วิทยานิพนธ์

ประจำปีการศึกษา2532

โครงการ

เรื่อง การเปลี่ยนแปลงการรับกำลังของ

คอนกรีตหลังการเผา

ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง

คณะ.....วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 16 เมษายน พ.ศ.2533

นักศึกษา นายสิริพงษ์ อุทัยวงศ์แก้ว รหัส 29.1919

นายอาวุธ เจริญวัฒนานนท์ 29.1928

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าอนุมัติ.....

ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น ส่วนหนึ่งของการศึกษา (รหัสวิชา 19498) ตามหลักสูตร ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขา วิศวกรรมก่อสร้าง

.....

( สุรัตน์ หวังเจริญ )
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง

คณะกรรมการ

.....
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริวัฒน์ ไชยชนะ ) กรรมการที่ปรึกษา

.....
( อาจารย์สุรัตน์ หวังเจริญ ) กรรมการ

.....
( อาจารย์เกษม อมันตกุล ) กรรมการ

.....
( อาจารย์วิบูลย์ วุฒิญาณ ) กรรมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศคุณประการ.....

จาก วิทยานิพนธ์ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิศวกรรม –ศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมก่อสร้าง ในรหัสวิชา 19498 โดยศึกษา เรื่อง การเปลี่ยนแปลงการรับกำลังของคอนกรีตหลังการเผา ซึ่งจำเป็นที่จะต้องใช้ อุปกรณ์ที่มีความสำคัญต่อการทดสอบบางประการ เช่นเตาเผาที่ระดับอุณหภูมิปานกลาง 500 องศาเซลเซียส จึงจะสามารถปฏิบัติการได้ด้วยดี ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอ..

ขอบคุณ

โรงปฏิบัติการซีรามิก ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า ลาดกระบัง

ในความอนุเคราะห์ดังกล่าว นอกจากนี้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้ ถ้าไม่ได้รับการปรึกษาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริวัฒน์ ไชยชนะ กรรมการที่ปรึกษา

ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์

ศิริพงษ์ อุทัยวงศ์แก้ว

อาวุธ เจริญวัฒนานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ การเกิดเพลิงไหม้ได้มีสถิติสูงมาก และสิ่งที่น่าสนใจคือ ความร้อนเนื่องจากเพลิงไหม้ จะมีผลอย่างไรบ้างต่อโครงสร้างของอาคาร และมักจะมีคำถามว่า อาคารที่โครงสร้างถูกเพลิงไหม้ จะสามารถนำกลับมาใช้งานได้อีกหรือไม่ และอะไรคือผลที่ควรศึกษาจากการที่คอนกรีตถูกเผาไหม้ สิ่งเหล่านี้เองที่วิศวกรควรจะทราบถึง แนวทางและหลักการบางประการเพื่อใช้ในการพิจารณา การทำโครงการนี้ แม้ว่าระยะเวลาจะสั้น แต่ข้อมูลและการประมวลรวมทั้งทฤษฎี ก็พอที่จะมีประโยชน์ประกอบการวิเคราะห์ของวิศวกรได้บ้างไม่มากก็น้อย นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยที่น่าสนใจในการศึกษาเรื่องนี้อีกมาก จึงหวังว่าจะมีผู้สนใจและทำการศึกษาต่อไป เพื่อที่จะให้เกิดเป็นเอกสารอ้างอิงในแง่มุมอื่นอีกต่อไป

หากเกิดข้อบกพร่องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ หวังว่าจะได้มีการปรับปรุงให้ดีขึ้นต่อไป

ศิริพงษ์ อุทัยวงศ์แก้ว

อาวุธ เจริญวัฒนานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | |
|---|---|
| หน้าอนุมัติ | ก |
| ประกาศคุณูปการ | ข |
| บทนำ | ค |
| สารบัญ | ง |
| วัตถุประสงค์ | 1 |
| ความเป็นมา | 2 |
| ความจำเป็นในการศึกษา | 3 |
| ความร้อนกับคอนกรีต | 9 |
| ลักษณะพฤติกรรมของอัคคีภัย | 16 |
| การหลุดกระเทาะของคอนกรีต | 33 |
| การสูญเสียกำลังของคอนกรีต | 36 |
| การตรวจสอบอาคารที่เกิดการชำรุดเนื่องจากไฟไหม้ | 38 |
| ขอบเขตการทดสอบ | 42 |
| การศึกษาความรุนแรงของไฟ | 43 |
| การดำเนินการทดสอบ | 44 |
| การประมวลผล | 46 |
| บทสรุป | 76 |
| หนังสืออุเทศน์ | 80 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# spacial project

เรื่อง ... การเปลี่ยนแปลงการรับกำลังของตอนกรีตหลังการเผา


จัดทำโดย...

นาย อาวุธ เจริญวัฒนานนท์ รหัส 291928

นาย ศรัณย์ ฤทัยวงศ์แก้ว รหัส 291919


อาจารย์ที่ปรึกษา...

