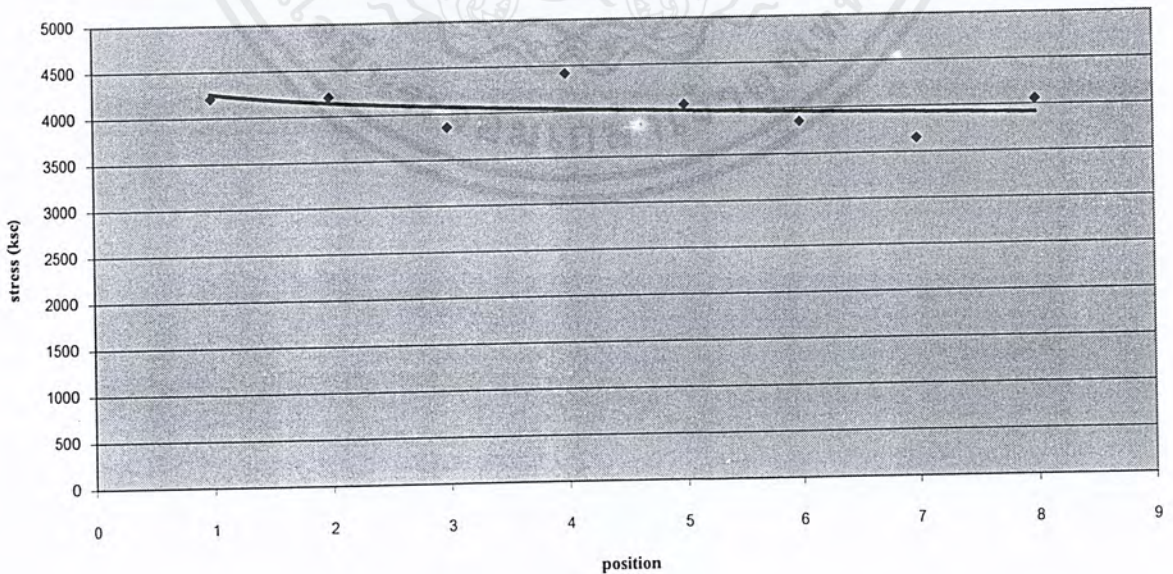
ตารางที่ ผ.ญ.39. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
2	1		6				5.5	0.48	2000	4207.36	4039.12
	2		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	3		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	4		6				5.5	0.48	2100	4417.73	
	5		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	6		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	7		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	8		6				5.6	0.49	2000	4058.44	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 2

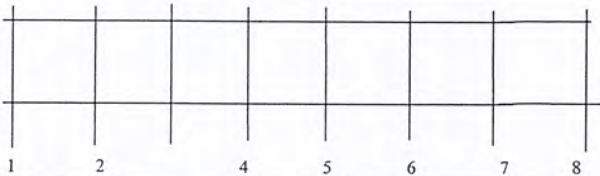


รูปที่ ผ.ญ.27. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเผาไฟ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

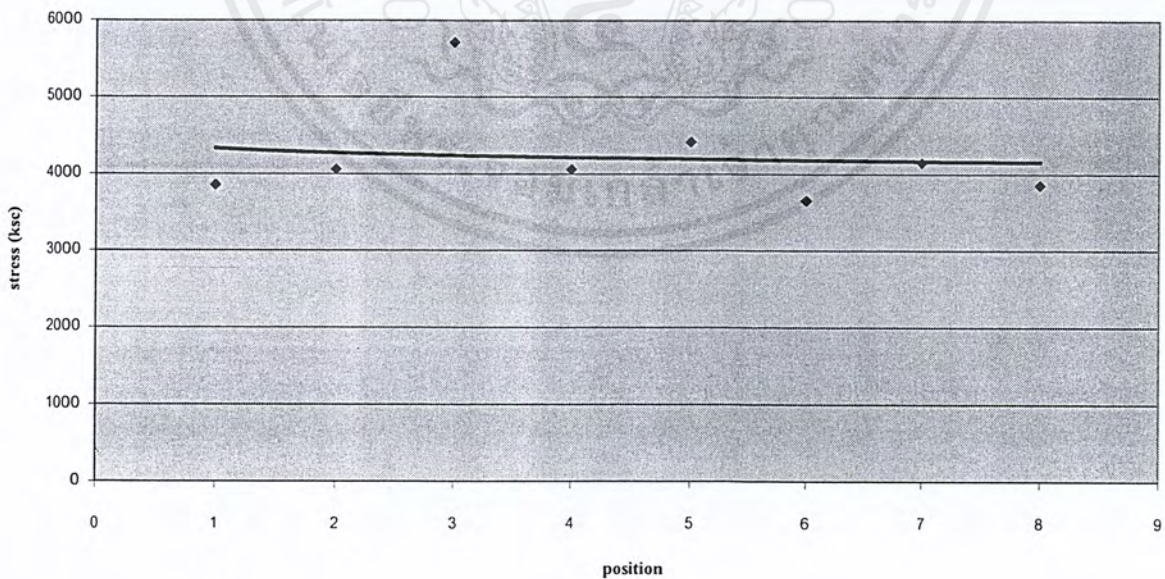
ตารางที่ ผ.ญ.40. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
3	1		6				5.6	0.49	1900	3855.52	4219.84
	2		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	3		6				4.6	0.33	1900	5714.04	
	4		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	5		6				5.5	0.48	2100	4417.73	
	6		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	7		6				5.4	0.46	1900	4146.40	
	8		6				5.6	0.49	1900	3855.52	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 3



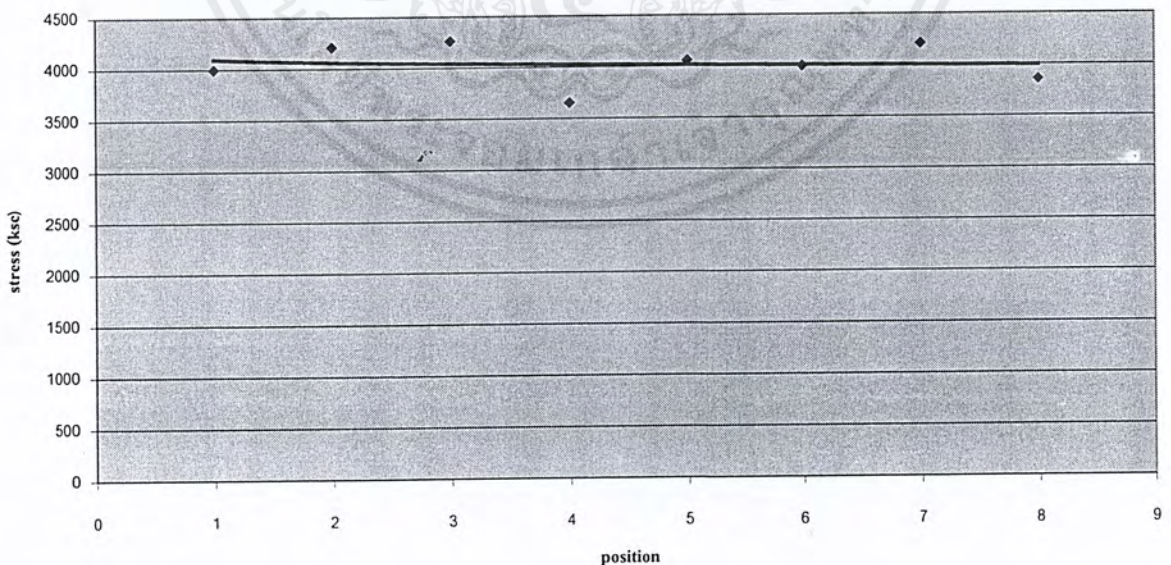
รูปที่ ผ.ญ.28. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

ตารางที่ ผ.ญ.41. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน

Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
4	1		6				5.5	0.48	1900	3996.99	4029.58
	2		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	3		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	4		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	5		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	6		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	7		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	8		6				5.6	0.49	1900	3855.52	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 4

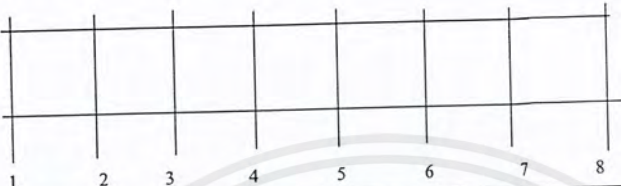


รูปที่ ผ.ญ.29. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

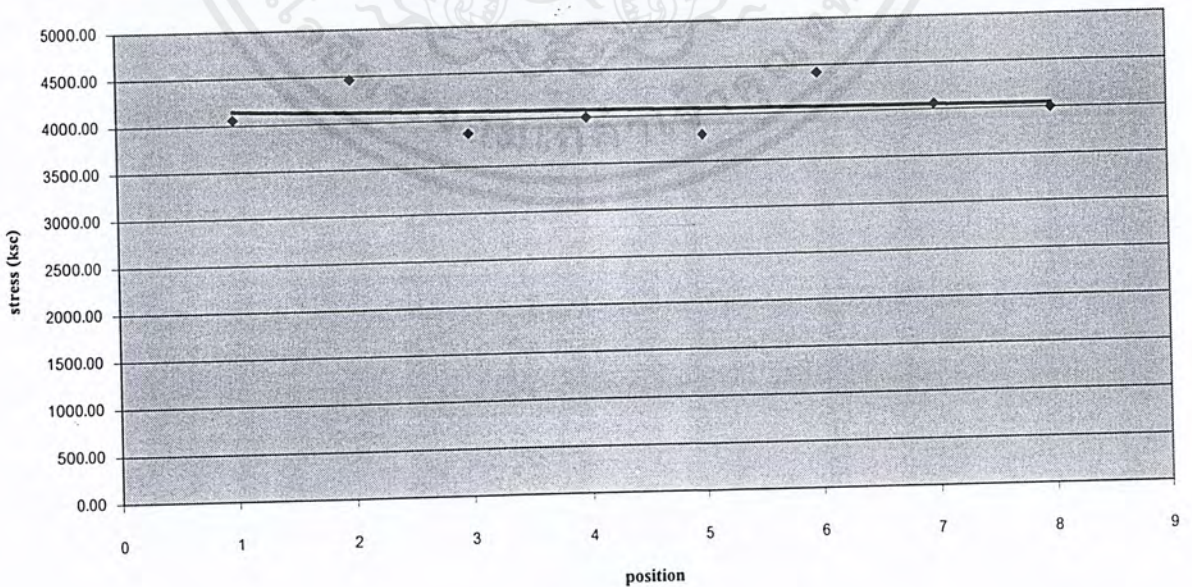
ตารางที่ ผ.ญ.42. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		5	1								
	2		6				5.6	0.49	2200	4464.29	
	3		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	4		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	5		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	6		6				5.5	0.48	2100	4417.73	
	7		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	8		6				5.5	0.48	1900	3996.99	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 5

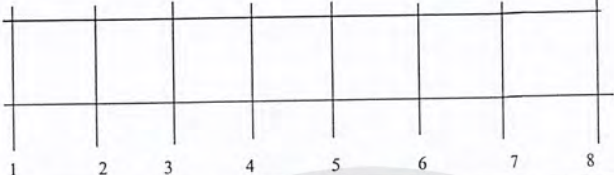


รูปที่ ผ.ญ.30. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 10 วัน  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

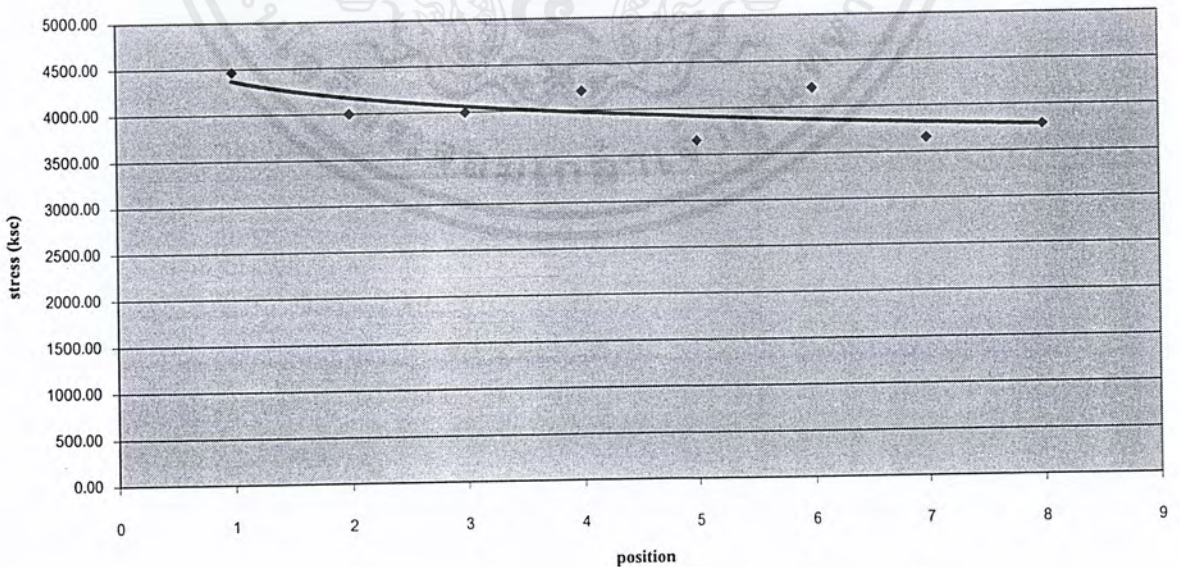
ตารางที่ ผ.ญ.43. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type& Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
6	1		6				5.6	0.49	2200	4464.29	3995.60
	2		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	3		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	4		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	5		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	6		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	7		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	8		6				5.5	0.48	1800	3786.63	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 6

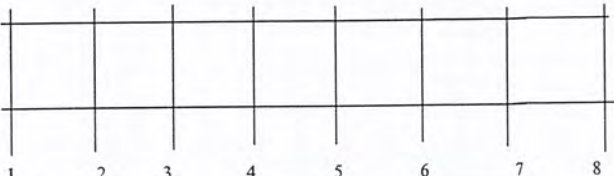


รูปที่ ผ.ญ.31. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในงานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

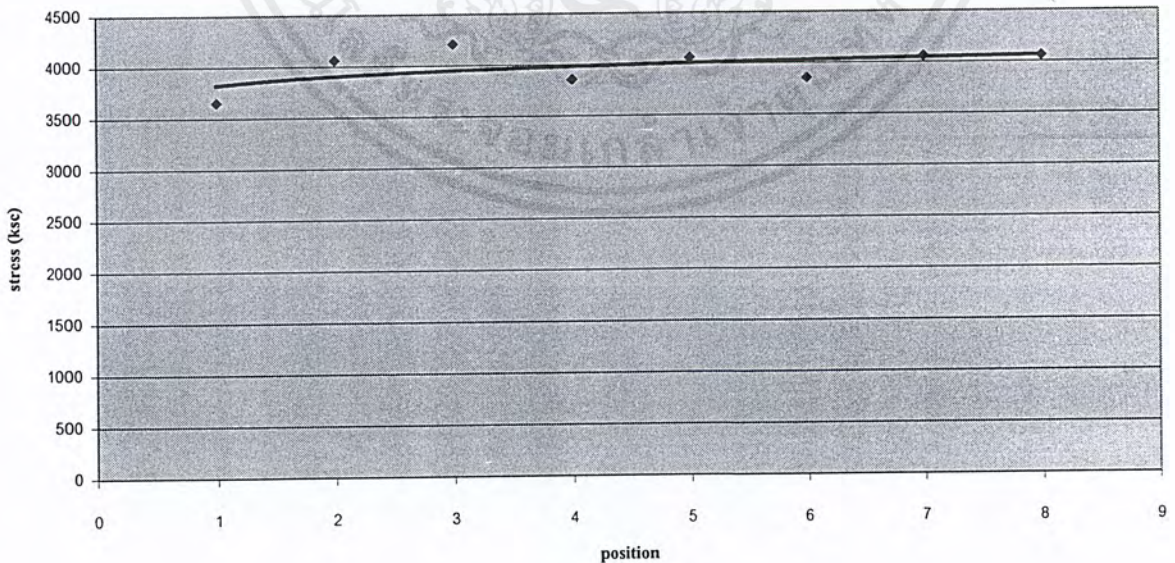
ตารางที่ ผ.ญ.44. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		7	1								
	2		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	3		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	4		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	5		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	6		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	7		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	8		6				5.6	0.49	2000	4058.44	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 7



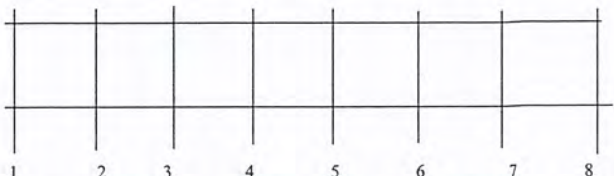
รูปที่ ผ.ญ.32. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

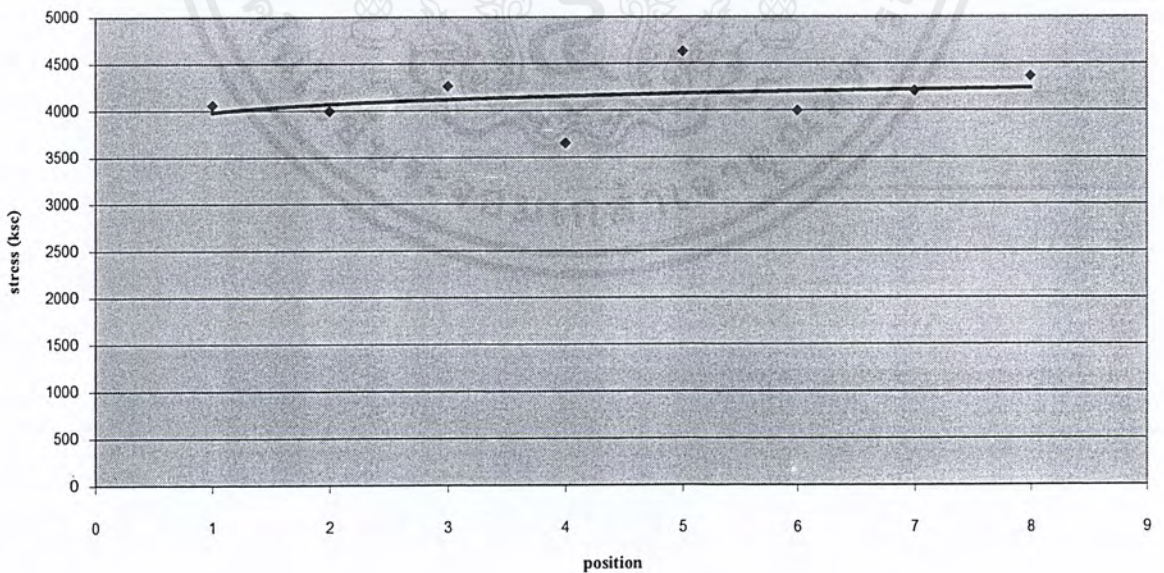
ตารางที่ ผ.ญ.45. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		8	1								
	2		6			5.5	0.48	1900	3996.99		
	3		6			5.6	0.49	2100	4261.36		
	4		6			5.6	0.49	1800	3652.60		
	5		6			5.5	0.48	2200	4628.10		
	6		6			5.5	0.48	1900	3996.99		
	7		6			5.5	0.48	2000	4207.36		
	8		6			5.4	0.46	2000	4364.63		

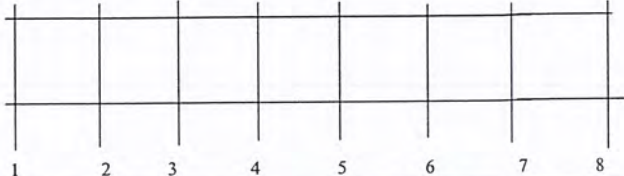
แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 8



รูปที่ ผ.ญ.33. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

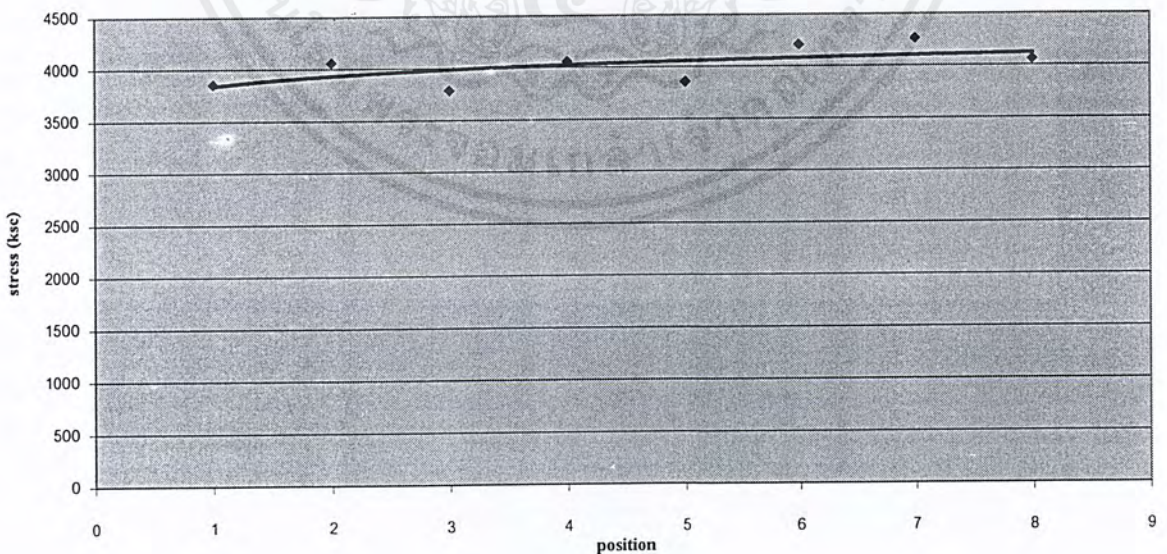
ตารางที่ ผ.ญ.46. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
1	1		6				5.6	0.49	1900	3855.52	4017.71
	2		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	3		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	4		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	5		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	6		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	7		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	8		6				5.6	0.49	2000	4058.44	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 1



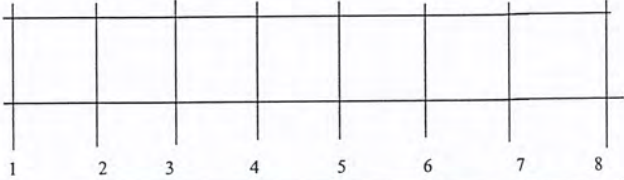
รูปที่ ผ.ญ.34. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

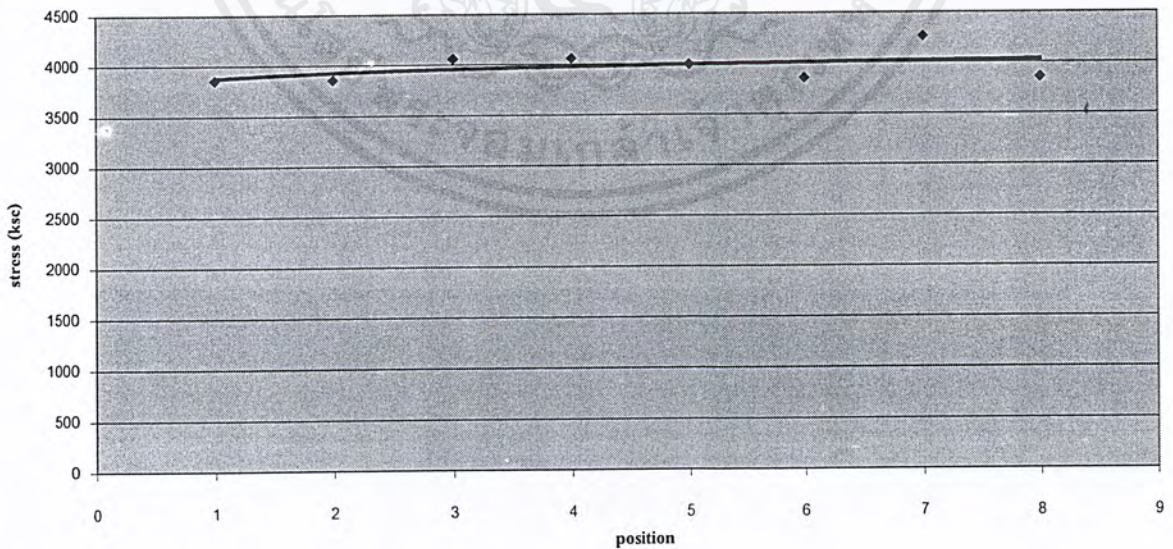
ตารางที่ ผ.ญ.47. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		2	1								
	2		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	3		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	4		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	5		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	6		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	7		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	8		6				5.6	0.49	1900	3855.52	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาที่ 927 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 2



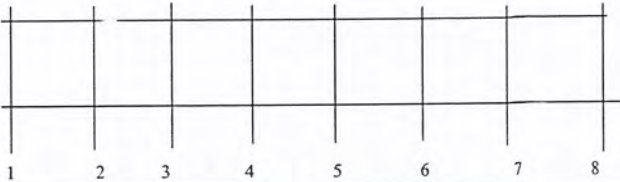
รูปที่ ผ.ญ.35. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

