การศึกษากำลังของคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเพลิงไหม้

THE STUDY ON THE STRENGTH OF BURNED REINFORCED CONCRETE

โดย

นายดนัย ธนามี รหัสประจำตัว 36014140

นายเทอดพงษ์ สมภักดี รหัสประจำตัว 37014150

นายสิริชัย มาลีพัตร รหัสประจำตัว 37014489

วัน เดือน ปี 16 ก.ค. 2541

เลขทะเบียน 039010

เลขเรียกหนังสือ T 40251 ด 123ก

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039010

ว
ส. 10

THE STUDY ON THE STRENGTH OF BURNED REINFORCED CONCRETE

MR. DANAI	TANAMEE	CODE 36014140
MR. TEUDPONG	SOMPAKDEE	CODE 37014150
MR. SIRICHAI	MALEEPAT	CODE 37014489

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE BACHELOR'S DEGREE OF CONSTRUCTION ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษากำลังของคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเพลิงไหม้

THE STUDY ON THE STRENTH OF BURNED REINFORCED CONCRETE

นักศึกษา 1. นายดนัย ธนามี รหัสประจำตัว 36014140

2. นาย เทอดพงษ์ สมภักดี รหัสประจำตัว 37014150

3. นาย สิริชัย มาลีพัตร รหัสประจำตัว 37014489

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
1. อ. สุรัตน์ หวังเจริญ	.....
2. อ. เกษม อมันตกุล	.....
3. อ. ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์	.....

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

.....

(นาย อำนวย พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่.....เดือน.....พ.ศ 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้ หากขาดการสนับสนุนและอนุเคราะห์จากบุคคลและหน่วยงานดังต่อไปนี้

พ่อแม่ ผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างแก่ลูก

ครู-อาจารย์ของศิษย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ ความเมตตาแก่ศิษย์เสมอมา

อาจารย์สุรัตน์ หวังเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาและคณะกรรมการทุกท่าน สำหรับคำแนะนำที่มีค่าต่อการดำเนินโครงงานพิเศษ

อาจารย์อุบะ ศิริแก้ว อาจารย์สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์ สำหรับทุกสิ่งทุกอย่าง

คุณลุงจำลอง คุณลุงหล่อ คุณลุงฉะอ้อน และ เจ้าหน้าที่อาคารปฏิบัติงานภาควิชาวิศวกรรมโยธาและ โรงงานเซรามิกส์ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม ที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ญาติ พี่ น้อง สำหรับกำลังใจ

พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาที่สนับสนุนการดำเนินโครงงานพิเศษเป็นอย่างดี

ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรมที่อนุเคราะห์ให้ใช้เตาเผา

จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งและกราบขออภัยผู้มีพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ.ที่นี้

นายดนัย ธนามี

นายเทอดพงษ์ สมภักดี

นายสิริชัย มาลีพัตร

คณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษากำลังของคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเพลิงไหม้

THE STUDY ON THE STRENGTH OF BURNED REINFORCED CONCRETE

โดย นายดนัย ธนามี รหัสประจำตัว 36014140
นายเทอดพงษ์ สมภักดี รหัสประจำตัว 37014150
นายสิริชัย มาลีพัตร รหัสประจำตัว 37014489

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ

บทคัดย่อ

การรื้อถอนอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกไฟไหม้ หรือการคงให้ใช้ประโยชน์อาคารดังกล่าวต่อไปเป็นเรื่องที่ต้องพิจารณาศึกษาทดสอบเพื่อทราบความมั่นคงและความปลอดภัยของอาคารดังกล่าว ซึ่งมีวิธีการทดสอบหากำลังของโครงสร้างแบบโดยตรง โดยการตัดบางชิ้นส่วนของอาคารมาทดสอบ ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อโครงสร้างโครงงานพิเศษนี้ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ของคอนกรีต และกำลังที่จุดคราก (Yield Strength) ของเหล็ก เมื่อถูกเผาที่อุณหภูมิ 300 500 700 และ900 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาต่าง ๆ ผลการศึกษาแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ถูกเผา กับอุณหภูมิ และความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงของกำลังที่จุดครากของเหล็กที่ถูกเผา กับอุณหภูมิ สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของกำลังของคอนกรีตเสริมเหล็กโดยไม่ตัดทำลายองค์ประกอบของอาคาร

ABSTRACT

To demolish or to occupy the burned building, especially reinforced concrete, depends on the safety factor of this building. Some part of the burned building, i. e. beam and column, was taken for the load testing. A breakdown of this structure is a risk of building collapse. This special project aims at studying the changing of the strength of the burned reinforced concrete due to temperature. The cylindrical reinforced concrete samples were fired at the temperature of 300° 500° 700° and 900° Celsius, respectively. The result presents the relationship between the reduction of the compressive strength of concrete and temperature as well as the relationship between the reduction of yield strength of steel and temperature. Advantageously, the strength value of the reinforced concrete destroyed by the fire will be estimated.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ	**i**
บทคัดย่อ	**ii**
สารบัญ	**iii**
สารบัญตาราง	**v**
สารบัญรูป	**vi**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ทั่วไป	1
1.2 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	1
1.4 ภูมิหลังการศึกษาผลกระทบของเพลิงไหม้ที่มีต่อโครงสร้าง	2
1.5 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	4
บทที่ 2 ลักษณะและพฤติกรรมของเพลิงไหม้อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก	**5**
2.1 ลักษณะและพฤติกรรมของเพลิงไหม้	5
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมของเพลิงไหม้	7
2.3 เส้นโค้งมาตรฐานและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ	7
2.4 อิทธิพลของไฟที่มีต่อคุณสมบัติของวัสดุพื้นฐานที่เป็นส่วนประกอบขององค์อาคาร	8
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา	**20**
3.1 อุปกรณ์ และ สถานที่ดำเนินการศึกษา	20
3.2 ขั้นตอนดำเนินการศึกษา	20
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์	**22**
4.1 สมบัติทางกายภาพ	22
4.2 สมบัติทางกล	23
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	**38**
5.1 สรุปผลการศึกษา	38
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	**39**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ตารางแสดงผลการทดสอบ 41

ภาคผนวก ข. รายละเอียดของอุปกรณ์และขั้นตอนการทดสอบการรับกำลัง
ของ Reinforced Concrete 113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 สมบัติของเชื้อเพลิงพื้นฐานที่จะให้ความร้อน 6

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของ Portland cement 9

ตารางที่ 2.3 สีของเหล็กออกไซด์เปลี่ยนตามอุณหภูมิ 10

ตารางที่ 2.4 สีของคอนกรีตที่ถูกเผาไหม้ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ กัน 12

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กเส้นกลม 15

ตารางที่ 2.6 ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กข้ออ้อย 15

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของคอนกรีตและเหล็กเสริม
หลังจากเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ 22

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังอัดของคอนกรีตจากกำลังอัดของคอนกรีตก่อนเผา 24

ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังครากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากกำลังคราก
ของเหล็กเสริมก่อนเผา (DB 12 ชั้นคุณภาพ SD30) Covering 1.0 ซม. 25

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังครากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากกำลังคราก
ของเหล็กเสริมก่อนเผา (DB 12 ชั้นคุณภาพ SD30) Covering 2.5 ซม. 25

ตารางที่ ข-1 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมกระแทก α กับค่าปรับ ΔR 115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1	ผลกระทบอันเนื่องจากอุณหภูมิและชนิดของมวลรวม ต่อค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ทดสอบขณะร้อน (ค่าการรับกำลังอัดเริ่มต้นประมาณ 280 ksc)	11
รูปที่ 2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับความเค้นของเหล็ก SS41 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	16
รูปที่ 2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับความเค้นของเหล็ก SM58 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	17
รูปที่ 2.4	กำลังรับแรงดึงของเหล็ก SS41 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	17
รูปที่ 2.5	กำลังรับแรงดึงของเหล็ก SM50B ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	18
รูปที่ 2.6	กำลังรับแรงดึงของเหล็ก SS41 หลังถูกความร้อน	18
รูปที่ 2.7	กำลังรับแรงดึงของเหล็ก SM50B หลังถูกความร้อน	19
รูปที่ 4.1	แสดงระยะเวลาการเผากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตก่อนเผา	26
รูปที่ 4.2	แสดงระยะเวลาการเผากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตก่อนเผาในระยะเวลาต่าง ๆ	27
รูปที่ 4.3	แสดงระยะเวลาการเผากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังดรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจาก กำลังดรากของเหล็กเสริมก่อนเผา เหล็กเสริมมี Covering หนา 1.0 ซ.ม. ณ อุณหภูมิต่าง ๆ	28
รูปที่ 4.4	แสดงระยะเวลาการเผากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังดรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจาก กำลังดรากของเหล็กเสริมก่อนเผา เหล็กเสริมมี Covering หนา 2.5 ซ.ม. ณ อุณหภูมิต่าง ๆ	29
รูปที่ 4.5	แสดงอุณหภูมิการเผากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังดรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากกำลังดรากของเหล็กเสริมก่อนเผา เหล็กเสริมมี Covering หนา 1.0 ซ.ม. ณ อุณหภูมิต่าง ๆ	30
รูปที่ 4.6	แสดงอุณหภูมิการเผากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังดรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากกำลังดรากของเหล็กเสริมก่อนเผา เหล็กเสริมมี Covering หนา 2.5 ซ.ม. ณ อุณหภูมิต่าง ๆ	31
รูปที่ 4.7	แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังดรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากค่าก่อนเผากับอุณหภูมิการเผา หลังถูกเผาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังดรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากค่าก่อนเผากับอุณหภูมิการเผา หลังถูกเผาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 33

รูปที่ 4.9 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังดรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากค่าก่อนเผากับอุณหภูมิการเผา หลังถูกเผาเป็นเวลา 3 ชั่วโมง 34

รูปที่ 4.10 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังดรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากค่าก่อนเผากับอุณหภูมิการเผา หลังถูกเผาเป็นเวลา 4 ชั่วโมง 35

รูปที่ 4.11 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังดรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากค่าก่อนเผากับอุณหภูมิการเผา หลังถูกเผาเป็นเวลา 5 ชั่วโมง 36

รูปที่ 4.12 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังดรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากค่าก่อนเผากับอุณหภูมิการเผา หลังถูกเผาเป็นเวลา 6 ชั่วโมง 37

รูปที่ ข-1 โครงสร้างภายในของ Schmidt Hammer Type N 120

รูปที่ ข-2 กราฟแสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ กับค่า Rebound Number 121

รูปที่ ข-3 กราฟแสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกกับค่า Rebound Number 122

รูปที่ ข-4 Loading Unit 126

รูปที่ ข-5 Upper and Lower Cross Head 126

รูปที่ ข-6 การติดตั้งเหล็กเพื่อทำการทดสอบแรงดึง 127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ทั่วไป

เพลิงไหม้เป็นภัยที่สามารถก่อให้เกิดความเสียหายอย่างใหญ่หลวงทั้งต่อชีวิตและอาคารทรัพย์สิน ความรุนแรงของเพลิงไหม้จะมากน้อยแตกต่างกันไปตามสภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ ในอดีตโครงสร้างส่วนใหญ่ในประเทศไทยเป็นโครงสร้างไม้เมื่อเกิดเพลิงไหม้โครงสร้างไม้จะถูกเพลิงไหม้เป็นเถ้าถ่านไม่สามารถที่จะนำมาใช้ได้อีก แต่ในปัจจุบันโครงสร้างอาคารส่วนใหญ่เปลี่ยนมาเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเมื่อเกิดเพลิงไหม้โครงสร้างจะไม่ไหม้เป็นเถ้าถ่านแต่อาจกะเทาะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและจะเกิดการสูญเสียกำลังในการรับน้ำหนักไปบางส่วน เนื่องจากไฟถือเป็นน้ำหนักอย่างหนึ่งที่กระทำต่อโครงสร้าง ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้มีแรงเกิดขึ้นกับโครงสร้างที่มีการยึดรั้งและส่งผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้าง ในด้านกำลัง ความแข็งแรง และเสถียรภาพ

1.2 ความเป็นมาของปัญหา

หลังเกิดเพลิงไหม้การตัดสินใจว่าจะสามารถใช้อาคารต่อไปได้หรือไม่ ต้องมีการพิจารณาและตรวจสอบทั้งจากสภาพกายภาพและกำลังในการรับน้ำหนักของโครงสร้างว่ายังมีกำลังพอที่จะใช้งานได้หรือไม่ การตรวจสอบโครงสร้างหลังเพลิงไหม้ในปัจจุบันจะอ้างอิงจากการตรวจสอบโครงสร้างของอาคารในสภาพปกติ ในการตรวจสอบกำลังของคอนกรีตสามารถทำได้สะดวกและง่ายกว่าการตรวจสอบของเหล็กเสริมในโครงสร้าง การตรวจสอบกำลังเหล็กเสริมในปัจจุบันต้องทุบคอนกรีตโครงสร้างเพื่อตัดเอาเหล็กเสริมในคอนกรีตออกมาทำการทดสอบกำลังดึงโดยการดึงด้วยเครื่องUniversal Testing Machine (UTM) การทุบคอนกรีตและตัดเหล็กเสริมในโครงสร้างออกมานั้น ไม่สะดวกและอาจทำให้กำลังในการรับน้ำหนักของอาคารเสียไป ดังนั้นจึงควรศึกษาค่าความเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเผาไหม้

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

ศึกษาความเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตซึ่งประเมินจาก Schmidt Rebound Number และค่ากำลังที่จุดครากของเหล็ก ที่อุณหภูมิ 300 500 700 และ 900 องศาเซลเซียส โดยมีระยะเวลาเผาไหม้ 1 2 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ภูมิหลังการศึกษาผลกระทบของเพลิงไหม้ที่มีต่อโครงสร้าง

งานค้นคว้าเกี่ยวกับไฟและการทดสอบไฟของวัสดุที่มาประกอบเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 ทั้งนี้เนื่องจากได้ตระหนักถึงความเสียหายและการพังทลายของอาคารที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง การทดสอบต่างๆที่เกี่ยวข้องกับไฟส่วนใหญ่จะเน้นด้านความต้านทานความทนทาน พฤติกรรมการรับกำลัง และความแข็งแรงของโครงสร้าง การทดสอบต่างๆที่ได้ศึกษาค้นคว้าอ้างอิงจากผลการศึกษาของนายภาคภูมิ พินิจเบญพล และ นายภาณุชัย พิบูลวาณิช เมื่อ พ.ศ. 2538 สรุปได้ดังนี้

ในปี ค.ศ.1920 INGBERG ศึกษาพฤติกรรมของไฟที่เกิดขึ้นในอาคารจริงๆและได้สรุปเป็นแนวความคิดไว้ว่า แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ"ซึ่งสถาบันมาตรฐาน ASTM ได้นำแนวคิดดังกล่าวมาใช้พัฒนาเส้นโค้งมาตรฐานในการทดสอบไฟขึ้น เพื่อลอกแบบการเกิดเพลิงไหม้จริงมีข้อสำคัญอยู่ 2 ข้อคือ

1. ความทนทานของชิ้นส่วนขึ้นอยู่กับความรุนแรงของไฟ (Fire Severity) เพียงอย่างเดียว
2. ความรุนแรงของไฟขึ้นอยู่กับความเข้มของไฟ (Fire Load Density) เพียงอย่างเดียว

ในปี ค.ศ. 1929 INGBERG ศึกษาพฤติกรรมเกี่ยวกับแร่ที่เป็นส่วนประกอบของมวลรวมที่มีอิทธิพลต่อการต้านทานไฟของคอนกรีต โดยแบ่งคอนกรีตตามชนิดของมวลรวมเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 4 กลุ่ม พบว่าเมื่อนำคอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมต่างชนิดกันไปทำการทดสอบไฟคอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมคาร์บอเนตและเฟลดสปาร์สามารถต้านทานไฟได้ดีกว่า คอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมแกรนิตและซิลิกาและพบว่าคอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมหยาบจะสามารถต้านทานไฟได้ดีกว่าคอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมละเอียดคุณสมบัติของมอร์ต้าและคอนกรีตสามารถแปรเปลี่ยนได้ตามอุณหภูมิ

J.C.SAEMANU และ G.W.WASHA ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลัง ความแข็งแรง และความเหนียวของมอร์ต้าและคอนกรีตโดยการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกและแท่งมอร์ต้ารูปลูกบาศก์ที่บ่มด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วันและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสและมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50 %อีกเป็นเวลา 13 วัน เสร็จแล้วทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 1 วันรวมอายุของแท่งคอนกรีต 28 วัน อุณหภูมิที่น่าสนใจอยู่ในช่วง – 20 ถึง 200 องศาเซลเซียสจากผลการทดสอบพบว่า ค่ากำลัง ความแข็งแรง และความเหนียว ทั้งมอร์ต้าและคอนกรีตจะมีค่าเพิ่มในอุณหภูมิติดลบและมีค่าเพิ่มขึ้นสลับกับลดลงไปจนกระทั่งอุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 200 องศาเซลเซียสจะไม่มีผลต่อค่ากำลัง ความแข็งแรง และความเหนียวของทั้งมอร์ต้าและคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นไม่นานได้มีการค้นคว้าหาคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ โดย ROBERT PHILLIEO ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อการขยายตัว ความหนาแน่น โมดูลัสความยืดหยุ่นและค่ากำลังของคอนกรีตในช่วงอุณหภูมิ 25 ถึง 800 องศาเซลเซียส แท่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบทำการบ่มด้วยไอน้ำตลอด 28 วัน จากนั้นนำไปทดสอบไฟพบว่า การขยายตัวของคอนกรีตจะมีค่าเพิ่มขึ้นขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นและค่าความหนาแน่นจะมีค่าลดลงเนื่องจากน้ำหนักที่สูญเสียไป และยังพบอีกว่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นและกำลังของคอนกรีตจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ต่อมา H.L. MALHOTRA ได้ทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อการรับแรงอัดของคอนกรีต โดยการแปรเปลี่ยนค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ การทดสอบกระทำที่อุณหภูมิไม่เกิน 700 องศาเซลเซียส ตัวอย่างที่ทดสอบเป็นรูปทรงกระบอก จากการทดสอบไฟตามมาตรฐานพบว่า ค่าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์จะไม่มีผลกระทบต่อการลดลงของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตนั่นคือการแปรเปลี่ยนค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จะได้ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดลดลงเท่ากันที่อุณหภูมิเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าแท่งตัวอย่างที่ทดสอบโดยมีการให้น้ำหนักกระทำด้วยขณะเผาจะมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลงน้อยกว่าแท่งตัวอย่างที่ไม่ได้มีน้ำหนักกระทำ ทั้งนี้เพราะว่าน้ำหนักที่กระทำนั้นจะทำให้เกิดความเค้นขึ้นภายในซึ่งจะเป็นตัวที่ช่วยหน่วงไม่ให้เกิดรอยร้าวขึ้น

N.G. ZOLDNERS ได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตโดยเน้นไปทางด้านกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัด โดยทำการแปรเปลี่ยนชนิดของมวลรวมต่างๆกันไป มวลรวมที่ใช้ได้แก่ หินปูน กรวด หินทรายและหินกากแร่ ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบอยู่ในช่วง 100 ถึง 800 องศาเซลเซียส และอัตราการเผาไหม้เป็นไปตามมาตรฐานไฟของ ASTM จากการทดสอบพบว่าระดับการเสื่อมสภาพของคอนกรีตจะมีค่าน้อยมากขึ้นกับชนิดของมวลรวมที่ใช้ ซึ่งพอสรุปได้ว่า คอนกรีตที่ใช้หินปูนผสมจะสามารถต้านทานไฟได้ดีที่สุด ถ้าใช้หินทรายผสมจะใช้ได้กับอุณหภูมิต่ำๆไม่เกิน 400 องศาเซลเซียส เพราะถ้าอุณหภูมิมากกว่านี้จะทำให้มีการเสื่อมสภาพและสูญเสียกำลังได้อย่างรวดเร็ว ถ้าอุณหภูมิไม่ถึง 200 องศาเซลเซียสจะไม่มีผลต่อการลดลงของกำลังของคอนกรีตเลยไม่ว่าจะใช้มวลรวมชนิดใดก็ตาม

ต่อมา CAMPBELL – ALLEN และ DESAI ได้ทำการทดสอบให้เห็นว่าถ้าใช้หินปูนผสมคอนกรีตแล้วนำไปทดสอบไฟที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียสจะมีการเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้นอีก ถ้าซีเมนต์ที่ใช้ในการผสมคอนกรีตมีค่า C_3Aต่ำและมีค่า C_4AF และ C_3S สูง

HAROLD และ DAVIS (1911) ได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิสูงๆที่มีอิทธิพลต่อคอนกรีตโดยเน้นไปในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นและค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต พบว่าคอนกรีตมีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวสูงจะมีความต้านทานน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าคอนกรีตที่มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวต่ำกว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะลดลงเหลือประมาณ 50 % ของกำลังเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

จากผลการทดสอบในประเทศเยอรมัน พบว่าการให้ความร้อนโดยตรงกับแท่งตัวอย่างลูกบาศก์ขนาด 10 และ 15 เซนติเมตร บ่มเป็นเวลา 7 วันให้ความร้อนเป็นเวลา 10 ชั่วโมงพบว่าที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสกำลังคอนกรีตจะลดลง 12 % ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสกำลังคอนกรีตจะลดลง 50 % และที่อุณหภูมิ 670 องศาเซลเซียสกำลังคอนกรีตจะลดลง 82 %

1.5 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1.5.1 อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้ครอบคลุมการเกิดเพลิงไหม้จริง และมีผลต่อการรับกำลังของโครงสร้างจึงกำหนดกรณีของอุณหภูมิดังนี้ 300 500 700 และ 900 องศาเซลเซียส

1.5.2 ขอบเขตเวลาที่ทำการเผาไหม้ตัวอย่าง ได้จำลองเวลาของการเกิดเพลิงไหม้ จึงกำหนดช่วงระยะเวลาเป็น 1 2 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ลักษณะและพฤติกรรมของเพลิงไหม้อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.1 ลักษณะและพฤติกรรมของเพลิงไหม้

ไฟเป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างเชื้อเพลิงรวมตัวกับออกซิเจนอย่างรวดเร็วทำให้มีความร้อนเกิดขึ้น เชื้อเพลิงต้องอยู่ในรูปของก๊าซหรือไอ จึงจะผสมได้กับออกซิเจน และอุณหภูมิต้องสูงถึงระดับที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ขึ้น ความรุนแรงของไฟที่เกิดขึ้นในอาคารจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสองปัจจัย คือ เชื้อเพลิงหรือสิ่งที่สามารถติดไฟได้ที่มีอยู่ภายในอาคาร และพื้นที่ของช่องเปิดภายในอาคาร ปัจจัยดังกล่าวสามารถแปรเปลี่ยนได้และไม่สามารถที่จะกำหนดให้ตายตัว ดังนั้นการที่จะกำหนดค่าความรุนแรงของไฟจะต้องทราบข้อมูลความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา

ความรุนแรงของไฟคือพลังงานความร้อนที่สามารถทำลายคุณสมบัติในการต้านทานไฟและความทนทนไฟของวัสดุ ส่วนพลังงานความร้อนคือ พื้นที่ใต้เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ เนื่องจากเส้นโค้งอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ นั้นจะมีลักษณะแบบหนึ่งที่แตกต่างจากเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาของ ASTM ซึ่งสามารถแปลงให้อยู่ในรูปของมาตรฐานได้ โดยการกำหนดให้พื้นที่ใต้เส้นโค้งมาตรฐานมีค่าเท่ากับเส้นโค้งของไฟจริง ๆ นั่นคืออาศัยหลักการของพลังงาน ASTM E 119 ได้เสนอเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาที่มีความเข้มของปริมาณไฟใกล้เคียงกันกับไฟที่เกิดขึ้นจริงในอาคาร โดยมีค่าความเข้มเท่ากับ 10 ปอนด์/ตร.ฟุต/ชม.