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศรัณย์ ไชยชนะ


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อเรื่อง...**การเปลี่ยนแปลงการรับกำลังของคอนกรีตหลังการเผา
(temperature effect by strength of concrete)

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1 เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงการรับกำลังของคอนกรีตเมื่อได้รับความร้อนในระดับต่างๆกัน

2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระยะเวลาต่างๆมีผลต่อการรับกำลังมากน้อยเพียงใด

3 ระยะเวลาหลังจากการเผาเมื่อทิ้งไว้ที่ optimum moisture จะมีผลทำให้คอนกรีตสามารถรับกำลังได้เพิ่มขึ้นหรือไม่และอย่างไร

สมมุติฐาน

1 คอนกรีตที่ถูกเผาที่อุณหภูมิสูงการรับกำลังแรงอัดจะลดลงมากกว่าคอนกรีตที่ถูกเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่า

2 การรับกำลังของคอนกรีตจะขึ้นกับความเข้มของไฟหรือความรุนแรงของการเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นมา

คอนกรีตเมื่อถูกเผาไหม้อุณหภูมิของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นตามระยะของเวลา ในระดับความรุนแรงของไฟ ดังนั้นเมื่อโครงสร้างของคอนกรีตถูกไฟไหม้ อิทธิพลของความรุนแรงของไฟจะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในโครงสร้างคอนกรีต ในระยะความทนทานไฟขั้นต่ำ ตามมาตรฐาน ASTM E 119 คือระยะเวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง ในการทดสอบจะใช้การควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตามที่ต้องการและให้ระยะการเผาไหม้เป็นเวลาต่างๆกัน เพื่อดูผลกระทบของระยะเวลาที่มีผลกับการรับกำลังแรงอัดของคอนกรีต

ในโครงสร้างคอนกรีตเมื่อเกิดไฟไหม้ขึ้นระดับอุณหภูมิของการเผาไหม้โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 400-500 องศาเซลเซียส โครงสร้างคอนกรีตจะมีการรับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เช่น กำแพง เสา คาน และยังมีองค์ประกอบอื่นๆที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอีกเช่น ช่องเปิด ชนิดของเชื้อเพลิง การรับความร้อนของกำแพง เพดาน วัสดุผนวนความร้อน แต่สิ่งต่างๆเหล่านี้มีผลต่อการพิจารณาในการรับกำลังของโครงสร้างค่อนข้างน้อยเพราะในการคิดคำนวณเราจะใช้concrete strength ที่หลังจากไฟไหม้แล้วเป็นตัวกำหนดการรับแรงของคอนกรีตทั้งโครงสร้างซึ่งไม่จำเป็นต้องพิจารณาในแต่ละส่วนของโครงสร้าง

ในคอนกรีตธรรมดาทั่วไปถ้ามีอายุไม่นานนักในคอนกรีตจะมีช่องว่างและมีน้ำอยู่ด้วย น้ำนี้จะทำปฏิกริยากับซีเมนต์ไปเรื่อยๆกินเวลาเป็นสิบปี ถ้าหากคอนกรีตถูกเผาไหม้น้ำที่อยู่ในช่องว่างของคอนกรีตจะถูกระเหยออกไป และเมื่อเผาไหม้จนถึงระดับความร้อนหนึ่งจะทำให้ตัวประสาน aggregate ในคอนกรีตถูกทำลายไปซึ่งมีผลให้การรับกำลังของคอนกรีตลดลงไปได้

ในการพิจารณาการเผาไหม้คอนกรีตจะขึ้นอยู่กับตัวแปรดังต่อไปนี้

1 ช่วงระยะเวลาการเผาคอนกรีต

2 ความรุนแรงของไฟหรืออุณหภูมิที่เกิดไฟไหม้ขึ้น

3 ระยะเวลาการทดสอบหลังการเผา

4 strength ของคอนกรีตเมื่อเริ่มต้นทดสอบ

5 moisture ในอากาศเมื่อมีการทดสอบหลังจากเผาทิ้งไว้เป็นเวลาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันนี้สถิติเพลิงไหม้ได้เกิดเพิ่มขึ้นมามาก กับโครงสร้างอาคาร
คอนกรีตเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นนี้นอาจจะมีความรุนแรงมากน้อยแตกต่างกันไปซึ่งขึ้นกับตัวประกอบ
หลายอย่าง ไฟถ้าไหม้ยิ่งนานมากเท่าไร ก็ยิ่งจะมีความรุนแรงหรือมากขึ้นเท่านั้น และเพิ่ม
ความเสียหายให้กับโครงสร้างแต่ยังทำให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สิน และยังอาจเป็น
อันตรายถึงแก่ชีวิตมนุษย์อีกด้วย ดังนั้นวิศวกรจึงได้เริ่มตระหนักถึงผลกระทบของไฟต่อความ
มั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างกันมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากยังหาข้อกำหนดที่แน่นอนหรือตาราง
ที่เขียนเกี่ยวกับเรื่องนี้โดยตรงได้ยาก เนื่องจากไฟถือว่าเป็นฝ่าหนักอย่างหนึ่งที่กระทำต่อ
โครงสร้าง ทั้งนี้เพราะว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้มีแรงเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของ
โครงสร้างที่มีการยึดรั้งและส่งผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้าง ทั้งในด้าน
กำลัง ความแข็งแรง และเสถียรภาพได้