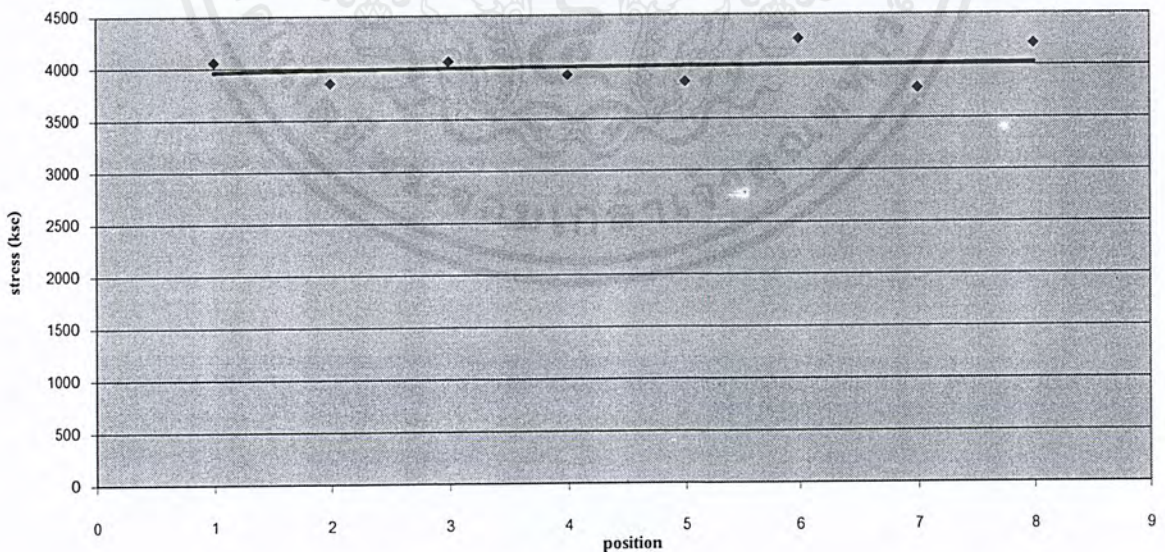
ตารางที่ ผ.ญ.49. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		4	1								
	2		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	3		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	4		6				5.4	0.46	1800	3928.17	
	5		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	6		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	7		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	8		6				5.5	0.48	2000	4207.36	

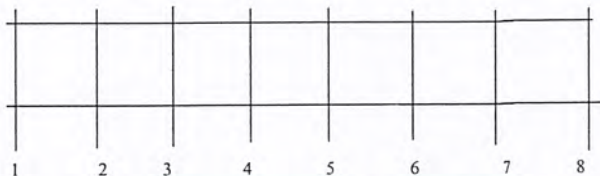
แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 4



รูปที่ ผ.ญ.37. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

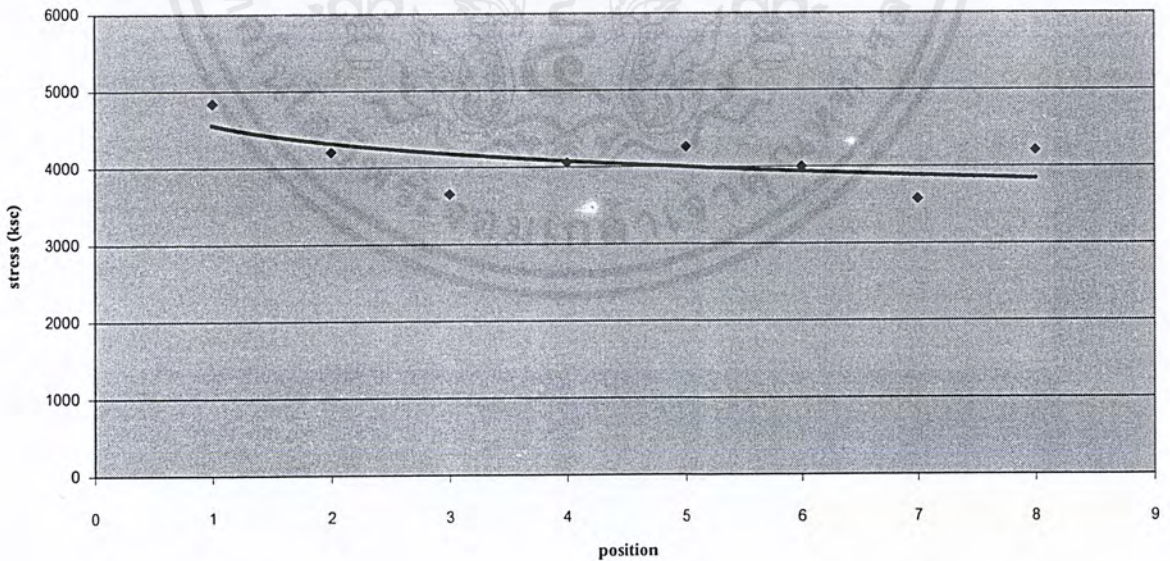
ตารางที่ ผ.ญ.50. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		5	1								
	2		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	3		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	4		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	5		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	6		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	7		6				5.5	0.48	1700	3576.26	
	8		6				5.5	0.48	2000	4207.36	

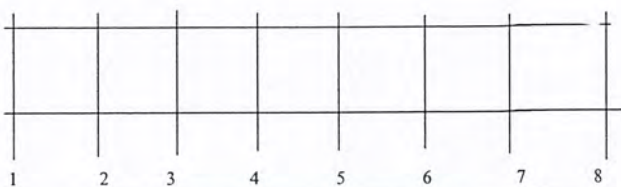
แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 5



รูปที่ ผ.ญ.38. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

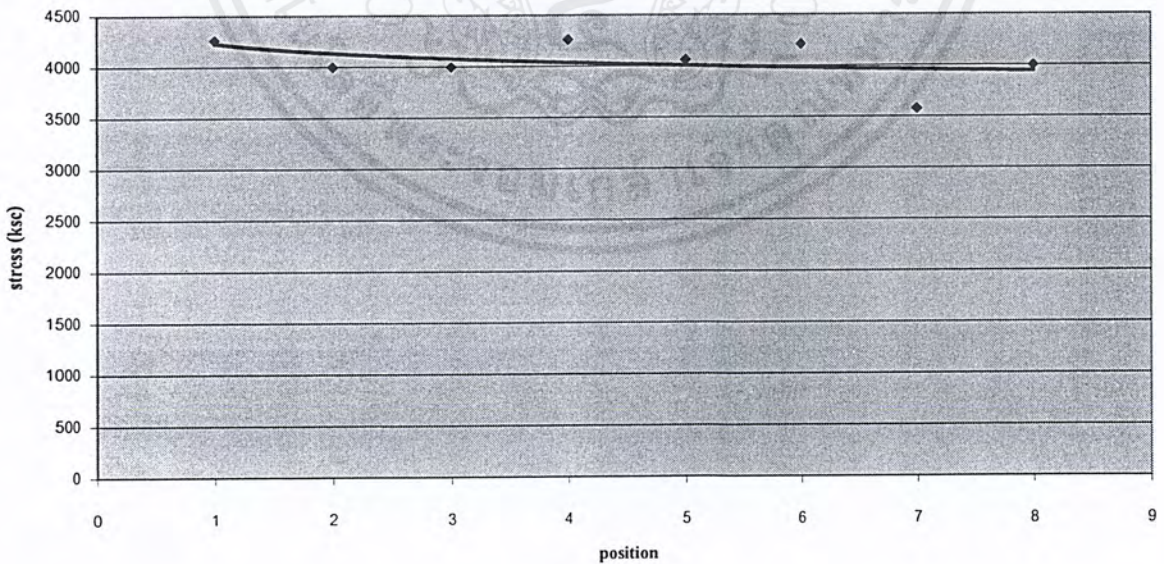
ตารางที่ ผ.ญ.51. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
6	1		6				5.6	0.49	2100	4261.36	4044.47
	2		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	3		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	4		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	5		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	6		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	7		6				5.5	0.48	1700	3576.26	
	8		6				5.5	0.48	1900	3996.99	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 6

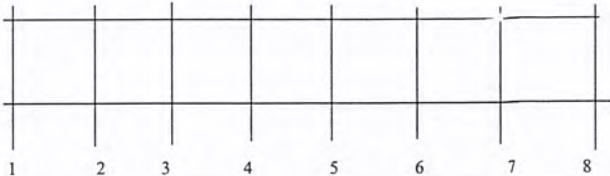


รูปที่ ผ.ญ.39. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

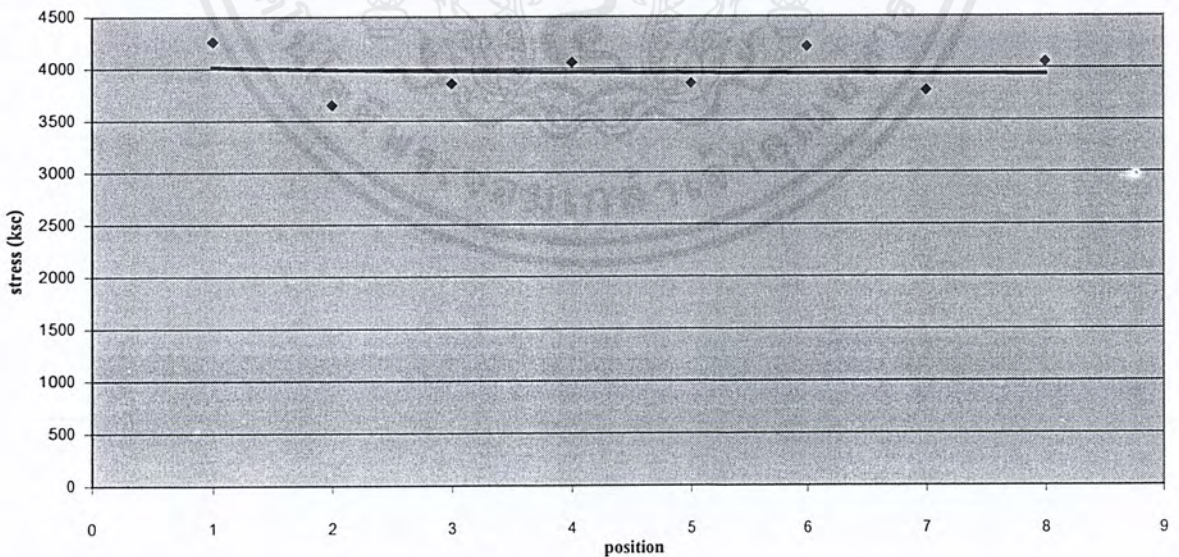
ตารางที่ ผ.ญ.52. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		7	1								
	2		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	3		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	4		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	5		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	6		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	7		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	8		6				5.6	0.49	2000	4058.44	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 7

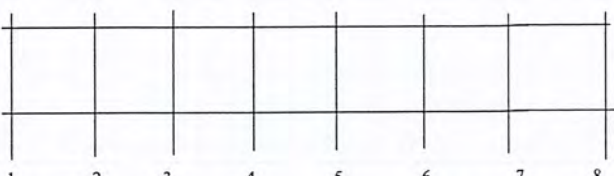


รูปที่ ผ.ญ.40. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

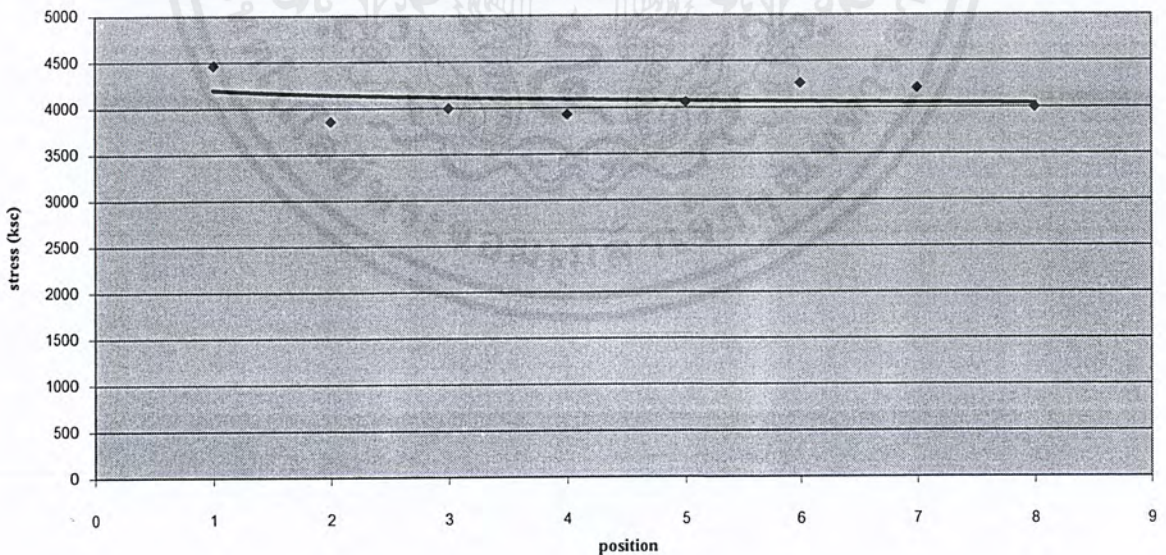
ตารางที่ ผ.ญ.53. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 21 วัน

หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
8	1		6				5.6	0.49	2200	4464.29	4096.14
	2		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	3		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	4		6				5.4	0.46	1800	3928.17	
	5		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	6		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	7		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	8		6				5.5	0.48	1900	3996.99	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 8



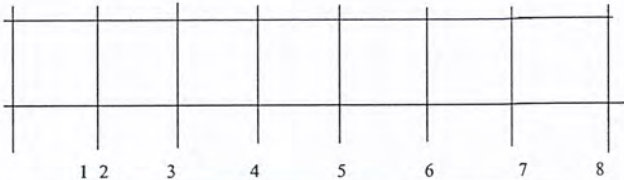
รูปที่ ผ.ญ.41. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผญ59

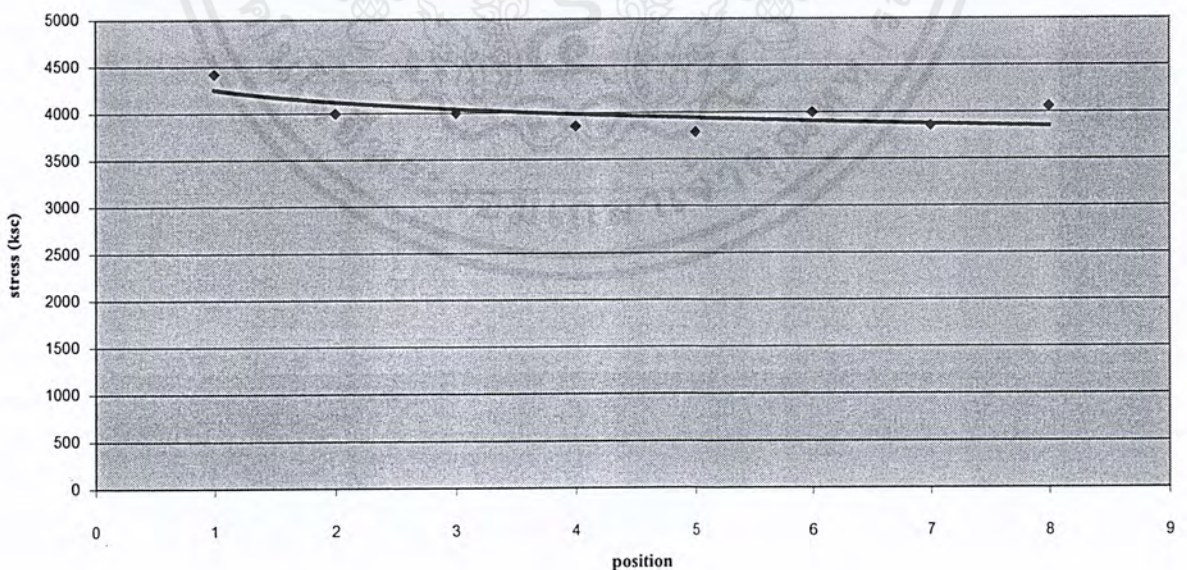
ตารางที่ ผ.ญ.54. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927<sup>o</sup>C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927<sup>o</sup>C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
1	1		6				5.5	0.48	2100	4417.73	3995.60
	2		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	3		6				5.5	0.48	2000	3996.99	
	4		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	5		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	6		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	7		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	8		6				5.6	0.49	2000	4058.44	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 1

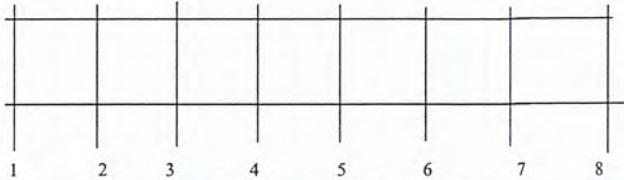


รูปที่ ผ.ญ.42. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในกานคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ผญ60

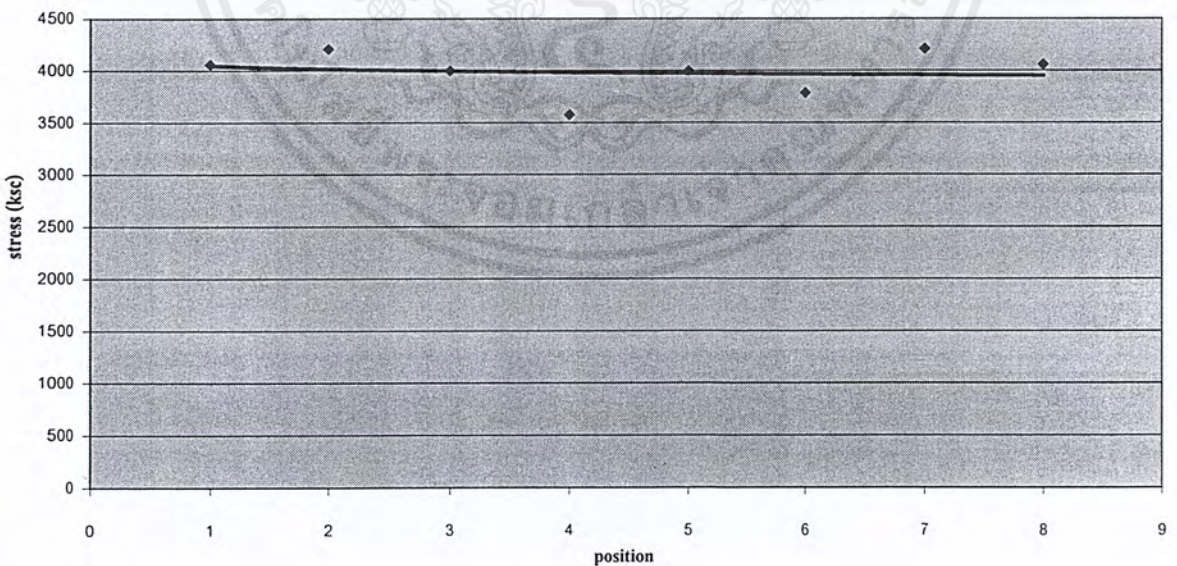
ตารางที่ ผ.ญ.55. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		2	1								
	2		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	3		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	4		6				5.5	0.48	1700	3576.26	
	5		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	6		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	7		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	8		6				5.6	0.49	2000	4058.44	

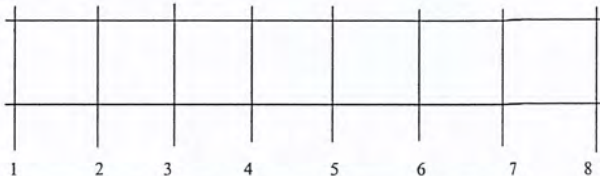
แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 2



รูปที่ ผ.ญ.43. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

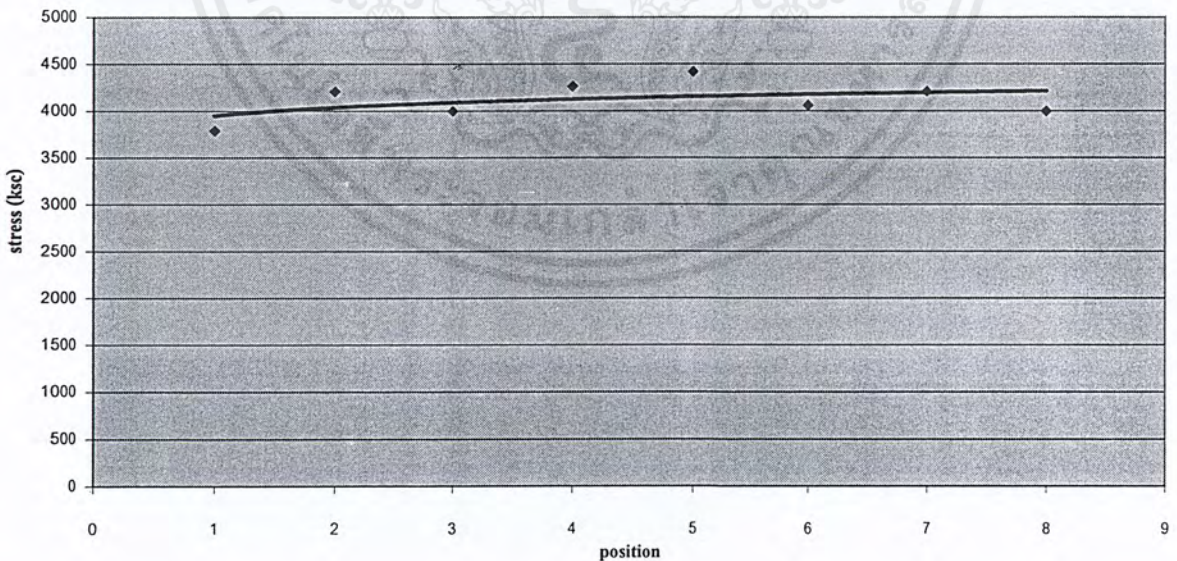
ตารางที่ ผ.ญ.56. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type& Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
3	1		6				5.5	0.48	1800	3786.63	4116.61
	2		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	3		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	4		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	5		6				5.5	0.48	2100	4417.73	
	6		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	7		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	8		6				5.5	0.48	1900	3996.99	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 3

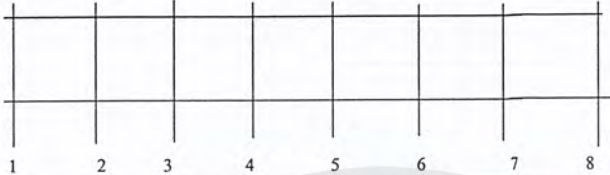


รูปที่ ผ.ญ.44. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

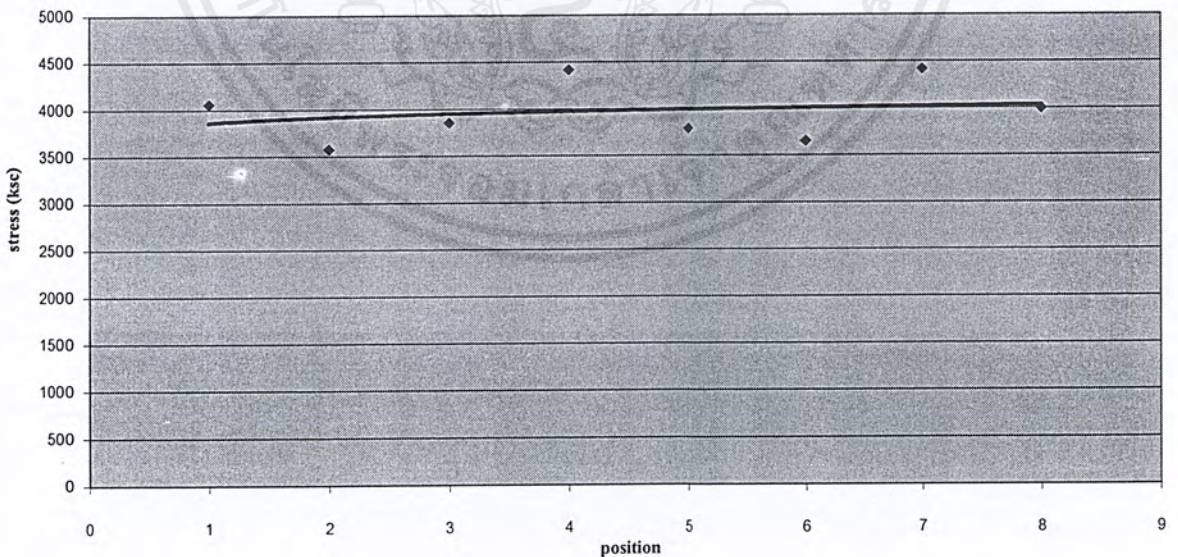
ตารางที่ ผ.ญ.57. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
4	1		6				5.6	0.49	2000	4058.44	3970.24
	2		6				5.5	0.48	1700	3576.26	
	3		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	4		6				5.5	0.48	2100	4417.73	
	5		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	6		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	7		6				5.5	0.48	2100	4417.73	
	8		6				5.5	0.48	1900	3996.99	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟที่ 927 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 4



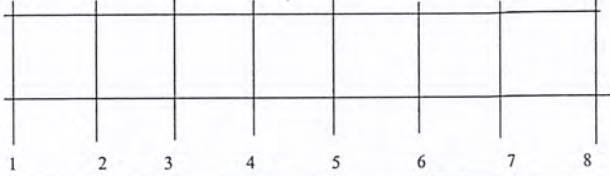
รูปที่ ผ.ญ.45. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผญ63