เชื้อเพลิง (Fuel) คือสารใดๆ ที่จ่ายอิเล็กตรอนให้แก่ออกซิไดเซอร์ (Oxidizer) เพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี เชื้อเพลิงอาจมีรูปเป็นธาตุ เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน แมกนีเซียม หรืออยู่ในรูปสารประกอบ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH_4) หรือสารประกอบเชิงซ้อน เช่น ไม้ ยาง หรือส่วนผสมของทั้งสองชนิด เป็นต้น

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

จุดติดไฟอัตโนมัติ (Autoignition Point) เป็นค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ส่วนผสมของไอระเหย จะติดไฟได้เอง โดยไม่อาศัยประกายไฟหรือเปลวไฟจากภายนอก และลุกไหม้ต่อไปโดยไม่ต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนจากที่อื่นเพิ่มเติม การลามของไฟจากห้องที่ติดไฟ ไปยังบริเวณอื่น มักเป็นการพาความร้อนจากช่องเปิดต่างๆ รวมทั้งช่องว่างบริเวณประตูหน้าต่างหรือเป็นไปโดยการนำความร้อนผ่านผนังกั้นห้อง การออกแบบที่ดีสำหรับการป้องกันการขยายตัวของไฟ คือการแบ่งอาคาร (Compartmentation) ด้วยผนังกันไฟที่มีอัตรากันไฟขนาดหนึ่ง นอกจากนี้ การออกแบบหลังคาให้มีการจำกัดการขยายตัวของควันไฟหรือจัดให้มีช่องระบายควันไฟโดยเฉพาะสำหรับโถงสูง และการเลือกใช้เพดานที่ไม่ติดไฟล้วนเป็นมาตรฐานการประกอบที่ดี

ศักยภาพของเชื้อเพลิง (Fuel Load)

เป็นปริมาณของเชื้อเพลิงที่มีศักยภาพที่จะมีศักยภาพให้ไฟเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องได้ในบริเวณ หรือในห้องหนึ่ง ๆ ในการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัย ในอาคาร ความรู้เรื่องศักยภาพความศักภาพของเชื้อเพลิงที่มีอยู่เป็นสิ่งจำเป็น เราอาจแบ่งประเภทของเชื้อเพลิงออกเป็น 2 ประเภท ได้คือ ประเภทมีเส้นใยและประเภทปิโตรเคมี โดยการสมมติว่าวัสดุในกลุ่มเส้นใยมีศักยภาพในการให้ความร้อนเท่ากับไม้ที่มีน้ำหนักเท่ากัน ส่วนวัสดุในกลุ่มปิโตรเคมีจะมีศักยภาพในการให้ความร้อนเป็นสองเท่าของของวัสดุในกลุ่มเส้นใย

ในการวิเคราะห์ศักยภาพของเชื้อเพลิงได้มีการกำหนดให้ใช้ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงในหน่วยที่เทียบเท่ากับน้ำหนักของไม้เป็น กก./ตร.ม. ที่มีเชื้อเพลิงกองสุมอยู่ การประเมินพลังงานความร้อนที่วัสดุเชื้อเพลิงจะสร้างขึ้นมาได้ กระทำได้โดยการนำไปเทียบเคียงกับพลังงานความร้อนที่ให้ออกมาเมื่อมีไม้เป็นวัสดุเชื้อเพลิง ดังในตารางที่ 2.1 ซึ่งเป็นค่าตัวเลขโดยประมาณเท่านั้น ตัวเลขเหล่านี้ใช้ประโยชน์ในการออกแบบระบบฉีดน้ำอัตโนมัติได้ดี

ตารางที่ 2.1 สมบัติของเชื้อเพลิงพื้นฐานที่จะให้ความร้อน
(สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย,พ.ศ. 2538 [14])

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงD (กก./ตร.ม.)	ศักยภาพที่จะให้ความร้อน (10^6กิโลจูล/กก.)
D < 200	18.6
200 < D < 250	17.7
D >250	16.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่มีให้อย่างต่อเนื่อง เพราะว่าไฟจะลุกลามต่อไปไม่ได้ ถ้าไม่มีเชื้อเพลิงให้ ถ้าเชื้อเพลิงเป็นของแข็งหรือของเหลว ไฟจะไหม้เฉพาะผิวชั้นนอกและผิวชั้นในถัดไปก็พร้อมที่ จะระเหยเป็นไอสำหรับการเผาไหม้ลำดับต่อไปเป็นชั้นๆไป เช่นนี้ ความรวดเร็วของการลุกไหม้ย่อมขึ้นอยู่กับความอัดแน่นของเชื้อเพลิง อธิบายว่า ถ้าเราเผากระดาษ 100 แผ่นที่มัดรวมกันหลวม ๆ พบว่าการลุกไหม้จะเร็วกว่าการเผาหนังสือเย็บเล่มหนา 100 แผ่น และขยะมูลฝอยที่กระจัดกระจายอยู่ตามพื้น ย่อมไหม้ไฟหมดเร็วกว่ากองขยะที่กองสุมอัดแน่น

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมของเพลิงไหม้

ดังนั้นจะเห็นว่าจากขบวนการของการพัฒนาตัวเองของไฟ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะไฟไหม้ การกระจายของไฟ 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 ที่ได้มีการค้นคว้าและทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเอาไว้แล้วนั้น พบว่าตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ ตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลทำให้เส้นกราฟของไฟที่มีลักษณะต่าง ๆ กันไป ก็คือ ปริมาณของไฟ และพื้นที่ช่องเปิด

2.3 เส้นโค้งมาตรฐานและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ

(Standard Fire Curve and Basic Theory of Fire Severity)

การที่จะทราบว่าองค์อาคารที่ถูกไฟไหม้ไปแล้วนั้นจะมีพฤติกรรมอย่างไรจะสามารถต้านทานไฟได้มากน้อยเพียงใดนั้นก็จะต้องมาจากการทดสอบทั้งสิ้น จากข้อมูลดังกล่าวที่เกิดขึ้นจริงกับอาคารต่าง ๆ ต่อมาจึงได้มีการค้นคว้าเพื่อหาหลักการ ที่จะใช้เป็นมาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ ดังนั้นจึงได้มีการค้นคว้ากันในหลายๆ ประเทศ ตามสถาบันต่างๆ อาทิ เช่น ASTM, ISO และอื่น ๆ อีกมากมาย ได้มีการแนะนำมาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ในการทดสอบโดยมีการสร้างหลักการของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (Temperature-Time Relation) เพื่อเลียนแบบไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ กับอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยนักวิจัยชาวอเมริกาชื่อ INGBERG (ค.ศ. 1920) ได้เสนอแนวความคิดในการสร้าง เส้นโค้งมาตรฐานไฟ โดยเรียกว่า "แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ (Fire Load Concept)"

Fire Load Concept หรือแนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟมีข้อ สมมติฐานที่มีความสำคัญที่จะใช้ในการวิเคราะห์มีดังนี้คือ

(1) ความทนทานไฟขององค์อาคาร ขึ้นกับ "ความรุนแรงของไฟ" เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ความรุนแรงของไฟสำหรับอาคารหรือที่ได้จากเตาไฟ ที่ใช้ในการทดสอบซึ่งลอกเลียนแบบไฟจริงๆ นั่นก็คือ พื้นที่ใต้กราฟอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง

(2) ความรุนแรงของไฟ ขึ้นอยู่กับ ความเข้มของปริมาณไฟ เพียงอย่างเดียว

ข้อสมมุติฐานดังกล่าวนั้นง่าย และไม่ถูกต้องเท่าใดนัก เนื่องจากความรุนแรงของไฟไม่ได้ขึ้นกับความเข้มของปริมาณไฟแต่เพียงอย่างเดียวจริง ๆ แล้วยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ของช่องเปิดชนิด และน้ำหนักของเชื้อเพลิง คุณสมบัติทางด้านความร้อนของกำแพง เพดาน เป็นต้น แม้กระนั้นก็ตาม ก็ถือว่าตัวประกอบต่าง ๆ เหล่านั้น มีผลน้อยกว่าเมื่อเทียบกับ ความเข้มของปริมาณไฟ จนถึงบัดนี้ยังไม่มีแนวความคิดอื่น ๆ ที่สามารถเลียนแบบไฟให้ใกล้เคียงได้เท่านี้ ดังนั้นแนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟจึงนิยมใช้ และเป็นพื้นฐานในการสร้าง "เส้นโค้งมาตรฐาน อุณหภูมิกับเวลา"

ความรุนแรงของไฟที่เกิดขึ้นใน อาคารจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวประกอบที่สำคัญสองตัวด้วยกัน คือ เชื้อเพลิงหรือสิ่งที่สามารถติดไฟได้ที่มีอยู่ภายในอาคาร และ พื้นที่ของช่องเปิดภายในอาคาร แต่ตัวประกอบทั้งสองนั้นสามารถแปรเปลี่ยนได้และไม่สามารถที่จะกำหนดให้ตายตัวได้ว่าอาคารแบบนั้น ๆ จะมีค่าเป็นเท่าไร ดังนั้นการที่จะกำหนดค่าความรุนแรงของไฟ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิของไฟที่เวลาต่าง ๆ นั่นก็คือความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

2.4 อิทธิพลของไฟที่มีต่อคุณสมบัติของวัสดุพื้นฐานที่เป็นส่วนประกอบขององค์อาคาร

วัสดุพื้นฐานที่นำมาประกอบเป็นโครงสร้างอาคารคอนกรีตที่สำคัญคือคอนกรีตและ เหล็กวัสดุ ดังกล่าวเมื่อเวลาถูกไฟไหม้ หรือถูกความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน คุณสมบัติทางกายภาพ อาทิ กำลังความแข็งแรง หรือค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น การนำความร้อน การขยายตัว การคืบตัว และอื่น ๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะมีผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างอย่างมาก

เนื่องจากประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุกหรือกำลังของโครงสร้าง และความแข็ง-แรงของโครงสร้างเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาอันดับแรก ทั้งนี้เพราะโครงสร้างอาจจะเกิดการวิบัติขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคุณสมบัติทั้งสองนี้ ดังนั้นควรจะทราบถึงคุณสมบัติพื้นฐานและอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณสมบัติของคอนกรีต และเหล็ก ดังจะได้กล่าวต่อไป

2.4.1 คอนกรีต

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประกอบด้วยส่วนผสมที่สำคัญได้แก่ หินปูน (Limestone) ดินสอพอง (Chalk) ซิลิก้า อลูมินา และ แร่เหล็ก (Iron Ore) รวมทั้งศิลาแลง (Laterite) ออกไซด์หลักของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประกอบด้วย CaO SiO_2 Al_2O_3 และ Fe_2O_3 ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของ Portland cement (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร,พ.ศ. 2540 [11])

สารประกอบ	ปริมาณ (% โดยน้ำหนัก)
CaO	60-67
SiO_2	17-25
Al_2O_3	3-8
Fe_2O_3	0.5-6.0
Na_2O+K_2O	0.2-1.3
MgO	0.1-4.0
Free CaO	0-2
SO_3	1-3

ออกไซด์หลักจะรวมตัวกันในระหว่างการเกิดปูนเม็ด เกิดเป็น ไตรคัลเซียมซิลิเกต ($3CaOSiO_2$ สีเทาเข้ม) ไดคัลเซียมซิลิเกต ($2CaOSiO_2$) ไตรคัลเซียมอลูมิเนต ($3CaOAl_2O_3$ สีเทาอ่อน) เตตราคัลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรท์ ($4CaOAl_2O_3Fe_2O_3$)

ธาตุ transition เป็นส่วนประกอบที่ทำให้เกิดสีในคอนกรีตเมื่อธาตุ transition ทำปฏิกริยากับ SiO_2 จะทำให้สีจางอ่อนลง ไม่คงทน (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ,พ.ศ. 2535) เมื่อเผาองค์ประกอบของเหล็กออกไซด์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีได้ดังตารางที่ 4.2 สีชมพูเกิดจากการผสมกันของออกไซด์ของโครเมียม ดีบุก ซิลิกา เหล็ก โครเมียม บอร์ริกออกไซด์ และแคลเซียมคาร์บอเนต เกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1000 องศาเซลเซียส สีน้ำตาลเกิดจากการผสมออกไซด์ของเหล็ก โครเมียม อลูมินา และซิงค์ออกไซด์ ซึ่งความเข้มของสีน้ำตาล จะขึ้นกับปริมาณของอลูมินา เหล็ก และโครเมียมเป็นหลัก ส่วนซิงค์ออกไซด์จะทำให้สีน้ำตาลจางลง สีดำเกิดจากส่วนผสมออกไซด์ของ โคบอล โครเมียม เหล็ก แมงกานีส และนิเกิล การเกิดสีตามธรรมชาติของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตจะขึ้นกับปฏิกริยาทางเคมีของออกไซด์หลัก ซึ่งเมื่อเผาคอนกรีตให้ร้อนจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนของสีของคอนกรีต เนื่องจากความร้อนไปกระตุ้น ธาตุ transition ต่าง ๆ ให้เปลี่ยนสถานะภาพเป็นองค์ประกอบของออกไซด์

ตารางที่ 2.3 สีของเหล็กออกไซด์เปลี่ยนตามอุณหภูมิ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ,พ.ศ.2535 [19])

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

ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้คอนกรีตเสียหายด้านกายภาพส่วนใหญ่มาจากแรงดึง(Tensile Stress) ที่กระทำต่อคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วส่งผลให้คอนกรีตแตกร้าวและสุดท้ายจะทำให้อายุการใช้งานของโครงสร้างลดลง ไฟเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตเปลี่ยนไปจากเดิม คอนกรีตเป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟ และไม่ปล่อยควันพิษเมื่อถูกเผา ณ. อุณหภูมิสูง แต่กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะลดลงซึ่งขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ส่วนผสมคอนกรีต และขนาดของคอนกรีต

อุณหภูมิมีผลต่อคอนกรีต แสดงดังรูปที่ 2.1 พบว่า ที่อุณหภูมิไม่เกิน 500 องศาเซลเซียส กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะลดลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่า 500 องศาเซลเซียส กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะลดลงอย่างรวดเร็ว และที่อุณหภูมิใกล้ 1000 องศาเซลเซียส คอนกรีตจะสูญเสียกำลังรับแรงอัดเกือบทั้งหมด

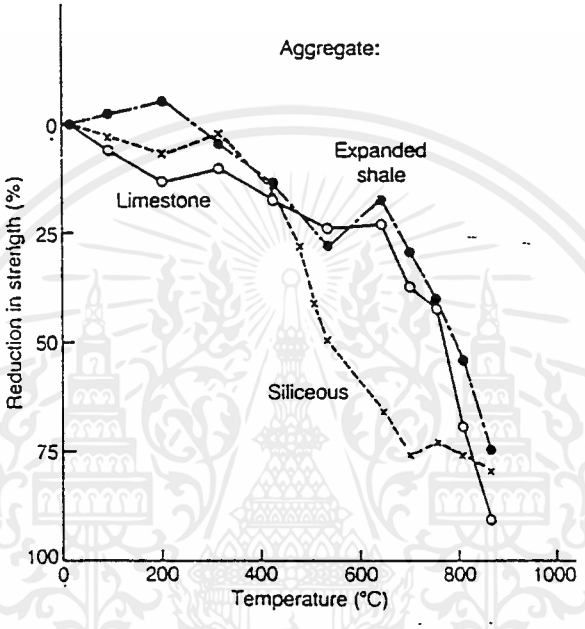
J.M. Illson (1994) กล่าวถึง สาเหตุที่คอนกรีตสูญเสียกำลังรับแรงอัดที่อุณหภูมิต่างกัน เนื่องจาก

(1) ในกรณีที่คอนกรีตอิ่มตัวไปด้วยน้ำ และมีค่าอัตราการรั่วซึมต่ำ หากเผาและเพิ่มอุณหภูมิขึ้นถึง 100 เซลเซียส น้ำในคอนกรีตดังกล่าวจะเริ่มระเหยกลายเป็นไอ ทำให้เกิดแรงดันในคอนกรีต ส่งผลให้คอนกรีตแตกร้าว และร่อน

(2) เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 500 องศาเซลเซียส จะเกิดการขยายตัวที่แตกต่างกันของซีเมนต์เพสต์และมวลรวม ซึ่งเป็นผลมาจากความเค้นที่เกิดจากความร้อน (thermal stress) ทำให้เกิดการแตกร่อน และคอนกรีตจะสูญเสียกำลังอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 1000 องศาเซลเซียส ความร้อนจะทำลายซีเมนต์เพสต์ คอนกรีตจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจากเดิมถึง 100%



รูปที่ 2.1 ผลกระทบอันเนื่องจากอุณหภูมิและชนิดของมวลรวม ต่อค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต-ที่ทดสอบขณะร้อน (ค่าการรับกำลังอัดเริ่มต้นประมาณ 280 ksc) (J.M. Illston, ค.ศ. 1994 [1])

การ Dehydrate ของเพสต์จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิตั้งแต่ 250 องศาเซลเซียส และจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และสมบูรณ์ที่อุณหภูมิประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส แต่บางกรณีการ Dehydrate เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิเพียง 500 องศาเซลเซียส ถ้าคอนกรีตนี้สัมผัสกับอุณหภูมินี้เป็นเวลานาน เมื่อมีการ Dehydrate ไม่เพียงแต่กำลังจะลดลงเท่านั้น แต่ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะลดลงด้วย

ผลของอุณหภูมิที่สูง จะกระทบต่อกำลังอัดของคอนกรีต โดยเป็นอิสระต่ออัตราส่วน น้ำต่อ ซีเมนต์ในช่วง 0.4–0.65 คอนกรีตที่ใช้ปูนน้อยจะเสียหายน้อยกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนมาก และถ้าต้องการให้คอนกรีตทนต่ออุณหภูมิสูง ๆ ได้เป็นเวลานาน ผู้ออกแบบควรเลือกใช้ปูนซีเมนต์ประเภท High Alumina Cement เลือกใช้หินที่มีอัตราการขยายตัวต่ำเมื่อถูกความร้อน และออกแบบให้ระยะหุ้มเหล็กเสริม (Covering) ที่มากพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ

กำลังของคอนกรีตแบ่งออกเป็น กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงเฉือน และที่สำคัญอีกอันหนึ่งก็คือ กำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม ในที่นี้จะกล่าวถึงกำลังรับแรงอัดที่อุณหภูมิต่าง ๆ เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะมีค่าลดลงซึ่งมีพฤติกรรมคล้ายกับของเหล็ก เนื่องจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตขึ้นกับ ค่าอัตราส่วนของ น้ำต่อซีเมนต์ แต่เนื่องจากงานวิจัยที่กล่าวในข้อ 1.4 ของบทนำ แสดงให้เห็นว่า ค่าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์จะไม่มีผลกระทบต่อการลดลงของกำลังของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยที่ใช้มวลรวมชนิดเดียวกัน

เมื่อใช้มวลรวมต่างชนิดกันมาผสมคอนกรีต แล้วทำการทดสอบไฟที่อุณหภูมิต่าง ๆ จะได้ว่า ถ้าใช้มวลรวมคาร์บอนเนตอาทิ หินปูนและ โดโลไมด์ มาผสมคอนกรีต จะมีความต้านทานไฟที่ดีกว่าใช้มวลรวมชนิดอื่นมาผสม

ความแข็งแรงหรือค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

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

การเปลี่ยนแปลงสีของคอนกรีตตามอุณหภูมิต่าง ๆ

คอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ไปแล้วนั้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของคอนกรีตไปเป็นสีต่าง ๆ ตามระดับของอุณหภูมิดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สีของคอนกรีตที่ถูกเผาไหม้ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ (ศิริพงษ์ อุทัยแก้ว,พ.ศ.2533 [18])

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	สีของคอนกรีต
300	ปกติไม่เปลี่ยนแปลง
300-600	ชมพู-แดง
600-950	เทาขาว
950	เหลืองคล้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหลุดกะเทาะของคอนกรีต (Spalling)

การหลุดกะเทาะของคอนกรีตส่วนใหญ่จะมาจาก 2 สาเหตุใหญ่ ๆ ดังนี้ คือ

(1) คอนกรีตอัดตัว (Excessive Compression) เนื่องจากโครงสร้างคอนกรีตมีความหนา เมื่อคอนกรีตถูกความร้อนผิวชั้นนอกจะร้อนกว่าผิวชั้นในทำให้เกิดการขยายตัวมากกว่าแต่การขยายตัวนี้จะถูกต้านทานและยึดรั้งไว้โดยผิวชั้นในที่เย็นกว่า ทำให้มีแรงอัดเกิดขึ้นที่ผิวชั้นนอก ถ้าแรงอัดที่เกิดขึ้นสูงกว่าค่ากำลังสูงสุด ของคอนกรีต จะทำให้คอนกรีตที่ผิวนอกหลุดกะเทาะออกมาได้

(2) แรงดันของไอน้ำภายในคอนกรีต เนื่องจากคอนกรีตเป็นของผสมที่มีน้ำอยู่ด้วย ดังนั้น เมื่อคอนกรีตถูกไฟไหม้ไอน้ำที่ผิวนอกบางส่วนจะระเหยออกมา และมีบางส่วนถูกไล่เข้าไปในแกนกลาง ผิวนอกที่สูญเสียน้ำก็จะแห้งและเปราะ และเป็นตัวกันไม่ให้ไอน้ำภายในระเหยออกมาเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ทำให้ดันเนื้อคอนกรีตให้แตกออกหรือระเบิดออกมาได้

จากความรู้ข้างต้นจะเห็นว่า อุณหภูมิจากไฟไหม้ประมาณ 500 องศาเซลเซียส และเผาเป็นเวลานานอย่างน้อยหนึ่งชั่วโมง ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะมีค่าลดลงเหลือประมาณครึ่งหนึ่งของค่าเริ่มต้น นั่นก็แสดงว่าในขณะนั้นค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของคอนกรีตก็จะมีค่าลดลง แต่ยังสามารถที่จะรับน้ำหนักตัวเองอยู่ได้ แต่ถ้าคอนกรีตส่วนที่ถูกไฟไหม้นั้นถูกทิ้งไว้อีกเป็นเวลานาน ๆ โดยไม่มีการซ่อมแซมแล้ว กำลังรับน้ำหนักบรรทุกค่านั้นก็อาจจะมีค่าเปลี่ยนแปลงต่อไปอีก อาจจะมีค่าเพิ่มขึ้น หรือลดลงก็ได้ ถ้ามีค่าลดลงคอนกรีตส่วนนั้นก็จะต้องมีการซ่อมแซมใหม่เพื่อให้รับน้ำหนักบรรทุกได้ต่อไป แต่ถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นก็จำเป็นที่จะต้องรู้อีกว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเท่าไร สามารถที่จะรับน้ำหนักบรรทุกได้ต่อไปอีกหรือไม่ เรื่องนี้จึงเป็นสิ่งซึ่งน่าพิจารณาและน่าสนใจอย่างมาก ทั้งนี้เพราะว่าจะเป็นอันตรายอย่างมากถ้ากำลังรับน้ำหนักของคอนกรีตส่วนที่ถูกไฟไหม้ไปแล้วนั้นมีค่าลดลงและยังคงใช้งานกันอยู่

2.4.2 เหล็ก

คุณสมบัติทางเคมีของเหล็กที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เหล็กบริสุทธิ์ มีการเปลี่ยนแปลงได้ 4 แบบ ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ ทำให้เกิดฟอร์มที่เรียกว่า เหล็กแอลฟา เหล็กเบต้า เหล็กแกมม่า และเหล็กเดลต้า ใน 4 ฟอร์มนี้ เหล็กแอลฟา เบต้า และเดลต้า มีโครงสร้างผลึกที่เหมือนกัน คือเป็นแบบ body centered cubic ส่วนแกมม่า จะมีโครงสร้างผลึกเป็น face centered cubic ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า เหล็กบริสุทธิ์ มีอันยรูป 2 แบบ คือ bcc และ fcc

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเหล็กบริสุทธิ์มีกำลังต่ำเกินกว่าที่จะนำไปใช้งานวิศวกรรมได้ จึงมีการเติมธาตุอื่นลงไป ซึ่งเราเรียกว่า ธาตุผสม (Alloying Elements) เข้าไปในเนื้อเหล็กเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการตามนิยามของเหล็กกล้า ซึ่งเกิดจากการผสมกันระหว่างเหล็กและคาร์บอน

โดยทั่วไปแล้วเหล็กกล้าจะอยู่ในรูปของสารผสมระหว่าง เหล็ก คาร์บอน ธาตุผสม และสารมลทิน ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนในเหล็กกล้านั้นจะมีตั้งแต่ 0.05 ถึง 1.4 % โดยน้ำหนัก เมื่อเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนสูงขึ้น กำลัง (Strength) และความแข็ง (Hardness) ของเหล็กกล้าจะเพิ่มขึ้นแต่ความเหนียวหยุ่น (Toughness) ของเหล็กกล้านั้นจะลดลง

เหล็กกล้าสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

(1) เหล็กกล้าคาร์บอน (Plain Carbon Steel)

(2) เหล็กกล้าผสม (Alloy Steel)

ธาตุที่ผสมอยู่ในเหล็กกล้าประเภทนี้ได้แก่ ซิลิกอน และแมงกานีส ส่วนกำมะถัน และฟอสฟอรัส จะอยู่ในรูปของสารมลทิน เราแบ่งชนิดของเหล็กกล้าคาร์บอนตามเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนที่อยู่ในเนื้อเหล็ก ได้ดังนี้

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

เมื่อเติมคาร์บอนเข้าไปในเหล็กบริสุทธิ์ คาร์บอนจะแทรกเข้าไปในเนื้อเหล็กกลายเป็นสารละลายของแข็ง (Solid Solution) ภาค (Phase) ที่ได้นี้เรียกว่า แฟร์ไรต์ (Ferrite) ปริมาณของคาร์บอนจะละลายอยู่ในแฟร์ไรต์จะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิขึ้น และที่อุณหภูมิ 723 องศาเซลเซียส คาร์บอนจะละลายได้มากที่สุดในแฟร์ไรต์ 0.025 % ส่วนที่อุณหภูมิห้อง แฟร์ไรต์จะมีคาร์บอนละลายอยู่เพียง 0.008 %เท่านั้น

เมื่อปริมาณคาร์บอนมีมากกว่าพิกัดที่สามารถละลายได้ในแฟร์ไรต์ คาร์บอนก็จะรวมตัวกับเหล็ก เกิดเป็นประกอบทางเคมีขึ้นมาคือ F_3C ซึ่งมีคาร์บอนผสมอยู่ 6.67 % เราเรียกเหล็กคาร์บอนนี้ว่า ซีเมนไทต์ (Cementite)

วัฏภาคอีกตัวหนึ่งในเนื้อเหล็กกล้าก็คือ เพิร์ลไลต์ (Pearlite) เป็นจุลโครงสร้างผสมประกอบด้วยแถบของแฟร์ไรต์กับซีเมนต์ไทต์

เมื่อเผาเหล็กกล้าถึงอุณหภูมิสูง จนโครงสร้างผลึกเปลี่ยนจาก Body Centered Cubic (bcc) มาเป็น Faced Centered Cubic (fcc) ภาคใหม่นี้จะละลายคาร์บอนได้มาก และที่อุณหภูมิ 1130 องศาเซลเซียส จะละลายคาร์บอนได้ถึง 2 % หมายความว่า ที่อุณหภูมิสูง Fe_3C ที่เคยมีอยู่ที่อุณหภูมิต่ำ จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สลายตัวแยกเป็น Fe กับ C และตัว C ที่ได้จะละลายแทรกเข้าไปอยู่ในเนื้อเหล็ก fcc จุลโครงสร้างใหม่นี้เราเรียกว่า ออสเตนไนต์ (Austenite)