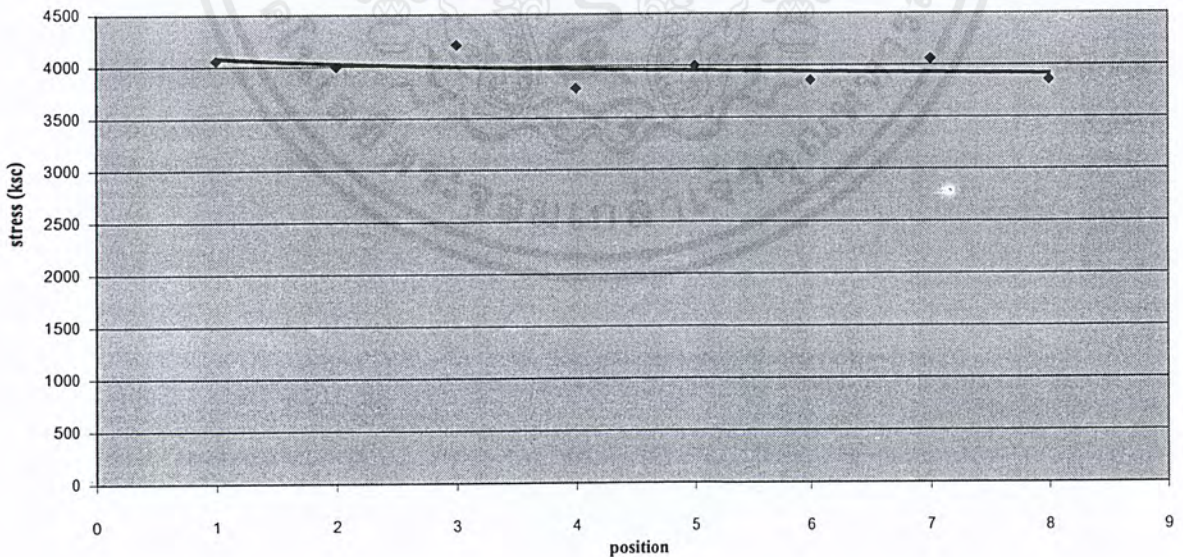
ตารางที่ ผ.ญ.58. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
5	1		6				5.6	0.49	2000	4058.44	3976.99
	2		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	3		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	4		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	5		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	6		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	7		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	8		6				5.6	0.49	1900	3855.52	

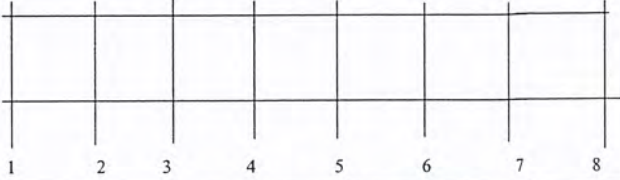
แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 5



รูปที่ ผ.ญ.46. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

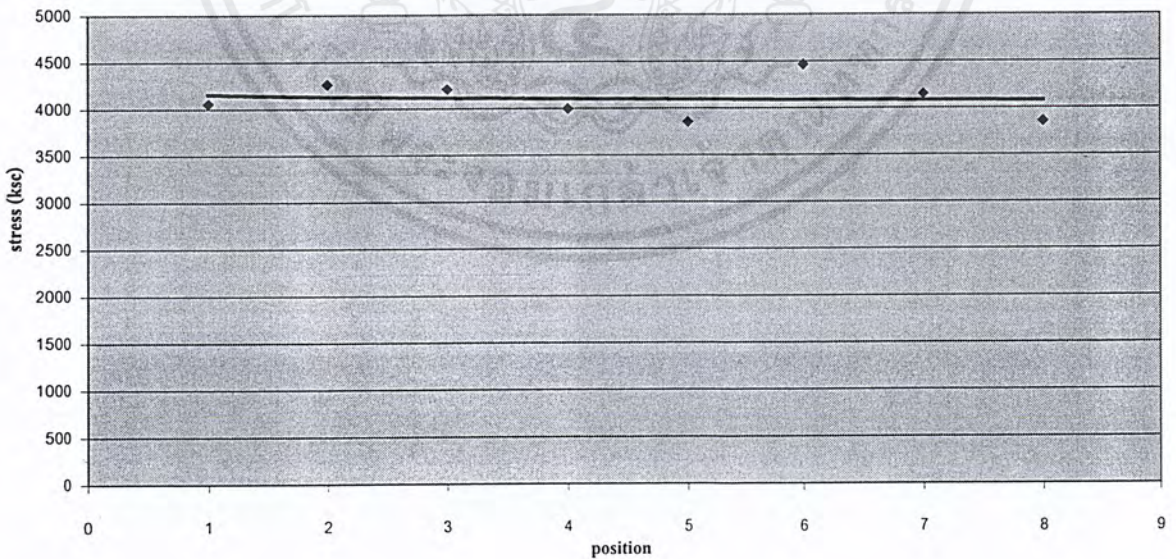
ตารางที่ ผ.ญ.59. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		6	1								
	2		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	3		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	4		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	5		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	6		6				5.6	0.49	2200	4464.29	
	7		6				5.4	0.46	1900	4146.40	
	8		6				5.6	0.49	1900	3855.52	

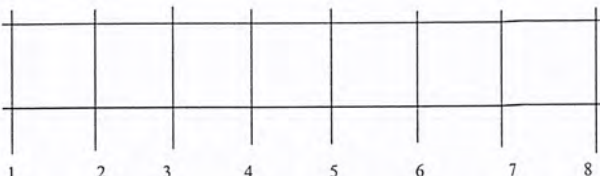
แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 6



รูปที่ ผ.ญ.47. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

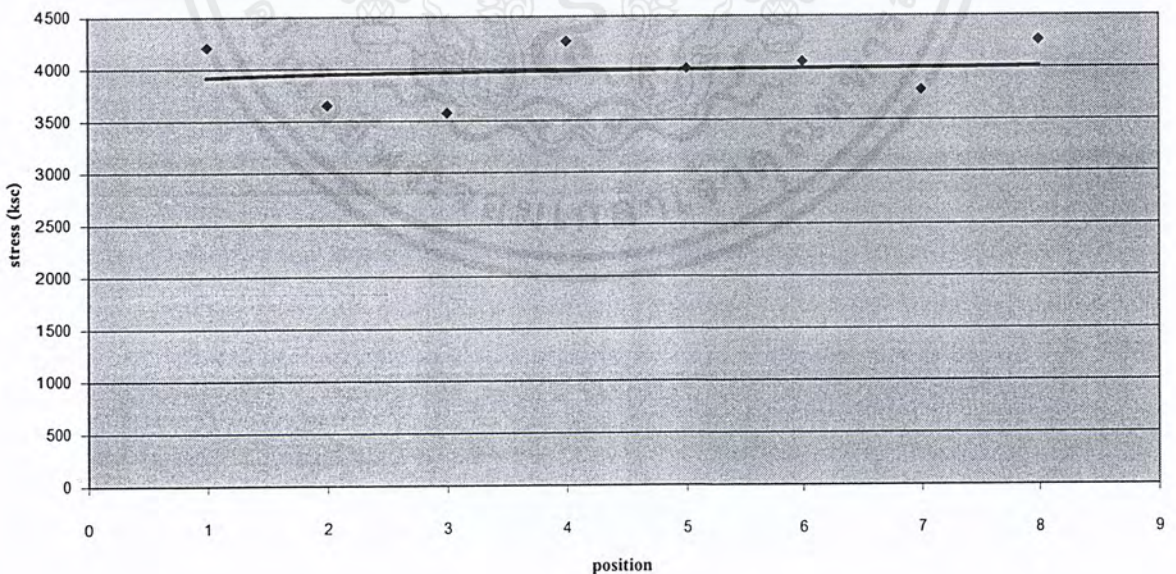
ตารางที่ ผ.ญ.60. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type& Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
7	1		6				5.5	0.48	2000	4207.36	3975.13
	2		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	3		6				5.5	0.48	1700	3576.26	
	4		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	5		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	6		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	7		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	8		6				5.6	0.49	2100	4261.36	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 7

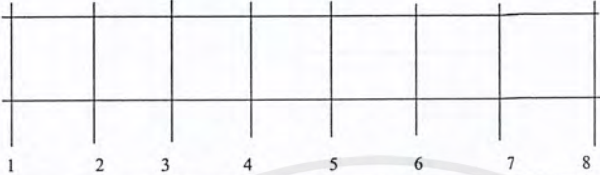


รูปที่ ผ.ญ.48. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 927 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

ตารางที่ ผ.ญ.61. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา

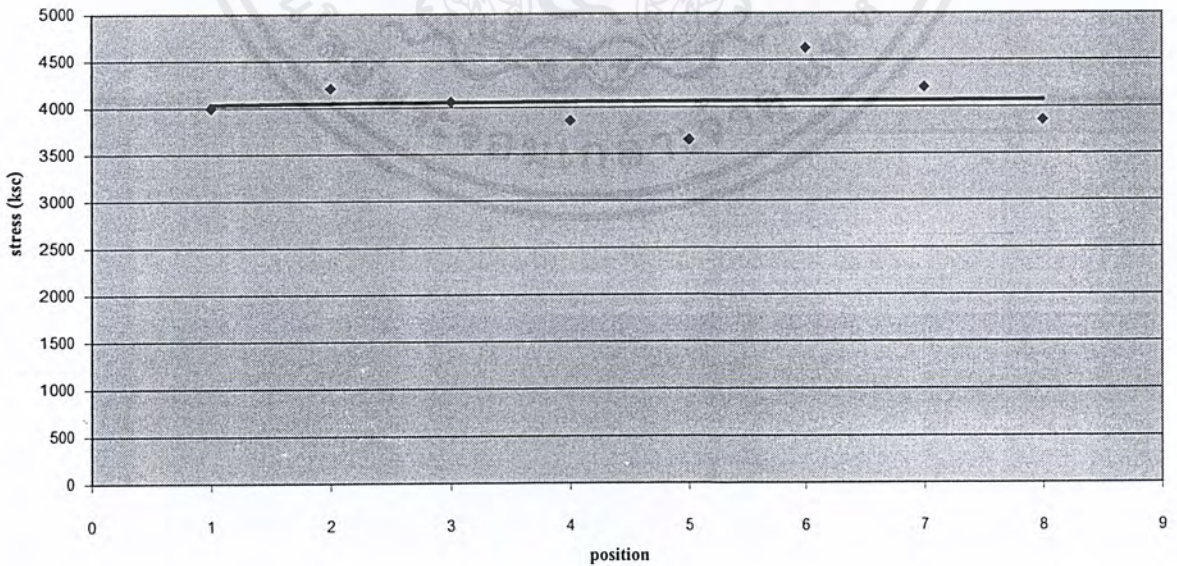
ที่อุณหภูมิ 927°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		8	1								
	2		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	3		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	4		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	5		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	6		6				5.5	0.48	2200	4628.10	
	7		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	8		6				5.6	0.49	1900	3855.52	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 927 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 8

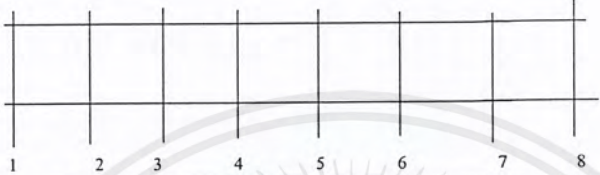


รูปที่ ผ.ญ.49. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

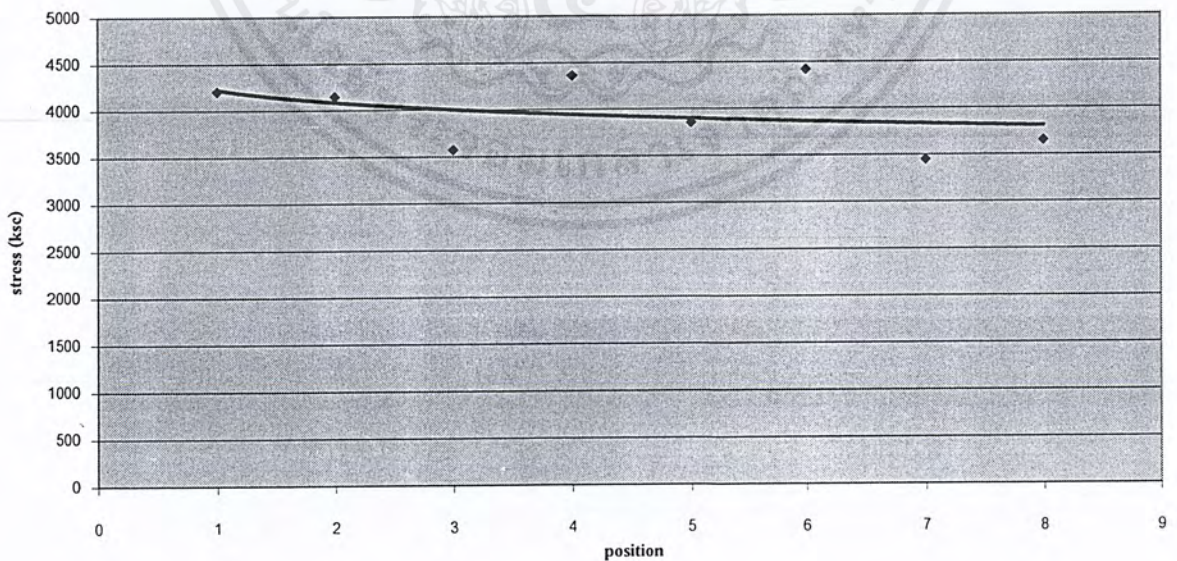
ตารางที่ ผ.ญ.62. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
1	1		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	2		6				5.4	0.46	1900	4146.40	
	3		6				5.5	0.48	1700	3576.26	
	4		6				5.4	0.46	2000	4364.63	3958.77
	5		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	6		6				5.5	0.48	2100	4417.73	
	7		6				5.6	0.49	1700	3449.68	
	8		6				5.6	0.49	1800	3652.60	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 1

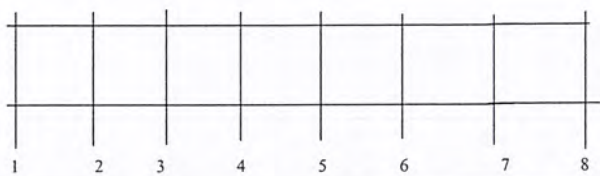


รูปที่ ผ.ญ.50. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

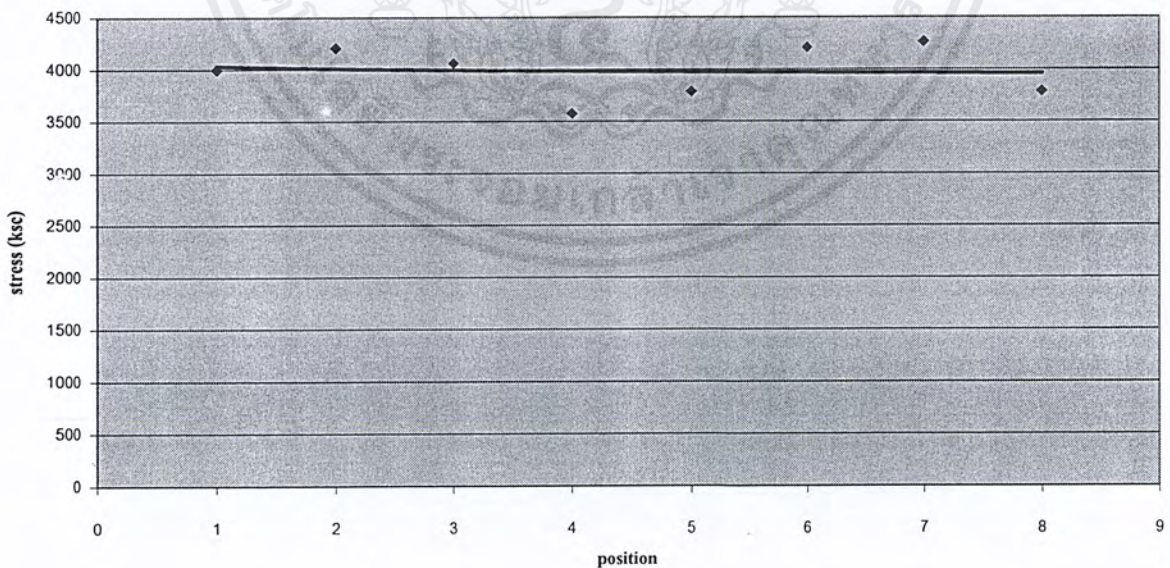
ตารางที่ ผ.ญ.63. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
2	1		6				5.5	0.48	1900	3996.99	3985.13
	2		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	3		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	4		6				5.5	0.48	1700	3576.26	
	5		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	6		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	7		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	8		6				5.5	0.48	1800	3786.63	

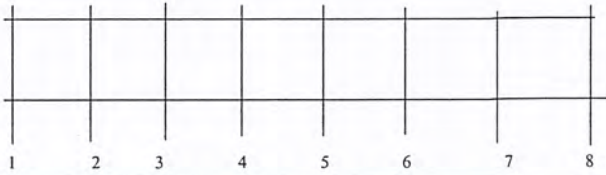
แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 2



รูปที่ ผ.ญ.51. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน

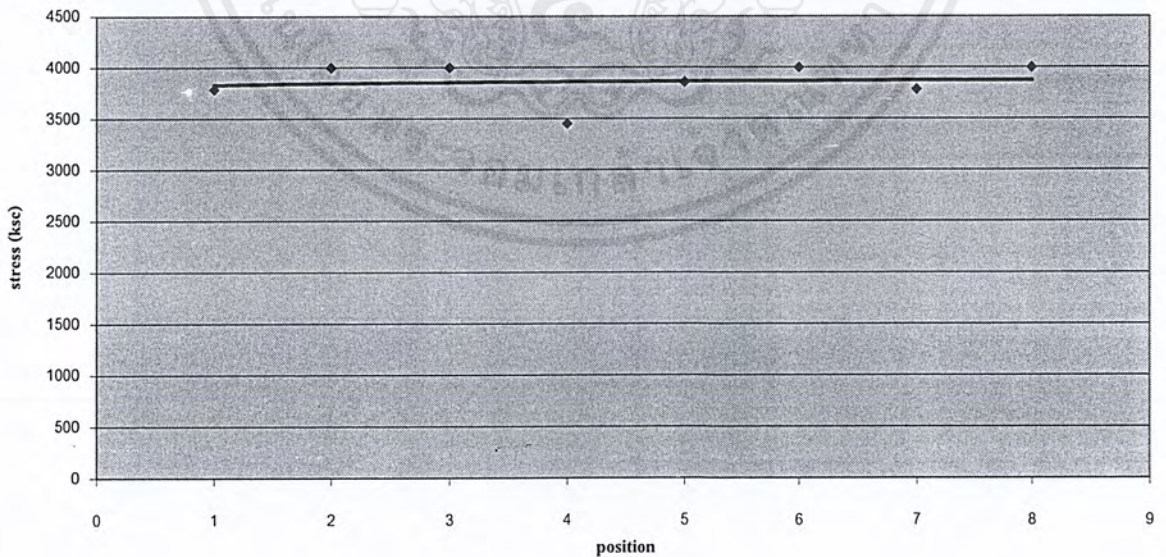
ตารางที่ ผ.ญ.64. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
3	1		6				5.5	0.48	1800	3786.63	3858.30
	2		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	3		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	4		6				5.6	0.49	1700	3449.68	
	5		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	6		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	7		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	8		6				5.5	0.48	1900	3996.99	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 3

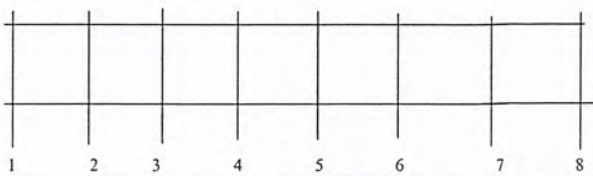


รูปที่ ผ.ญ.52. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

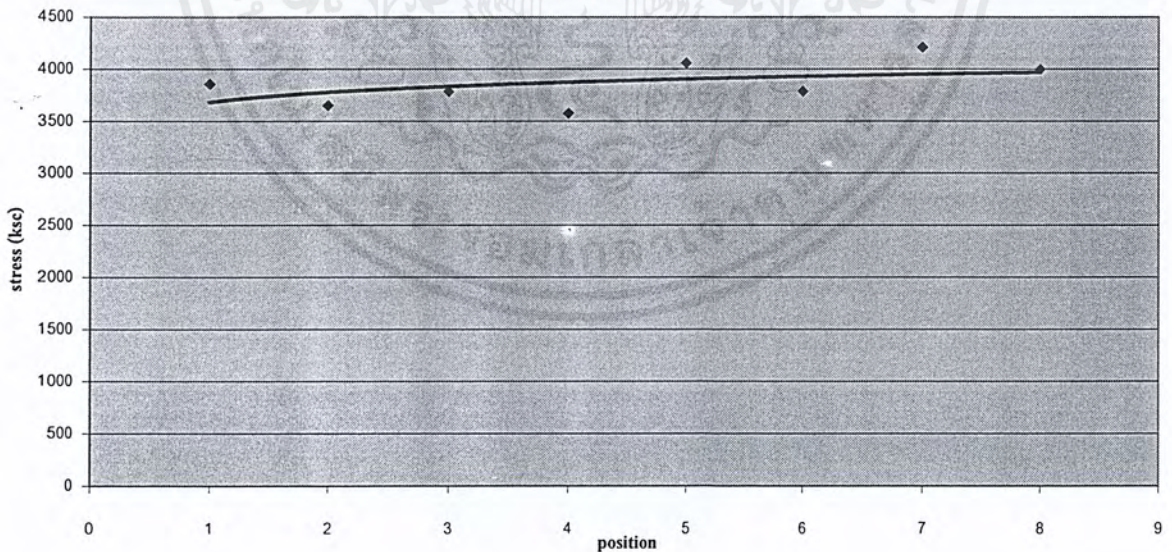
ตารางที่ ผ.ญ.65. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
4	1		6				5.6	0.49	1900	3855.52	3865.05
	2		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	3		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	4		6				5.5	0.48	1700	3576.26	
	5		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	6		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	7		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	8		6				5.5	0.48	1900	3996.99	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 4

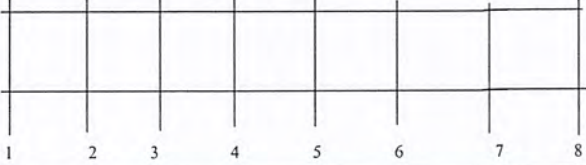


รูปที่ ผ.ญ.53. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

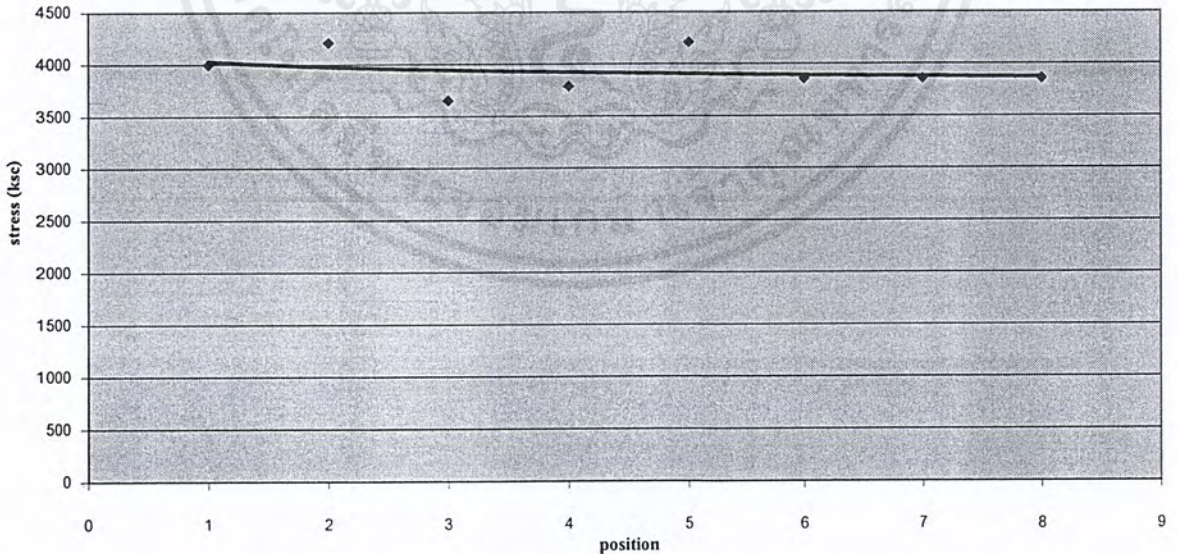
ตารางที่ ผ.ญ.66. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		5	1								
	2		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	3		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	4		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	5		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	6		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	7		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	8		6				5.6	0.49	1900	3855.52	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 5

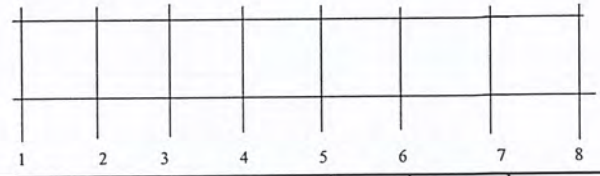


รูปที่ ผ.ญ.54. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

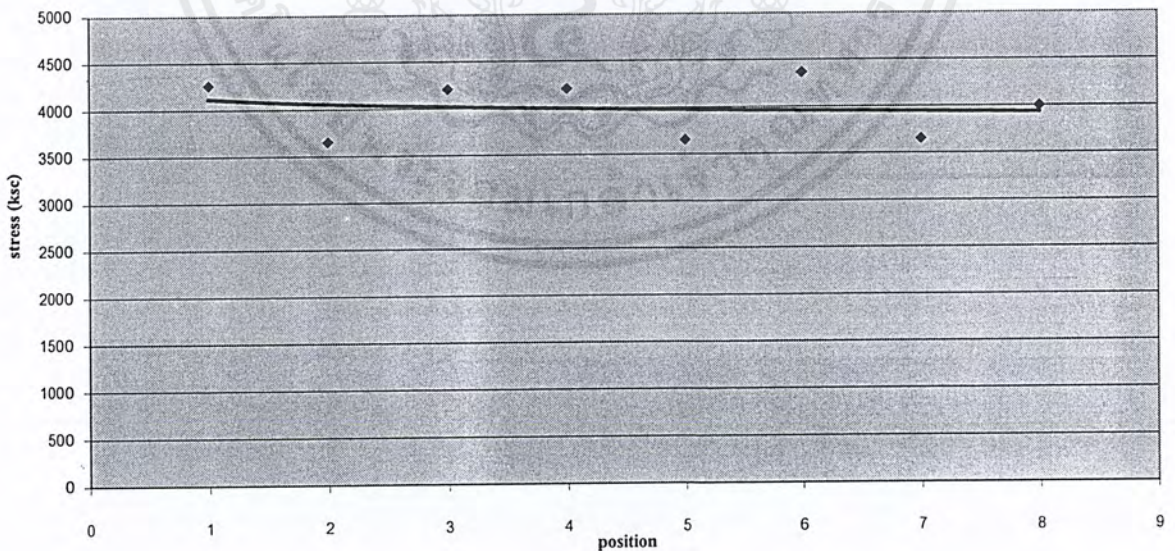
ตารางที่ ผ.ญ.67. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
6	1		6				5.6	0.49	2100	4261.36	3999.44
	2		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	3		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	4		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	5		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	6		6				5.4	0.46	2000	4364.63	
	7		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	8		6				5.5	0.48	1900	3996.99	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 6

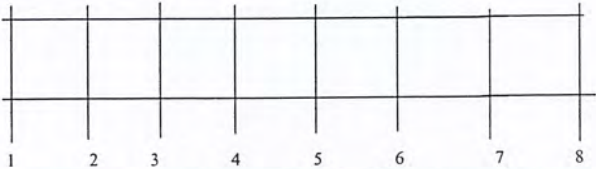


รูปที่ ผ.ญ.55. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

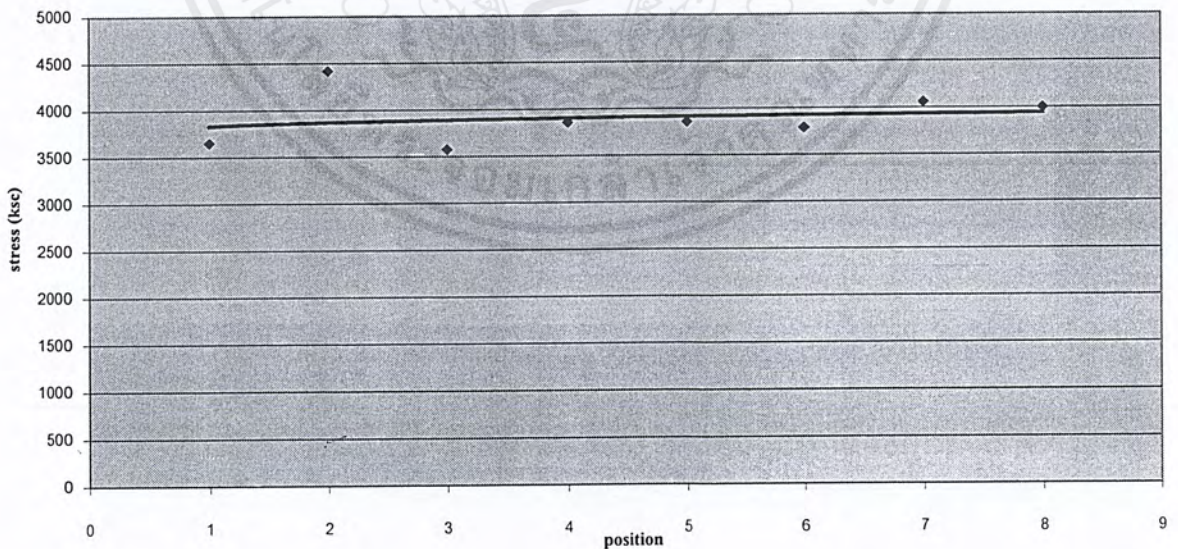
ตารางที่ ผ.ญ.68. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type& Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		7	1								
	2		6				5.5	0.48	2100	4417.73	
	3		6				5.5	0.48	1700	3576.26	
	4		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	5		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	6		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	7		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	8		6				5.5	0.48	1900	3996.99	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 7

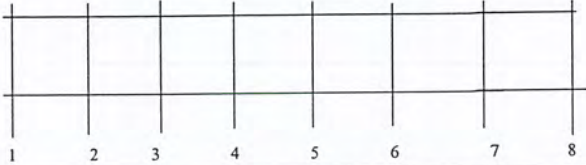


รูปที่ ผ.ญ.56. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

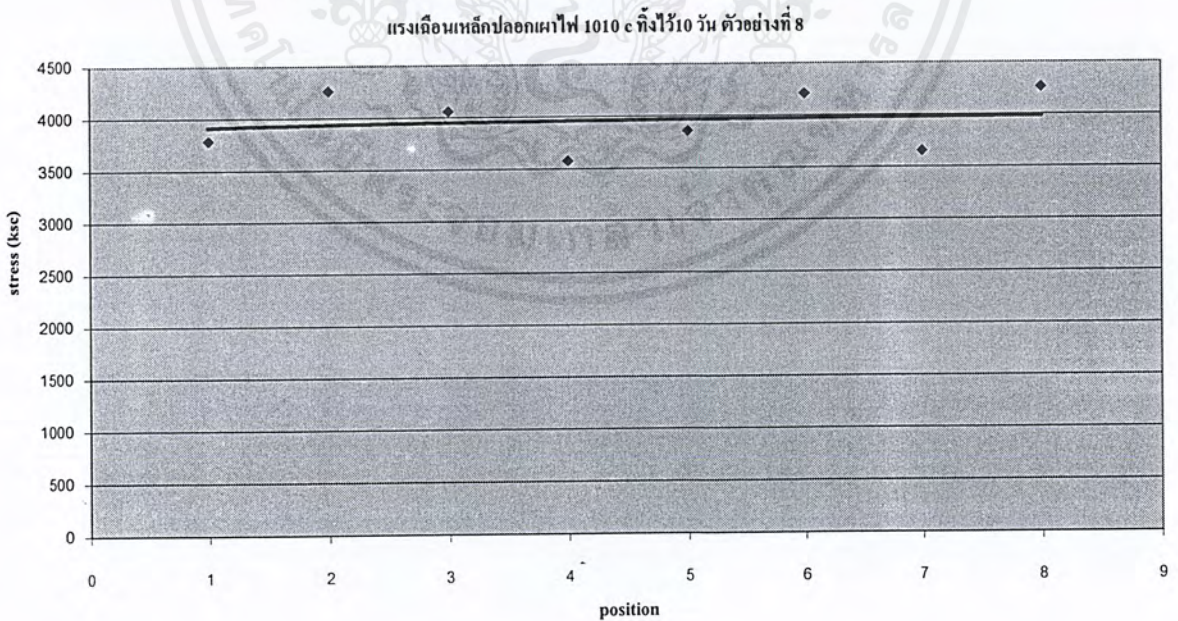
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.69. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		8	1								
	2		6			5.6	0.49	2100	4261.36		
	3		6			5.6	0.49	2000	4058.44		
	4		6			5.5	0.48	1700	3576.26		
	5		6			5.6	0.49	1900	3855.52		
	6		6			5.5	0.48	2000	4207.36		
	7		6			5.6	0.49	1800	3652.60		
	8		6			5.6	0.49	2100	4261.36		



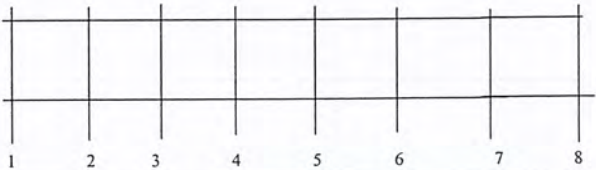
รูปที่ ผ.ญ.57. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผญ75

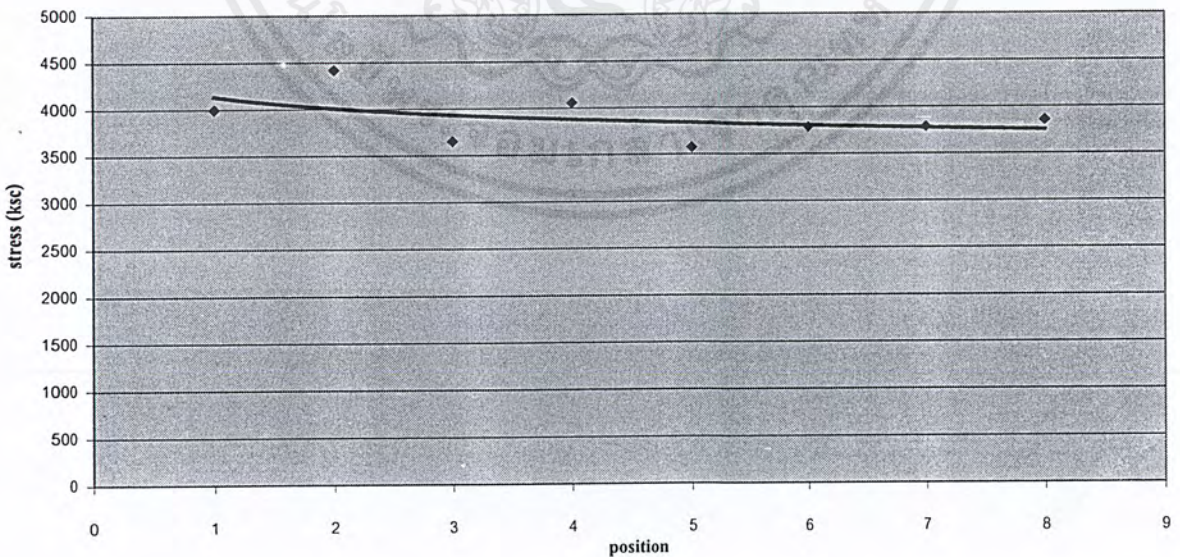
ตารางที่ ผ.ญ.70 แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
1	1		6				5.5	0.48	1900	3996.99	3891.35
	2		6				5.5	0.48	2100	4417.73	
	3		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	4		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	5		6				5.5	0.48	1700	3576.26	
	6		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	7		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	8		6				5.6	0.49	1900	3855.52	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 1



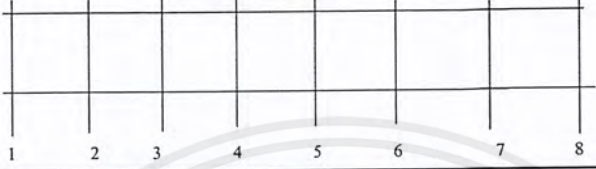
รูปที่ ผ.ญ.58. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

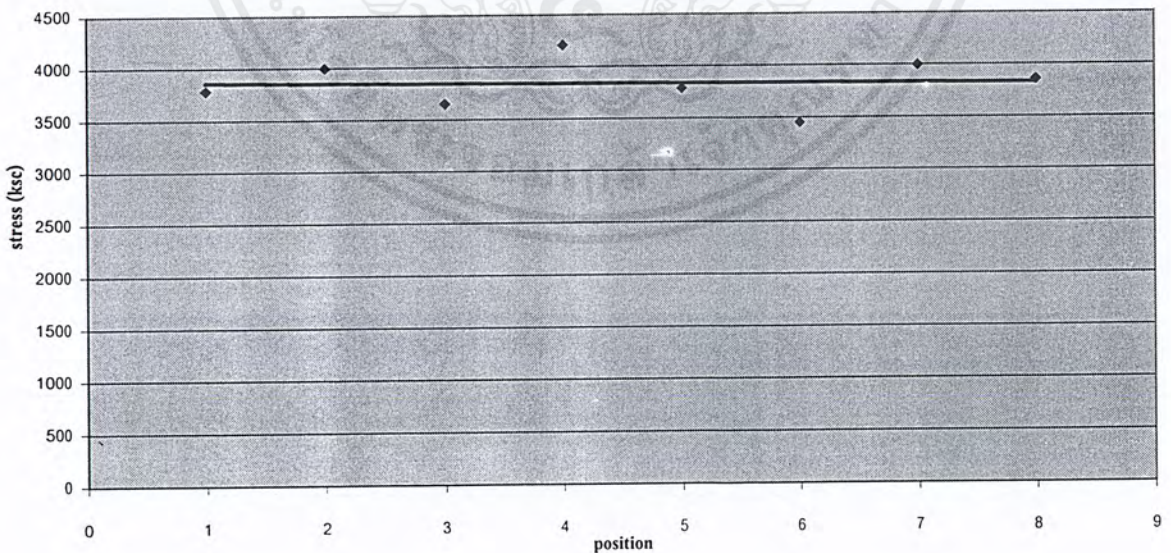
ตารางที่ ผ.ญ.71. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type& Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
2	1		6				5.5	0.48	1800	3786.63	3841.55
	2		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	3		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	4		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	5		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	6		6				5.6	0.49	1700	3449.68	
	7		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	8		6				5.6	0.49	1900	3855.52	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 2

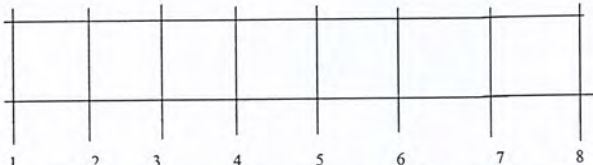


รูปที่ ผ.ญ.59. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

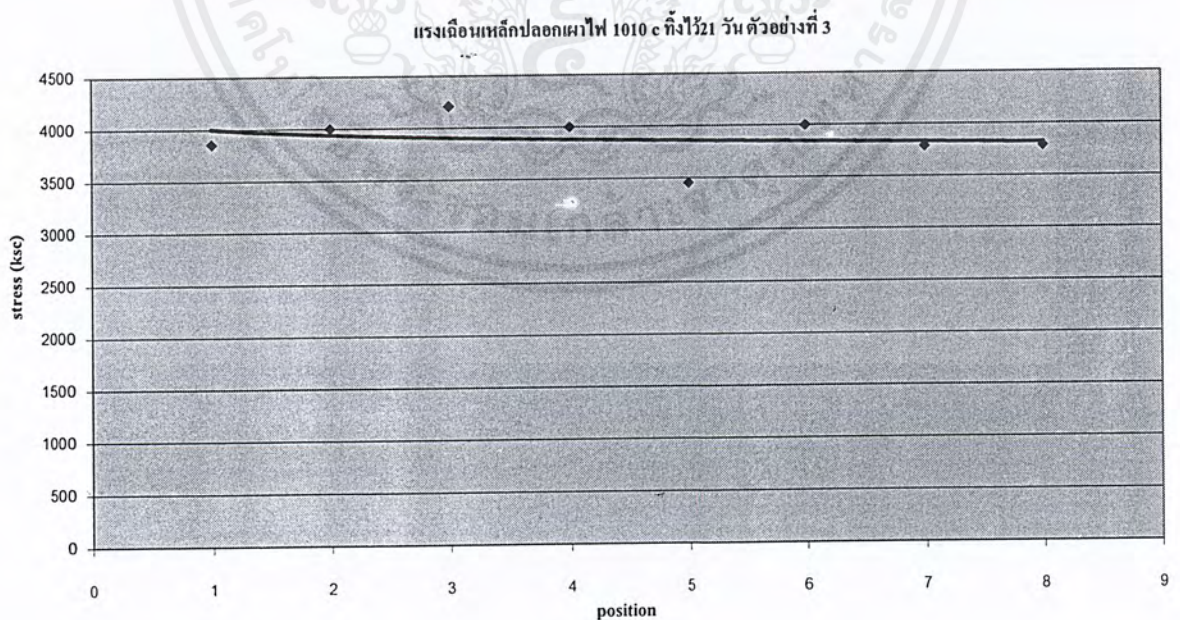
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ญ.72. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		3	1								
	2		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	3		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	4		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	5		6				5.6	0.49	1700	3449.68	
	6		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	7		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	8		6				5.5	0.48	1800	3786.63	



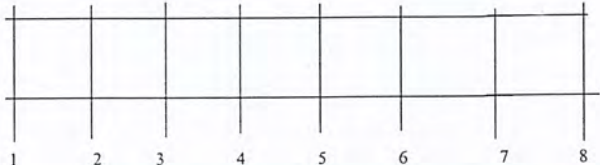
รูปที่ ผ.ญ.60. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีต

เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

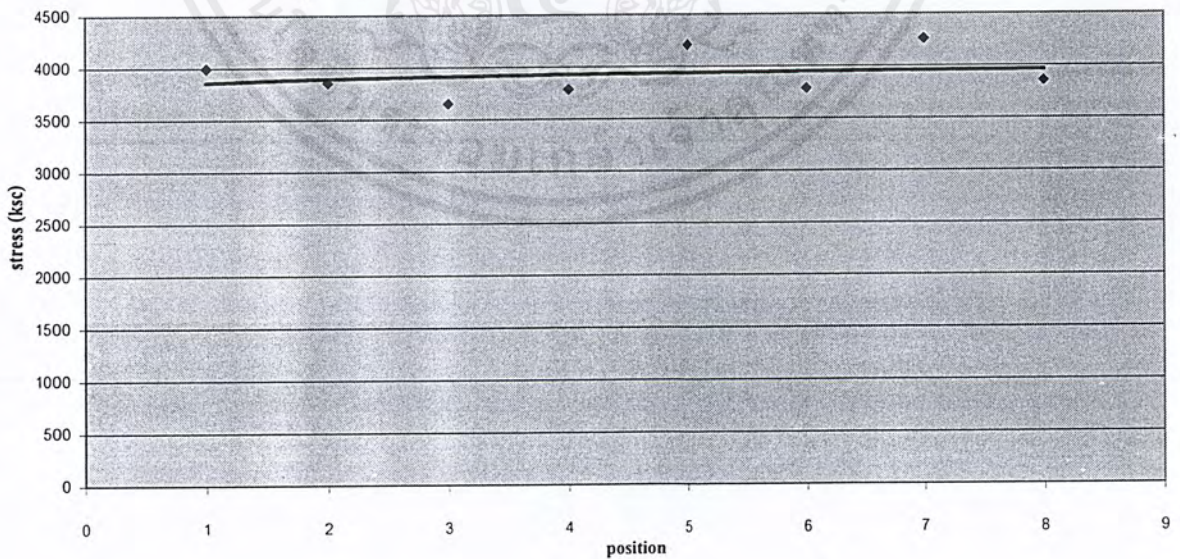
ตารางที่ ผ.ญ. 73 แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		4	1								
	2		6			5.6	0.49	1900	3855.52		
	3		6			5.6	0.49	1800	3652.60		
	4		6			5.5	0.48	1800	3786.63		
	5		6			5.5	0.48	2000	4207.36		
	6		6			5.5	0.48	1800	3786.63		
	7		6			5.6	0.49	2100	4261.36		
	8		6			5.6	0.49	1900	3855.52		

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 4



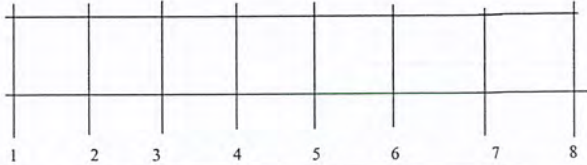
รูปที่ ผ.ญ.61. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

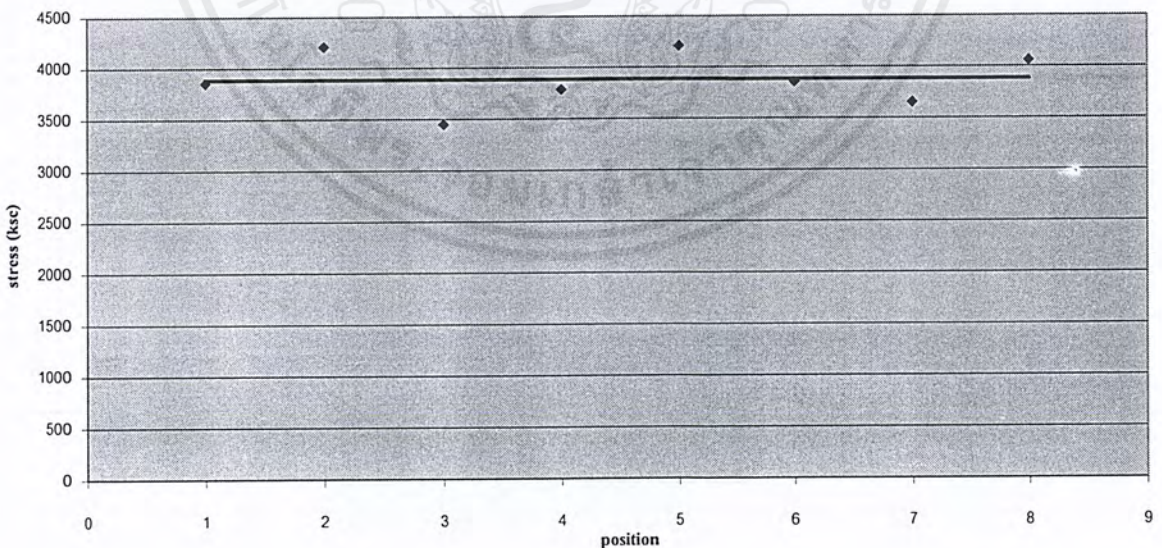
ตารางที่ ผ.ญ.74. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		5	1								
	2		6				5.5	0.48	2000	4207.3629	
	3		6				5.6	0.49	1700	3449.6753	
	4		6				5.5	0.48	1800	3786.6266	
	5		6				5.5	0.48	2000	4207.3629	
	6		6				5.6	0.49	1900	3855.5195	
	7		6				5.6	0.49	1800	3652.5974	
	8		6				5.6	0.49	2000	4058.4416	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 5

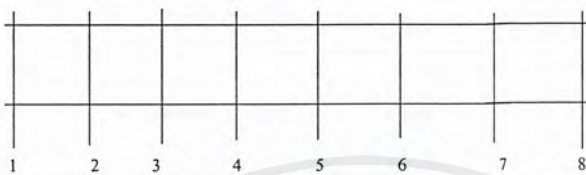


รูปที่ ผ.ญ.62. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

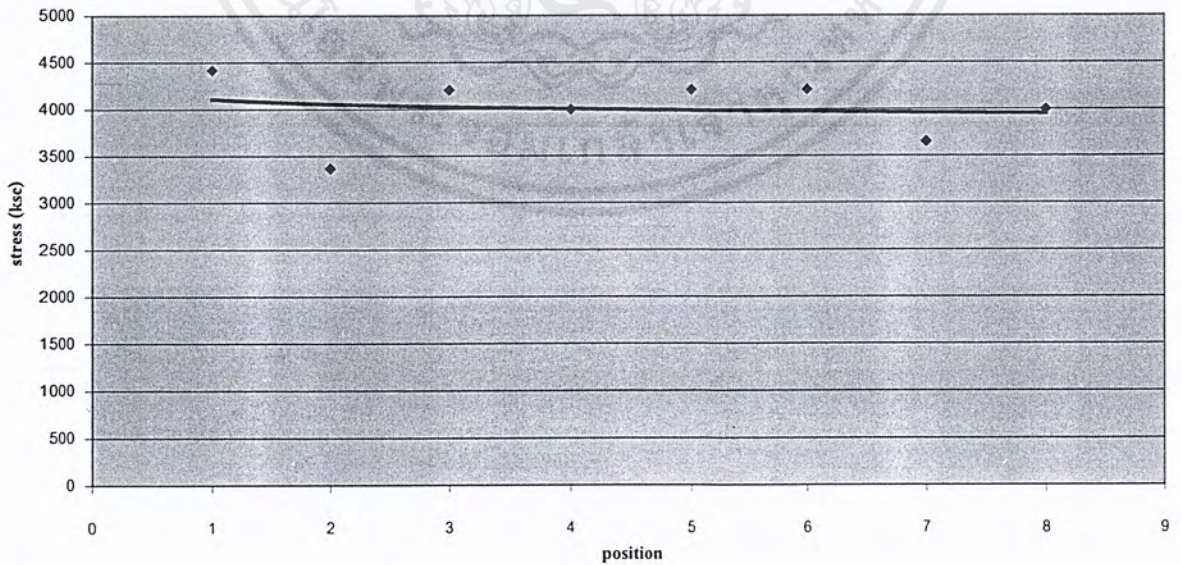
ตารางที่ ผ.ญ.75. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
6	1		6				5.5	0.48	2100	4417.73	4006.54
	2		6				5.5	0.48	1600	3365.89	
	3		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	4		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	5		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	6		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	7		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	8		6				5.5	0.48	1900	3996.99	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 6