เหล็กกล้าที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอน 0.8 % จะมีจุลโครงสร้างเป็นเพิร์ลไลต์ อย่างเดียวเราเรียกเหล็กประเภทนี้ว่า Eutectcid steelsสำหรับเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนต่ำกว่า0.8% เรียกว่า Hypoeutectoid Steels และเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนสูงกว่า 0.8 % เรียกว่า Hypereutectoid Steels

ในเหล็กเสริมคอนกรีตมีส่วนประกอบทางเคมีคือ เหล็ก คาร์บอน แมงกานีส ฟอสฟอรัส และกำมะถัน เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ผิว (Scale) ที่อุณหภูมิการเผา 500 องศาเซลเซียส สีของเหล็กเปลี่ยนเป็นสีเงิน มีริ้วสีเงินเล็ก ๆ ซึ่งเกิดจากสีของ Fe ที่อุณหภูมิการเผา 700 องศาเซลเซียส สีของเหล็กเปลี่ยนเป็นสีดำ เกิดจาก Fe_2O_3 MnO_2 และการเผาไหม้ของคาร์บอน และที่อุณหภูมิการเผา 900 องศาเซลเซียส เกิดตะกรันที่ผิวเหล็กเสริม

คุณสมบัติเชิงกลของเหล็กกล้าคาร์บอนจะขึ้นโดยตรงกับประเภทและปริมาณของจุลโครงสร้างภายในเนื้อเหล็กนั้นเฟร์ไรต์มีกำลัง และความแข็งไม่สูงนัก แต่มีความเหนียว ซีเมนไทต์ มีความแข็งสูง เปราะ เพิร์ลไลต์มีกำลังสูงและสามารถยืดตัวได้ดีมากภายใต้แรงดันและท้ายสุดออส-เตนไนต์มีกำลังต่ำ สามารถรีดให้เข้ารูปได้ง่าย เป็นต้น ส่วนประเภท และปริมาณของจุลโครงสร้างจะขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กกล้านั้น ๆ

เหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีส่วนประกอบทางเคมีต่าง ๆ ไม่เกินอัตราร้อยละโดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 2.5 และตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กเส้นกลม (มานพ ตันตระบัญฑิตย์,พ.ศ.2536 [4])

คาร์บอน	ซิลิกอน	แมงกานีส	ฟอสฟอรัส	กำมะถัน
0.280	-	-	0.058	0.058

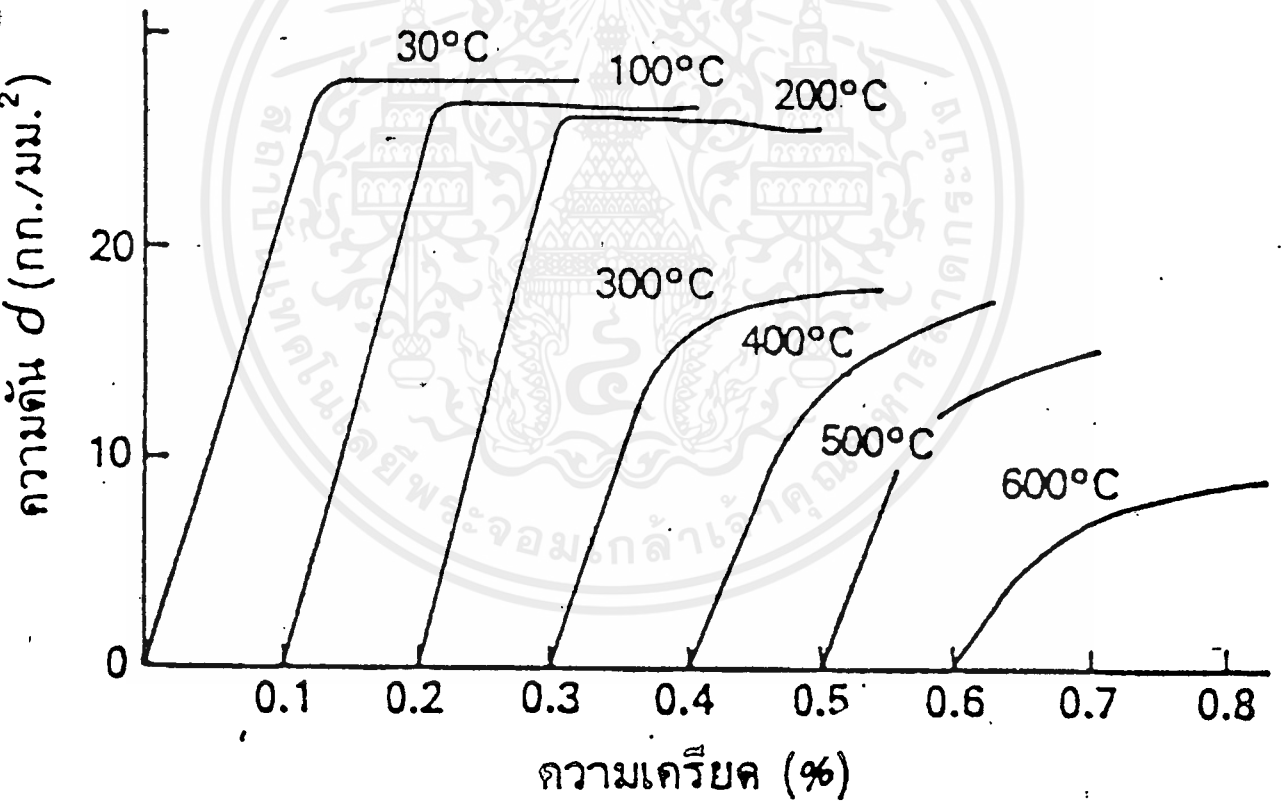
ตารางที่ 2.6 ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กข้ออ้อย (มานพ ตันตระบัญฑิตย์,พ.ศ.2536 [4])

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

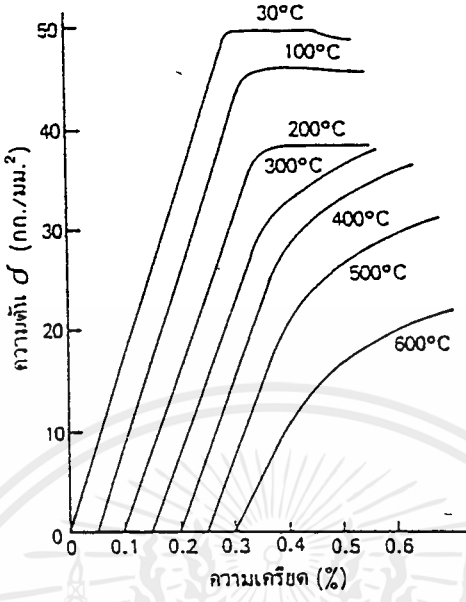
คุณสมบัติทางกลของเหล็กที่อุณหภูมิต่าง ๆ

คุณสมบัติทางกลของเหล็กที่อุณหภูมิต่าง ๆ แสดงได้ด้วยกราฟของความเค้น-ความเครียด ดังรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3 ส่วนกราฟของความเค้น และอุณหภูมิ แสดงอยู่ในรูปที่ 2.4 และรูปที่ 2.5 และคุณสมบัติทางกลของเหล็กเมื่อถูกความร้อนแล้วจะดูได้จากรูปที่ 2.6 และรูปที่ 2.7 เหล็กเมื่อถูกความร้อนที่อุณหภูมิสูงๆค่ากำลังรับแรงดึงประลัยค่ากำลังครากและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของทั้งเหล็กเสริม ที่อุณหภูมิประมาณ 350 องศาเซลเซียส ค่ากำลังครากจะมีค่าลดลงประมาณ 50 %

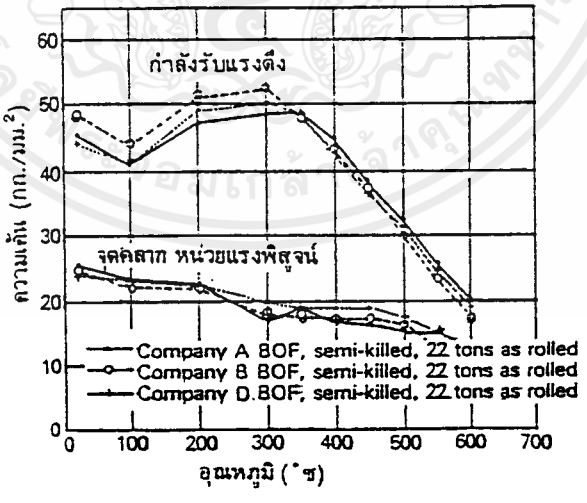


รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับความเค้นของเหล็ก SS 41 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และ ทักษิณ เทพชาตรี, พ.ศ. 2538 [9])

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

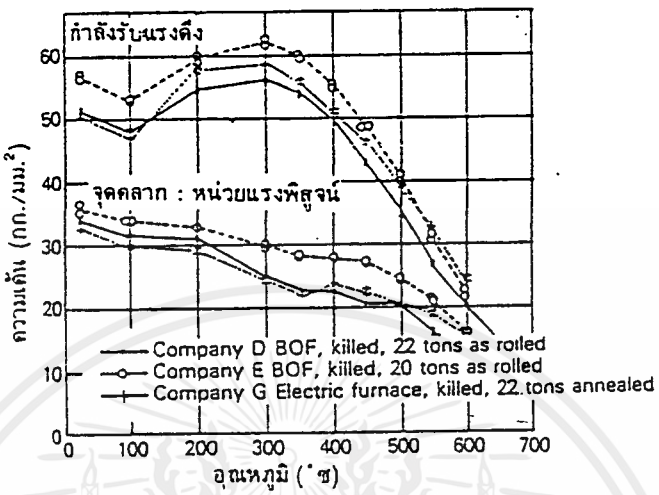


รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับความเค้นของเหล็ก SM 58 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และ ทักษิณ เทพชาตรี, พ.ศ. 2538 [9])

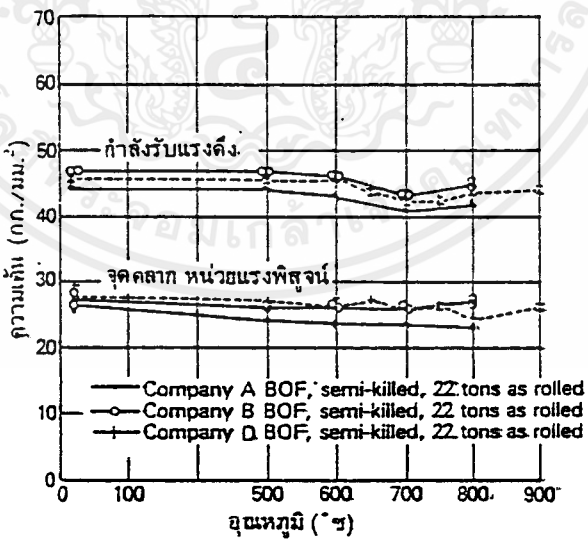


รูปที่ 2.4 กำลังรับแรงดึงของเหล็ก SS 41 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และ ทักษิณ เทพชาตรี, พ.ศ. 2538 [9])

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

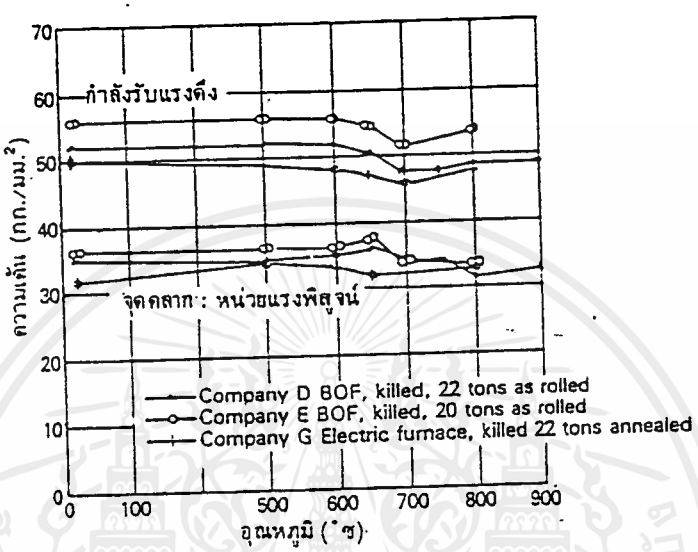


รูปที่ 2.5 กำลังรับแรงดึงของเหล็ก SM 50B ที่อุณหภูมิต่าง ๆ
(ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และ ทักษิณ เทพชาตรี, พ.ศ. 2538 [9])



รูปที่ 2.6 กำลังรับแรงดึงของเหล็ก SS 41 หลังจากถูกความร้อน
(ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และ ทักษิณ เทพชาตรี, พ.ศ. 2538 [9])

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 กำลังรับแรงดึงของเหล็ก SM 50B หลังจากถูกความร้อน (ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และ ทักษิณ เทพชาตรี, พ.ศ. 2538 [9])

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039010

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 อุปกรณ์และสถานที่ดำเนินการศึกษา

3.1.1 อุปกรณ์

(1) เตาเผา ชนิดใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง

(2) เครื่องมือ Schmidt Hammer Type N

(3) เครื่องมือ Universal Testing Machine (UTM)

3.1.2 สถานที่ดำเนินการศึกษา

(1) อาคารปฏิบัติการภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(2) โรงปฏิบัติงานเซรามิกส์ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2 ขั้นตอนดำเนินการศึกษา

3.2.1 การเตรียมเหล็กเสริม

(1) เลือกเหล็กขนาดมาตรฐาน SD30 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร

(2) ตัดเหล็กให้มีขนาดยาว 25 เซนติเมตร

(3) นำเหล็กจากข้อ (2) ที่ตัดมาจากเหล็กคนละเส้นกัน เส้นละ1 ตัวอย่าง นำมาทดสอบหากำลังรับแรงดึง โดยเครื่อง Universal Testing Machine

(4) นำเหล็กที่ได้จากข้อ (2) มาทำการผูกลวดที่ตำแหน่งห่างจากปลายทั้งสองข้างๆละ 1 เซนติเมตร โดยที่ความยาวของเส้นลวดจะเท่ากับ 1 หรือ 2.5 เซนติเมตร ตามแต่ที่ต้องการจะใช้งาน (ระยะ Covering)

3.2.2 การเตรียมแท่งตัวอย่างคอนกรีต

(1) ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยในการทดสอบนี้ออกแบบให้คอนกรีตกำลังการรับแรงอัดประลัยที่ 28 วัน เท่ากับ 210 ksc

(2) ทำการผสมคอนกรีตตามที่ได้ออกแบบไว้ในข้อ 1 โดยใช้โม่ผสมคอนกรีต

(3) นำเหล็กเสริมที่เตรียมไว้ที่มีระยะหุ้มคอนกรีต 1 และ 2.5 เซนติเมตร มาใส่ไว้ในแบบหล่อรูปทรงกระบอกมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตรและ สูง 30 เซนติเมตร ที่เตรียมไว้ โดยมีลูกปูนขนาดเล็กรองรับเหล็กทั้งสองอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) นำคอนกรีตที่ได้จากการผสมในข้อ 2 มาเทลงในแบบหล่อ โดยแบ่งใส่เป็น 3 ชั้น แต่ละชั้น ให้ทำการกระทุ้งด้วยเหล็กปลายมนชั้นละ 25 ครั้ง และใช้ค้อนเคาะเบาๆที่แบบหล่อ เพื่อทำการไล่ฟองอากาศ แล้วทำการแต่งผิวหน้าให้เรียบ

(5) ทิ้งคอนกรีตในข้อ (4) ไว้ 24 ชั่วโมง แล้วทำการแกะแบบ นำไปบ่มในน้ำที่สะอาดเป็นเวลา 28วัน จากนั้นนำขึ้นมาผึ่งแดดให้แห้ง ก็จะได้แท่งตัวอย่างคอนกรีตพร้อมที่จะทำการทดสอบ

(6) ในกรณีที่เราต้องการทำก้อนตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต โดยใช้เครื่องมือ Universal Testing Machine เราไม่ต้องทำการใส่เหล็กเสริมในแบบหล่อ

3.2.3 การทดสอบและบันทึกผล

วิธีการทดสอบ ประกอบด้วย การทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างแท่งคอนกรีต อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C617 การทดสอบหากำลังที่จุดคราก ของเหล็ก อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM E8-69 และทดสอบหาค่า Schmidt Rebound Number อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C 805-85

3.2.4 การวิเคราะห์ผลการศึกษาและเขียนรายงาน

(1) การทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางกลของคอนกรีตหลังถูกเพลิงไหม้ เพื่อใช้ประเมินหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

(2) การทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางกลของเหล็กเสริมหลังถูกเพลิงไหม้ เพื่อใช้ประเมินหาค่ากำลังรับแรงดึงของเหล็ก

(3) การใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ เวลา เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังครากของเหล็กเสริม เพื่อศึกษาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังครากของเหล็กหลังถูกเพลิงไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิเคราะห์

4.1. สมบัติทางกายภาพ

จากการทดสอบพบว่า ที่แต่ละอุณหภูมิจะมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันไป โดยจะแตกต่างกันเล็กน้อยเมื่อเวลาเผาก้อนตัวอย่างต่างกัน สรุปลักษณะทางกายภาพหลังทำการเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของคอนกรีตและเหล็กเสริมหลังจากเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (^{o}C)	คอนกรีต	เหล็ก
300	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจน	ปกติไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเจน
500	มีสีเทาดำ การยึดเกาะกันยังดีอยู่	รอยไหม้มีสีขาวเงินซีดๆ ของเนื้อเหล็ก มีริ้วสีเงิน
700	มีสีขาวหม่น และมีสีชมพูแดงกระจายเป็นกลุ่มๆ มีรอยแตกร้าวเล็กๆกระจายอยู่ทั่วไป คอนกรีตที่แตกจะร่วนเป็นก้อนๆ	รอยไหม้มีสีดำเกรียม
900	มีสีขาว และมีสีชมพูแดงกระจายเป็นกลุ่มๆ เมื่อปล่อยให้เย็นลงก้อนคอนกรีตจะบวมพองและจะแตกในที่สุด	ผิวนอกของเหล็กจะไหม้เกรียมเป็นตะกรันแยกจากผิวอย่างเห็นได้ชัด และจะหลุดเมื่อนำไปทดสอบแรงดึง

ที่อุณหภูมิ 300-500 องศาเซลเซียส ไม่พบการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพของคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่อุณหภูมิสูง สีของคอนกรีต และเหล็กจะเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเปลี่ยนสีของธาตุ transition อาทิ ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เนื้อคอนกรีตเป็นจุดสีชมพูแดง เนื่องจากเหล็ก-ออกไซด์ ถูกพลังงานความร้อนกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนสี สีจะไม่เข้มและไม่คงทนเนื่องจากมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำปฏิกิริยากับ SiO_2 และที่อุณหภูมิเดียวกันสีของเหล็กจะไหม้เกรียมเพราะความร้อนกระตุ้นให้เหล็กออกไซด์ แมงกานีส และคาร์บอน เปลี่ยนสี ซึ่งได้กล่าวในหัวข้อ 2.4.1 และ 2.4.2 ตามลำดับ

4.2. สมบัติทางกล

ผลการทดสอบโดย Schmidt Hammer และการทดสอบดึงเหล็กของตัวอย่างคอนกรีตแท่งรูปทรงกระบอกทั้งหมด 72 ตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 4.2 ตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 และสามารถแสดงผลเป็นกราฟดังรูปที่ 4.1 ถึง รูปที่ 4.12 อธิบายผลได้ดังนี้

4.2.1 คอนกรีต

ปัจจัยหลักที่ทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตลดลงเมื่อถูกเผาคือ อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ถูกเผา แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1. กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น

เมื่อเผาคอนกรีตที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะเพิ่มจากเดิมประมาณ 28% เมื่อระยะเวลาการเผามากขึ้น กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตก็จะลดลงจาก 28% เป็น 18% ที่ระยะเวลาของการเผา 6 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตามกำลังรับแรงอัดเมื่อคอนกรีตถูกเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง จะมีค่ามากกว่ากำลังรับแรงอัดเดิม

2. กำลังรับแรงอัดลดลง แบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ

(1) ลดลงช้า ๆ อย่างต่อเนื่อง เมื่อทำการเผาคอนกรีตที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัด ของคอนกรีตจะเป็นไปอย่างช้า ๆ เมื่อระยะเวลาในการเผาเพิ่มขึ้น และจะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อเทียบกับการเผาที่อุณหภูมิสูง ๆ

(2) ลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อทำการเผาคอนกรีตที่อุณหภูมิ 700 และ 900 องศาเซลเซียส ที่ช่วงระยะเวลาในการเผาประมาณ 2 ชั่วโมง กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะลดลงจากเดิมถึง 100% (มีค่ากำลังรับแรงอัดต่ำกว่าค่ากำลังรับแรงอัดต่ำสุดที่สามารถทดสอบโดย Schmidt Hammer คือ น้อยกว่า 150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

ที่อุณหภูมิมากกว่า 300 องศาเซลเซียส ความร้อนส่งผลให้เกิดการขยายตัวที่แตกต่างกันของซีเมนต์เพสต์ และมวลรวม เกิด Thermal Stress ส่งผลให้เกิดการแตกร้าวในเนื้อคอนกรีต และกระทบต่อกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างดังกล่าว

4.2.2 เหล็ก

เป็นเหล็กข้ออ้อยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร (DB12) ตามมาตรฐาน มอก. SD30 เมื่อนำมาเสริมในแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกเพื่อเผา มีผลการทดสอบหาค่ากำลังครากดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในชั่วโมงแรก ของการเผาคอนกรีตเสริมเหล็กที่อุณหภูมิ 300 500 700 และ 900 องศาเซลเซียส กำลังครากของเหล็กเสริมจะลดลงจากเดิมอย่างรวดเร็ว และจะลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อเพิ่มชั่วโมงของการเผา เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส กำลังครากของเหล็กเสริมจะน้อยกว่าการเผาที่อุณหภูมิ 700 500 และ 300 องศาเซลเซียส เท่ากับ 13% 34% และ 38% ตามลำดับ จุดครากของเหล็กที่ลดลงไปจากเดิมเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจาก เมื่อเหล็กได้รับความร้อน โครงสร้างผลึกของเหล็กจะสลายตัวแยกออกจากกันไปอยู่ในรูปสารประกอบของเหล็ก คือ เหล็กและคาร์บอน โดยที่โครงสร้างผลึกของเหล็กแบบ Body Centered Cubic (bcc) จะเปลี่ยนไปเป็นแบบ Face Centered Cubic (fcc) ที่มีความยาวของด้านขอบที่ยาวมากกว่าเดิม อะตอมคาร์บอนที่แยกตัวเป็นอิสระมาจากเหล็กคาร์ไบด์ก็จะกระจายออกไปในเหล็ก และอยู่ในกลุ่มของเหล็ก กระบวนการเช่นนี้เกิดขึ้นในสภาพที่เป็นของแข็ง โครงสร้างผลึกที่ได้รับการก่อรูปขึ้นมามีชื่อเรียกว่า ออสเตไนต์ (Austenite) ในการนี้ได้เกิดโลหะผสมเหล็ก-คาร์บอน ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ซึ่งธาตุของโลหะผสมจะเชื่อมตัวกันแบบที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นบวก หรือลบของอะตอม (คุณสมบัติทางเคมี) โลหะผสมเช่นนี้จะมีชื่อเรียกว่า สารละลายของแข็ง (Solid Solution) เมื่อปล่อยให้เหล็กเย็นลงโดยไม่มีการควบคุม การจัดเรียงตัวของอะตอมเป็นโครงผลึกจะไม่มีความสม่ำเสมอ พันธะยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมจะไม่แข็งแรง ทำให้กำลังของเหล็กลดลง [น.ต. สุภาพ เพิงมาก, พ.ศ. 2539]

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตก่อนเผา

ระยะเวลาของการเผา(ชั่วโมง)	เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตก่อนเผา ที่อุณหภูมิองศาเซลเซียสต่าง ๆ			
	300	500	700	900
1	17.88	1.43	-36.69	-100
2	27.78	-3.16	-100	-100
3	21.62	-9.32	-100	-100
4	21.74	-14.91	-100	-100
5	20.81	-19.51	-100	-100
6	13.46	-23.71	-100	-100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

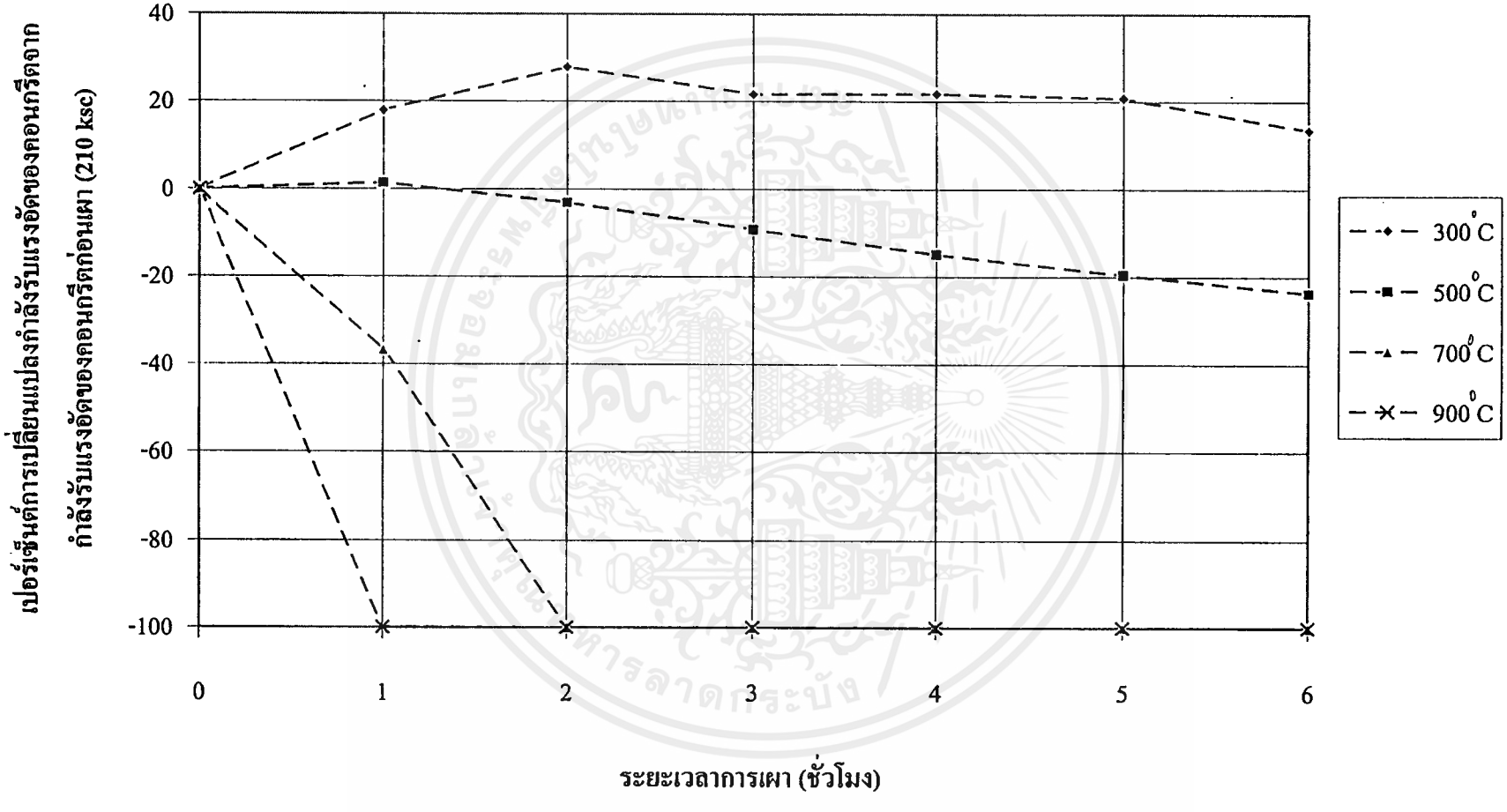
ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังครากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากกำลังครากของเหล็กเสริมก่อนเผา (DB 12 ชั้นคุณภาพ SD 30) Covering 1.0 ซม.