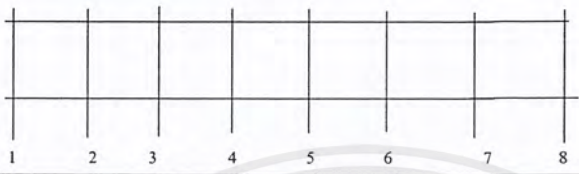
รูปที่ ผ.ญ.63. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

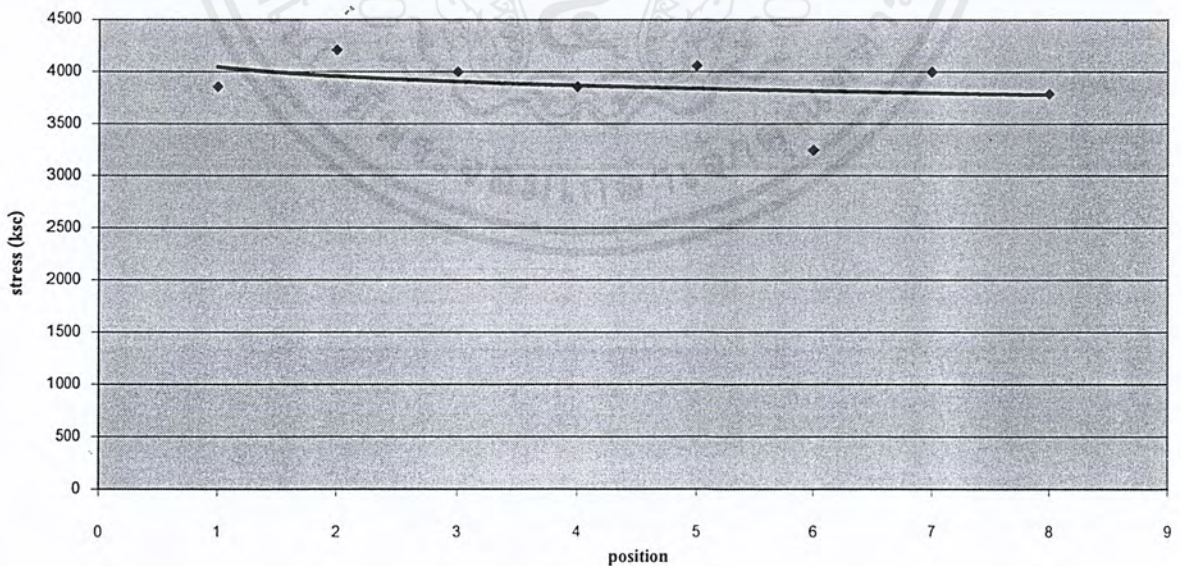
ตารางที่ ผ.ญ.76. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		7	1								
	2		6			5.5	0.48	2000	4207.36		
	3		6			5.5	0.48	1900	3996.99		
	4		6			5.6	0.49	1900	3855.52		
	5		6			5.6	0.49	2000	4058.44		
	6		6			5.6	0.49	1600	3246.75		
	7		6			5.5	0.48	1900	3996.99		
	8		6			5.5	0.48	1800	3786.63		

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 7

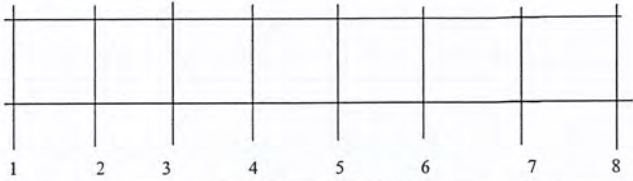


รูปที่ ผ.ญ.64. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

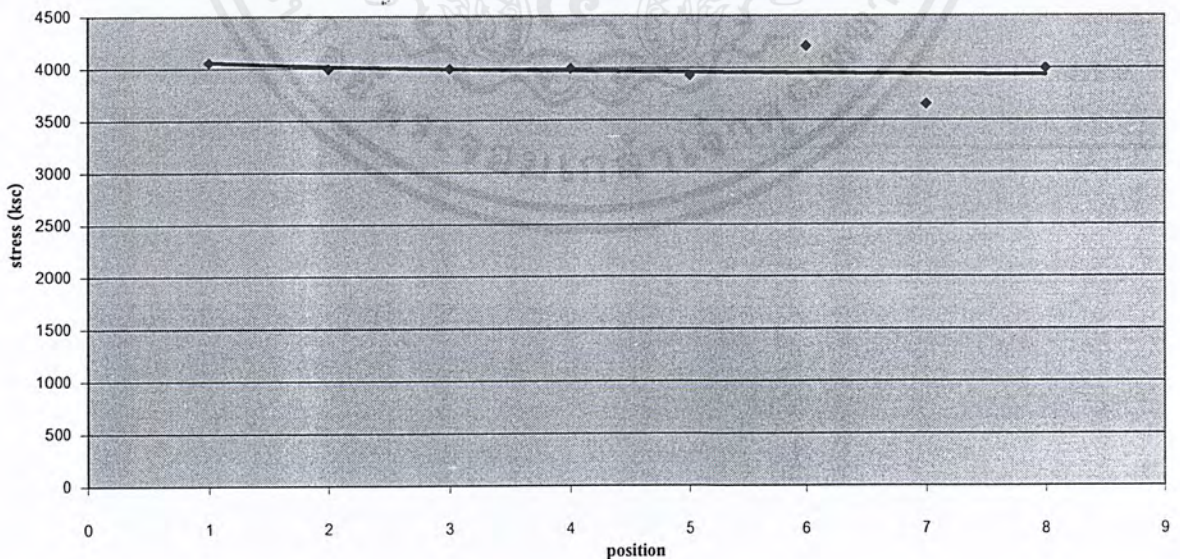
ตารางที่ ผ.ญ.77. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		8	1								
	2		6			5.5	0.48	1900	3996.99		
	3		6			5.5	0.48	1900	3996.99		
	4		6			5.5	0.48	1900	3996.99		
	5		6			5.4	0.46	1800	3928.17		
	6		6			5.5	0.48	2000	4207.36		
	7		6			5.6	0.49	1800	3652.60		
	8		6			5.5	0.48	1900	3996.99		

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 8



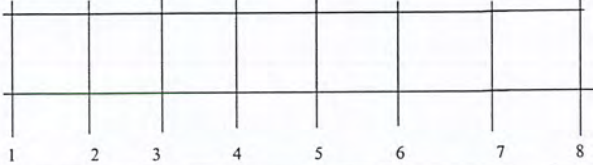
รูปที่ ผ.ญ.65. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

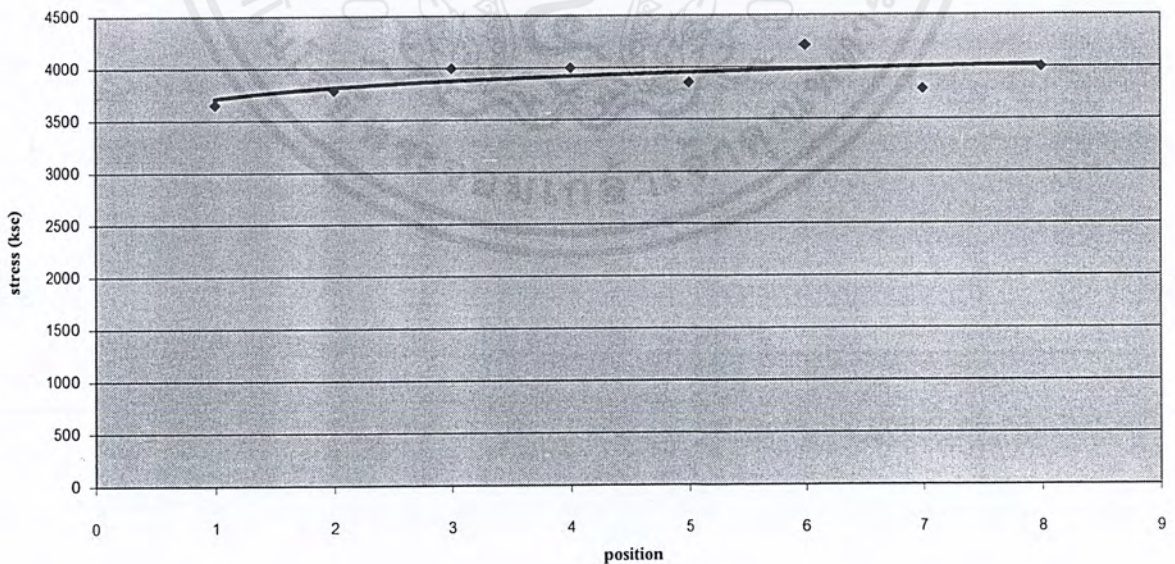
ตารางที่ ผ.ญ.78. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		1	1								
	2		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	3		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	4		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	5		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	6		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	7		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	8		6				5.5	0.48	1900	3996.99	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 1

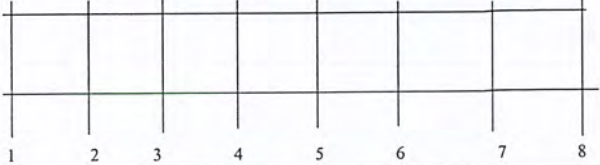


รูปที่ ผ.ญ.66. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

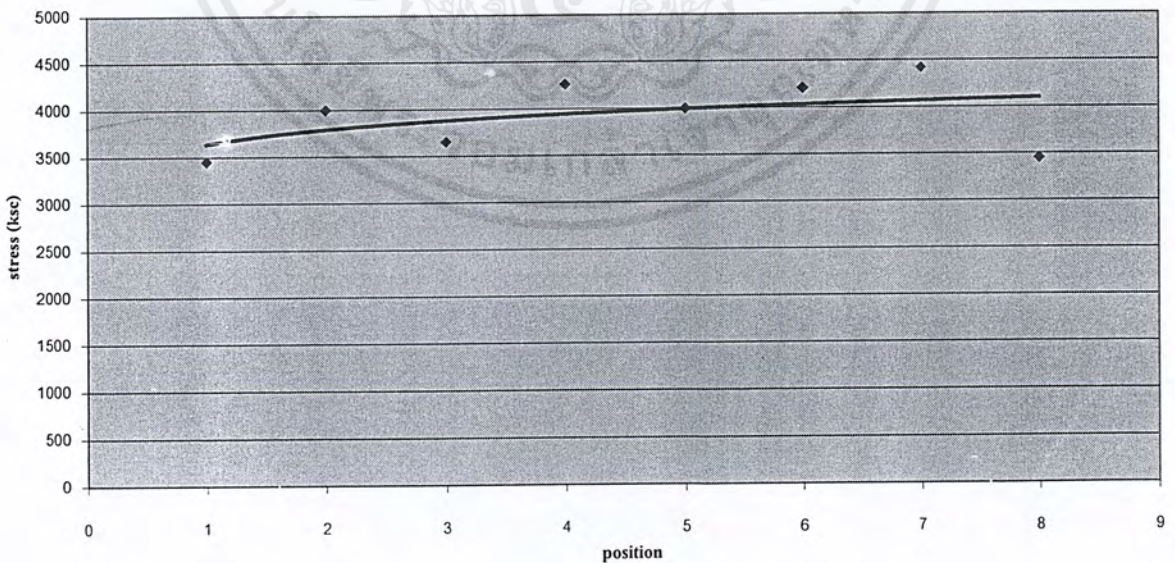
ตารางที่ ผ.ญ.79. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		2	1								
	2		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	3		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	4		6				5.6	0.49	2100	4261.36	
	5		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	6		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	7		6				5.5	0.48	2100	4417.73	
	8		6				5.6	0.49	1700	3449.68	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 2



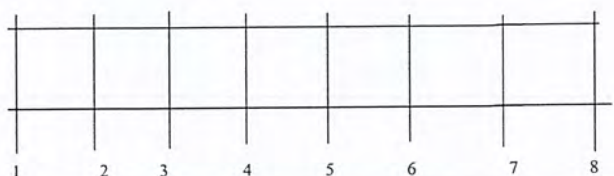
รูปที่ ผ.ญ.67. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

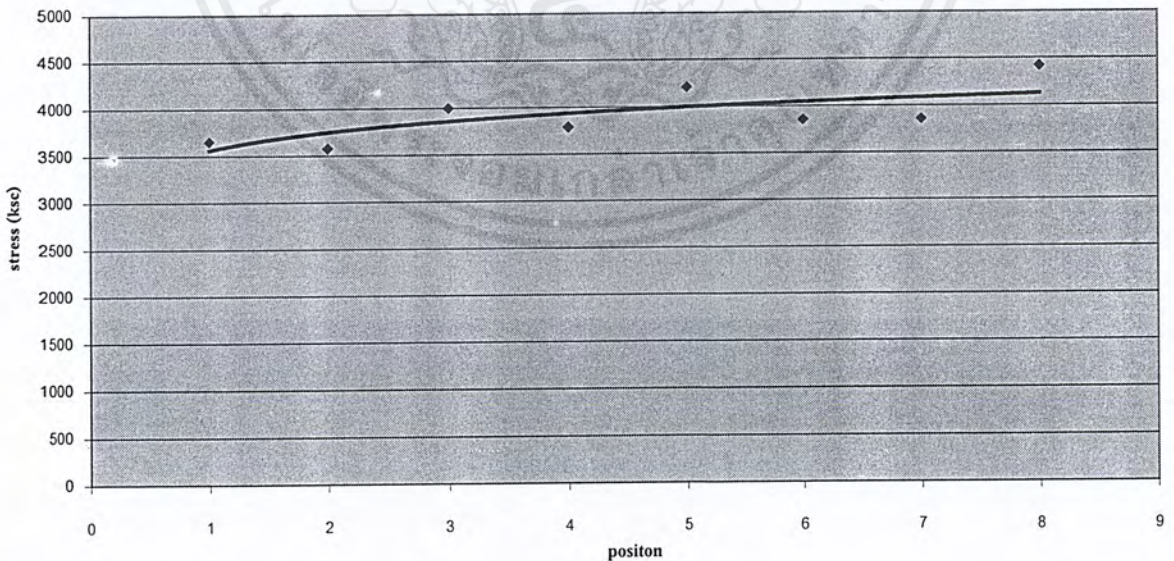
ตารางที่ ผ.ญ.80. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
3	1		6				5.6	0.49	1800	3652.60	3918.58
	2		6				5.5	0.48	1700	3576.26	
	3		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	4		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	5		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	6		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	7		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	8		6				5.5	0.48	2100	4417.73	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 3

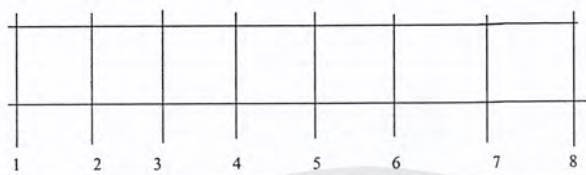


รูปที่ ผ.ญ.68. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

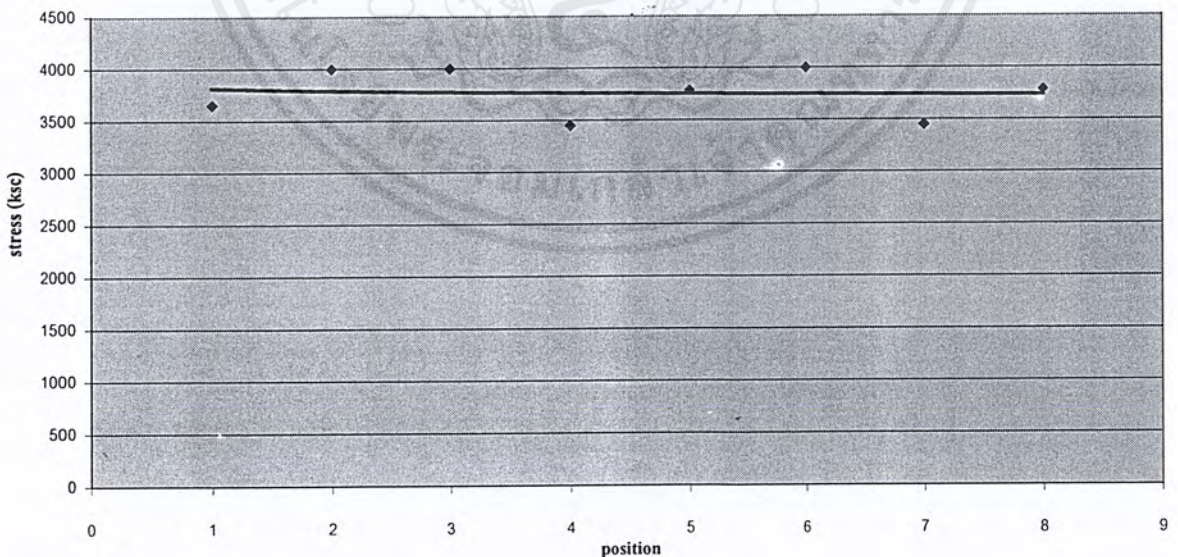
ตารางที่ ผ.ญ.81. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
4	1		6				5.6	0.49	1800	3652.60	3764.52
	2		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	3		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	4		6				5.6	0.49	1700	3449.68	
	5		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	6		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	7		6				5.6	0.49	1700	3449.68	
	8		6				5.5	0.48	1800	3786.63	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 4

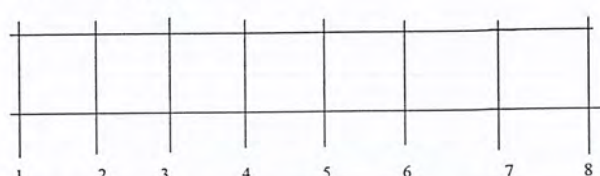


รูปที่ ผ.ญ.69. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในกานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

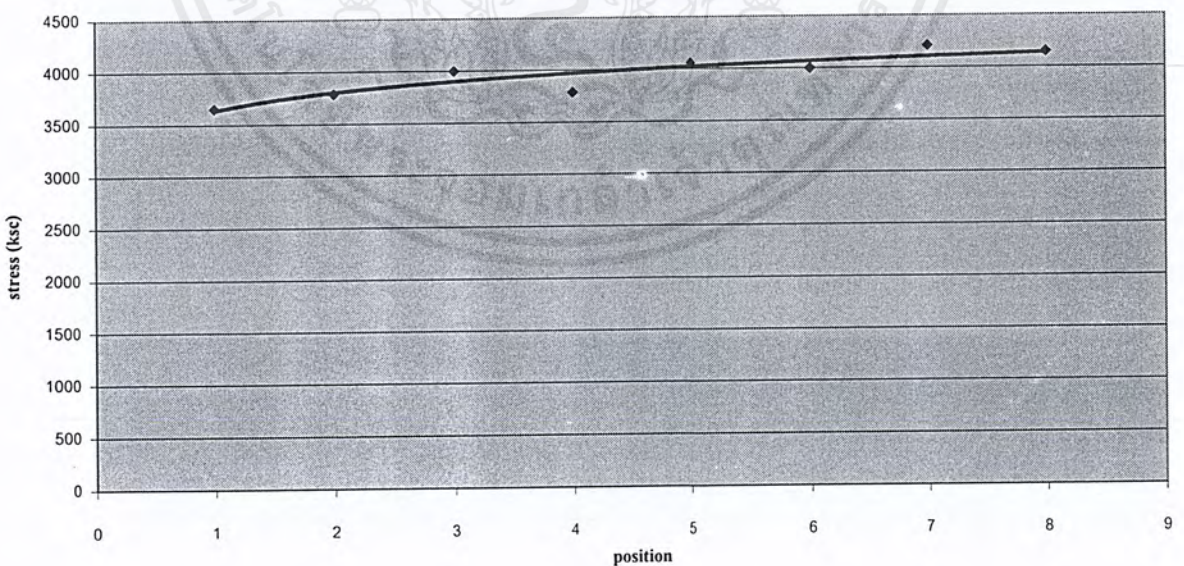
ตารางที่ ผ.ญ.82. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		5	1								
	2		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	3		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	4		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	5		6				5.6	0.49	2000	4058.44	
	6		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	7		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	8		6				5.4	0.46	1900	4146.40	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 5

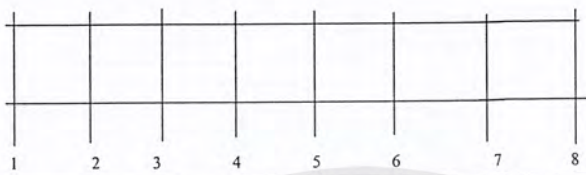


รูปที่ ผ.ญ.70. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

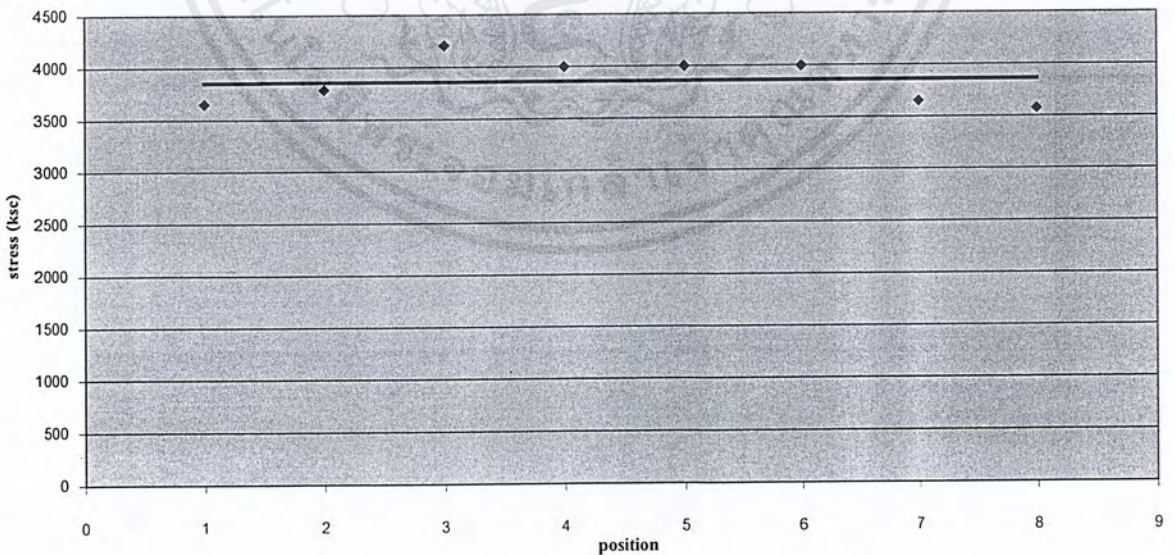
ตารางที่ ผ.ญ.83. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
6	1		6				5.6	0.49	1800	3652.60	3858.30
	2		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	3		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	4		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	5		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	6		6				5.5	0.48	1900	3996.99	
	7		6				5.6	0.49	1800	3652.60	
	8		6				5.5	0.48	1700	3576.26	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 6

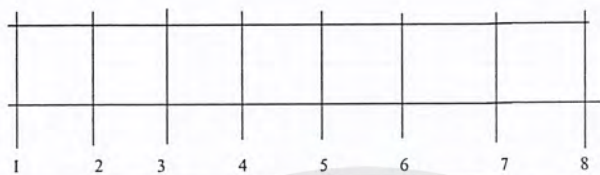


รูปที่ ผ.ญ.71. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

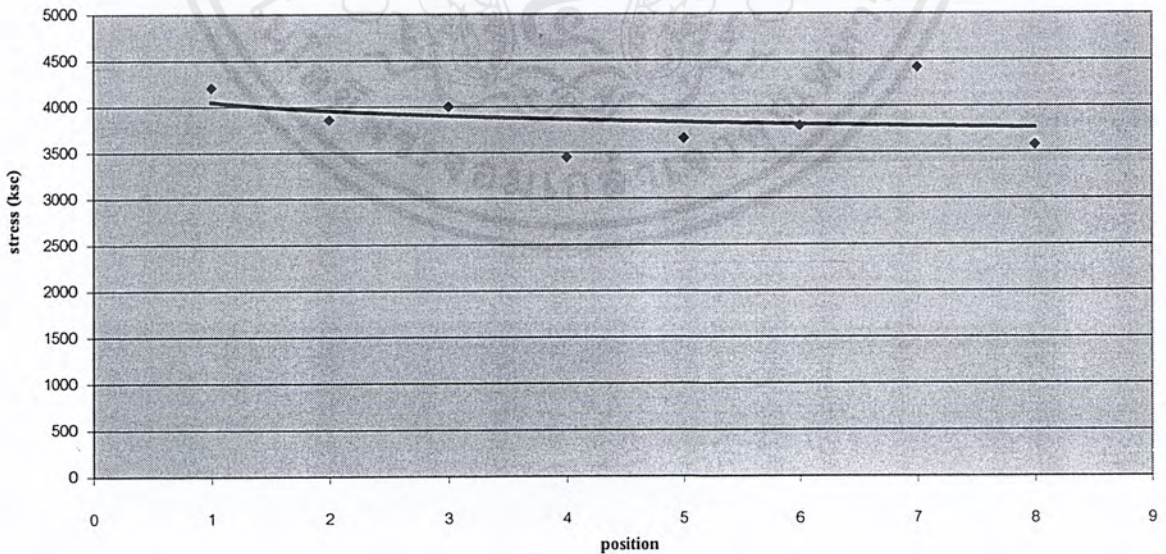
ตารางที่ ผ.ญ.84. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		7	1								
	2		6			5.6	0.49	1900	3855.52		
	3		6			5.5	0.48	1900	3996.99		
	4		6			5.6	0.49	1700	3449.68		
	5		6			5.6	0.49	1800	3652.60		
	6		6			5.5	0.48	1800	3786.63		
	7		6			5.5	0.48	2100	4417.73		
	8		6			5.5	0.48	1700	3576.26		