ระยะเวลาของการเผา(ชั่วโมง)	เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงกำลังครากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากกำลังครากของเหล็กเสริมก่อนเผา ที่อุณหภูมิองศาเซลเซียส ต่าง ๆ			
	300	500	700	900
1	-17.00	-18.80	-24.45	-31.27
2	-18.21	-20.03	-28.26	-42.22
3	-18.48	-22.31	-33.91	-45.20
4	-19.81	-22.71	-35.22	-46.65
5	-23.00	-25.67	-38.44	-48.78
6	-25.00	-30.58	-47.50	-55.78

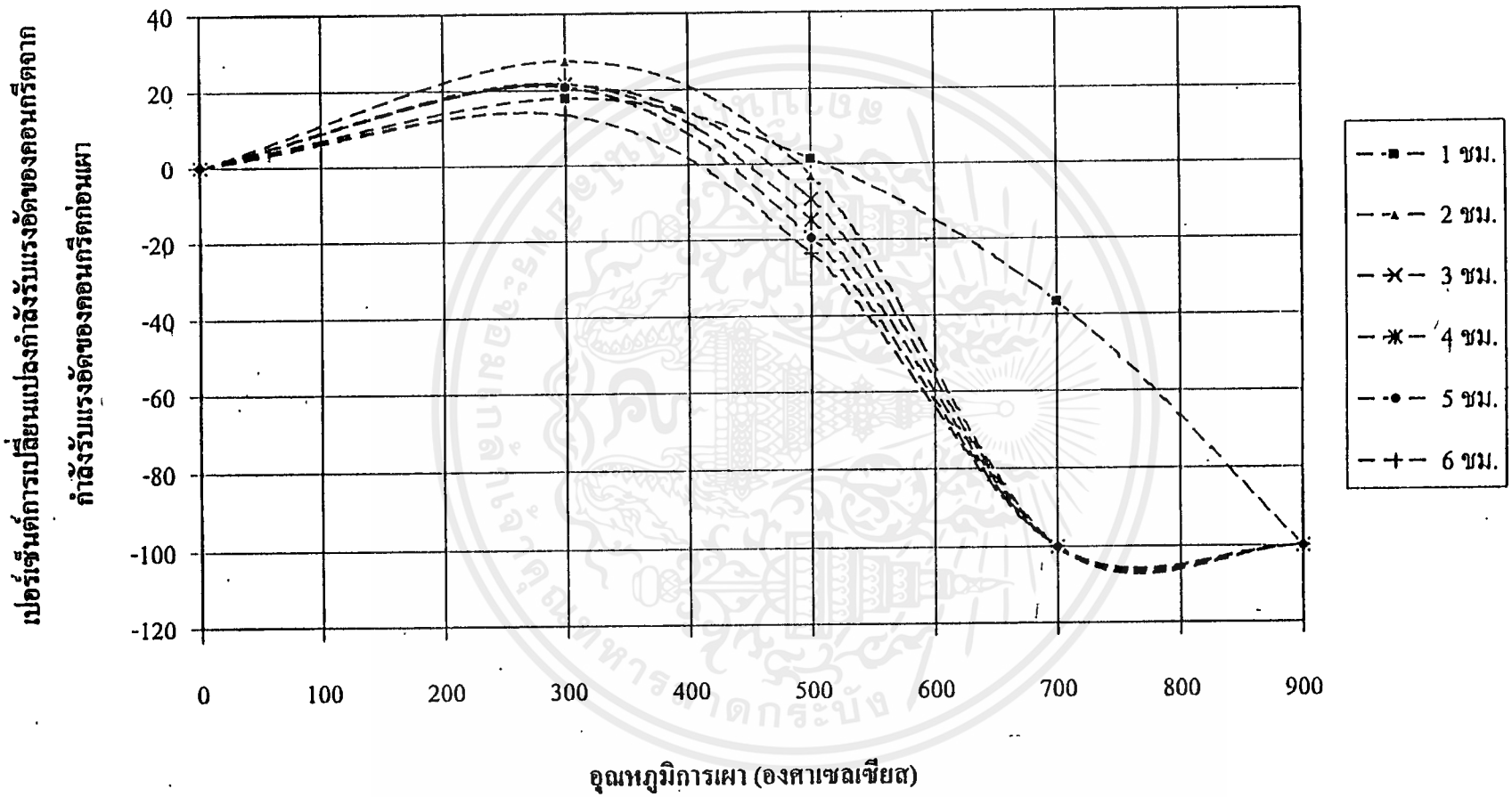
ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังครากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากกำลังครากของเหล็กเสริมก่อนเผา (DB 12 ชั้นคุณภาพ SD 30) Covering 2.5 ซม.

ระยะเวลาของการเผา(ชั่วโมง)	เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงกำลังครากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากกำลังครากของเหล็กเสริมก่อนเผา ที่อุณหภูมิองศาเซลเซียส ต่าง ๆ			
	300	500	700	900
1	-18.40	-19.19	-20.79	-35.09
2	-20.94	-21.98	-24.49	-39.01
3	-21.94	-22.74	-26.82	-42.73
4	-22.05	-25.24	-31.12	-45.57
5	-25.10	-28.63	-35.36	-48.35
6	-27.70	-31.13	-41.87	-54.97

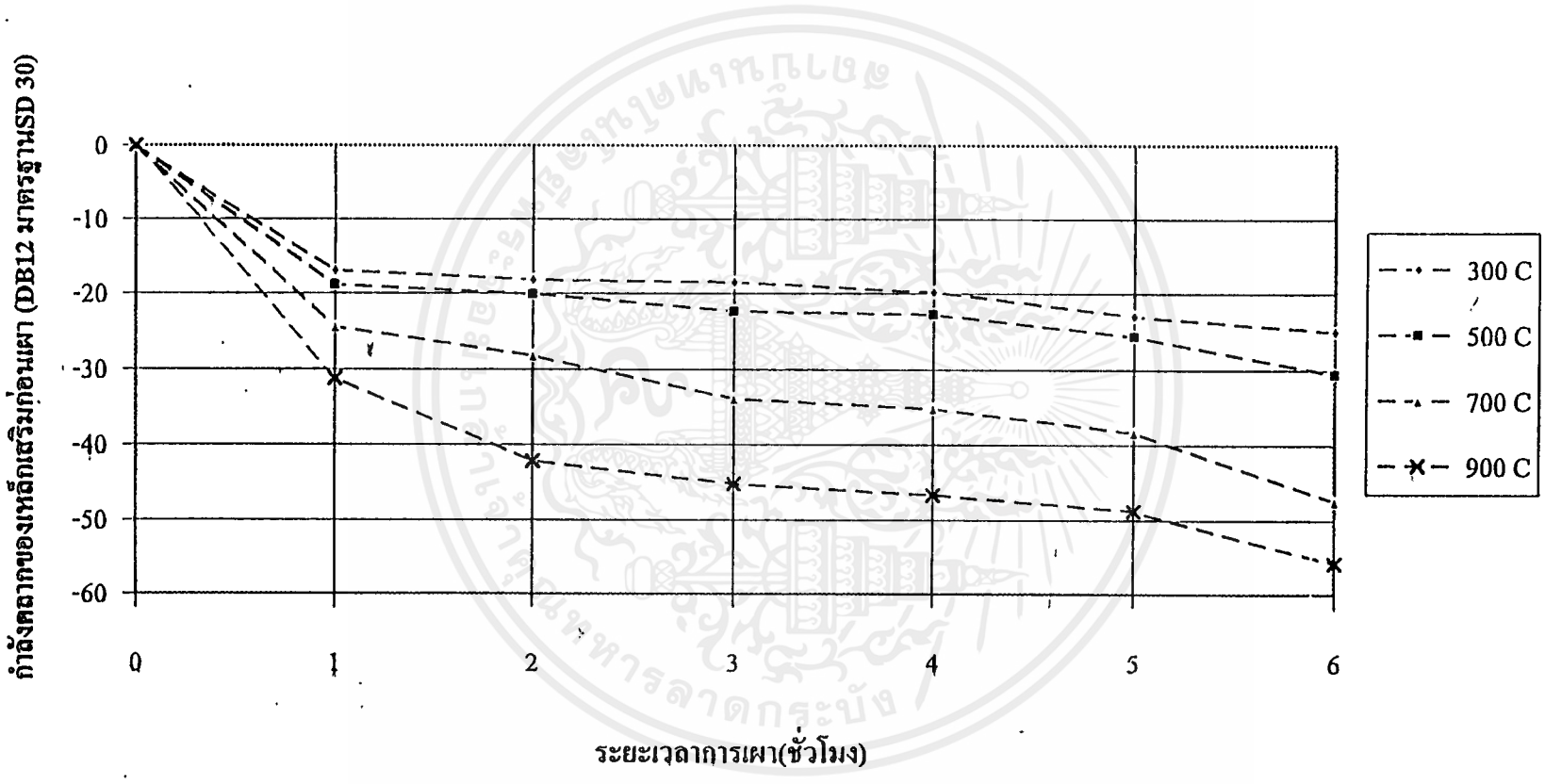
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



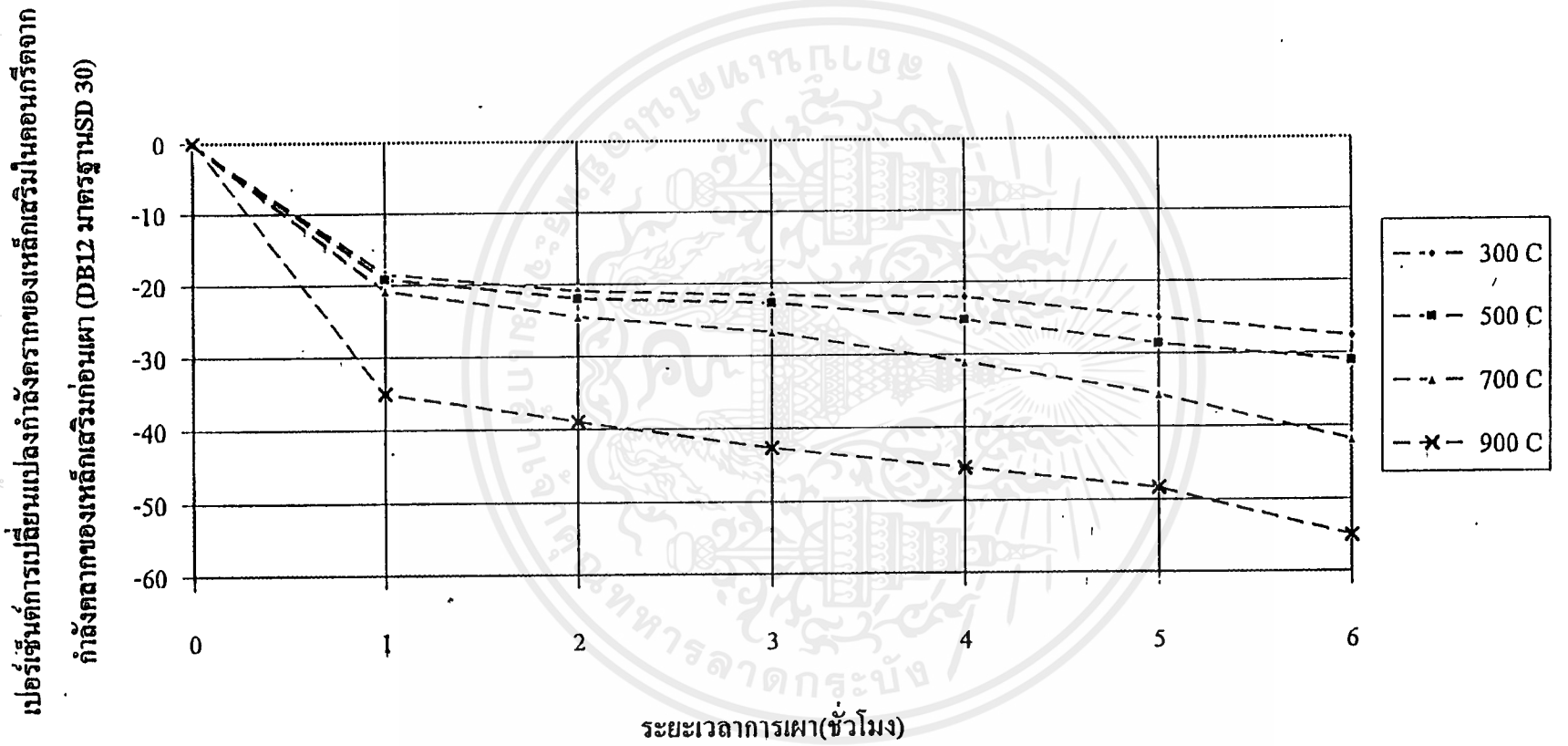
รูปที่ 4.1 แสดงระยะเวลาการเผากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตก่อนเผา



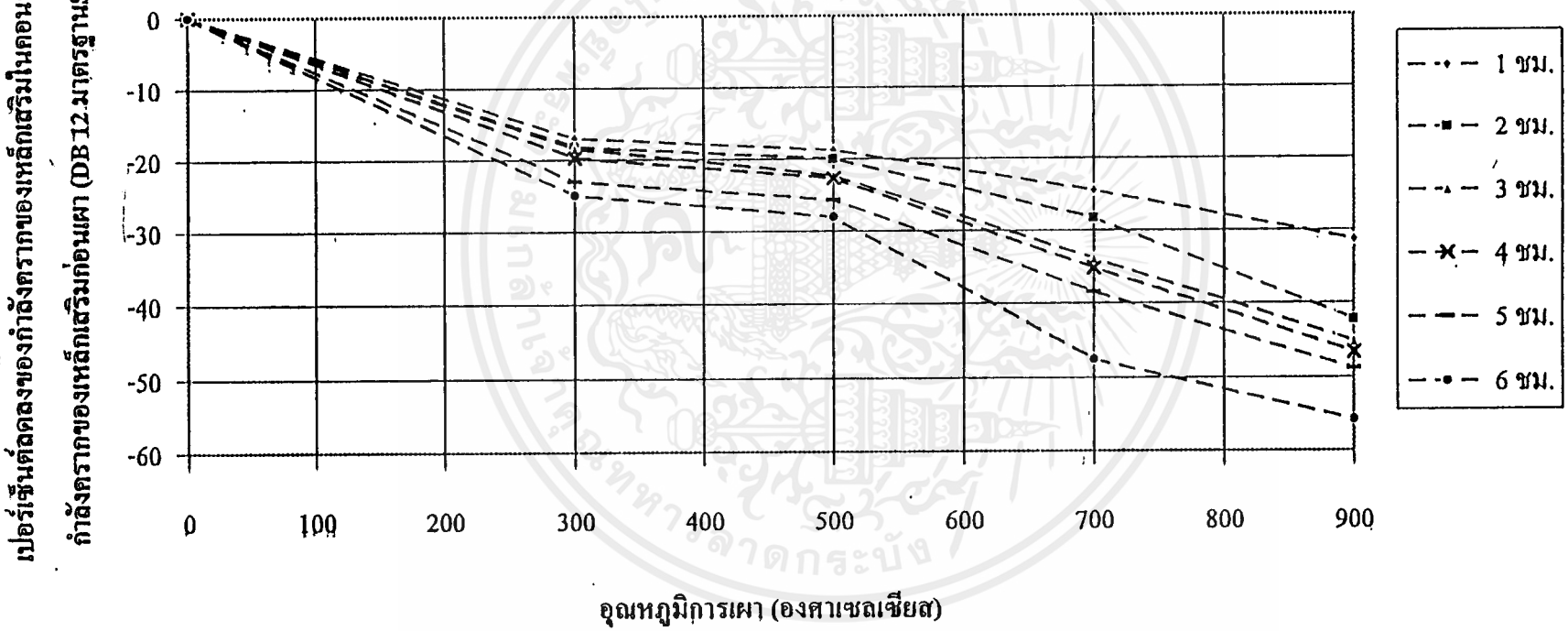
รูปที่ 4.2 แสดงระยะเวลาการเผากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตก่อนเผาในระยะเวลาต่าง ๆ



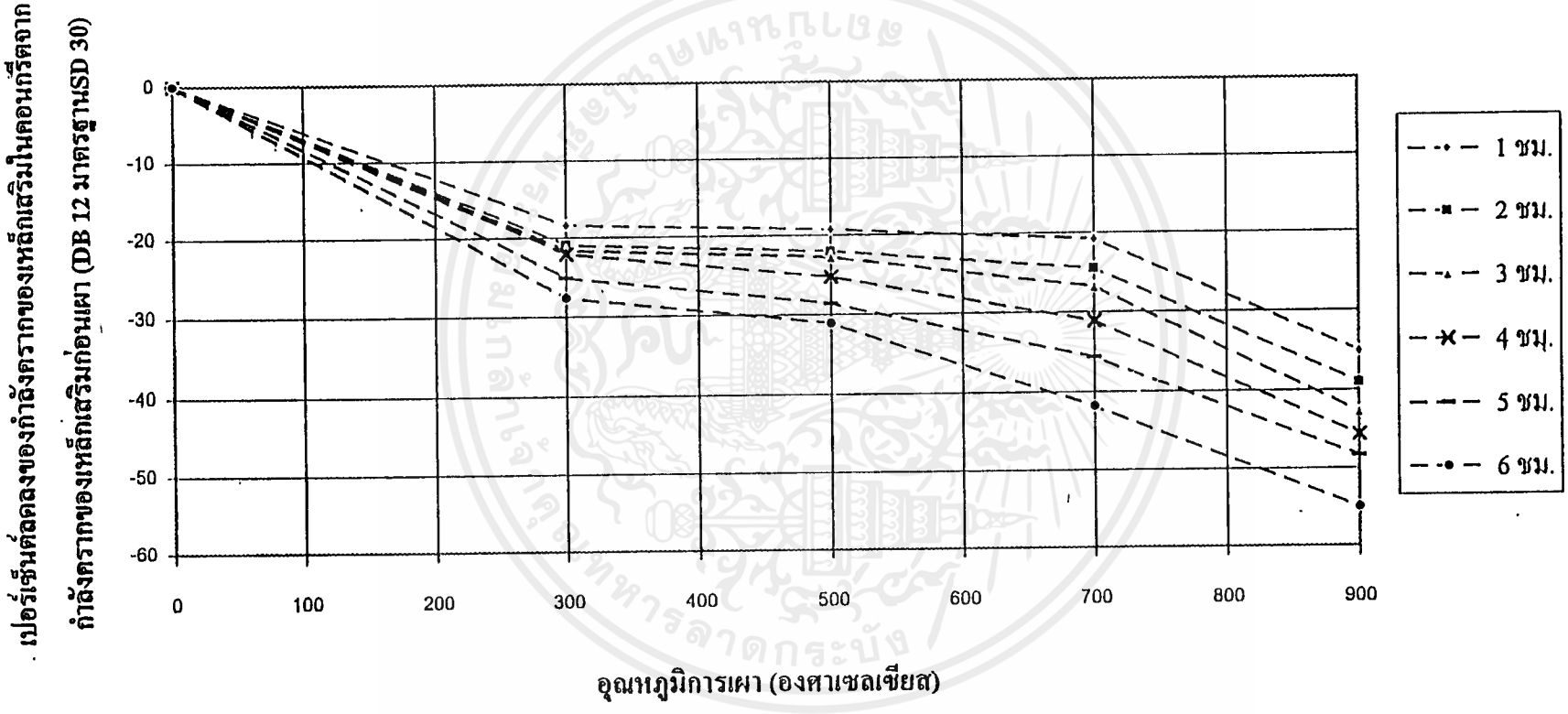
รูปที่ 4.3 แสดงระยะเวลาการเผากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังครากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจาก กำลังครากของเหล็กเสริมก่อนเผา เหล็กเสริมมี Covering หนา 1.0 ซ.ม. ณ อุณหภูมิต่าง ๆ



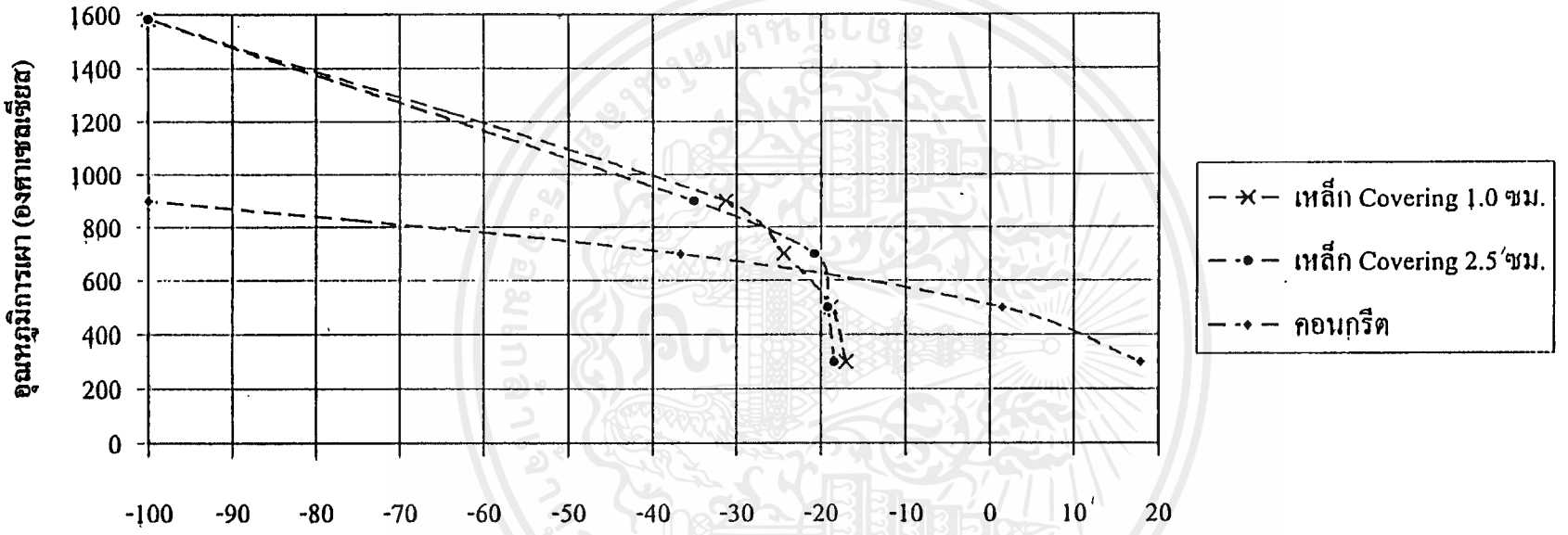
รูปที่ 4.4 แสดงระยะเวลาการเผากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังครากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจาก กำลังครากของเหล็กเสริมก่อนเผา เหล็กเสริมมี Covering หนา 2.5 ซ.ม. ณ อุณหภูมิต่าง ๆ



รูปที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิการเผากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังครากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากกำลังครากของเหล็กเสริมก่อนเผา เหล็กเสริมมี Covering หนา 1.0 ซ.ม. ณ อุณหภูมิต่าง ๆ

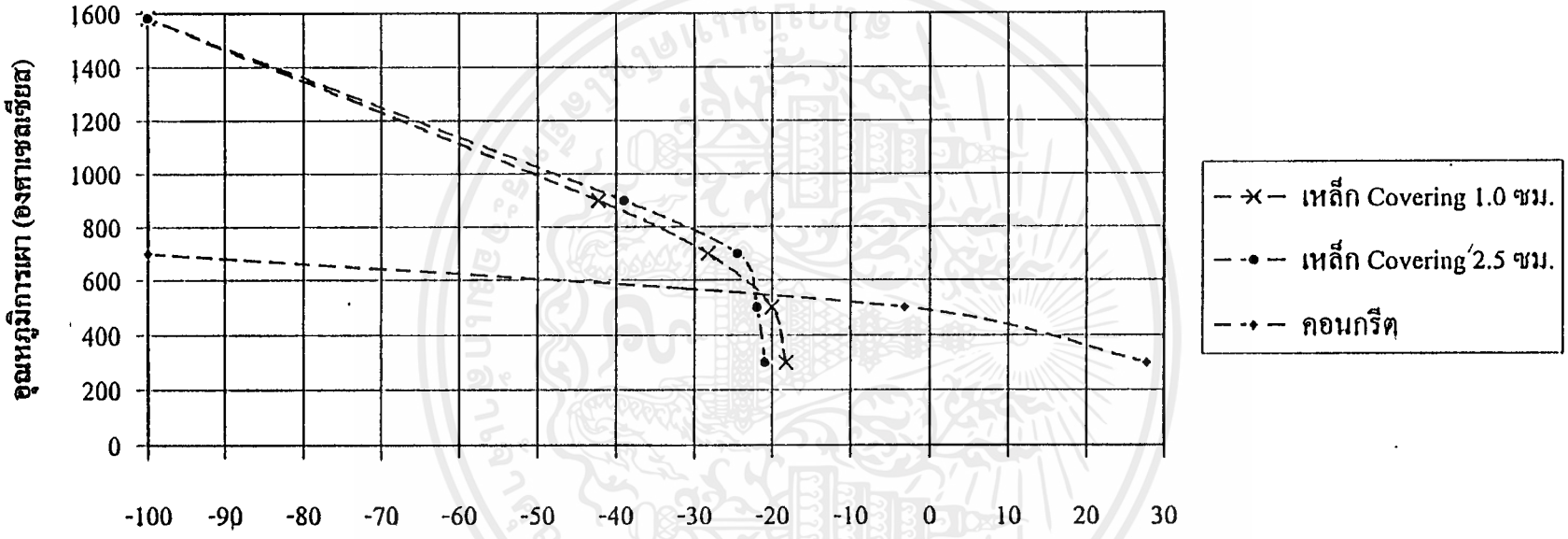


รูปที่ 4.6 แสดงอุณหภูมิการเผากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังดรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากกำลังดรากของเหล็กเสริมก่อนเผา เหล็กเสริมมี Covering หนา 2.5 ซ.ม. ณ อุณหภูมิต่าง ๆ



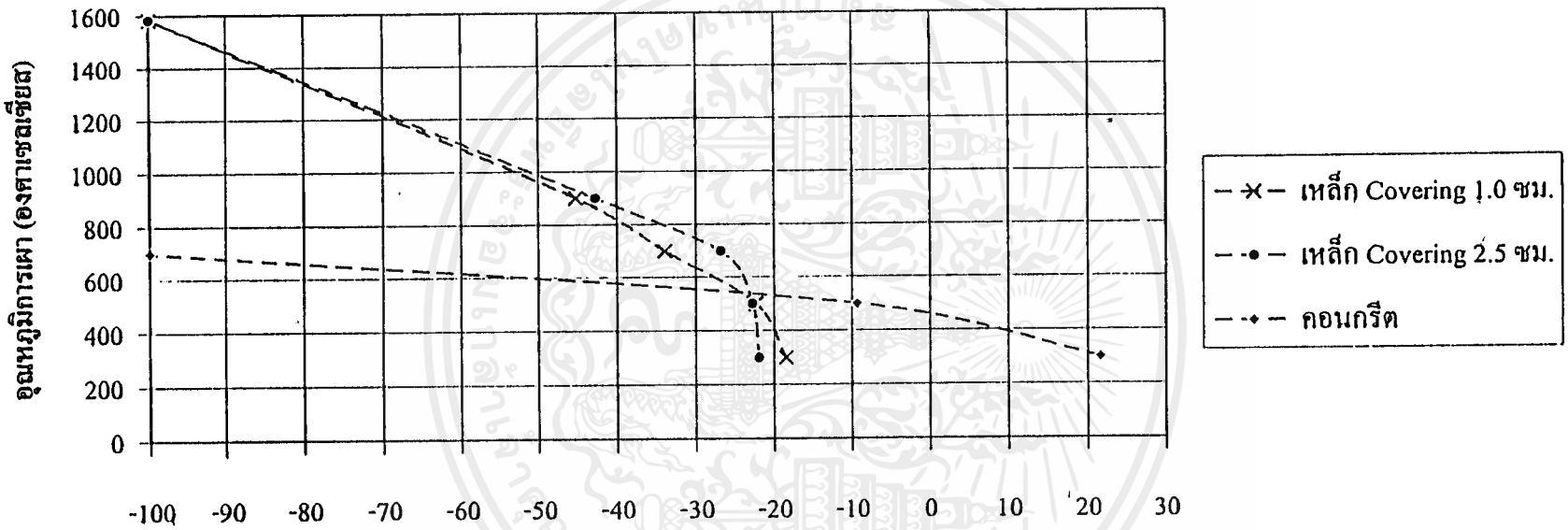
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังดรากของเหล็กเสริม ใน
คอนกรีต (DB 12 มาตรฐาน SD 30) จากกำลังก่อนเผา

รูปที่ 4.7 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังดรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากค่าก่อนเผากับอุณหภูมิการเผา หลังถูกเผาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง



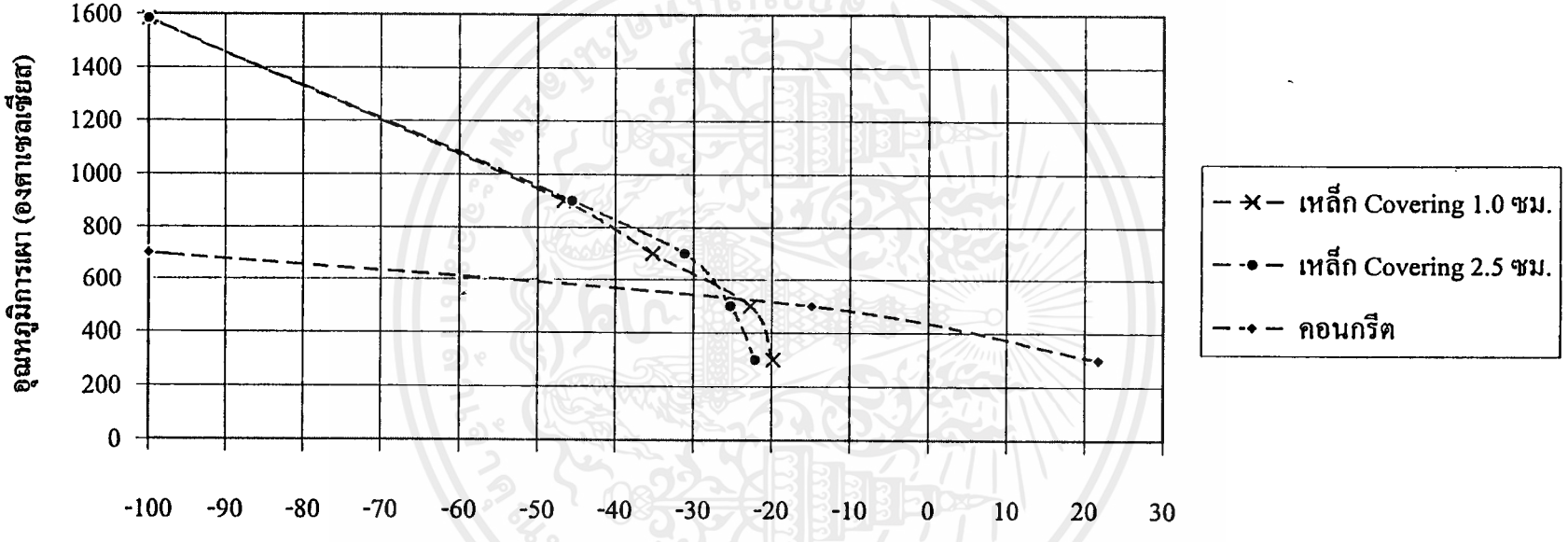
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังครากของเหล็กเสริมใน
คอนกรีต (DB 12 มาตรฐาน SD 30) จากกำลังก่อนเผา

รูปที่ 4.8 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังครากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากค่าก่อนเผากับอุณหภูมิการเผาหลังถูกเผาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

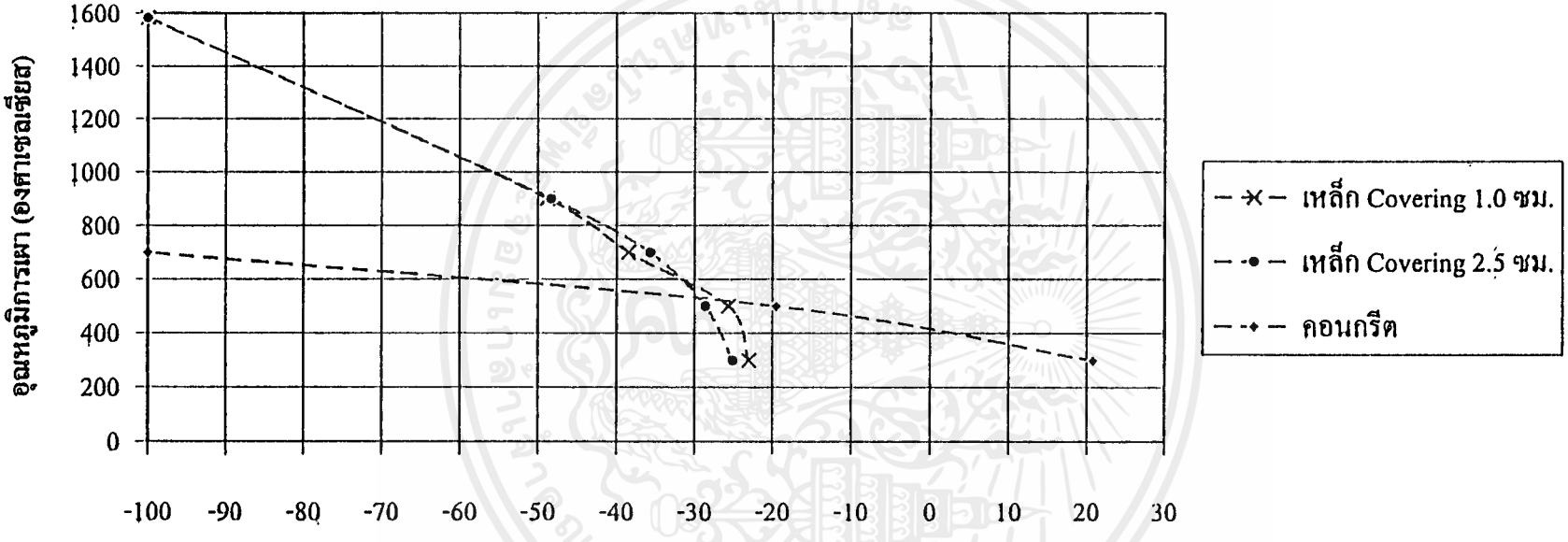


เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังดึงของเหล็กเสริมใน
คอนกรีต (DB 12 มาตรฐาน SD 30) จากกำลังก่อนเผา

รูปที่ 4.9 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังดึงของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากค่าก่อนเผากับอุณหภูมิการเผา หลังถูกเผาเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

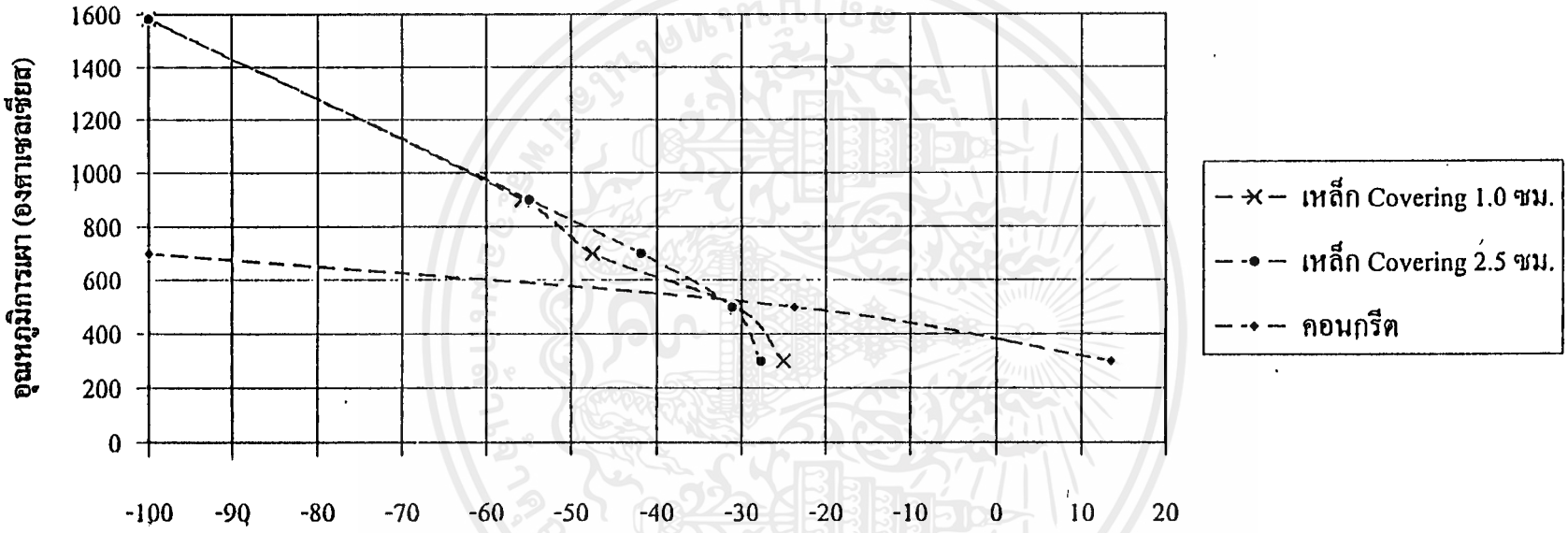


รูปที่ 4.10 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังดรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากค่าก่อนเผากับอุณหภูมิการเผาหลังถูกเผาเป็นเวลา 4 ชั่วโมง



เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังรากของเหล็กเสริมใน
คอนกรีต (DB 12 มาตรฐาน SD 30) จากกำลังก่อนเผา

รูปที่ 4.11 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังรากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากค่าก่อนเผากับอุณหภูมิการเผาหลังถูกเผาเป็นเวลา 5 ชั่วโมง



เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังครากของเหล็กเสริมใน
คอนกรีต (DB 12 มาตรฐาน SD 30) จากกำลังก่อนเผา

รูปที่ 4.12 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังครากของเหล็กเสริมในคอนกรีตจากค่าก่อนเผากับอุณหภูมิการเผา หลังถูกเผาเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาจากโครงงานพิเศษนี้ สรุปได้ดังต่อไปนี้

(1)กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ถูกเผาจะเพิ่มขึ้นจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเผาคอนกรีตที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึง 28 % จากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อุณหภูมิห้อง เมื่อทำการเผาต่อไปอีกการเพิ่มของกำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงเรื่อยๆเมื่อเวลาการเผานานขึ้น

(2)กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ถูกเผาจะลดลงจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเผาคอนกรีตที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1- 6 ชั่วโมงทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลงเรื่อยๆเมื่อเวลาที่เพิ่มขึ้น เมื่อเผาคอนกรีตที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงขึ้นไปกำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงมากกว่า 50 % ขณะที่เผาคอนกรีตที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงขึ้นไปกำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

(3) การลดลงของกำลังดรากของเหล็กเสริมจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 300 500 700 และ 900 องศาเซลเซียส การลดลงของกำลังดรากจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเผาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ช่วงระยะเวลา 1-2 ชั่วโมง หลังจากนั้น เปอร์เซ็นต์การลดของกำลังดราก จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ โดยจะมีแนวโน้มที่คล้ายกัน ทั้งเหล็กที่มีระยะคอนกรีตหุ้ม 1 เซนติเมตร และ 2.5 เซนติเมตร

5.2 ข้อเสนอแนะ

(1) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น ต้องใช้เวลาชั่วขณะเพื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ต้องการ หากเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจะทำให้ก้อนคอนกรีตตัวอย่างระเบิดและคอนกรีตตัวอย่างจะสะสมพลังงานความร้อน ซึ่งสภาพแวดล้อมของการทดสอบจะแตกต่างจากการเกิดเพลิงไหม้จริงที่มีการเพิ่มของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และมีการถ่ายเทความร้อนไปยังด้านที่ไม่มีเพลิงไหม้ การทดสอบนี้ ก้อนตัวอย่างจะโดนความร้อนทุกด้านจึงทำให้ไม่มีการถ่ายเทความร้อน ดังนั้น ก้อนตัวอย่างจะถูกเพลิงไหม้ในลักษณะรุนแรงกว่าการเกิดเพลิงไหม้จริงการศึกษาโครงการพิเศษอื่นต้องปรับการทดสอบให้สอดคล้องกับการเกิดไฟไหม้จริง ๆ

(2) ตัวอย่างการทดสอบควรเป็นรูปแบบอื่น ๆ เพื่อเลียนแบบองค์ประกอบอาคาร อาทิ คานคอนกรีตเสริมเหล็ก แสารูปลูกบาศก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] J. M. Illston, (1994), Construction Materails, Chapman & Hall, Hong Kong, 518p.

[2] Charles G. Salmon, Jonh E. Jonhson, Steel Structure Design And Behavior,Intext Educational Publishers. 946p.

[3] F.W.Fifield, D. Kealey. Principles and Practice of Analysiscal Chemistry. Blackie Academic & Professional. London.

[4] มานพ ตันตระบัญฑิตย์. 2536. วัสดุวิศวกรรม. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น. กรุงเทพฯ.

[5] สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร และ ปริทรรศน์ พันธุ์บรรยงก์. 2538. โลหะวิทยาเชิงวิศวกรรม. กรุงเทพฯ.

[6] เทพนารินทร์ ประพันธ์พัฒน์ และ ขจรศักดิ์ ศิริมัย. 2538. โลหะวิทยาในงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

[7] น.ท. สุภาพ เพ็งมาก. 2538. เทคนิคงานโลหะ.กรุงเทพฯ.

[8] ดร. ชาญวุฒิ ตั้งจิตวิทยา และ สาโรช ฐิติเกียรติพงศ์. 2535. วัสดุในงานวิศวกรรม. กรุงเทพฯ.

[9] ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และ ทักษิณ เทพชาตรี. 2538. การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น. กรุงเทพฯ.

[10] อุดมวิทย์ กาญจนวรงค์. 2538. การปฏิบัติงานทดสอบวัสดุ (แบบทำลาย). สถาบันเทคโนโลยี-ราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี. กรุงเทพฯ.

[11] ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. 2540. คอนกรีตเทคโนโลยี. บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด. กรุงเทพฯ.

[12] ศ.ดร. วรศักดิ์ กนกนุกุลชัย. 2538. Architecture & Design. กรุงเทพฯ.

[13] ชยันต์ ศาลิคุปต. 2538. Architecture & Design. กรุงเทพฯ.

[14] สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. 2538. วิศวกรรมความปลอดภัยพื้นฐานของวิศวกร. กรุงเทพฯ.

[15] กมลชัย สมิติศิลป์ และ จงศิลป์ สุขุมจริยพงศ์. 2540. การศึกษาการทดสอบการรับน้ำหนัก-บรรทุกของโครงสร้างอาคาร. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ-ทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[16] ชัยวัฒน์ วิเชียร และ ฤทธิรงค์ ทองสะอาด. 2540. กราฟเปรียบเทียบกำลังคอนกรีตที่ทดสอบด้วยวิธีต่างๆ. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

[17] ภาคภูมิ พินิจเบญจพล และ ภาณุชัย พิบูลวานิช. 2535. พฤติกรรมการรับกำลังของคอนกรีตเมื่อถูกเพลิงไหม้ ณ. ระดับอุณหภูมิไฟปานกลาง. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

[18] ศิริพงษ์ อุทัยวงศ์แก้ว และ อาวุธ เจริญวัฒนานนท์. 2533. การเปลี่ยนแปลงการรับกำลังของคอนกรีตหลังการเผา. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

[19] ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535. เซรามิกส์. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

[20] รศ.ดร. กัญจนา ตระกูลคู. 2534. เทคโนโลยีการกัดกร่อน. ห้างหุ้นส่วนจำกัดเอ็กซ์เพลสมีเดีย. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางแสดงผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 1

Time = 1 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
30	30	31	31
32	32	35	35
30	30	34	34
30	30	33	33
32	32	32	32
30	30	40	0
34	34	32	32
28	28	36	36
32	32	36	36
29	29	35	35
Average 30.70	30.70	34.40	33.78
Strength 255		290	
กำลังเพิ่ม = 13.73 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3690	Ultimate Load =	3675
Ultimate Strength =	**3263**	Ultimate Strength =	**3249**
Yield Load =	3145	Yield Load =	2825
Yield Strength =	**2781**	Yield Strength =	**2498**
Length =	25.00	Length =	25.20
Gauge Length =	28.50	Gauge Length =	27.80
% Elongation =	**14.00**	% Elongation =	**10.32**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 2

Time = 1 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
26	26	30	30
33	33	35	35
28	28	36	36
26	26	33	33
33	33	34	34
35	35	30	30
36	0	35	35
32	32	32	32
32	32	32	32
27	27	36	36
Average 30.80	30.22	33.30	33.30
Strength 250		290	
กำลังเพิ่ม = 16.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	6450	Ultimate Load =	6555
Ultimate Strength =	**5703**	Ultimate Strength =	**5796**
Yield Load =	3900	Yield Load =	3945
Yield Strength =	**3448**	Yield Strength =	**3488**
Length =	25.00	Length =	24.80
Gauge Length =	29.00	Gauge Length =	27.00
% Elongation =	**16.00**	% Elongation =	**8.87**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 3

Time = 1 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
32	32	32	32
29	29	35	35
33	33	38	38
30	30	35	35
28	28	35	35
32	32	33	33
27	27	35	35
32	32	32	32
27	27	34	34
32	32	37	37
Average 30.20	30.20	34.60	34.60
Strength 250		310	
กำลังเพิ่ม = 24.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	5250	Ultimate Load =	3825
Ultimate Strength =	**4642**	Ultimate Strength =	**3382**
Yield Load =	3300	Yield Load =	3150
Yield Strength =	**2918**	Yield Strength =	**2785**
Length =	25.00	Length =	24.30
Gauge Length =	30.00	Gauge Length =	31.00
% Elongation =	**20.00**	% Elongation =	**27.57**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 7

Time = 2 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
33	33	30	30
28	28	35	35
30	30	35	35
31	31	34	34
28	28	37	37
32	32	30	30
27	27	36	36
33	33	36	36
32	32	34	34
32	32	32	32
Average 30.60	30.60	33.90	33.90
Strength 255		310	
กำลังเพิ่ม = 21.57 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3600	Ultimate Load =	6450
Ultimate Strength =	**3183**	Ultimate Strength =	**5703**
Yield Load =	3150	Yield Load =	3900
Yield Strength =	**2785**	Yield Strength =	**3448**
Length =	24.50	Length =	25.30
Gauge Length =	31.50	Gauge Length =	30.20
% Elongation =	**28.57**	% Elongation =	**19.37**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 9

Time = 2 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
31	31	30	30
28	28	36	36
26	26	33	33
32	32	35	35
34	34	34	34
27	27	30	30
31	31	36	36
26	26	33	33
31	31	34	34
32	32	36	36
Average 29.80	29.80	33.70	33.70
Strength 250		290	
กำลังเพิ่ม = 16.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	5190	Ultimate Load =	3585
Ultimate Strength =	**4589**	Ultimate Strength =	**3170**
Yield Load =	3893	Yield Load =	2688
Yield Strength =	**3442**	Yield Strength =	**2377**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	30.00	Gauge Length =	31.50
% Elongation =	**20.00**	% Elongation =	**26.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 10

Time = 2 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
24	24	26	0
25	25	34	34
28	28	39	39
27	27	34	34
32	32	34	34
28	28	31	31
24	24	38	38
32	32	34	34
28	28	34	34
29	29	37	37
Average 27.70	27.70	34.10	35.00
Strength 215		320	
กำลังเพิ่ม = 48.84 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4365	Ultimate Load =	4335
Ultimate Strength =	**3859**	Ultimate Strength =	**3833**
Yield Load =	3492	Yield Load =	3445
Yield Strength =	**3275**	Yield Strength =	**3250**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	29.00	Gauge Length =	28.80
% Elongation =	**16.00**	% Elongation =	**15.20**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 15

Time = 3 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
31	31	31	31
28	28	34	34
30	30	32	32
30	30	30	30
32	32	36	36
29	29	31	31
30	30	34	34
32	32	32	32
28	28	31	31
30	30	38	0
Average 30.00	30.00	32.90	32.33
Strength 250		285	
กำลังเพิ่ม = 14.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	5040	Ultimate Load =	7725
Ultimate Strength =	**4456**	Ultimate Strength =	**6830**
Yield Load =	3840	Yield Load =	5525
Yield Strength =	**3395**	Yield Strength =	**4885**
Length =	25.20	Length =	25.20
Gauge Length =	28.20	Gauge Length =	28.50
% Elongation =	**11.90**	% Elongation =	**13.10**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 16

Time = 3 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
30	30	36	36
32	32	36	36
28	28	33	33
33	33	33	33
30	30	35	35
26	26	34	34
29	29	37	37
28	28	34	34
28	28	32	32
30	30	35	35
Average 29.40	29.40	34.50	34.50
Strength 240		310	
กำลังเพิ่ม = 29.17 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3480	Ultimate Load =	4425
Ultimate Strength =	**3077**	Ultimate Strength =	**3912**
Yield Load =	3075	Yield Load =	3780
Yield Strength =	**2719**	Yield Strength =	**3342**
Length =	24.70	Length =	25.20
Gauge Length =	31.50	Gauge Length =	27.00
% Elongation =	**27.53**	% Elongation =	**7.14**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 17