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1010 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 7

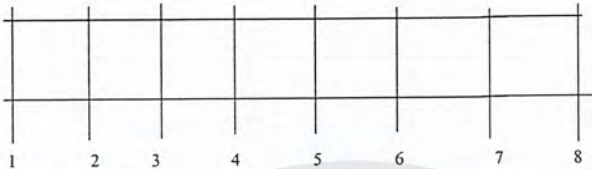


รูปที่ ผ.ญ.72. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

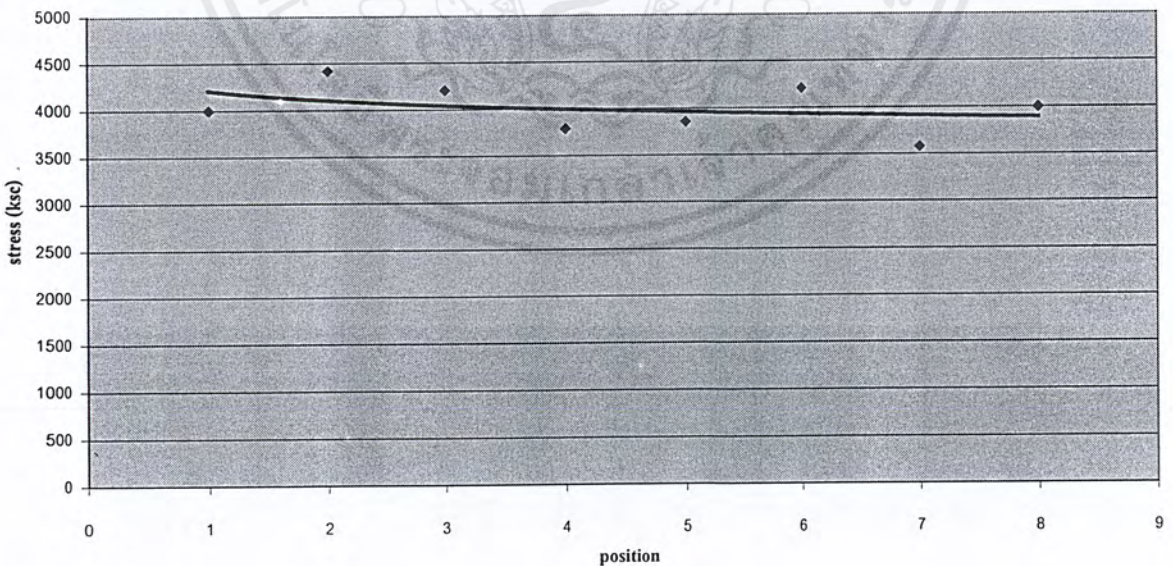
ตารางที่ ผ.ญ.85. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1010°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		8	1								
	2		6				5.5	0.48	2100	4417.73	
	3		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	4		6				5.5	0.48	1800	3786.63	
	5		6				5.6	0.49	1900	3855.52	
	6		6				5.5	0.48	2000	4207.36	
	7		6				5.5	0.48	1700	3576.26	
	8		6				5.5	0.48	1900	3996.99	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาที่ 1010 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 8

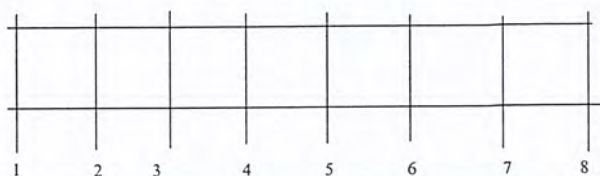


รูปที่ ผ.ญ.73. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานคอนกรีต  
เผาที่ 1010 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

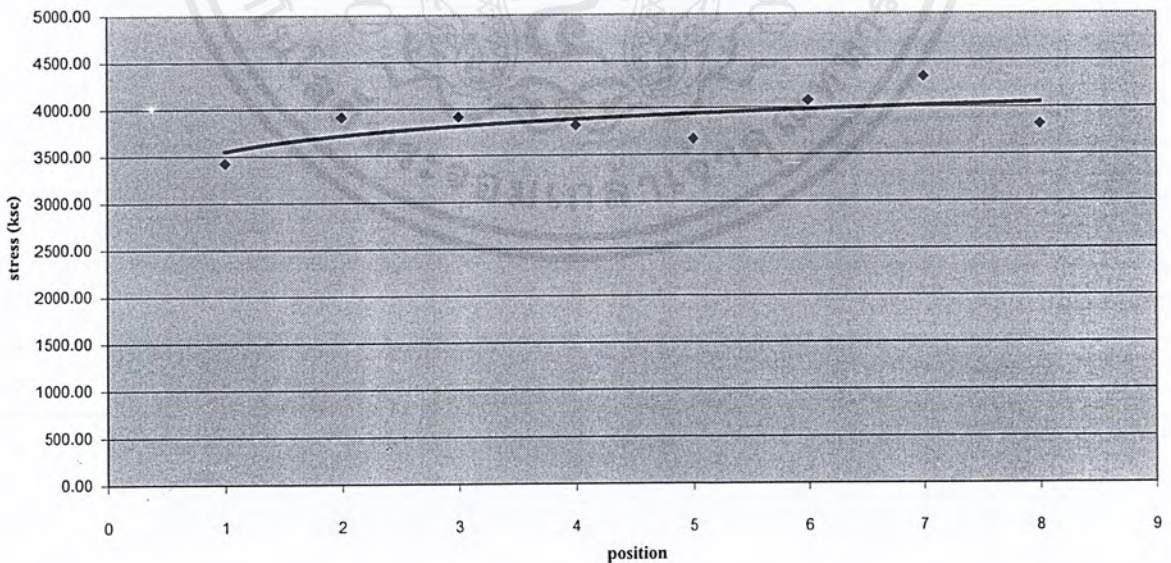
ตารางที่ ผ.ญ.86. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
1	1		6				5.1	0.41	1400	3425.26	3870.09
	2		6				5.1	0.41	1600	3914.58	
	3		6				5.1	0.41	1600	3914.58	
	4		6				5	0.39	1500	3818.18	
	5		6				5.1	0.41	1500	3669.92	
	6		6				5	0.39	1600	4072.73	
	7		6				5	0.39	1700	4327.27	
	8		6				5	0.39	1500	3818.1818	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 1

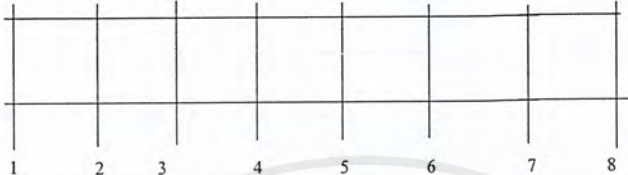


รูปที่ ผ.ญ.74. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

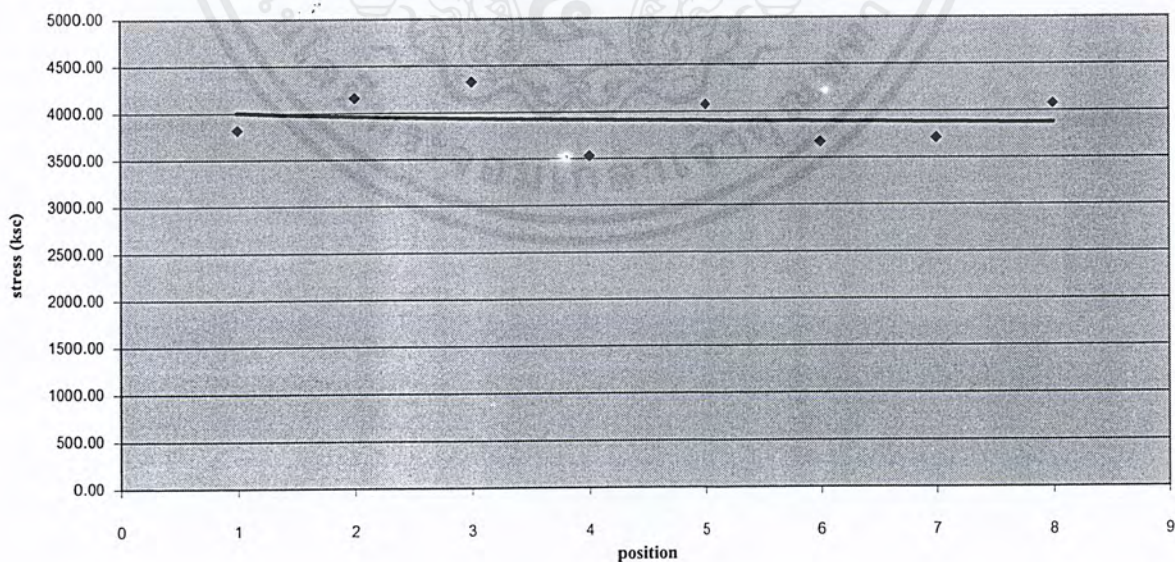
ตารางที่ ผ.ญ.87. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		2	1								
	2		6				5.1	0.41	1700	4159.24	
	3		6				5	0.39	1700	4327.27	
	4		6				5.2	0.42	1500	3530.12	
	5		6				5	0.39	1600	4072.73	
	6		6				5.1	0.41	1500	3669.92	
	7		6				4.9	0.38	1400	3710.58	
	8		6				5	0.39	1600	4072.73	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 2

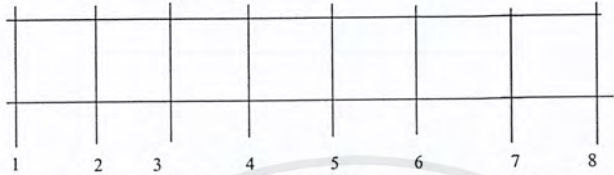


รูปที่ ผ.ญ.75. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

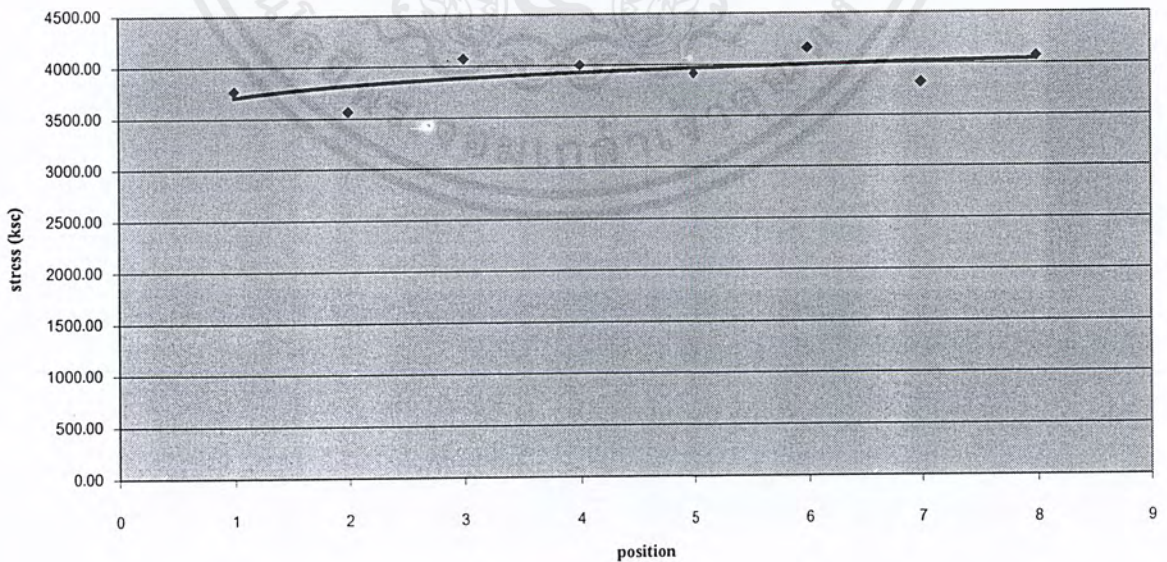
ตารางที่ ผ.ญ.88. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
3	1		6				5.2	0.42	1600	3765.47	3920.92
	2		6				5	0.39	1400	3563.64	
	3		6				5	0.39	1600	4072.73	
	4		6				5.2	0.42	1700	4000.81	
	5		6				5.1	0.41	1600	3914.58	
	6		6				5.1	0.41	1700	4159.24	
	7		6				5	0.39	1500	3818.18	
	8		6				5	0.39	1600	4072.73	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 3




รูปที่ ผ.ญ.76. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

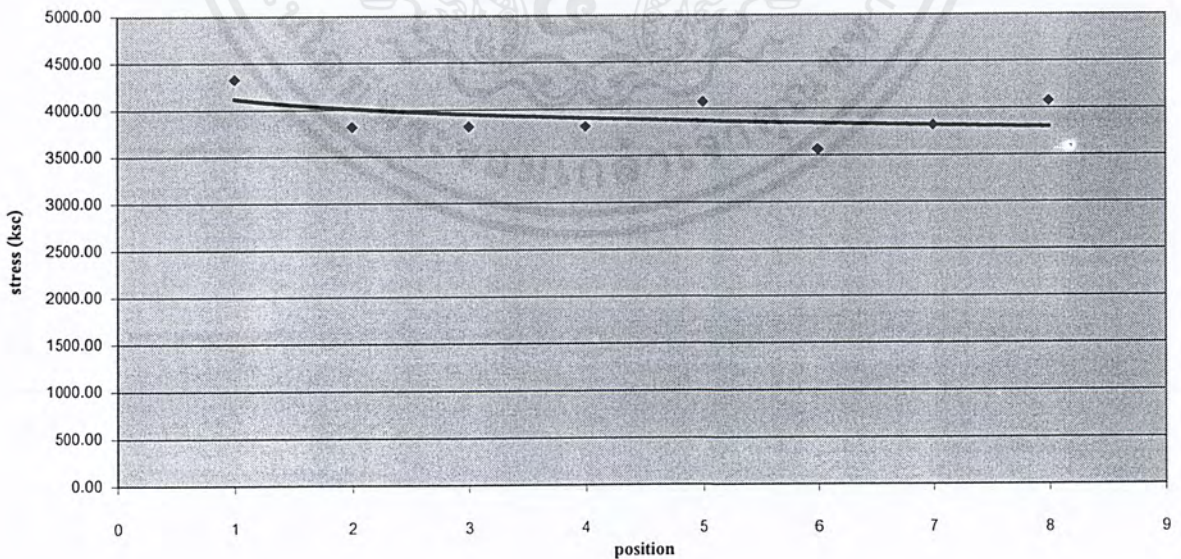
ตารางที่ ผ.ญ.89. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
4	1		6				5	0.39	1700	4327.27	3913.64
	2		6				5	0.39	1500	3818.18	
	3		6				5	0.39	1500	3818.18	
	4		6				5	0.39	1500	3818.18	
	5		6				5	0.39	1600	4072.73	
	6		6				5	0.39	1400	3563.64	
	7		6				5	0.39	1500	3818.18	
	8		6				5	0.39	1600	4072.73	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 4



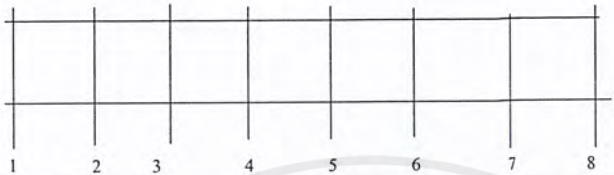
รูปที่ ผ.ญ.77. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

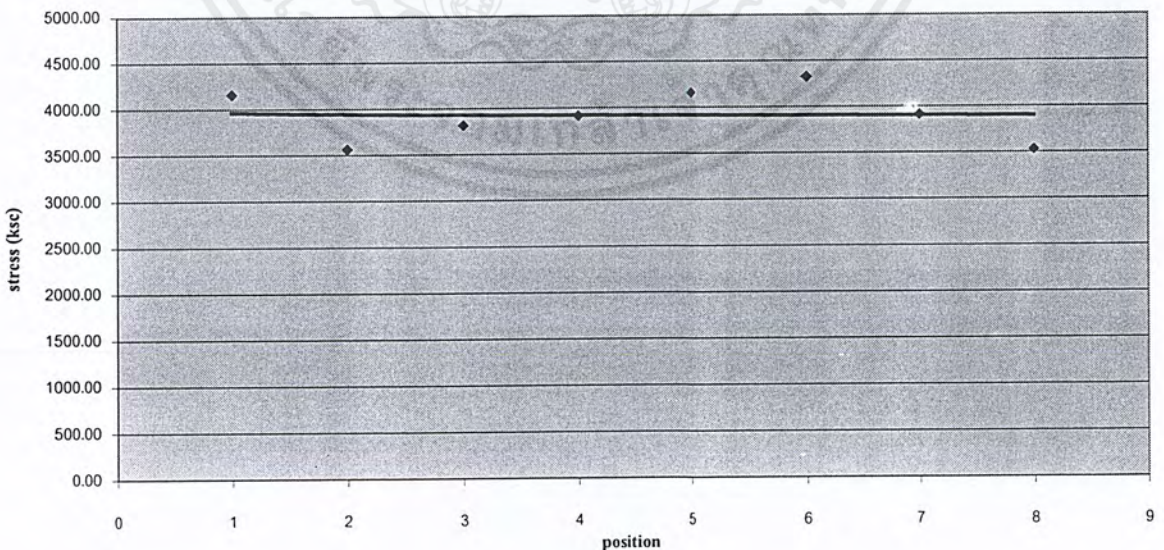
ตารางที่ ผ.ญ.90. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type& Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		5	1								
	2		6			5	0.39	1400	3563.64		
	3		6			5	0.39	1500	3818.18		
	4		6			5.1	0.41	1600	3914.58		
	5		6			5.1	0.41	1700	4159.24		
	6		6			5	0.39	1700	4327.27		
	7		6			5.1	0.41	1600	3914.58		
	8		6			5.2	0.42	1500	3530.12		

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 5

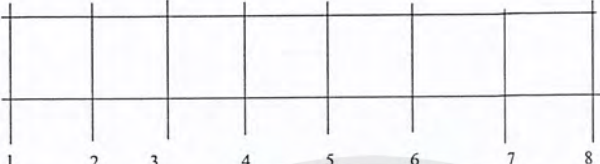


รูปที่ ผ.ญ.78. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

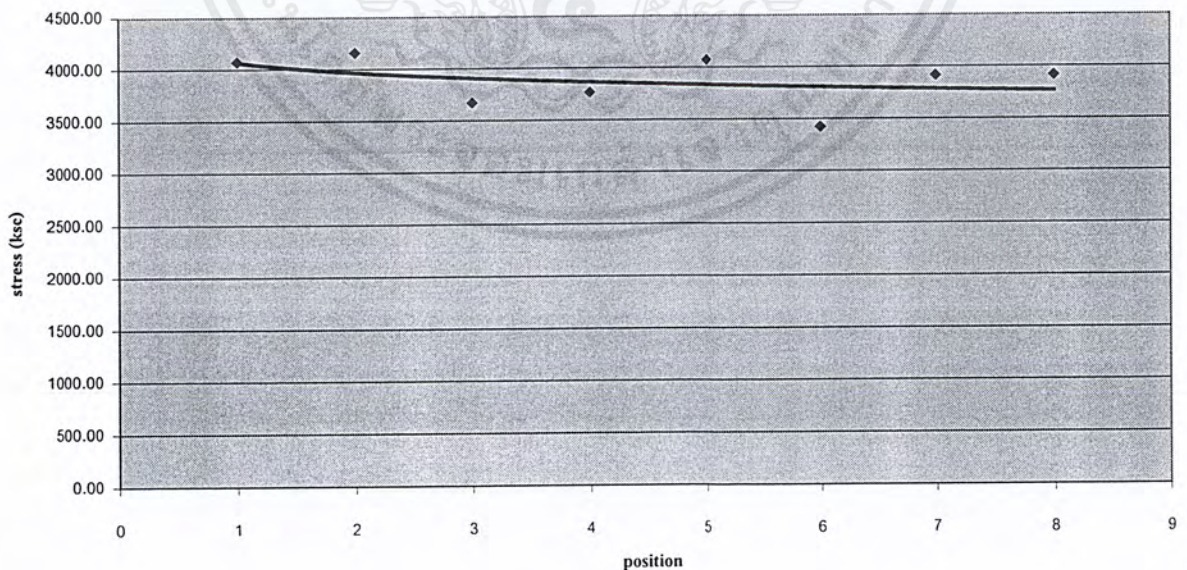
ตารางที่ ผ.ญ.91. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type& Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
6	1		6				5	0.39	1600	4072.73	3874.31
	2		6				5.1	0.41	1700	4159.24	
	3		6				5.1	0.41	1500	3669.92	
	4		6				5.2	0.42	1600	3765.47	
	5		6				5	0.39	1600	4072.73	
	6		6				5.1	0.41	1400	3425.26	
	7		6				5.1	0.41	1600	3914.58	
	8		6				5.1	0.41	1600	3914.58	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 6

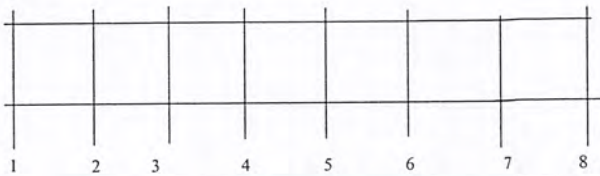


รูปที่ ผ.ญ.79. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

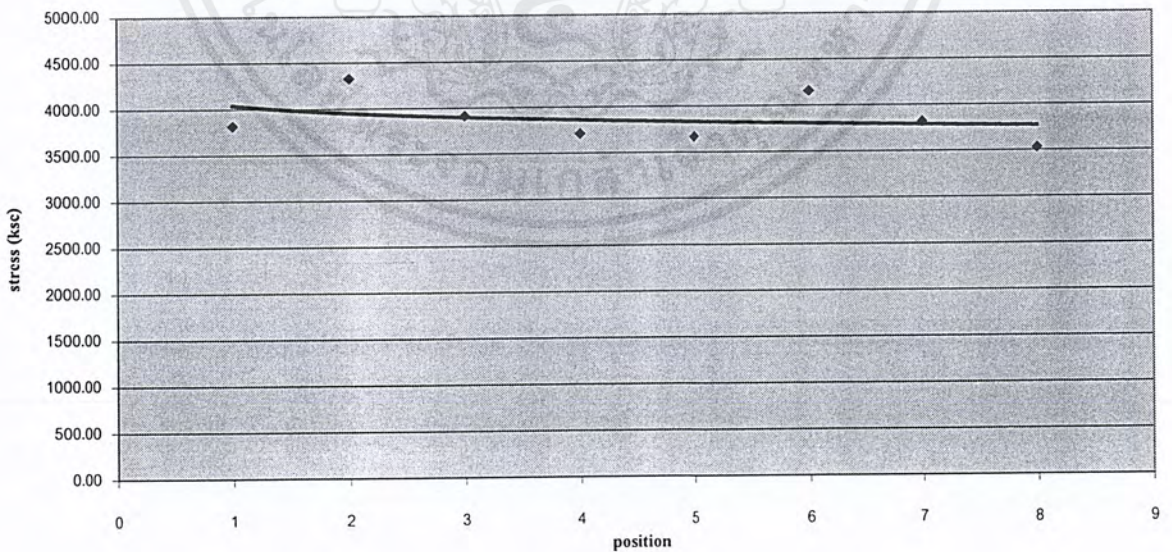
ตารางที่ ผ.ญ.92. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		7	1								
	2		6			5	0.39	1700	4327.27		
	3		6			5.1	0.41	1600	3914.58		
	4		6			4.9	0.38	1400	3710.58		
	5		6			5.1	0.41	1500	3669.92		
	6		6			5.1	0.41	1700	4159.24		
	7		6			5	0.39	1500	3818.18		
	8		6			5.2	0.42	1500	3530.12		

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 7

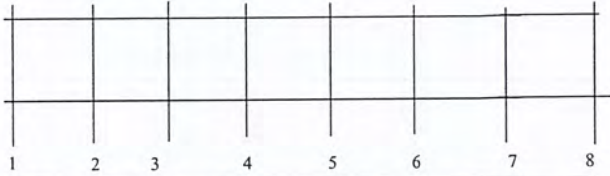


รูปที่ ผ.ญ.80. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

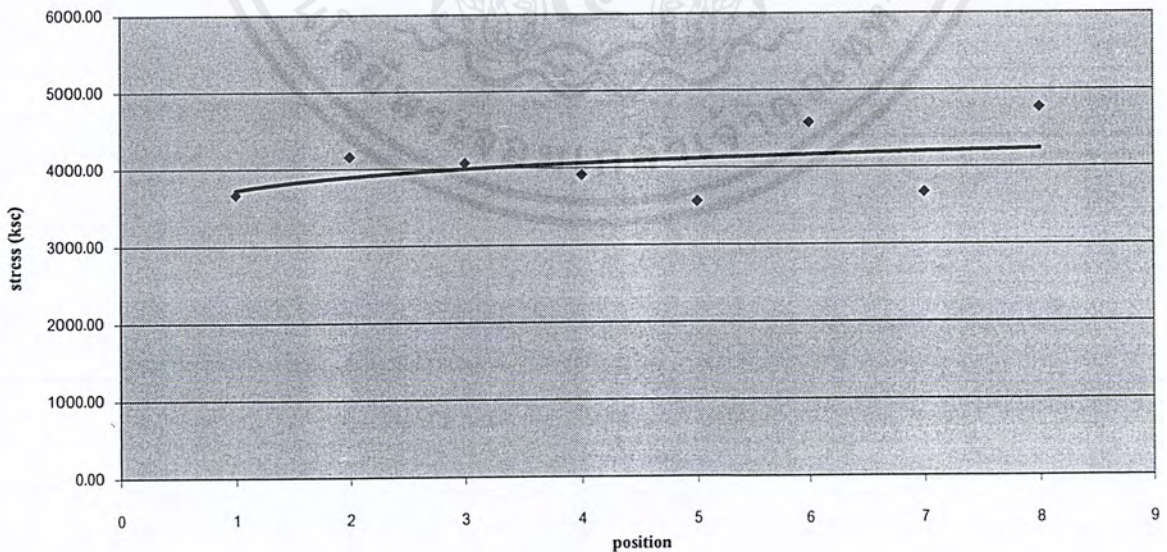
ตารางที่ ผ.ญ.93. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน



Spec No.	Position	Type& Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
8	1		6				5.1	0.41	1500	3669.92	4050.32
	2		6				5.1	0.41	1700	4159.24	
	3		6				5	0.39	1600	4072.73	
	4		6				5.1	0.41	1600	3914.58	
	5		6				5	0.39	1400	3563.64	
	6		6				5	0.39	1800	4581.82	
	7		6				5.1	0.41	1500	3669.92	
	8		6				4.9	0.38	1800	4770.74	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 10 วัน ตัวอย่างที่ 8



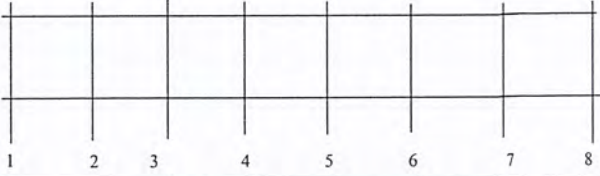
รูปที่ ผ.ญ.81. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

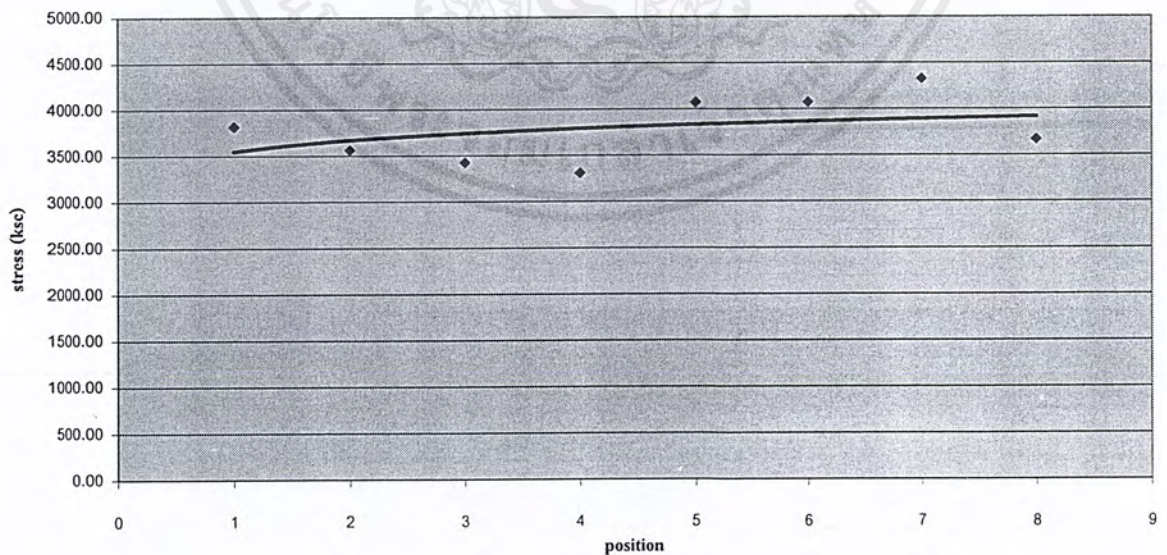
ตารางที่ ผ.ญ.94. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type& Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		1	1								
	2		6			5	0.39	1400	3563.64		
	3		6			5.1	0.41	1400	3425.26		
	4		6			5	0.39	1300	3309.09		
	5		6			5	0.39	1600	4072.73		
	6		6			5	0.39	1600	4072.73		
	7		6			5	0.39	1700	4327.27		
	8		6			5.1	0.41	1500	3669.92		

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 1



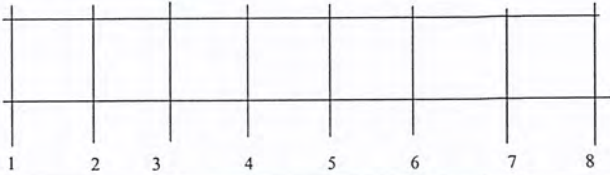
รูปที่ ผ.ญ.82. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

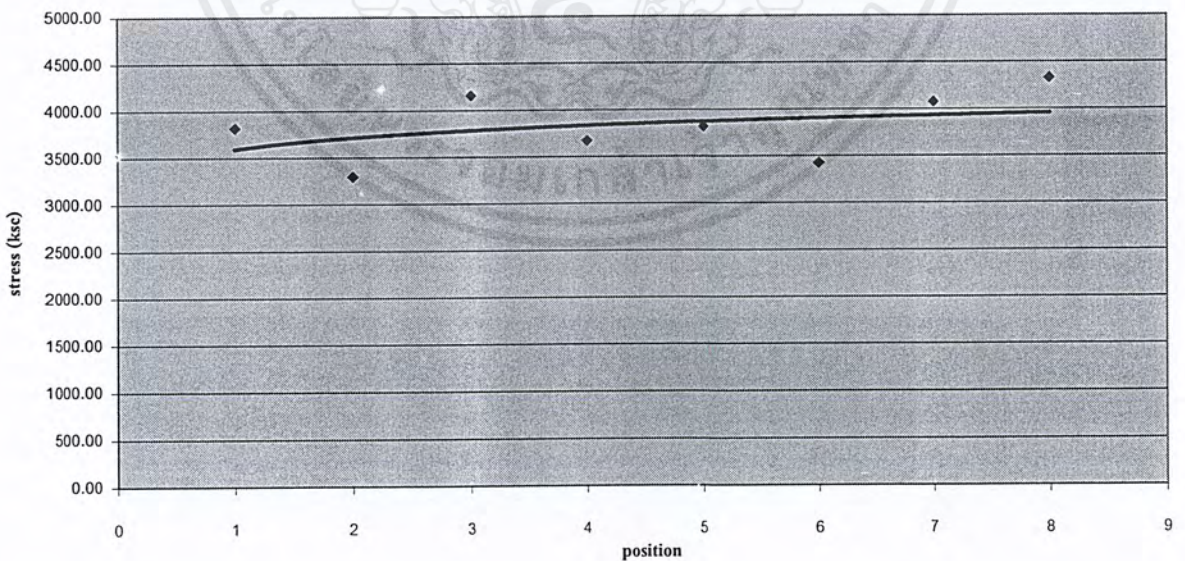
ตารางที่ ผ.ญ.95. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
2	1		6				5	0.39	1500	3818.18	3823.19
	2		6				5.2	0.42	1400	3294.78	
	3		6				5.1	0.41	1700	4159.24	
	4		6				5.1	0.41	1500	3669.92	
	5		6				5	0.39	1500	3818.18	
	6		6				5.1	0.41	1400	3425.26	
	7		6				5	0.39	1600	4072.73	
	8		6				5	0.39	1700	4327.27	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 2

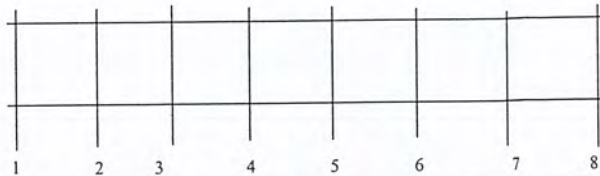


รูปที่ ผ.ญ.83. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

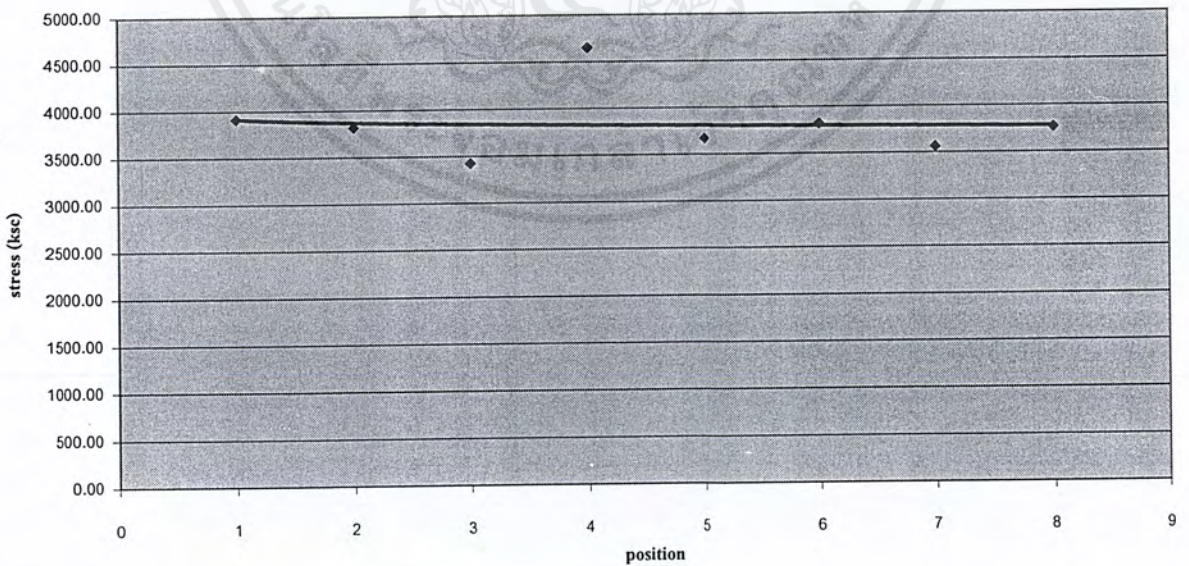
ตารางที่ ผ.ญ.96. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type & Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
3	1		6				5.1	0.41	1600	3914.58	3827.97
	2		6				5	0.39	1500	3818.18	
	3		6				5.1	0.41	1400	3425.26	
	4		6				5.1	0.41	1900	4648.56	
	5		6				5.1	0.41	1500	3669.92	
	6		6				5	0.39	1500	3818.18	
	7		6				5	0.39	1400	3563.64	
	8		6				5.2	0.42	1600	3765.47	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 3



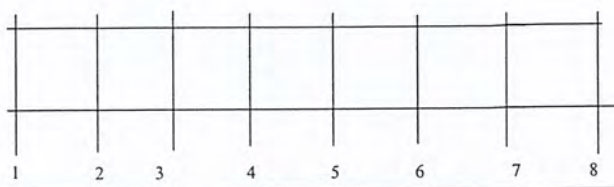
รูปที่ ผ.ญ.84. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

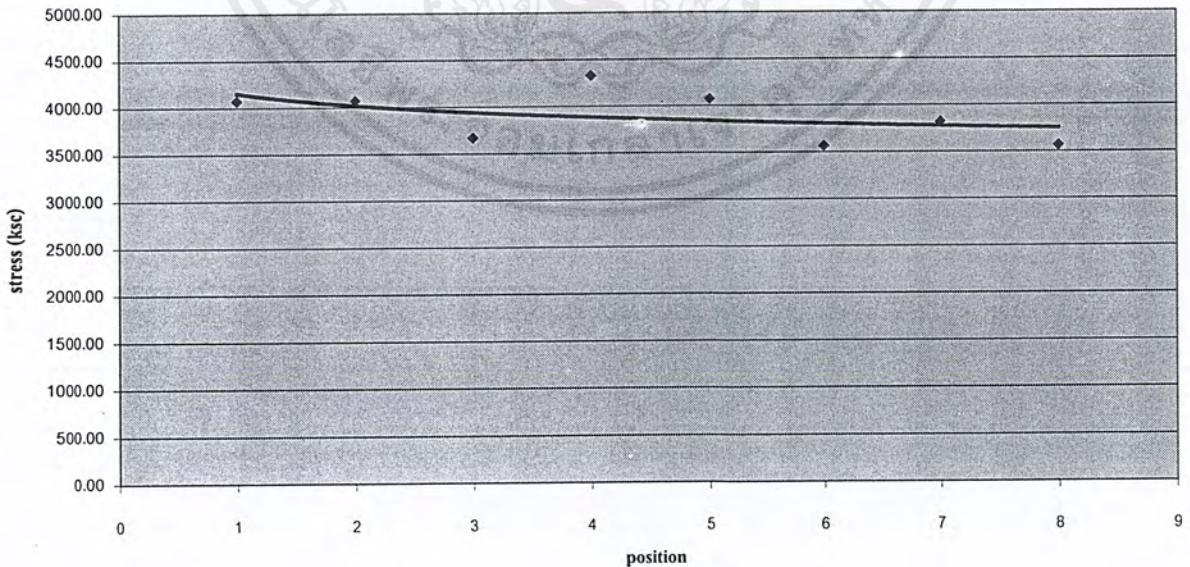
ตารางที่ ผ.ญ.97. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type& Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
4	1		6				5	0.39	1600	4072.73	3895.10
	2		6				5	0.39	1600	4072.73	
	3		6				5.1	0.41	1500	3669.92	
	4		6				5	0.39	1700	4327.27	
	5		6				5	0.39	1600	4072.73	
	6		6				5	0.39	1400	3563.64	
	7		6				5	0.39	1500	3818.18	
	8		6				5	0.39	1400	3563.64	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 4

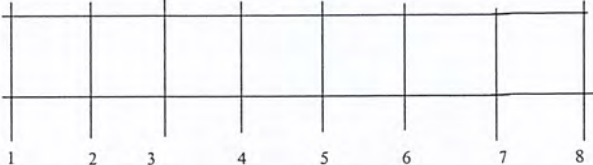


รูปที่ ผ.ญ.85. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ผญ103

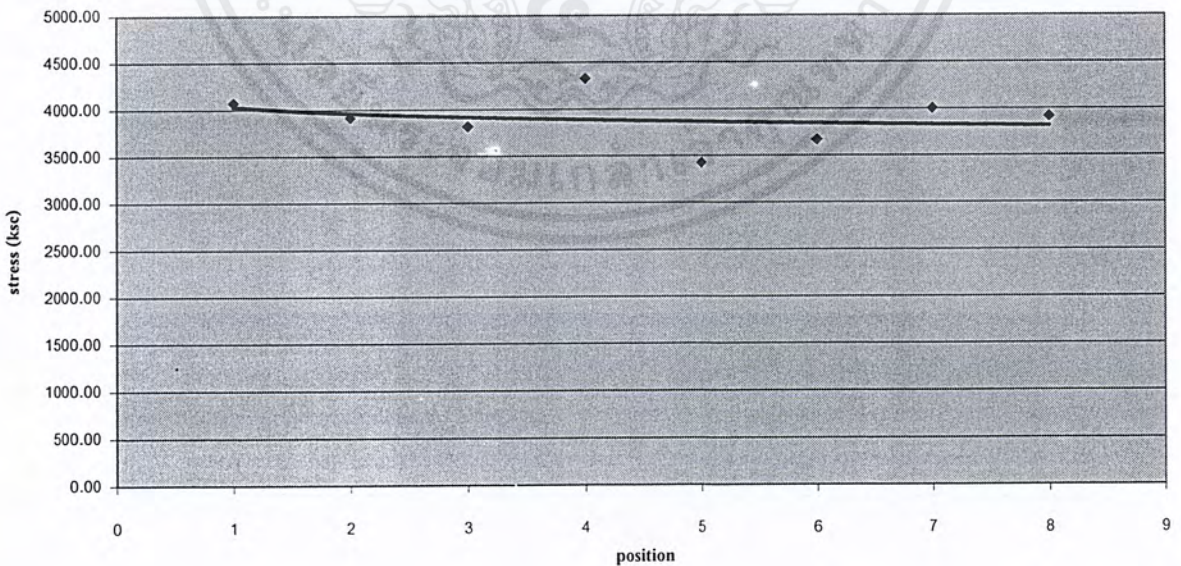
ตารางที่ ผ.ญ.98. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093<sup>o</sup>Cทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093<sup>o</sup>Cทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		5	1								
	2		6			5.1	0.41	1600	3914.58		
	3		6			5	0.39	1500	3818.18		
	4		6			5	0.39	1700	4327.27		
	5		6			5.1	0.41	1400	3425.26		
	6		6			5.1	0.41	1500	3669.92		
	7		6			5.2	0.42	1700	4000.81		
	8		6			5.1	0.41	1600	3914.58		

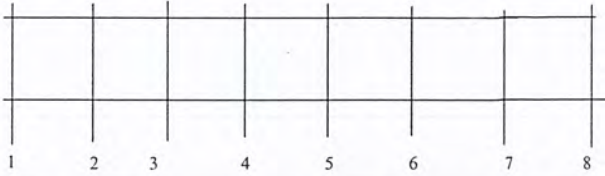
แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 5



รูปที่ ผ.ญ.86. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093<sup>o</sup>Cทิ้งไว้ 21 วัน

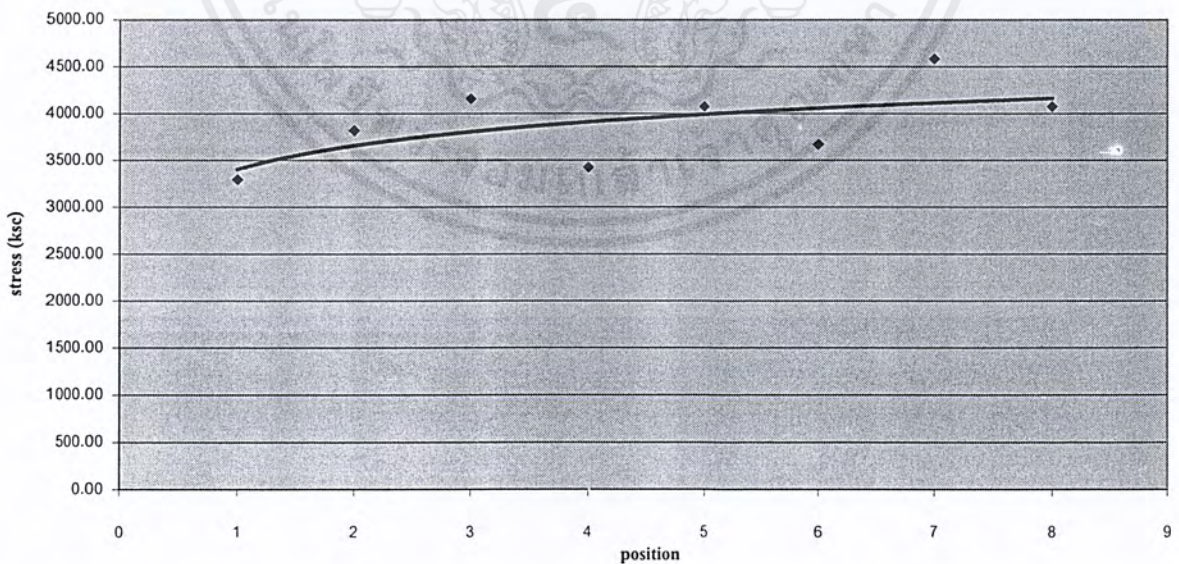
ตารางที่ ผ.ญ.99. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
6	1		6				5.2	0.42	1400	3294.78	3886.83
	2		6				5	0.39	1500	3818.18	
	3		6				5.1	0.41	1700	4159.24	
	4		6				5.1	0.41	1400	3425.26	
	5		6				5	0.39	1600	4072.73	
	6		6				5.1	0.41	1500	3669.92	
	7		6				5	0.39	1800	4581.82	
	8		6				5	0.39	1600	4072.73	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 6

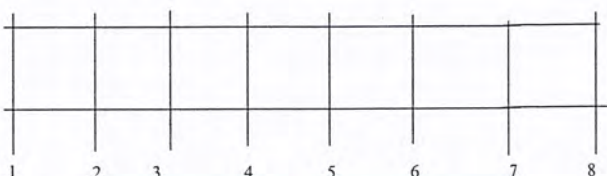


รูปที่ ผ.ญ.87. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ผญ105

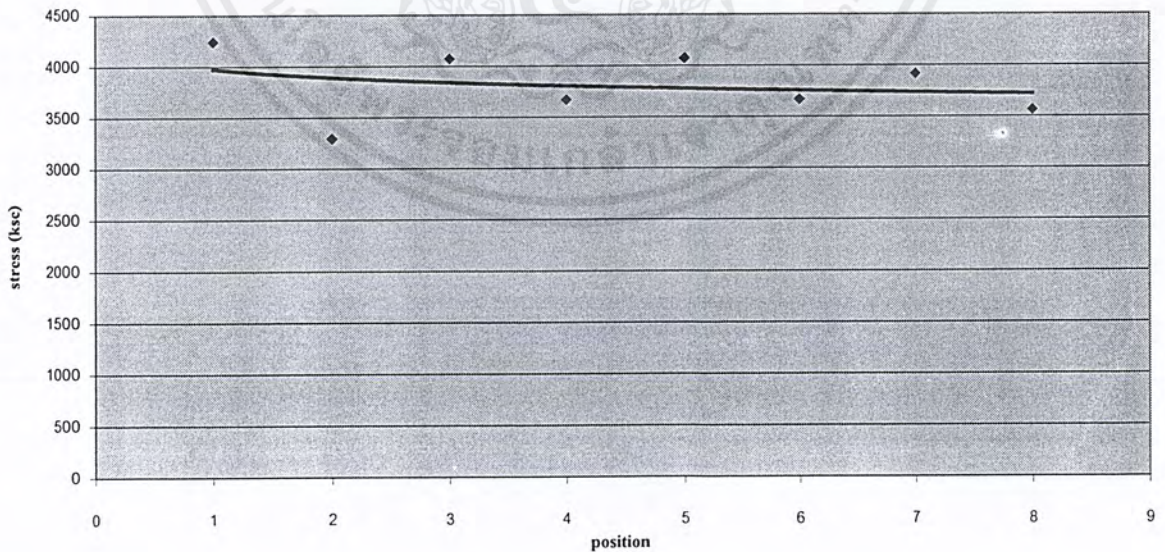
ตารางที่ ผ.ญ.100. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		7	1								
	2		6			5.2	0.42	1400	3294.78		
	3		6			5	0.39	1600	4072.73		
	4		6			5.1	0.41	1500	3669.92		
	5		6			5	0.39	1600	4072.73		
	6		6			5.1	0.41	1500	3669.92		
	7		6			5.1	0.41	1600	3914.58		
	8		6			5	0.39	1400	3563.64		

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 7



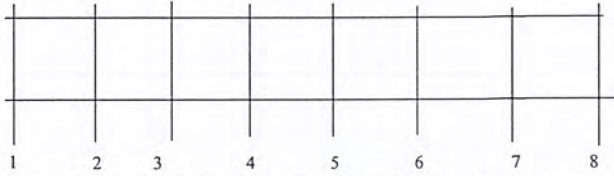
รูปที่ ผ.ญ.88. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

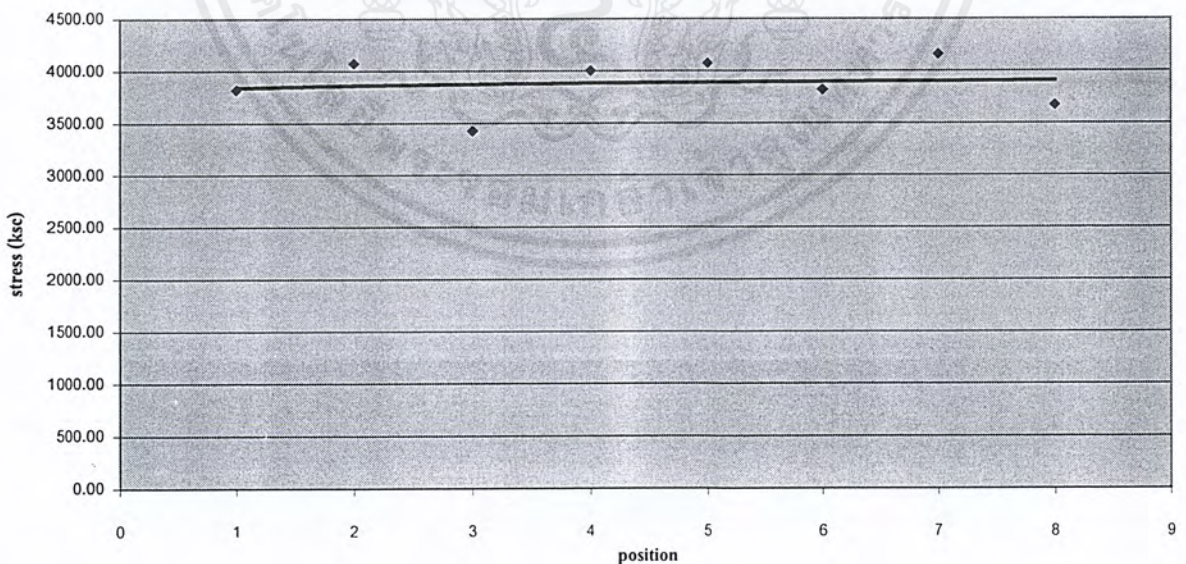
ตารางที่ ผ.ญ.101. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 21 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		8	1								
	2		6				5	0.39	1600	4072.73	
	3		6				5.1	0.41	1400	3425.26	
	4		6				5.2	0.42	1700	4000.81	
	5		6				5	0.39	1600	4072.73	
	6		6				5	0.39	1500	3818.18	
	7		6				5.1	0.41	1700	4159.24	
	8		6				5.1	0.41	1500	3669.92	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 21 วัน ตัวอย่างที่ 8