Time = 3 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
31	31	32	32
29	29	36	36
30	30	33	33
32	32	31	31
28	28	37	37
28	28	34	34
32	32	38	38
28	28	34	34
30	30	33	33
31	31	33	33
Average	29.90	29.90	34.10	34.10
Strength	250		305	
กำลังเพิ่ม =	22.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	7530	Ultimate Load =	7675
Ultimate Strength =	**6658**	Ultimate Strength =	**6786**
Yield Load =	6384	Yield Load =	5625
Yield Strength =	**5650**	Yield Strength =	**4973**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	27.50	Gauge Length =	28.00
% Elongation =	**10.00**	% Elongation =	**12.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 18

Time = 4 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
26	26	30	30
36	0	35	35
30	30	33	33
32	32	35	35
30	30	34	34
26	26	35	35
32	32	36	36
28	28	30	30
34	34	36	36
26	26	32	32
Average 30.00	29.33	33.60	33.60
Strength 240		300	
กำลังเพิ่ม = 25.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	5160	Ultimate Load =	5160
Ultimate Strength =	**4562**	Ultimate Strength =	**4562**
Yield Load =	3795	Yield Load =	3780
Yield Strength =	**3355**	Yield Strength =	**3342**
Lengthr =	25.00	Length =	25.20
Gauge Length =	29.00	Gauge Length =	30.00
% Elongation =	**16.00**	% Elongation =	**19.05**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 20

Time = 4 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
24	0	25	0
28	28	32	32
24	0	34	34
24	0	35	35
25	0	30	30
26	0	29	29
23	0	30	30
28	28	28	28
27	0	28	28
30	30	32	32
Average 32.00	28.67	30.30	30.89
Strength 230		260	
กำลังเพิ่ม = 13.04 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3495	Ultimate Load =	5280
Ultimate Strength =	**3090**	Ultimate Strength =	**4668**
Yield Load =	2850	Yield Load =	3750
Yield Strength =	**2520**	Yield Strength =	**3316**
Length =	24.80	Length =	24.80
Gauge Length =	32.00	Gauge Length =	30.00
% Elongation =	**29.03**	% Elongation =	**20.97**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 21

Time = 4 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
27	27	31	31
30	30	27	0
26	26	29	29
26	26	34	34
29	29	32	32
25	25	35	35
27	27	30	30
30	30	35	35
28	28	36	36
32	32	32	32
Average 28.00	28.00	32.10	32.67
Strength 220		280	
กำลังเพิ่ม = 27.27 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	6900	Ultimate Load =	4350
Ultimate Strength =	**6101**	Ultimate Strength =	**3846**
Yield Load =	5415	Yield Load =	3780
Yield Strength =	**4788**	Yield Strength =	**3342**
Length =	24.80	Length =	24.60
Gauge Length =	28.50	Gauge Length =	29.00
% Elongation =	**14.92**	% Elongation =	**17.89**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 11

Time = 5 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
33	33	30	30
33	33	36	36
30	30	30	30
33	33	32	32
28	28	26	0
26	26	36	36
32	32	34	34
32	32	34	34
28	28	38	0
30	30	32	32
Average 30.50	30.50	32.80	33.00
Strength 255		290	
กำลังเพิ่ม = 13.73 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3525	Ultimate Load =	7680
Ultimate Strength =	**3117**	Ultimate Strength =	**6790**
Yield Load =	2625	Yield Load =	5700
Yield Strength =	**2321**	Yield Strength =	**5040**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	32.00	Gauge Length =	28.50
% Elongation =	**28.00**	% Elongation =	**14.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 12

Time = 5 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
27	27	30	30
29	29	34	34
30	30	31	31
30	30	33	33
28	28	34	34
28	28	32	32
32	32	36	36
29	29	28	28
30	30	36	36
31	31	32	32
Average 29.40	29.40	32.60	32.60
Strength 240		285	
กำลังเพิ่ม = 18.75 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4260	Ultimate Load =	4275
Ultimate Strength =	**3767**	Ultimate Strength =	**3780**
Yield Load =	3705	Yield Load =	2925
Yield Strength =	**3276**	Yield Strength =	**2586**
Length =	24.80	Length =	24.50
Gauge Length =	29.50	Gauge Length =	29.00
% Elongation =	**18.95**	% Elongation =	**18.37**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 13

Time = 5 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
30	30	31	31
31	31	36	36
29	29	33	33
33	33	32	32
26	26	36	36
30	30	40	40
28	28	38	38
32	32	34	34
32	32	34	34
30	30	39	39
Average 30.10	30.10	35.30	35.30
Strength 250		325	
กำลังเพิ่ม = 30.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	5115	Ultimate Load =	7725
Ultimate Strength =	**4523**	Ultimate Strength =	**6830**
Yield Load =	3720	Yield Load =	5685
Yield Strength =	**3289**	Yield Strength =	**5027**
Length =	24.50	Length =	24.80
Gauge Length =	29.70	Gauge Length =	28.00
% Elongation =	**21.22**	% Elongation =	**12.90**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 4

Time = 6 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
32	32	33	33
28	28	31	31
29	29	29	29
33	33	33	33
28	28	35	35
31	31	30	30
31	31	30	30
30	30	35	35
26	26	29	29
30	30	33	33
Average 29.80	29.60	31.80	31.80
Strength 250		275	
กำลังเพิ่ม = 10.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	5175	Ultimate Load =	4350
Ultimate Strength =	**4576**	Ultimate Strength =	**3846**
Yield Load =	3600	Yield Load =	3210
Yield Strength =	**3183**	Yield Strength =	**2838**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	29.50	Gauge Length =	28.50
% Elongation =	**18.00**	% Elongation =	**14.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 5

Time = 6 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
30	30	35	35
32	32	33	33
31	31	33	33
32	32	30	30
36	36	35	35
33	33	31	31
30	30	32	32
34	34	30	30
32	32	35	35
32	32	34	34
Average 32.20	32.20	32.80	32.80
Strength 280		290	
กำลังเพิ่ม = 3.57 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	7800	Ultimate Load =	4350
Ultimate Strength =	**6897**	Ultimate Strength =	**3846**
Yield Load =	5610	Yield Load =	3600
Yield Strength =	**4960**	Yield Strength =	**3183**
Length =	24.50	Length =	25.00
Gauge Length =	28.50	Gauge Length =	29.00
% Elongation =	**16.33**	% Elongation =	**16.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 6

Time = 6 Hour

Temperature = 300 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
33	33	35	35
26	26	33	33
29	29	34	34
31	31	33	33
28	28	35	35
30	30	30	0
32	32	40	0
30	30	33	33
30	30	39	39
33	33	38	38
Average 30.20	30.20	35.00	35.00
Strengtn 250		320	
กำลังเพิ่ม = 28.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	7725	Ultimate Load =	4350
Ultimate Strength =	**6830**	Ultimate Strength =	**3846**
Yield Load =	5625	Yield Load =	3615
Yield Strength =	**4973**	Yield Strength =	**3196**
Length =	25.00	Length =	24.80
Gauge Length =	28.20	Gauge Length =	29.00
% Elongation =	**12.80**	% Elongation =	**16.94**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 45

Time = 1 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
27	27	28	28
32	32	32	32
29	29	25	25
27	27	30	30
33	33	30	30
28	28	25	25
34	34	25	25
33	33	28	28
33	33	27	27
32	32	28	28
Average 30.80	30.60	27.80	27.80
Strength 260		220	
กำลังลด = 15.38 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	5070	Ultimate Load =	4650
Ultimate Strength =	**4483**	Ultimate Strength =	**4111**
Yield Load =	3795	Yield Load =	3660
Yield Strength =	**3355**	Yield Strength =	**3236**
Length =	24.50	Length =	25.00
Gauge Length =	30.00	Gauge Length =	27.00
% Elongation =	**22.45**	% Elongation =	**8.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 46

Time = 1 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

	Concrete			
	Before Burning		After Burning	
	Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
	31	31	34	34
	28	28	32	32
	28	28	23	0
	27	27	32	32
	30	30	32	32
	26	26	24	0
	30	30	32	32
	32	32	27	27
	32	32	30	30
	28	28	32	32
Average	29.20	29.20	29.80	31.38
Strength	235		265	
	กำลังลด =	12.77 %		

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	7965	Ultimate Load =	3405
Ultimate Strength =	**7042**	Ultimate Strength =	**3011**
Yield Load =	5100	Yield Load =	2460
Yield Strength =	**4509**	Yield Strength =	**2175**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	28.00	Gauge Length =	32.00
% Elongation =	**12.00**	% Elongation =	**28.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 47

Time = 1 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
26	26	33	33
25	25	25	25
26	26	30	30
25	25	27	27
32	0	25	25
26	26	27	27
27	27	29	29
29	29	30	30
30	30	27	27
24	24	29	29
Average 27.00	26.44	28.20	28.20
Strength 205		225	
กำลังลด = 9.76 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3465	Ultimate Load =	7395
Ultimate Strength =	**3064**	Ultimate Strength =	**6538**
Yield Load =	2850	Yield Load =	0
Yield Strength =	**2520**	Yield Strength =	**0**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	32.50	Gauge Length =	26.50
% Elongation =	**30.00**	% Elongation =	**6.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 34

Time = 2 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
32	32	32	32
32	32	27	27
29	29	29	29
28	28	34	34
33	33	33	33
32	32	32	32
30	30	32	32
32	32	32	32
32	32	28	28
32	32	29	29
Average 31.20	31.20	30.80	30.80
Strength 265		260	
กำลังลด = 1.89 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4230	Ultimate Load =	4985
Ultimate Strength =	**3740**	Ultimate Strength =	**4408**
Yield Load =	2445	Yield Load =	3795
Yield Strength =	**2162**	Yield Strength =	**3355**
Length =	24.50	Length =	24.80
Gauge Length =	28.50	Gauge Length =	29.00
% Elongation =	**16.33**	% Elongation =	**16.94**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 35

Time = 2 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
34	34	31	31
31	31	28	28
31	31	30	30
32	32	33	33
28	28	32	32
30	30	25	0
31	31	32	32
25	0	27	27
28	28	26	26
33	33	37	0
Average	30.30	30.89	30.10	29.88
Strength	260		250	
กำลังลด =	3.85 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	7080	Ultimate Load =	7530
Ultimate Strength =	**6260**	Ultimate Strength =	**6658**
Yield Load =	5775	Yield Load =	5775
Yield Strength =	**5106**	Yield Strength =	**5106**
Length =	24.80	Length =	24.60
Gauge Length =	27.00	Gauge Length =	26.80
% Elongation =	**8.87**	% Elongation =	**8.94**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 36

Time = 2 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
28	28	31	31
27	27	30	30
32	32	31	31
30	30	25	25
34	34	32	32
33	33	24	0
31	31	30	30
30	30	30	30
33	33	33	33
34	34	33	33
Average 31.20	31.20	29.90	30.56
Strength 265		255	
กำลังลด = 3.77 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3525	Ultimate Load =	3465
Ultimate Strength =	**3117**	Ultimate Strength =	**3064**
Yield Load =	2970	Yield Load =	2745
Yield Strength =	**2626**	Yield Strength =	**2427**
Length =	24.80	Length =	24.60
Gauge Length =	33.00	Gauge Length =	32.50
% Elongation =	**33.06**	% Elongation =	**32.11**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 41

Time = 3 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
28	28	26	26
33	33	28	28
32	32	30	30
28	28	31	31
33	33	32	32
30	30	36	0
29	29	33	33
30	30	28	28
35	35	32	32
28	28	29	29
Average 30.60	30.60	30.50	29.89
Strength 255		250	
กำลังลด = 1.96 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4455	Ultimate Load =	3405
Ultimate Strength =	**3939**	Ultimate Strength =	**3011**
Yield Load =	3075	Yield Load =	2775
Yield Strength =	**2719**	Yield Strength =	**2454**
Length =	25.00	Length =	25.30
Gauge Length =	31.00	Gauge Length =	33.00
% Elongation =	**24.00**	% Elongation =	**30.43**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 43

Time = 3 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
32	32	30	30
34	34	30	30
31	31	22	0
32	32	31	31
30	30	32	32
32	32	26	26
35	35	32	32
29	29	29	29
33	33	27	27
31	31	30	30
Average	31.90	31.90	28.90	29.67
Strength	275		245	
กำลังลด =	10.91 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	5160	Ultimate Load =	5025
Ultimate Strength =	**4562**	Ultimate Strength =	**4443**
Yield Load =	3900	Yield Load =	3630
Yield Strength =	**3448**	Yield Strength =	**3210**
Length =	24.80	Length =	24.60
Gauge Length =	30.50	Gauge Length =	30.00
% Elongation =	**22.98**	% Elongation =	**21.95**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 44

Time = 3 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
30	30	26	26
33	33	28	28
33	33	26	26
31	31	33	33
35	35	25	25
28	28	32	32
31	31	30	30
31	31	29	29
32	32	33	33
35	35	29	29
Average 31.90	31.90	29.10	29.10
Strength 275		235	
กำลังลด =	14.55 %		

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	7950	Ultimate Load =	5355
Ultimate Strength =	**7029**	Ultimate Strength =	**4735**
Yield Load =	5085	Yield Load =	3840
Yield Strength =	**4496**	Yield Strength =	**3395**
Length =	24.80	Length =	24.80
Gauge Length =	28.00	Gauge Length =	30.30
% Elongation =	**12.90**	% Elongation =	**22.18**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 53

Time = 4 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
31	31	24	24
34	34	28	28
29	29	21	0
32	32	27	27
29	29	32	0
30	30	28	28
29	29	29	29
30	30	24	24
36	0	30	30
30	30	25	25
Average 31.00	30.44	26.80	26.88
Strength 255		210	
กำลังลด = 17.65 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	5085	Ultimate Load =	3615
Ultimate Strength =	**4496**	Ultimate Strength =	**3196**
Yield Load =	3900	Yield Load =	2775
Yield Strength =	**3448**	Yield Strength =	**2454**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	29.00	Gauge Length =	31.00
% Elongation =	**16.00**	% Elongation =	**24.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 54

Time = 4 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
34	34	23	0
30	30	33	33
31	31	27	27
33	33	31	31
33	33	30	30
27	27	27	27
32	32	33	33
34	34	30	30
30	30	31	31
29	29	32	32
Average	31.30	31.30	29.70	30.44
Strength	270		255	
กำลังลด =	5.56 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	5340	Ultimate Load =	3870
Ultimate Strength =	**4721**	Ultimate Strength =	**3422**
Yield Load =	3690	Yield Load =	3045
Yield Strength =	**3263**	Yield Strength =	**2692**
Length =	24.60	Length =	24.50
Gauge Length =	29.60	Gauge Length =	31.50
% Elongation =	**20.33**	% Elongation =	**28.57**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 55

Time = 4 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
33	33	30	30
33	33	31	31
30	30	24	24
38	0	34	0
34	34	27	27
30	30	24	24
37	37	24	24
31	31	29	29
31	31	30	30
29	29	30	30
Average 32.60	32.00	28.30	27.67
Strength 280		220	
กำลังลด = 21.43 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	2685	Ultimate Load =	3375
Ultimate Strength =	**2374**	Ultimate Strength =	**2984**
Yield Load =	4320	Yield Load =	2850
Yield Strength =	**3820**	Yield Strength =	**2520**
Length =	24.80	Length =	25.20
Gauge Length =	29.00	Gauge Length =	30.50
% Elongation =	**16.94**	% Elongation =	**21.03**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 48

Time = 5 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
31	31	33	33
33	33	27	27
29	29	26	26
30	30	25	25
34	34	24	24
28	28	30	30
30	30	29	29
35	35	30	30
29	29	28	28
32	32	29	29
Average 31.10	31.10	28.10	28.10
Strength 265		220	
กำลังลด = 16.98 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3855	Ultimate Load =	3390
Ultimate Strength =	**3408**	Ultimate Strength =	**2997**
Yield Load =	2745	Yield Load =	2775
Yield Strength =	**2427**	Yield Strength =	**2454**
Length =	25.00	Length =	24.50
Gauge Length =	31.50	Gauge Length =	32.50
% Elongation =	**26.00**	% Elongation =	**32.65**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 49

Time = 5 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
31	31	30	30
33	33	27	27
28	28	27	27
30	30	31	31
31	31	28	28
35	35	29	29
32	32	30	30
30	30	26	26
33	33	26	26
33	33	29	29
Average 31.60	31.60	28.30	28.30
Strength 270		225	
กำลังลด = 16.67 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	6255	Ultimate Load =	5655
Ultimate Strength =	**5531**	Ultimate Strength =	**5000**
Yield Load =	4458	Yield Load =	4560
Yield Strength =	**3942**	Yield Strength =	**4032**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	29.50	Gauge Length =	26.00
% Elongation =	**18.00**	% Elongation =	**4.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 51

Time = 5 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
34	34	28	28
31	31	27	27
32	32	26	26
36	36	27	27
34	34	29	29
31	31	28	28
34	34	30	30
34	34	26	26
32	32	26	26
31	31	30	30
Average 32.90	32.90	27.70	27.70
Strength 285		215	
กำลังลด = 24.56 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3000	Ultimate Load =	3390
Ultimate Strength =	**2653**	Ultimate Strength =	**2997**
Yield Load =	1950	Yield Load =	2625
Yield Strength =	**1724**	Yield Strength =	**2321**
Length =	28.00	Length =	25.50
Gauge Length =	35.50	Gauge Length =	30.50
% Elongation =	**26.79**	% Elongation =	**19.61**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 22

Time = 6 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
27	27	24	24
31	31	25	25
30	30	25	25
26	26	24	24
34	34	22	22
30	30	26	26
33	33	25	25
30	30	25	25
27	27	26	26
32	32	25	25
Average 30.00	30.00	24.70	24.70
Strength 250		180	
กำลังลด = 28.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3345	Ultimate Load =	5115
Ultimate Strength =	**2958**	Ultimate Strength =	**4523**
Yield Load =	2625	Yield Load =	3765
Yield Strength =	**2321**	Yield Strength =	**3329**
Length =	25.00	Length =	24.80
Gauge Length =	31.50	Gauge Length =	30.00
% Elongation =	**26.00**	% Elongation =	**20.97**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 23

Time = 6 Hour

Temperature = 500 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
24	0	26	26
29	29	26	26
28	28	26	26
32	32	28	28
33	33	25	25
25	25	25	25
35	0	24	24
30	30	25	25
28	28	25	25
28	28	26	26
Average 29.20	29.13	25.60	25.60
Strength 235		190	
กำลังลด = 19.15 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	7830	Ultimate Load =	4995
Ultimate Strength =	**6923**	Ultimate Strength =	**4416**
Yield Load =	4965	Yield Load =	3765
Yield Strength =	**4390**	Yield Strength =	**3329**
Length =	24.80	Length =	24.80
Gauge Length =	28.50	Gauge Length =	30.00
% Elongation =	**14.92**	% Elongation =	**20.97**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 57

Time = 1 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
32	32	27	27
36	36	24	24
33	33	18	0
30	30	26	26
34	34	20	20
32	32	31	0
32	32	24	24
35	35	24	24
33	33	19	0
34	34	27	27
Average 33.10	33.10	24.00	24.57
Strength 290		180	
กำลังลด = 37.93 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3315	Ultimate Load =	5325
Ultimate Strength =	**2931**	Ultimate Strength =	**4708**
Yield Load =	2670	Yield Load =	3780
Yield Strength =	**2361**	Yield Strength =	**3342**
Length =	24.80	Length =	25.50
Gauge Length =	30.50	Gauge Length =	30.00
% Elongation =	**22.98**	% Elongation =	**17.65**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 60

Time = 1 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
31	31	29	29
35	35	24	24
29	29	20	20
33	33	17	0
33	33	24	24
32	32	30	0
33	33	28	28
32	32	18	0
35	35	29	29
33	33	24	24
Average 32.60	32.60	24.30	25.43
Strength 280		190	
กำลังลด = 32.14 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3510	Ultimate Load =	5325
Ultimate Strength =	**3103**	Ultimate Strength =	**4708**
Yield Load =	2670	Yield Load =	3780
Yield Strength =	**2361**	Yield Strength =	**3342**
Length =	24.80	Length =	25.50
Gauge Length =	30.50	Gauge Length =	30.00
% Elongation =	**22.98**	% Elongation =	**17.65**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 62

Time = 1 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
37	0	24	24
33	33	28	28
26	0	20	20
34	34	28	28
32	32	20	20
30	30	27	27
34	34	19	19
29	29	24	24
33	33	27	27
28	28	20	20
Average 31.60	31.63	23.70	23.70
Strength 275		165	
กำลังลด = 40.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4200	Ultimate Load =	5310
Ultimate Strength =	**3714**	Ultimate Strength =	**4695**
Yield Load =	3562	Yield Load =	3855
Yield Strength =	**3150**	Yield Strength =	**3408**
Length =	28.00	Length =	24.80
Gauge Length =	33.50	Gauge Length =	29.50
% Elongation =	**19.64**	% Elongation =	**18.95**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 70

Time = 2 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
28	28	17	17
33	33	12	12
36	36	14	14
30	30	14	14
34	34	13	13
29	29	16	16
37	37	14	14
31	31	12	12
31	31	15	15
32	32	12	12
Average 32.10	32.10	13.90	13.90
Strength 280		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3570	Ultimate Load =	3525
Ultimate Strength =	**3156**	Ultimate Strength =	**3117**
Yield Load =	2940	Yield Load =	2895
Yield Strength =	**2599**	Yield Strength =	**2560**
Length =	24.80	Length =	25.00
Gauge Length =	30.80	Gauge Length =	30.00
% Elongation =	**24.19**	% Elongation =	**20.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 71

Time = 2 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
28	28	19	19
36	36	17	17
32	32	15	15
34	34	17	17
34	34	15	15
31	31	11	11
37	37	19	19
30	30	14	14
35	35	16	16
31	31	12	12
Average 32.80	32.60	15.50	15.50
Strength 290		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3450	Ultimate Load =	5250
Ultimate Strength =	**3050**	Ultimate Strength =	**4642**
Yield Load =	2700	Yield Load =	4125
Yield Strength =	**2387**	Yield Strength =	**3647**
Length =	24.80	Length =	24.50
Gauge Length =	31.50	Gauge Length =	28.00
% Elongation =	**27.02**	% Elongation =	**14.29**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 73

Time = 2 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
29	29	17	17
32	32	13	13
28	28	13	13
26	26	16	16
30	30	14	14
32	32	14	14
33	33	16	16
31	31	14	14
32	32	13	13
33	33	17	17
Average 30.60	30.60	14.70	14.70
Strength 250		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3660	Ultimate Load =	3735
Ultimate Strength =	**3236**	Ultimate Strength =	**3302**
Yield Load =	2760	Yield Load =	3000
Yield Strength =	**2440**	Yield Strength =	**2653**
Length =	25.00	Length =	25.20
Gauge Length =	30.80	Gauge Length =	30.00
% Elongation =	**23.20**	% Elongation =	**19.05**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 67

Time = 3 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
29	29	15	15
33	33	14	14
30	30	10	10
36	36	12	12
30	30	15	15
34	34	10	10
28	28	15	15
31	31	12	12
36	36	12	12
30	30	13	13
Average 31.70	31.70	12.80	12.80
Strength 270		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3525	Ultimate Load =	3555
Ultimate Strength =	**3117**	Ultimate Strength =	**3143**
Yield Load =	2700	Yield Load =	2985
Yield Strength =	**2387**	Yield Strength =	**2639**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	31.50	Gauge Length =	30.50
% Elongation =	**26.00**	% Elongation =	**22.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 68

Time = 3 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
32	32	18	18
32	32	14	14
28	28	12	12
31	31	14	14
33	33	13	13
30	30	10	10
33	33	14	14
28	28	14	14
34	34	12	12
33	33	12	12
Average 31.40	31.40	13.30	13.30
Strength 270		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3255	Ultimate Load =	3270
Ultimate Strength =	**2878**	Ultimate Strength =	**2891**
Yield Load =	2250	Yield Load =	2670
Yield Strength =	**1989**	Yield Strength =	**2361**
Length =	24.80	Length =	26.00
Gauge Length =	31.00	Gauge Length =	32.00
% Elongation =	**25.00**	% Elongation =	**23.08**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 69

Time = 3 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
41	0	13	13
33	33	10	10
30	30	12	12
40	0	14	14
40	0	14	14
29	0	11	11
34	34	12	12
29	0	16	16
33	33	10	10
33	33	12	12
Average 34.20	32.60	12.40	12.40
Strength 285		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4845	Ultimate Load =	3405
Ultimate Strength =	**4284**	Ultimate Strength =	**3011**
Yield Load =	3975	Yield Load =	2550
Yield Strength =	**3515**	Yield Strength =	**2255**
Length =	26.30	Length =	24.80
Gauge Length =	30.00	Gauge Length =	30.00
% Elongation =	**14.07**	% Elongation =	**20.97**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 83

Time = 4 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
32	32	14	14
33	33	13	13
37	37	12	12
40	0	11	11
37	37	10	10
30	30	12	12
32	32	10	10
29	29	13	13
35	35	12	12
32	32	10	10
Average 33.70	33.00	11.70	11.70
Strength 290		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4650	Ultimate Load =	3510
Ultimate Strength =	**4111**	Ultimate Strength =	**3103**
Yield Load =	3975	Yield Load =	2460
Yield Strength =	**3515**	Yield Strength =	**2175**
Length =	24.50	Length =	25.00
Gauge Length =	27.00	Gauge Length =	32.50
% Elongation =	**10.20**	% Elongation =	**30.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 84

Time = 4 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
28	28	15	15
31	31	13	13
30	30	15	15
27	27	12	12
34	34	11	11
39	0	15	15
32	32	15	15
33	33	13	13
30	30	14	14
32	32	12	12
Average 31.60	30.78	13.50	13.50
Strength 260		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3315	Ultimate Load =	3315
Ultimate Strength =	**2931**	Ultimate Strength =	**2931**
Yield Load =	2475	Yield Load =	2640
Yield Strength =	**2188**	Yield Strength =	**2334**
Length =	25.30	Length =	25.40
Gauge Length =	32.30	Gauge Length =	31.50
% Elongation =	**27.67**	% Elongation =	**24.02**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 85

Time = 4 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
28	28	15	15
29	29	13	13
30	30	12	12
27	27	15	15
34	34	11	11
25	25	10	10
32	32	13	13
31	31	13	13
26	26	10	10
33	33	14	14
Average 29.50	29.50	12.60	12.60
Strength 245		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3285	Ultimate Load =	3315
Ultimate Strength =	**2905**	Ultimate Strength =	**2931**
Yield Load =	2580	Yield Load =	2685
Yield Strength =	**2281**	Yield Strength =	**2374**
Length =	25.00	Length =	24.50
Gauge Length =	31.00	Gauge Length =	30.50
% Elongation =	**24.00**	% Elongation =	**24.49**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 74

Time = 5 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
26	0	15	15
33	33	15	15
34	34	12	12
30	30	14	14
28	28	14	14
32	32	11	11
32	32	13	13
38	0	13	13
28	28	14	14
34	34	13	13
Average 31.50	31.38	13.40	13.40
Strength 255		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4815	Ultimate Load =	4800
Ultimate Strength =	**4257**	Ultimate Strength =	**4244**
Yield Load =	3345	Yield Load =	3375
Yield Strength =	**2958**	Yield Strength =	**2984**
Length =	25.50	Length =	25.30
Gauge Length =	29.20	Gauge Length =	29.80
% Elongation =	**14.51**	% Elongation =	**17.79**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 75

Time = 5 hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
28	28	15	15
33	33	12	12
38	0	14	14
31	31	13	13
34	34	14	14
34	34	15	15
32	32	14	14
35	35	12	12
30	30	13	13
34	34	10	10
Average 32.90	32.33	13.20	13.20
Strength 280		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3420	Ultimate Load =	3195
Ultimate Strength =	**3024**	Ultimate Strength =	**2825**
Yield Load =	2715	Yield Load =	2280
Yield Strength =	**2401**	Yield Strength =	**2016**
Length =	25.60	Length =	25.50
Gauge Length =	31.70	Gauge Length =	31.50
% Elongation =	**23.83**	% Elongation =	**23.53**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 76

Time = 5 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
25	0	15	15
33	33	12	12
33	33	10	10
28	28	14	14
35	35	12	12
27	27	12	12
33	33	14	14
27	27	10	10
31	31	11	11
35	35	15	15
Average 30.70	31.33	12.50	12.50
Strength 265		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4830	Ultimate Load =	4650
Ultimate Strength =	**4271**	Ultimate Strength =	**4111**
Yield Load =	3585	Yield Load =	3540
Yield Strength =	**3170**	Yield Strength =	**3130**
Length =	25.50	Length =	25.00
Gauge Length =	30.00	Gauge Length =	29.30
% Elongation =	**17.65**	% Elongation =	**17.20**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 26

Time = 6 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
31	31	16	16
31	31	15	15
24	24	13	13
31	31	14	14
30	30	14	14
28	28	12	12
26	26	14	14
28	28	14	14
28	28	12	12
28	28	15	15
Average	28.50	28.50	13.90	13.90
Strength	230		0	
กำลังลด =	100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	5175	Ultimate Load =	6225
Ultimate Strength =	**4576**	Ultimate Strength =	**5504**
Yield Load =	4635	Yield Load =	4770
Yield Strength =	**4098**	Yield Strength =	**4218**
Length =	24.50	Length =	24.80
Gauge Length =	26.00	Gauge Length =	27.30
% Elongation =	**6.12**	% Elongation =	**10.08**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 27

Time = 6 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
27	27	17	17
36	36	14	14
30	30	18	18
30	30	15	15
32	32	14	14
30	30	14	14
32	32	14	14
34	34	14	14
32	32	10	10
31	31	16	16
Average 31.40	31.40	14.60	14.60
Strength 270		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	6150	Ultimate Load =	3345
Ultimate Strength =	**5438**	Ultimate Strength =	**2958**
Yield Load =	4575	Yield Load =	2775
Yield Strength =	**4045**	Yield Strength =	**2454**
Length =	25.20	Length =	24.70
Gauge Length =	28.00	Gauge Length =	31.00
% Elongation =	**11.11**	% Elongation =	**25.51**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 29

Time = 6 Hour

Temperature = 700 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
28	28	12	12
28	28	15	15
27	27	10	10
25	25	15	15
30	30	14	14
26	26	11	11
27	27	13	13
30	30	14	14
26	26	10	10
25	25	13	13
Average	27.20	27.20	12.70	12.70
Strength	215		0	
กำลังลด =	100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3105	Ultimate Load =	4215
Ultimate Strength =	**2745**	Ultimate Strength =	**3727**
Yield Load =	2475	Yield Load =	3585
Yield Strength =	**2188**	Yield Strength =	**3170**
Length =	25.00	Length =	24.80
Gauge Length =	30.70	Gauge Length =	28.50
% Elongation =	**22.80**	% Elongation =	**14.92**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 63

Time = 1 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
29	29	12	12
30	30	10	10
31	31	14	14
28	28	12	12
31	31	13	13
32	32	11	11
32	32	14	14
32	32	15	15
34	34	14	14
28	28	10	10
Average 30.70	30.70	12.50	12.50
Strength 260		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4740	Ultimate Load =	3450
Ultimate Strength =	**4191**	Ultimate Strength =	**3050**
Yield Load =	3450	Yield Load =	2595
Yield Strength =	**3050**	Yield Strength =	**2294**
Length =	25.00	Length =	24.80
Gauge Length =	29.30	Gauge Length =	30.50
% Elongation =	**17.20**	% Elongation =	**22.98**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 64

Time = 1 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
29	29	12	12
34	34	12	12
30	30	10	10
34	34	12	12
34	34	14	14
26	0	10	10
34	34	12	12
32	32	13	13
40	0	14	14
37	37	10	10
Average 33.00	33.00	11.90	11.90
Strength 290		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3045	Ultimate Load =	4860
Ultimate Strength =	**2692**	Ultimate Strength =	**4297**
Yield Load =	2355	Yield Load =	3975
Yield Strength =	**2082**	Yield Strength =	**3515**
Length =	25.00	Length =	26.00
Gauge Length =	30.50	Gauge Length =	29.50
% Elongation =	**22.00**	% Elongation =	**13.46**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 66

Time = 1 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
31	31	10	10
34	34	10	10
33	33	11	11
35	35	12	12
32	32	10	10
34	34	11	11
35	35	10	10
37	37	10	10
40	40	10	10
35	35	10	10
Average	34.60	34.00	10.40	10.40
Strength	305		0	
กำลังลด =	100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4650	Ultimate Load =	3285
Ultimate Strength =	**4111**	Ultimate Strength =	**2905**
Yield Load =	3225	Yield Load =	2475
Yield Strength =	**2851**	Yield Strength =	**2188**
Length =	25.00	Length =	25.50
Gauge Length =	29.50	Gauge Length =	31.80
% Elongation =	**18.00**	% Elongation =	**24.71**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 80

Time = 2 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
30	30	0	0
32	32	0	0
36	36	0	0
34	34	0	0
32	32	0	0
31	31	0	0
32	32	0	0
30	30	0	0
33	33	0	0
34	34	0	0
Average 32.40	32.40	0.00	#DIV/0!
Strength 285		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4135	Ultimate Load =	4485
Ultimate Strength =	**3656**	Ultimate Strength =	**3966**
Yield Load =	2825	Yield Load =	3120
Yield Strength =	**2498**	Yield Strength =	**2759**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	29.50	Gauge Length =	30.50
% Elongation =	**18.00**	% Elongation =	**22.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 81

Time = 2 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
35	35	0	0
33	33	0	0
35	35	0	0
28	0	0	0
34	34	0	0
37	37	0	0
38	38	0	0
36	36	0	0
30	30	0	0
33	33	0	0
Average 33.90	34.56	0.00	#DIV/0!
Strength 310		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4275	Ultimate Load =	2760
Ultimate Strength =	**3780**	Ultimate Strength =	**2440**
Yield Load =	2775	Yield Load =	2325
Yield Strength =	**2454**	Yield Strength =	**2056**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	29.80	Gauge Length =	30.20
% Elongation =	**19.20**	% Elongation =	**20.80**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 82

Time = 2 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
29	29	0	0
30	30	0	0
26	26	0	0
31	31	0	0
32	32	0	0
31	31	0	0
35	0	0	0
26	26	0	0
28	28	0	0
32	32	0	0
Average 30.00	29.44	0.00	#DIV/0!
Strength 240		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	2940	Ultimate Load =	2925
Ultimate Strength =	**2599**	Ultimate Strength =	**2586**
Yield Load =	2215	Yield Load =	2280
Yield Strength =	**1958**	Yield Strength =	**2016**
Length =	25.50	Length =	25.50
Gauge Length =	32.00	Gauge Length =	32.00
% Elongation =	**25.49**	% Elongation =	**25.49**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 32

Time = 3 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
28	0	10	10
37	37	10	10
33	33	10	10
32	32	10	10
33	33	10	10
37	37	10	10
35	35	11	11
31	31	10	10
34	34	10	10
33	33	10	10
Average 33.30	33.69	10.10	10.10
Strength 369			
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	2835	Ultimate Load =	2790
Ultimate Strength =	**2507**	Ultimate Strength =	**2467**
Yield Load =	2160	Yield Load =	2010
Yield Strength =	**1910**	Yield Strength =	**1777**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	30.40	Gauge Length =	31.00
% Elongation =	**21.60**	% Elongation =	**24.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 30

Time = 3 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
25	25	10	10
32	32	11	11
28	28	10	10
27	27	11	11
32	32	10	10
23	0	12	12
27	27	10	10
31	31	10	10
27	27	10	10
33	33	10	10
Average 28.50	29.11	10.40	10.40
Strength 335			
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4080	Ultimate Load =	2925
Ultimate Strength =	**3607**	Ultimate Strength =	**2586**
Yield Load =	2640	Yield Load =	2230
Yield Strength =	**2334**	Yield Strength =	**1972**
Length =	25.20	Length =	25.30
Gauge Length =	30.60	Gauge Length =	30.20
% Elongation =	**21.43**	% Elongation =	**19.37**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 31

Time = 3 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
28	28	11	11
34	34	10	10
31	31	11	11
29	29	11	11
34	34	11	11
28	28	10	10
34	34	11	11
27	27	10	10
36	36	10	10
35	35	10	10
Average 31.60	31.60	10.50	10.50
Strength 353			
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	2965	Ultimate Load =	2940
Ultimate Strength =	**2622**	Ultimate Strength =	**2599**
Yield Load =	2145	Yield Load =	2250
Yield Strength =	**1897**	Yield Strength =	**1989**
Length =	25.20	Length =	25.00
Gauge Length =	30.70	Gauge Length =	31.50
% Elongation =	**21.83**	% Elongation =	**26.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 77

Time = 4 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
30	30	0	0
33	33	0	0
31	31	0	0
32	32	0	0
31	31	0	0
33	33	0	0
35	35	0	0
30	30	0	0
32	32	0	0
33	33	0	0
Average 32.00	32.00	0.00	#DIV/0!
Strength 280		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3330	Ultimate Load =	3135
Ultimate Strength =	**2944**	Ultimate Strength =	**2772**
Yield Load =	2550	Yield Load =	2560
Yield Strength =	**2255**	Yield Strength =	**2263**
Length =	25.50	Length =	24.50
Gauge Length =	30.80	Gauge Length =	30.00
% Elongation =	**20.78**	% Elongation =	**22.45**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 78

Time = 4 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
33	33	0	0
28	28	0	0
31	31	0	0
30	30	0	0
28	28	0	0
33	33	0	0
30	30	0	0
28	28	0	0
32	32	0	0
30	30	0	0
Average 30.30	30.30	0.00	#DIV/0!
Strength 344		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	3120	Ultimate Load =	3195
Ultimate Strength =	**2759**	Ultimate Strength =	**2825**
Yield Load =	2550	Yield Load =	2565
Yield Strength =	**2255**	Yield Strength =	**2268**
Length =	26.00	Length =	25.30
Gauge Length =	32.50	Gauge Length =	31.50
% Elongation =	**25.00**	% Elongation =	**24.51**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 79

Time = 4 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
30	30	0	0
37	37	0	0
26	0	0	0
33	33	0	0
31	31	0	0
32	32	0	0
33	33	0	0
31	31	0	0
34	34	0	0
34	34	0	0
Average 32.10	32.78	0.00	#DIV/0!
Strength 290		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4695	Ultimate Load =	3120
Ultimate Strength =	**4151**	Ultimate Strength =	**2759**
Yield Load =	3300	Yield Load =	2430
Yield Strength =	**2918**	Yield Strength =	**2149**
Length =	25.80	Length =	25.30
Gauge Length =	30.00	Gauge Length =	31.50
% Elongation =	**16.28**	% Elongation =	**24.51**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 86

Time = 5 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
35	35	0	0
26	26	0	0
27	27	0	0
36	0	0	0
28	28	0	0
31	31	0	0
33	33	0	0
29	29	0	0
30	30	0	0
33	33	0	0
Average 30.80	30.22	0.00	#DIV/0!
Strength 250		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4455	Ultimate Load =	4605
Ultimate Strength =	**3939**	Ultimate Strength =	**4072**
Yield Load =	3090	Yield Load =	3180
Yield Strength =	**2732**	Yield Strength =	**2812**
Length =	25.80	Length =	25.00
Gauge Length =	31.00	Gauge Length =	30.00
% Elongation =	**20.16**	% Elongation =	**20.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 87

Time = 5 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
35	35	0	0
31	31	0	0
27	27	0	0
34	34	0	0
37	0	0	0
34	34	0	0
30	30	0	0
29	29	0	0
27	27	0	0
33	33	0	0
Average 31.70	31.11	0.00	#DIV/0!
Strength 260		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4590	Ultimate Load =	4530
Ultimate Strength =	**4058**	Ultimate Strength =	**4005**
Yield Load =	3150	Yield Load =	3045
Yield Strength =	**2785**	Yield Strength =	**2692**
Length =	25.20	Length =	25.00
Gauge Length =	29.30	Gauge Length =	30.50
% Elongation =	**16.27**	% Elongation =	**22.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 88

Time = 5 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
33	33	0	0
26	0	0	0
32	32	0	0
30	30	0	0
33	33	0	0
31	31	0	0
32	32	0	0
29	29	0	0
28	28	0	0
36	0	0	0
Average 31.00	31.00	0.00	#DIV/0!
Strength 260		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4605	Ultimate Load =	3120
Ultimate Strength =	**4072**	Ultimate Strength =	**2759**
Yield Load =	3180	Yield Load =	2565
Yield Strength =	**2812**	Yield Strength =	**2268**
Length =	25.40	Length =	24.50
Gauge Length =	30.00	Gauge Length =	31.50
% Elongation =	**18.11**	% Elongation =	**28.57**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 30

Time = 6 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
25	25	0	0
32	32	0	0
28	28	0	0
27	27	0	0
32	32	0	0
23	0	0	0
27	27	0	0
31	31	0	0
27	27	0	0
33	33	0	0
Average 28.50	29.11	0.00	#DIV/0!
Strength 235		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	4080	Ultimate Load =	2925
Ultimate Strength =	**3607**	Ultimate Strength =	**2586**
Yield Load =	2640	Yield Load =	2230
Yield Strength =	**2334**	Yield Strength =	**1972**
Length =	25.20	Length =	25.30
Gauge Length =	30.60	Gauge Length =	30.20
% Elongation =	**21.43**	% Elongation =	**19.37**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 31

Time = 6 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
28	28	0	0
34	34	0	0
31	31	0	0
29	29	0	0
34	34	0	0
28	28	0	0
34	34	0	0
27	27	0	0
36	36	0	0
35	35	0	0
Average 31.60	31.60	0.00	#DIV/0!
Strength 270		0	
กำลังลด = 100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	2965	Ultimate Load =	2940
Ultimate Strength =	**2622**	Ultimate Strength =	**2599**
Yield Load =	2145	Yield Load =	2250
Yield Strength =	**1897**	Yield Strength =	**1989**
Length =	25.20	Length =	25.00
Gauge Length =	30.70	Gauge Length =	31.50
% Elongation =	**21.83**	% Elongation =	**26.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. = 32

Time = 6 Hour

Temperature = 900 Degree Celsius

Concrete			
Before Burning		After Burning	
Rebound Number	Use Value	Rebound Number	Use Value
26	0	0	0
37	37	0	0
33	33	0	0
32	32	0	0
33	33	0	0
37	37	0	0
35	35	0	0
31	31	0	0
34	34	0	0
33	33	0	0
Average	33.30	33.89	0.00	#DIV/0!
Strength	305		0	
กำลังลด =	100.00 %			

Steel			
Covering 1.5 cm		Covering 2.5 cm	
Ultimate Load =	2835	Ultimate Load =	2790
Ultimate Strength =	**2507**	Ultimate Strength =	**2467**
Yield Load =	2160	Yield Load =	2010
Yield Strength =	**1910**	Yield Strength =	**1777**
Length =	25.00	Length =	25.00
Gauge Length =	30.40	Gauge Length =	31.00
% Elongation =	**21.60**	% Elongation =	**24.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
รายละเอียดของอุปกรณ์และขั้นตอนการทดสอบ
การรับกำลังของ Reinforced Concrete

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

รายละเอียดของอุปกรณ์และขั้นตอนการทดสอบการรับกำลังของ Reinforced Concrete

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบนี้มีการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในการทดสอบเพื่อทำการเผาก้อนตัวอย่างและทดสอบหาค่ากำลังคอนกรีตและกำลังของเหล็กดังจะกล่าวต่อไปนี้

1. เตาเผา

คุณลักษณะทั่วไป

(1) ขนาด 1 x 1 x 1.5 เมตร

(2) ขนาดจุ 1.5 ลูกบาศก์เมตร

(3) ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง

(4) เตาเผาก่อด้วยอิฐทนไฟ

(5) อุณหภูมิสูงสุดที่เผาได้ 1250 องศาเซลเซียส

ส่วนประกอบของเตาเผา

(1) ตัวเตาก่อด้วยอิฐทนไฟมีแท่นวางวัสดุวางบนรางเลื่อน สามารถเลื่อนเข้าออกได้ มีปล่องระบายความร้อนด้านบน

(2) หัวแก๊ส มีทั้ง 2 ข้าง ๆละ 5 หัว รวม 10 หัว มีวาล์วปิด-เปิดแยกกันสามารถปรับความแรงของไฟได้ การจุดไฟจะจุดหัวที่ตรงกันพร้อมกันทั้ง 2

(3) วาล์วควบคุมปริมาณแก๊ส ใช้ในการปรับปริมาณแก๊สที่จ่ายเข้าหัวแก๊ส

(4) เกจวัดปริมาณแก๊ส ใช้ในการวัดปริมาณแก๊สในถัง

(5) Temperature indicator ใช้วัดอุณหภูมิในเตาเผาสามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 1600 องศาเซลเซียสแสดงผลเป็นตัวเลขดิจิตอล

(6) วาล์วเชื่อมต่อถังแก๊ส มีทั้งหมด 4 วาล์วสำหรับเชื่อมต่อกับถังแก๊สปกติจะเชื่อมต่อทีละ 2 ถัง

(7) บ่อวางถังแก๊ส ใช้ใส่น้ำไว้ระบายความร้อนของถังแก๊ส หรือต้มน้ำเพื่อไล่แก๊สในถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องมือ Schmidt Hammer

ASTM C805.85 Standard Test Method for Rebound Number of Hardened concrete

2.1. อุปกรณ์

(1) เครื่องมือ Schmidt Hammer ชนิด N

(2) หินสำหรับขัดผิวหน้าคอนกรีต

2.2 รายละเอียดของเครื่องมือ Schmidt Hammer

เครื่องมือ Schmidt Hammer เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในปี 1948 และมีการใช้กันอย่างกว้างขวาง เพราะว่าเครื่องมือชนิดนี้ไม่มีความซับซ้อนมากนัก การทดสอบจะทำการสะท้อนกลับของฆ้อนเหล็กกล้าที่กระทบคอนกรีตโดยอาศัยสปริง เนื่องจากไม่มีความสัมพันธ์ในทางทฤษฎี ความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนกลับของฆ้อนเหล็กกล้ากับความแข็งแรงของคอนกรีตจึงได้จากการทดลอง ซึ่งเครื่อง Schmidt Hammer มีหลายชนิดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ ข-1 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมกระแทก α กับค่าปรับ ΔR

(Forney, Operating Instructions Concrete Test Hammer Type N)

Rebound Value R_α	Correction for inclination angle α			
	Upwards		Downwards	
	+90 degree	+45 degree	-45 degree	-90 degree
10			+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเครื่องมือ Schmidt Hammer ชนิด N (พลังงานการอัด = 0.225 mkg.) ใช้สำหรับการทดสอบคอนกรีตในอาคาร และสะพาน ปกติทั่วไปใช้ในการทดสอบคอนกรีตในโครงสร้างที่ทำการก่อสร้างเสร็จสิ้นแล้ว โดยการทดสอบจะเป็นการทดสอบแบบไม่ทำลาย เมื่อเราทำการทดสอบนั้น จำนวนครั้งของการสะท้อนจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของมอร์ต้า (คอนกรีตที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุหยาบ) ซึ่งความแข็งแรงของมอร์ต้าหมายถึงความแข็งแรงของคอนกรีตด้วย

ข้อดีของการทดสอบแบบนี้คือ สามารถทำการทดสอบได้ในเวลาอันรวดเร็วและสามารถพิจารณาคุณสมบัติของคอนกรีตได้ในส่วนของโครงสร้างที่แตกต่างกันไป โดยไม่ต้องทำลายโครงสร้าง แต่วิธีนี้ก็ได้ผลคลาดเคลื่อนจากการทดสอบแบบทำลายโดยตรงไปบ้าง

2.3 การทำงานของ Schmidt Hammer

(1) เมื่อทำการกดเบาๆที่หัวกด Plunger(1) ตัว Plunger จะเคลื่อนที่ออกด้วยตัวของมันเองจากเปลือกที่หุ้มอยู่

(2) ตัว Plunger จะถูกกดลงบนผิวคอนกรีต ณ จุดหนึ่งๆ เพื่อทำการทดสอบ แล้วตัว Plunger ก็หดเข้าไปอยู่ในเปลือกหุ้ม (3) ทั้งหมด ค้อนจะถูกทำให้ออกมา ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มความดันอย่างช้าๆให้กับเปลือกหุ้ม ในขณะที่ทำการกระแทก ค้อนจะต้องถูกถืออยู่ในมุมที่ถูกต้อง (มุมที่ค้อนกระทำต่อพื้นที่ผิวที่ทำการกระแทก) ระวังอย่าสัมผัสกับปุ่มกด

(3) หลังจากที่ทำการกระแทก ค้อนจะสะท้อนกลับไปมา โดยมีจำนวนครั้งที่แน่นอน ซึ่งจำนวนครั้งจะปรากฏบน Scale(19) โดยมีเข็มวัด(4) เป็นตัวชี้ค่า ค่าที่อ่านได้จากตำแหน่งของเข็มวัดจะบอกถึงค่าการสะท้อนกลับเป็นเปอร์เซ็นต์ของการเคลื่อนที่ของค้อน

(4) เมื่อเรานำค้อนออกจากจุดที่ทำการทดสอบ หลังจากที่เราทำการทดสอบแล้ว แท่งกด(1) รวมทั้งตัวบังคับค้อน(7) และฐาน(8) จะถูกล็อคตามสภาพครั้งหลังสุดโดยการกดปุ่ม(6)

(5) การล็อคนั้นจะทำหลังจากที่ทำการกระแทกแล้ว และยังไม่ได้ยกตัว Plunger ขึ้นมา และที่ล็อคนั้นก็มีไว้สำหรับทำการล็อคค่าการสะท้อนที่อ่านค่าได้ในครั้งท้ายสุด

(6) ค้อนที่ทำการทดสอบนี้ จะถูกใช้วัดขนาดการกระแทกในแนวนอน สำหรับการทดสอบในแนวตั้งหรือในแนวเอียง ค่าการสะท้อนที่ได้จะต้องปรับแก้ให้เหมาะสมตามตาราง

2.4 ข้อกำหนดเกี่ยวกับความแข็งแรงของคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

(1) การเลือกตำแหน่งที่จะทำการทดสอบ สำหรับพื้นผิวของคอนกรีตที่เป็นช่วงรอยต่อของแบบและพื้นผิวที่เป็นรูพรุนควรจะหลีกเลี่ยง สำหรับส่วนของโครงสร้างที่แคบบาง (พื้นและผนังที่หนาน้อยกว่า 4 นิ้ว , เสาที่หนาน้อยกว่า 5 นิ้ว) ควรได้รับการปฏิบัติดูแลเป็นพิเศษ ซึ่งค่าที่ได้อาจจะผิดพลาดจากความเป็นจริงไปบ้าง สำหรับคอนกรีตคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำก็จะเป็นสาเหตุที่ทำให้จำนวนครั้งของการสะท้อนและความแข็งแรงของคอนกรีตลดลงจากด้านล่างสู่ด้านบน ดังนั้นเพื่อความเชื่อถือได้ จึงไม่ควรที่จะทำการทดสอบพื้นผิวด้านล่างเพียงอย่างเดียว แต่ควรจะทำการทดสอบหลายๆจุดบนพื้นผิวทางแนวตั้งด้วย