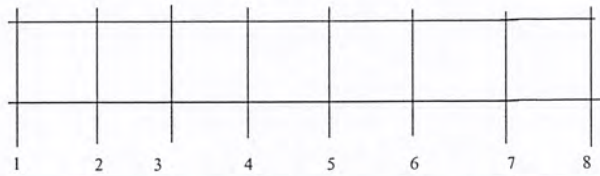


รูปที่ ผ.ญ.89. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 21 วัน

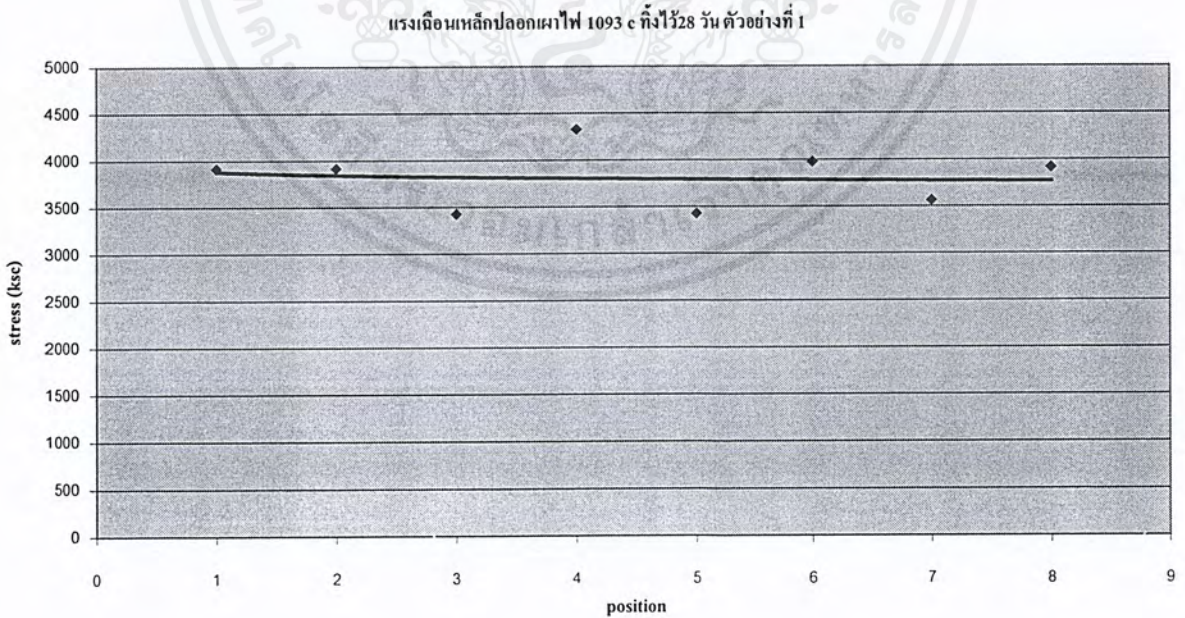
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ผญ107

ตารางที่ ผ.ญ.102. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
1	1		6				5.1	0.41	1600	3914.5783	3807.60
	2		6				5.1	0.41	1600	3914.5783	
	3		6				5.1	0.41	1400	3425.256	
	4		6				5	0.39	1700	4327.2727	
	5		6				5.1	0.41	1400	3425.256	
	6		6				4.9	0.38	1500	3975.6162	
	7		6				5	0.39	1400	3563.6364	
	8		6				5.1	0.41	1600	3914.5783	

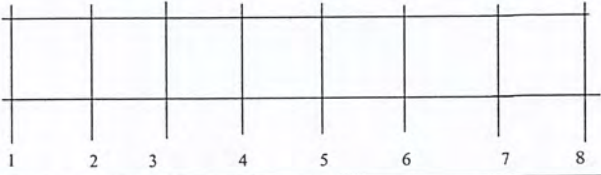


รูปที่ ผ.ญ.90. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

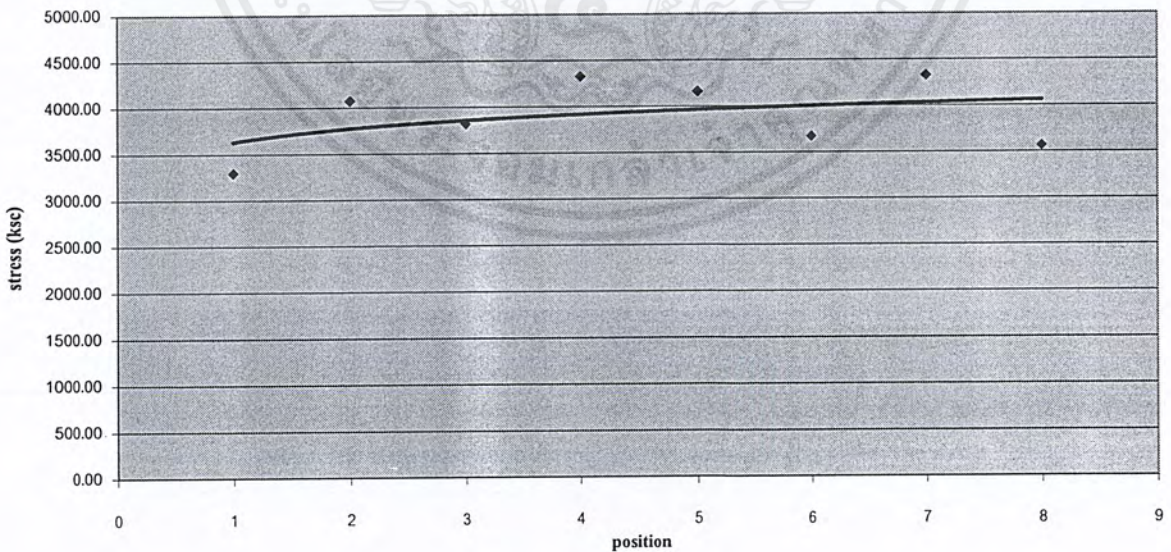
ตารางที่ ผ.ญ.103. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		2	1								
	2		6			5	0.39	1600	4072.73		
	3		6			5	0.39	1500	3818.18		
	4		6			5	0.39	1700	4327.27		
	5		6			5.1	0.41	1700	4159.24		
	6		6			5.1	0.41	1500	3669.92		
	7		6			5	0.39	1700	4327.27		
	8		6			5	0.39	1400	3563.64		

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 2



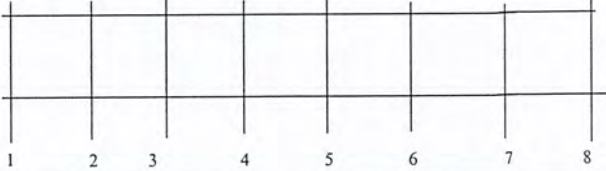
รูปที่ ผ.ญ.91. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผญ109

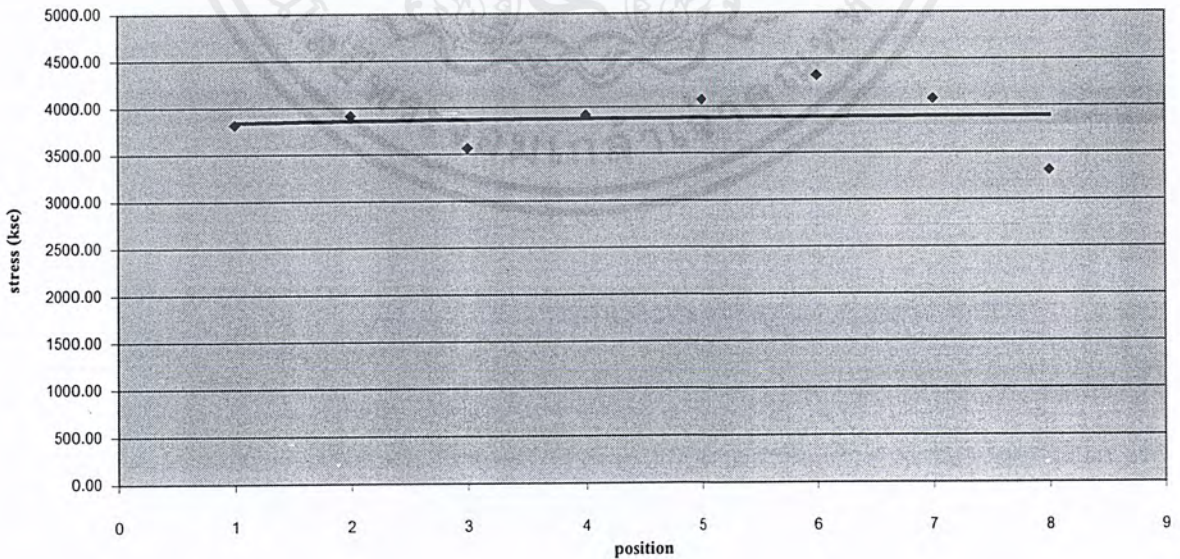
ตารางที่ ผ.ญ.104. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
3	1		6				5	0.39	1500	3818.18	3874.10
	2		6				5.1	0.41	1600	3914.58	
	3		6				5	0.39	1400	3563.64	
	4		6				5.1	0.41	1600	3914.58	
	5		6				5	0.39	1600	4072.73	
	6		6				5	0.39	1700	4327.27	
	7		6				5	0.39	1600	4072.73	
	8		6				5	0.39	1300	3309.09	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 3

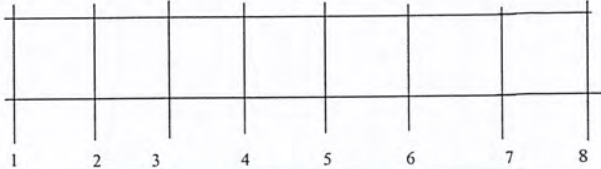


รูปที่ ผ.ญ.92. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในกานคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

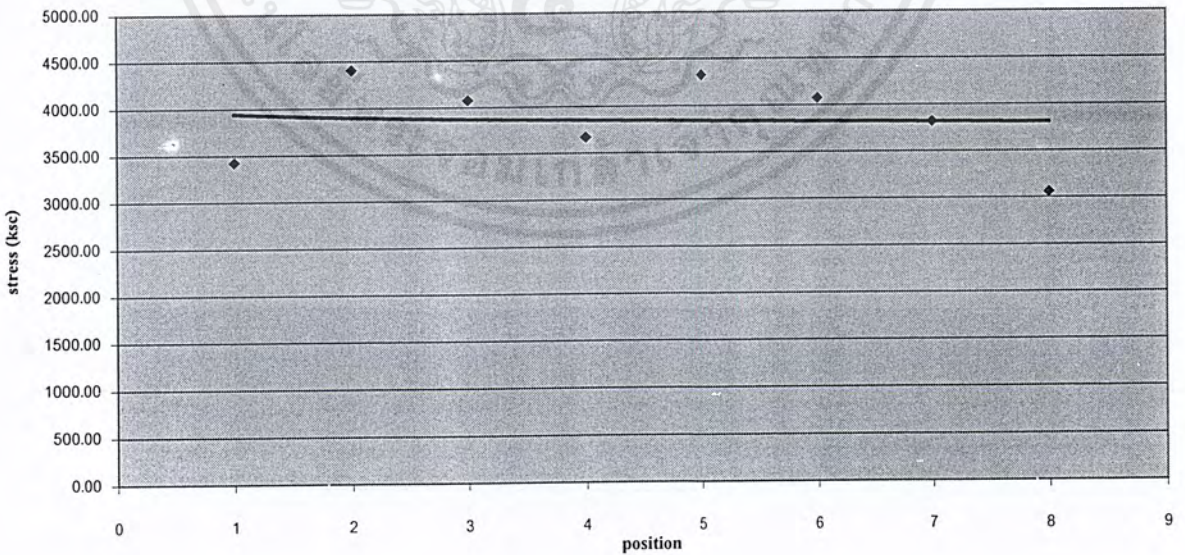
ตารางที่ ผ.ญ.105. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093°C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		4	1								
	2		6			5.1	0.41	1800	4403.90		
	3		6			5	0.39	1600	4072.73		
	4		6			5.1	0.41	1500	3669.92		
	5		6			5	0.39	1700	4327.27		
	6		6			5	0.39	1600	4072.73		
	7		6			5	0.39	1500	3818.18		
	8		6			5.2	0.42	1300	3059.44		

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 4



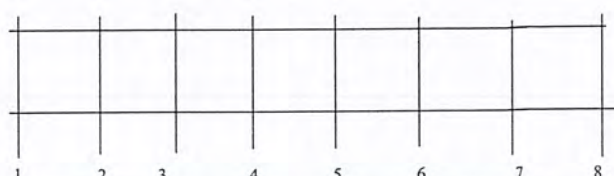
รูปที่ ผ.ญ.93. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต

เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

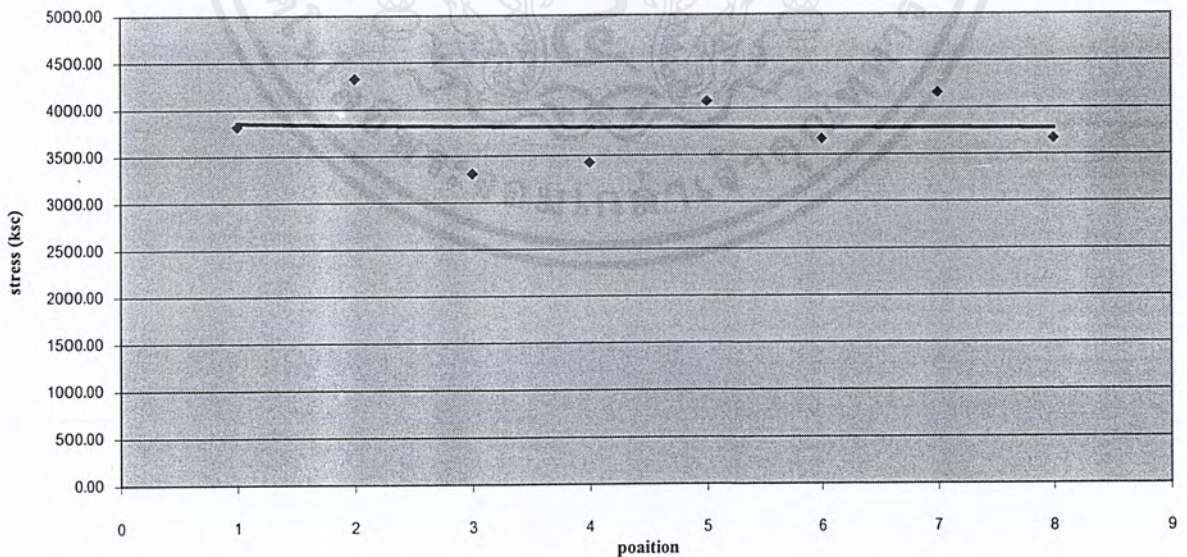
ตารางที่ ผ.ญ.106. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
5	1		6				5	0.39	1500	3818.18	3806.45
	2		6				5	0.39	1700	4327.27	
	3		6				5	0.39	1300	3309.09	
	4		6				5.1	0.41	1400	3425.26	
	5		6				5	0.39	1600	4072.73	
	6		6				5.1	0.41	1500	3669.92	
	7		6				5.1	0.41	1700	4159.24	
	8		6				5.1	0.41	1500	3669.92	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 5

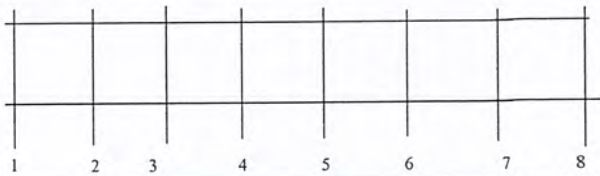


รูปที่ ผ.ญ.94. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

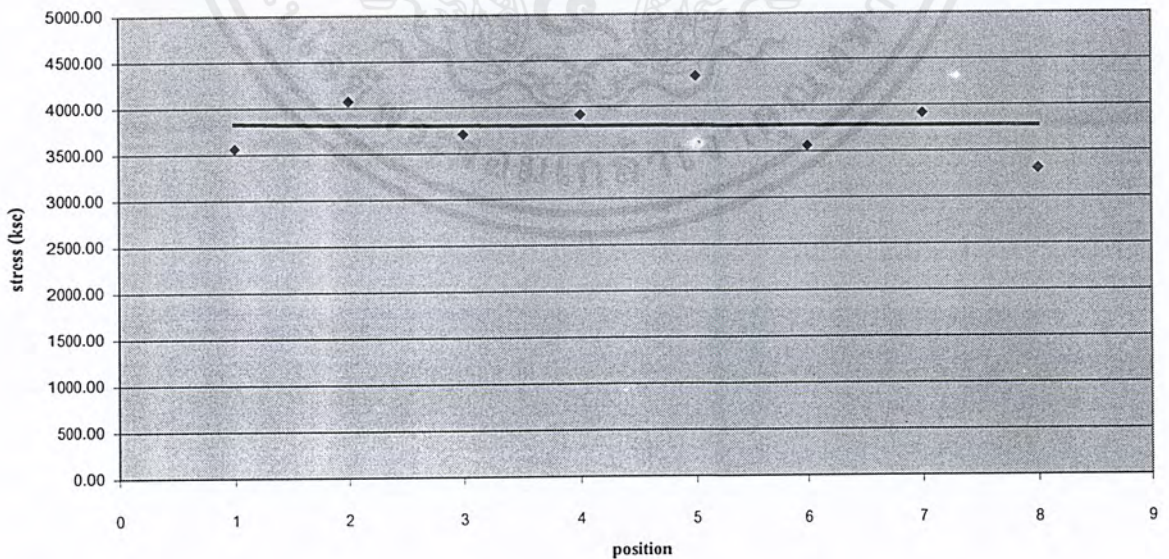
ตารางที่ ผ.ญ.107. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093<sup>o</sup>C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093<sup>o</sup>C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		6	1								
	2		6				5	0.39	1600	4072.73	
	3		6				4.9	0.38	1400	3710.58	
	4		6				5.1	0.41	1600	3914.58	
	5		6				5	0.39	1700	4327.27	
	6		6				5	0.39	1400	3563.64	
	7		6				5.1	0.41	1600	3914.58	
	8		6				5	0.39	1300	3309.09	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 6

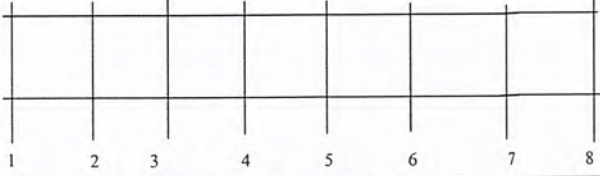


รูปที่ ผ.ญ.95. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093<sup>o</sup>C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

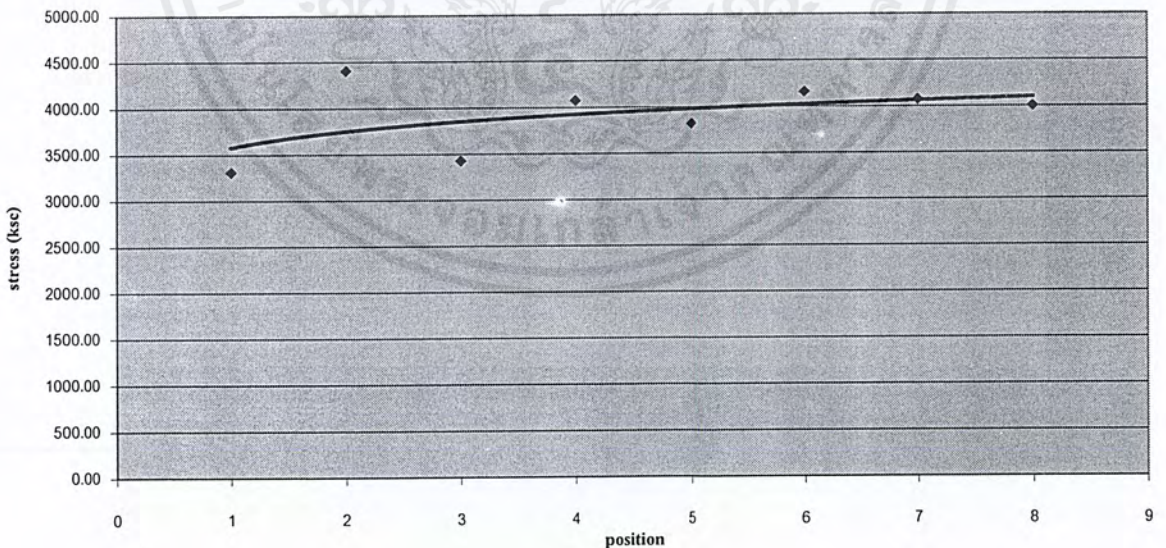
ตารางที่ ผ.ญ.108. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
		7	1								
	2		6				5.1	0.41	1800	4403.90	
	3		6				5.1	0.41	1400	3425.26	
	4		6				5	0.39	1600	4072.73	
	5		6				5	0.39	1500	3818.18	
	6		6				5.1	0.41	1700	4159.24	
	7		6				5	0.39	1600	4072.73	
	8		6				5.2	0.42	1700	4000.81	

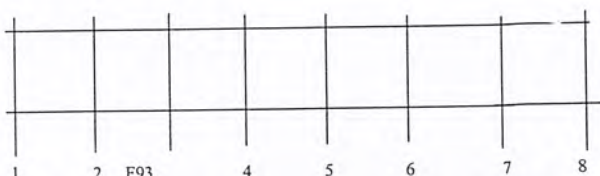
แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 7



รูปที่ ผ.ญ.96. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

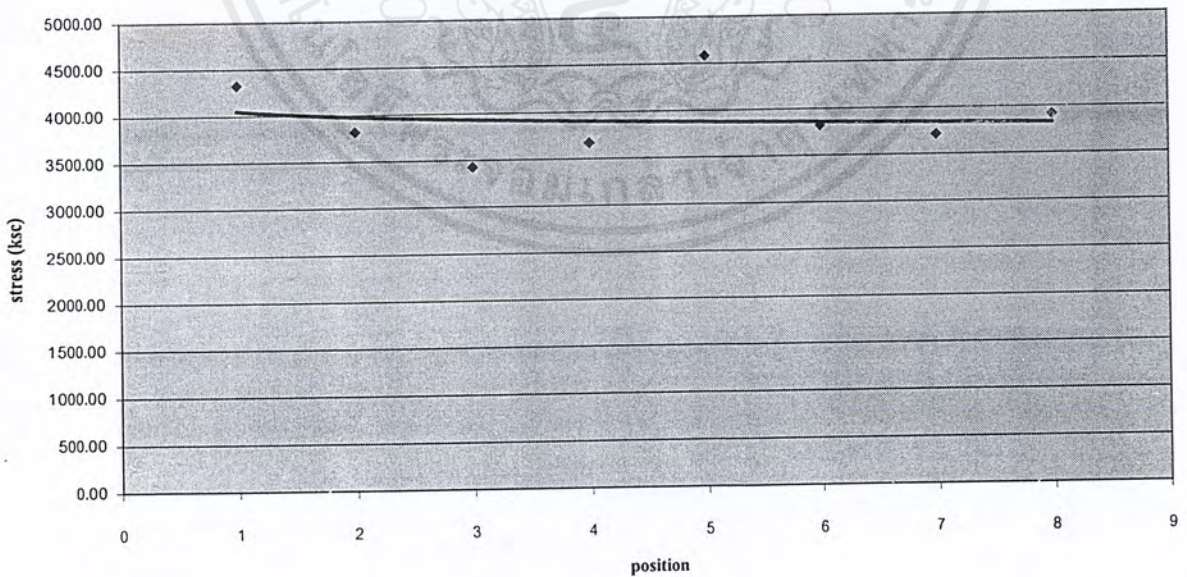
ตารางที่ ผ.ญ.109. แสดงผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอกหลังจากการเผา  
ที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

ผลการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กปลอก(Shear Test Of Steel Tie Bar)  
หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1093 °C ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน



Spec No.	Position	Type&Diameter Of Steel		Grade Of Steel	Length (M)	Weight (Kg)	Diameter (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Load (Kg)	Stress (ksc)	Average Stress (ksc)
		DB	RB								
8	1		6				5	0.39	1700	4327.27	3908.22
	2		6				5	0.39	1500	3818.18	
	3		6				5.1	0.41	1400	3425.26	
	4		6				5.1	0.41	1500	3669.92	
	5		6				5	0.39	1800	4581.82	
	6		6				5	0.39	1500	3818.18	
	7		6				4.9	0.38	1400	3710.58	
	8		6				5.1	0.41	1600	3914.58	

แรงเฉือนเหล็กปลอกเผาไฟ 1093 c ทิ้งไว้ 28 วัน ตัวอย่างที่ 8



รูปที่ ผ.ญ.97. แสดงแรงเฉือนของเหล็กปลอกที่ตำแหน่งต่างๆในคานคอนกรีต  
เผาไฟ 1093 °C ทิ้งไว้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและตัวอย่างอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้