(2) การเตรียมตำแหน่งที่จะใช้ทำการทดสอบ ก่อนที่จะทำการทดสอบ วัสดุที่ใช้ฉาบหรือคลุมต่างๆควรนำออกไปเสียก่อน สำหรับพื้นผิวที่ไม่เรียบสม่ำเสมอกันควรทำให้มีการเรียบสม่ำเสมอกันก่อน พื้นผิวด้านบนสุดของคอนกรีตเป็นพื้นผิวที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบถ้าได้มีการนำเอาซีเมนต์ที่ทำการฉาบออกไปแล้ว ซึ่งข้อนี้ควรจะได้รับการระมัดระวังเป็นพิเศษ สำหรับคอนกรีตที่เก่า(อายุมากกว่า 6 เดือนขึ้นไปแล้ว) พื้นผิวที่แข็งแรงมากเกินไปบางชั้นควรจะทำการกะเทาะออกโดยมีความลึกประมาณ 5 มิลลิเมตร (1/4 นิ้ว) โดยอาจจะใช้เครื่องขัดแบบใช้มือที่มีน้ำหนักเบาและความเร็วสูง (กำลังโดยประมาณ 150 วัตต์, ความเร็วโดยประมาณ 600 รอบ/นาที) โดยมี cup wheel เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว สำหรับพื้นที่ที่จะทำการทดสอบนั้นควรจะมีความกว้างสำหรับการทดสอบประมาณ 5-10 จุด ที่จะทำการทดสอบ และจะต้องเป็นผิวมอร์ต้าโดยไม่กระทบกับส่วนที่เป็นวัสดุผสมหยาบ ซึ่งควรมีพื้นที่ 4×4 นิ้วโดยประมาณถึงจะพอ หรือมีเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 6 นิ้ว (150 มิลลิเมตร) สำหรับคอนกรีตที่จะนำมาเปรียบเทียบกันควรจะมีอายุและสภาพความชื้นใกล้เคียงกัน สำหรับคอนกรีตที่แห้งนั้นจะให้ค่าการสะท้อนกลับมากกว่าคอนกรีตที่มีความเปียกชื้น และพื้นผิวที่เป็นชั้นของ Carbonated ก็จะให้ค่าการสะท้อนกลับที่สูงกว่าเช่นกัน ดังนั้นจึงควรทำการผึ่งคอนกรีตทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงก่อนที่จะทำการทดสอบ เพื่อทำให้ผิวคอนกรีตแห้ง

(3) ทำการทดสอบพื้นที่ที่เตรียมไว้ 5-10 จุด โดยใช้ระดับระนาบแนวนอนของแกนเครื่องเป็นมาตรฐาน ในกรณีกระแทกแนวล่างปรับค่าบวก ในกรณีกระแทกแนวบนปรับค่าลบ (ดูตาราง ที่ 1) อ่านค่าที่ได้แต่ละครั้งที่ทำการทดสอบ นำค่าที่ได้มาอ่านจากกราฟ ถ้าค่าที่อ่านได้มีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยอื่นๆมากกว่า 5 หน่วย ก็ให้ตัดค่านั้นทิ้งและให้ใช้ค่าจากการทดสอบในครั้งต่อๆไป ซึ่งเหตุการณ์นี้มักจะเกิดจากการที่เราทำการกระแทกไปโดนส่วนผสมหยาบเข้า หรือพื้นผิวที่เป็นรูพรุน และค่าที่ได้นี้เรียกว่า Rebound Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด W_m และค่าที่น้อยที่สุด W_{min} ของการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตแบบลูกบาศก์และแบบทรงกระบอกหาค่าการรับกำลังอัดได้จากรูปที่ 2 และรูปที่ 3

2.5 ข้อจำกัดของ Calibration Curve

Calibration Curve ของการทดสอบคอนกรีตด้วยวิธีนี้ ทดสอบลูกคอนกรีตจำนวนมากโดยวิธี Schmidt Hammer ก่อน แล้วนำไปกดทดสอบโดยวิธีทดสอบโดยตรง ซึ่งคอนกรีตที่นำมาทดสอบนั้นเป็นคอนกรีตที่มีคุณภาพดี ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนผสมหยาบ คือ ทราย กรวด และปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้งจะทำการทดสอบอย่างน้อย 10 จุด และจากประสบการณ์ที่ผ่านมา Calibration Curve นี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณซีเมนต์ที่มีอยู่ในคอนกรีต ส่วนผสมหยาบ ซึ่งได้แก่ กรวด ทราย หรืออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เลย

จากประสบการณ์ที่ผ่านมา ความคลาดเคลื่อนที่ผิดพลาดไปจาก Calibrate Curve โดยปกติอาจเกิดขึ้นได้จากกรณีต่อไปนี้ คือ

(1) ส่วนประกอบที่สำคัญของคอนกรีต ได้แก่ หินและทราย สำหรับคอนกรีตเบาและผนังที่บาง ควรใช้เครื่องทดสอบชนิด L ซึ่งจะดีกว่า

(2) สำหรับส่วนผสมของคอนกรีตที่เป็นหินไม่แข็งแรง มีน้ำหนักเบาหรือแตกนั้น กำลังของคอนกรีตที่ได้จะต่ำกว่าที่ได้จาก Calibration Curve ซึ่งในกรณีนี้เราก็ต้องทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการสะท้อนและกำลังของคอนกรีตในวัสดุชนิดต่างๆกันออกไป

(3) สำหรับส่วนผสมของคอนกรีตที่มีผิวที่เรียบและลื่นนั้น จะไม่มีผลต่อการรับกำลังของคอนกรีตในกรณีทำการทดสอบแบบนี้ เพราะจำนวนครั้งของการสะท้อนนั้นขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของมอร์ต้าเท่านั้น

(4) สำหรับคอนกรีตที่ทำการผสมโดยส่วนผสมต่างๆที่ไม่สะอาดเพียงพอ ก็จะทำให้ความแข็งแรงของคอนกรีตลดลง แต่จำนวนครั้งของการสะท้อนจะไม่มีผล

(5) สำหรับคอนกรีตที่เพิ่งจะทำการถอดแบบและยังเปียกชื้นอยู่ หรือคอนกรีตที่บ่มอยู่ใต้น้ำนั้น ถ้านำมาทำการทดสอบขณะเปียกชื้นอยู่ จะได้ค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริงมาก ฉะนั้นเมื่อจะนำคอนกรีตมาทำการทดสอบควรทิ้งคอนกรีตไว้ให้แห้งเสียก่อน

2.6 วิธีการทดลอง

(1) เตรียมแท่งคอนกรีตที่จะใช้ทดสอบให้วางอยู่บนพื้นผิวที่เรียบสม่ำเสมอ

(2) ทำการขัดผิวแท่งคอนกรีตให้เรียบไม่ขรุขระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ทำการกำหนดจุดที่จะใช้ทดสอบประมาณ 10 จุด

(4) ทำการ Calibrate เครื่องโดยการยิงเครื่องยิงไปที่แท่ง Calibrate เพื่อทำการหาค่า Factor

(6) กดเครื่อง Schmidt Hammer ลง หลังจากนั้นก็ดึงเครื่องมือขึ้นมาโดยไม่ต้องกดปุ่มล็อค การทำเช่นนี้เป็นการเซตค่า Rebound Number ให้เริ่มต้นที่ศูนย์

(7) ทำการกดเครื่อง Schmidt Hammer ลงบนจุดที่ต้องการจะทดสอบ ก่อนที่จะทำการดึงเครื่องมือขึ้นให้กดปุ่มล็อค เพื่อทำการล็อคค่า Rebound Number ของคอนกรีตที่ทำการทดสอบในจุดนั้น

(7) อ่านค่า Rebound Number ที่ได้จากเครื่อง

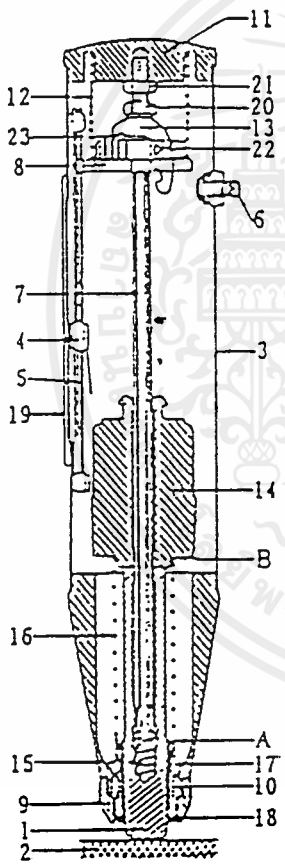
(8) ทำซ้ำข้อ 5-7 จนครบ 10 จุด

(8) นำค่า Rebound Number ที่ได้ทั้ง 10 จุด มาหาค่าเฉลี่ยและนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่า Rebound Number ที่ได้ในตอนแรก ถ้าค่าทั้งสองมีค่าแตกต่างกัน 5 หน่วย ทั้งในทางบวกและทางลบให้ทำการค่า Rebound Number ค่านั้นทิ้งไป แล้วนำค่าที่เหลือมาหาค่าเฉลี่ยใหม่อีกครั้ง

(10) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาปรับค่าเฉลี่ยใหม่ จะมีค่าเท่ากับ ค่าเฉลี่ยเดิมคูณ Factor

(11) นำค่า Rebound Number ที่เฉลี่ยได้ใหม่ไปเปิดกราฟ (ดูรูปที่ 2 และรูปที่ 3) เพื่อหาค่ากำลังอัดคอนกรีตที่กำลังอัดนั้นๆรับได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

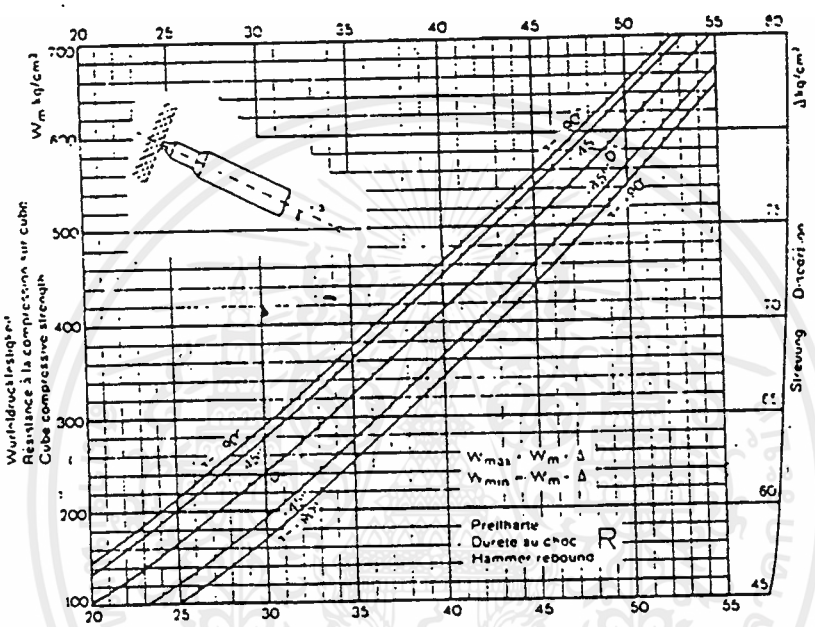


ชื่อชิ้นส่วน

1. แท่งกด (Plunger)
2. ผิวคอนกรีต
3. เปลือหุ้ม
4. เข็มวัด
5. สเกล
6. ปุ่มกด
7. ตัวนำค้อน
8. จาน (Disk)
9. ฝา (Cap)
10. แหวน (Ring)
11. ฝาปิด (Cover)
12. สปริงดัน
13. ตัวยึดเฟือง
14. ค้อน
15. สปริงเล็ก
16. สปริงกระแทก
17. ปลอกนำ
18. Felt Washer
19. ลิ่วครอบสเกล
20. สกรูปรับ
21. นัทล็อค
22. สลัก
23. สปริงยึดเฟือง
A. รูยึดสปริงด้านปลอกนำ
B. รูยึดสปริงด้านค้อน

รูปที่ ข-1 โครงสร้างภายในของ Schmidt Hammer Type N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The curves apply to compact Portland cement concrete with good quality gravel/sand aggregate. Age 14 to 56 days. Smooth and dry concrete surface.

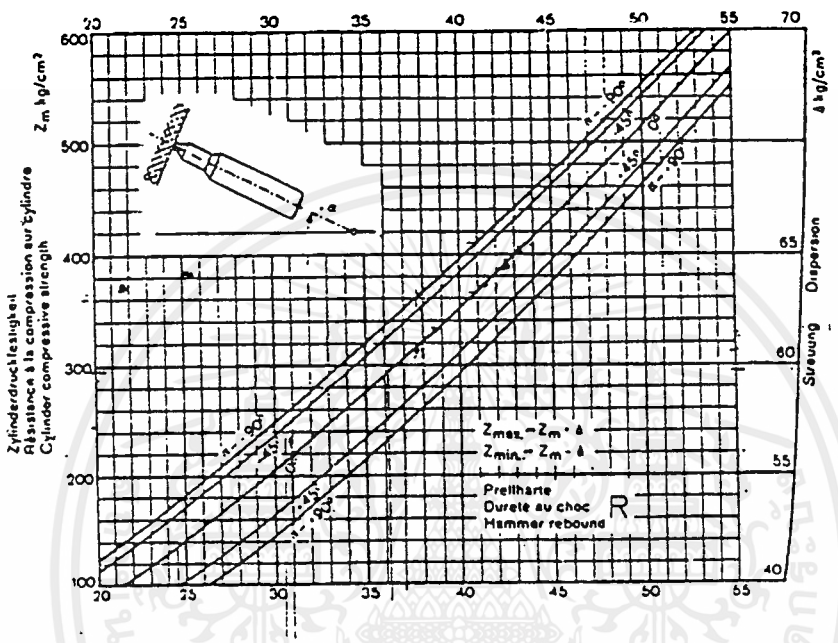
Wm = most likely value of the cube compressive strength in kg/cm².

The dispersion limits Wmax. and Wmin. are so defined that they include 80 percent of all the test results.

Note under Section IV "Limits of Validity of the Calibration Curves"I

รูปที่ ข-2 กราฟแสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ (ksc) กับค่า Rebound Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The curves apply to compact Portland cement with good-quality gravel/sand aggregate. Age 14 to 56 days. Smooth and dry concrete surface.

Z_m = most likely value of the cylinder compressive strength in kg/cm².

The dispersion limits $Z_{max.}$ and $Z_{min.}$ are so defined that they include 80 percent of all the test results.

Note under Section IV "Limits of Validity of the Calibration Curves"!

รูปที่ ข-3 กราฟแสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอก (ksc) กับค่า Rebound Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องมือ Universal Testing Machine (UTM)

3.1 ลักษณะการทำงานของเครื่องทดสอบ UTM

(1) มีความถูกต้องสูง ขณะเครื่องทดสอบทำงานจะต้องแสดงค่าได้ถูกต้อง และไม่ควรเกิดการผิดพลาด ถ้าผิดพลาดค่าที่ผิดพลาดไม่ควรเกิน 0.5 %

(2) อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบต้องได้ตำแหน่งที่ถูกต้อง เช่น การจับชิ้นทดสอบต้องจับได้ศูนย์กลางกับเครื่อง

(3) การควบคุมแรงกระทำของเครื่องทดสอบ สามารถควบคุมได้ตามอัตราส่วนความเร็วของเครื่อง

(4) เครื่องทดสอบต้องมีความเป็นอิสระในการทดสอบ

(5) เครื่องทดสอบสามารถเปลี่ยนอุปกรณ์การทดสอบได้ง่าย และควบคุมได้โดยไม่สับสน

(6) เครื่องทดสอบสามารถควบคุมอัตราการทรุดตัว และยืดตัวให้เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด

ส่วนประกอบหลักของเครื่องทดสอบ UTM ประกอบด้วยสองส่วนใหญ่ ๆ คือ Load weighting Unit และ Load Control Unit สำหรับ Load Weighting Unit มีรายละเอียด และส่วนประกอบต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4 และรูปที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนเพิ่มแรงกระทำต่อชิ้นทดสอบ โดยอาศัยระบบไฮดรอลิคจากกระบอกไฮดรอลิคชิ้นล่างสุดของแท่น การควบคุมอัตราการเพิ่มของแรงและอัตราการยืดตัวหรือหดตัวของชิ้นทดสอบ ก็จะถูกควบคุมโดย Load Control Unit

ในการทดสอบวัสดุโดยทั่วไปจะมีการควบคุมอยู่ 2 ระบบ ได้แก่ การควบคุมอัตราการเพิ่มของแรงหรือการควบคุมความเค้น(Stress) และการควบคุมอัตราการทรุดตัวหรือการยืดตัว(Stress) ทั้งสองระบบนี้สามารถควบคุมให้เป็นไปตามมาตรฐานกำหนดได้อย่างถูกต้อง การควบคุมทั้งสองระบบมีวิธีการ โดยอาศัย Load Control Unit โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การทดสอบโดยควบคุมอัตราการเพิ่มของแรง เป็นการทดสอบโดยควบคุมอัตราการเพิ่มของแรงให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และตลอดทั้งพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ ส่วนควบคุมอัตราการเพิ่มของแรงในส่วนที่เรียกว่า Load Pacer ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้งจะต้องมีขีดจำกัดสูงสุดของแรงที่จะใช้ทำการทดสอบ ซึ่งในส่วน Load Control นี้สามารถปรับค่าแรงสูงสุด ได้ถึง 5 ค่า คือ 5 10 25 50 และ 100 ตัน ซึ่งวิธีการควบคุมดังกล่าวต้องอาศัยสูตร และค่ามาตรฐานของเครื่องดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preset Value = (Loading Rate/Loading Capacity) x 500

500 = Constant Value for UMH 100

Loading Rate = อัตราเพิ่มของแรงตามมาตรฐานกำหนด

Loading Capacity = ขีดจำกัดแรงสูงสุดที่จะเลือกใช้ในการทดสอบ

Preset Value = ตัวเลขปรับ Load Pacer เพื่อให้อัตราเพิ่มของแรงให้ได้ตาม Loading Rate

(2) การทดสอบโดยควบคุมอัตราการทรุดตัว และการยืดตัว การทดสอบวัสดุบางชนิดไม่ได้ควบคุมอัตราการเพิ่มของแรง แต่ให้ควบคุมอัตราการเคลื่อนตัวของชิ้นทดสอบ เช่น มาตรฐานการทดสอบของวัสดุบางอย่างจะกำหนดเป็นระยะทางต่อเวลา ดังนั้น ในการควบคุมอัตราการเคลื่อนตัวของชิ้นทดสอบนี้อาศัยอุปกรณ์ที่อยู่กับส่วนของ Load Control Unit เรียกว่า Strain Pacer

3.2 การทดสอบกำลังอัดคอนกรีต

(1) วัดขนาดของแท่งคอนกรีต โดยวัดความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักของแท่งคอนกรีต

(2) การเคลือบผิวหน้าของแท่งคอนกรีต ในกรณีที่ผิวหน้าของคอนกรีตไม่เรียบ ให้ทำการเคลือบผิวหน้าของคอนกรีตด้วยกำมะถัน ในการเคลือบนั้นอุปกรณ์จะต้องตั้งอยู่ในแนวแกนของแท่งทดสอบ และผิวหน้าด้านที่จะต้องใช้เคลือบกำมะถันให้มีผิวเรียบและมีมุมที่ถูกต้อง

(3) ทำความสะอาดแท่งคอนกรีตและผิวแท่นธาร (Bearing Faces) ทั้งบนและล่างของเครื่องทดสอบแรงกด (Universal Testing Machine)

(4) วางแท่งทดสอบให้อยู่ในแนวศูนย์กลางของน้ำหนักกด แล้วเลื่อนหรือหมุนแท่นธารให้สัมผัสกับแท่งทดสอบสนิท

(5) เปิดเครื่องทดสอบให้น้ำหนักกดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตราคงที่อยู่ในเกณฑ์ช่วง 14-34 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ต่อ นาที ในระยะช่วงครึ่งแรกของน้ำหนักกดสูงสุดที่แท่งทดสอบจะรับได้นั้น อาจใช้อัตราการกดที่สูงกว่าที่กำหนดให้ได้ในการควบคุมเครื่องทดสอบขณะที่แท่งทดสอบถึงจุดคราก (Yielding) อย่างรวดเร็วทันทีก่อนเกิดถึงจุดประลัย (Ultimate) นั้น ห้ามปรับอัตราการกดหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่องทดสอบ

(6) ให้กดจนกระทั่งแท่งทดสอบถึงจุดประลัย

(7) บันทึกค่าน้ำหนักกดสูงสุดที่แท่งทดสอบสามารถรับได้

(8) คำนวณหาความต้านทานแรงอัดของแท่งทดสอบจากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F = P_u / A$$

โดย F = ความต้านทานแรงอัดของแท่งทดสอบ (kg/cm^2)

P_u = น้ำหนักกดสูงสุดที่แท่งทดสอบรับได้ (kg)

A = พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของแท่งทดสอบ (cm^2)

3.3 การทดสอบแรงดึงของเหล็ก

(1) ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบ แล้วนำไปคำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัดและเส้นผ่าศูนย์กลาง

(2) ใช้สลักตอกระยะ Gauge length คือ 5D และระยะหัวจับ (อย่างน้อย 5D)

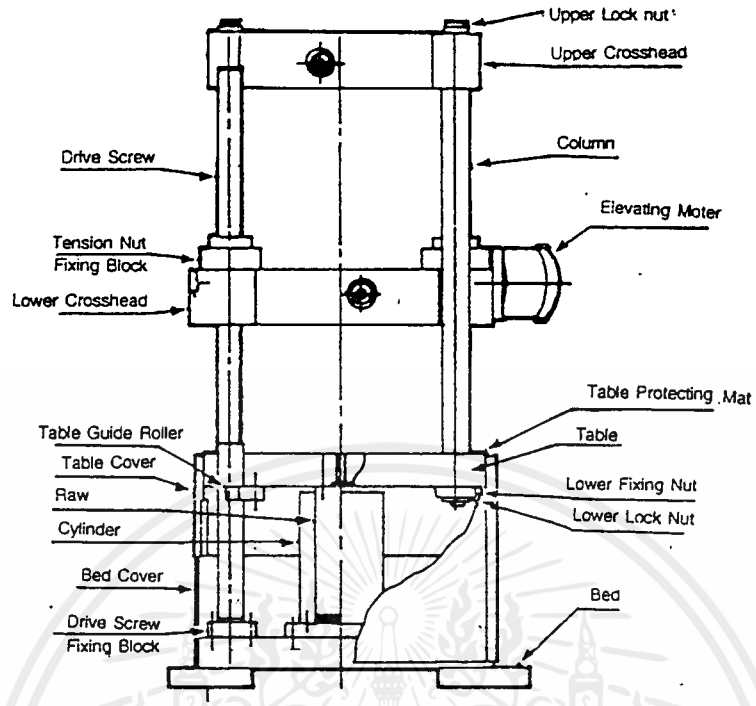
(3) นำชิ้นทดสอบใส่ในเครื่องทดสอบตามรูปที่ 6

(4) เพิ่มแรงดึงด้วยอัตราที่คงที่แล้วบันทึกค่าแรงที่คราก (สังเกตจากเข็ม Load Percer จะหยุดและถอยหลัง) เพิ่มแรงต่อไปจนกระทั่งขาดบันทึกค่าแรงดึงสูงสุด

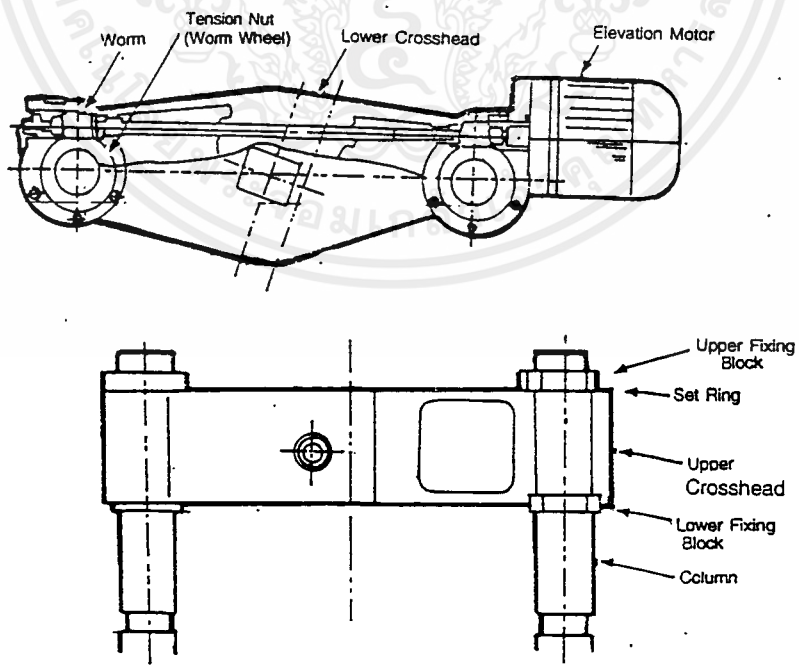
(5) ถอดเหล็กออกจากเครื่องทดสอบ นำมาต่อกันวัดระยะการยืดตัวทั้งหมด

(6) นำค่าแรงและค่าการยืดตัวไปคำนวณค่า ความเค้น ความเครียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

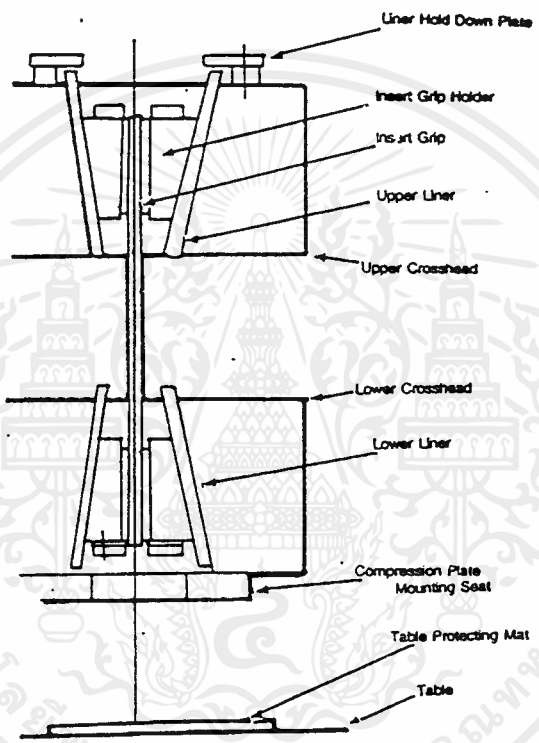


รูปที่ ข-4 Loading Unit



รูปที่ ข-5 Upper and Lower Cross Head

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-6 การติดตั้งเหล็กเพื่อทำการทดสอบแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้