ความจำเป็นในการศึกษา

ทุกครั้งที่มีไฟไหม้อาคารคอนกรีต วิศวกรจะถูกสั่งตามและให้เข้าไปตรวจสอบดูว่า
โครงสร้างนั้นยังมีความแข็งแรงหรือไม่ และยังมีความมั่นคงพอที่จะสามารถนำไปใช้งานได้
หรือไม่ หรือในอีกกรณีหนึ่งชิ้นส่วนนั้นมีกำลังและความแข็งแรงเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ซึ่ง
ปกติแล้วไฟที่เกิดขึ้นภายในอาคารจะมีช่วงเวลาของการลุกไหม้อย่างเต็มที่ ซึ่งอุณหภูมิขณะ
นั้นจะสูงเป็น 1000 องศาเซลเซียส จากงานวิจัยที่มีการทดสอบผ่านมาพบว่า ชิ้นส่วน
ที่ได้มีการนำไปเผาไฟ หรือที่เก็บตัวอย่างของอาคารคอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ที่อุณหภูมิสูงนั้น จะ
มีพฤติกรรมในด้านกำลัง ความแข็งแรงและแรงยึดเหนี่ยวลดลงอย่างมาก ซึ่งถ้าพิจารณา
แล้วชิ้นส่วนดังกล่าวควรที่จะทำการทุบทิ้งเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามอาจมีโครงสร้างบางส่วนที่ถูกไฟไหม้ไม่รุนแรงนักก็คือ ไฟที่เผาไหม้มีอุณหภูมิบานกลางไม่เกิน 500 องศาเซลเซียส กำลังของวัสดุนี้จะลดลงบ้างแต่ยังเหลือมากเพียงพอ และโครงสร้างก็ยังคงสภาพอยู่ได้ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่า ถ้าเราทิ้งเอาไว้ให้เวลาผ่านไปนาน พฤติกรรมในด้านโครงสร้างเกี่ยวกับการรับกำลัง ค่าโมดูลัส และแรงยึดเหนี่ยวต่อเหล็กเสริมของคอนกรีต จะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เมื่อทราบถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นแล้วก็จะสามารถนำมาเป็นข้อมูล ใช้ประกอบการวิเคราะห์โครงสร้างว่า คอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลางนี้ จะยังคงสามารถรับน้ำหนักได้ต่อไปอีกหรือไม่อย่างไร ซึ่งก็ต้องทำการวิเคราะห์ต่อไป

งานวิจัย

งานค้นคว้าเกี่ยวกับไฟและการทดสอบไฟของชิ้นส่วนที่ เรานำมาประกอบกันขึ้นเป็นโครงสร้างอาคารได้กระทำกันมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 แล้ว ทั้งนี้เนื่องมาจากได้ตระหนักถึงความเสียหายและการพังทลายของอาคารที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง การทดสอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับไฟนี้น ส่วนใหญ่จะเน้นหนักไปในด้าน ความต้านทาน ความทนทาน พฤติกรรมในด้านกำลัง และความแข็งของคอนกรีตหรือวัสดุที่ประกอบกันขึ้นเป็น คอนกรีต การทดสอบต่าง ๆ ที่ได้ศึกษาค้นคว้าแล้วมีดังต่อไปนี้

ในปี ค.ศ. 1920 INGBERG ศึกษาพฤติกรรมของไฟที่เกิดขึ้นในอาคารจริง ๆ และได้สรุปเป็นแนวความคิดไว้ว่า " แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ " ซึ่งสถาบันสถาบันมาตรฐาน ASTM ได้นำแนวความคิดนี้ มาใช้ในการพัฒนาเส้นโค้งมาตรฐานใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบไฟชั้นเพื่อลอกเลียนแบบไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ ดังมีข้อความที่สำคัญอยู่ 2 ข้อ คือ

1 ความทนทานไฟของชิ้นส่วน ขึ้นกับ ความรุนแรงของไฟ ( Fire Severity ) เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

2 ความรุนแรงของไฟ ขึ้นกับ ความเข้มของปริมาณไฟ ( Fire Load Density ) เพียงอย่างเดียว

**จนปี** ค.ศ. 1929 INGBERG ศึกษาพฤติกรรมเกี่ยวกับแร่ที่เป็นส่วนประกอบของมวลรวมมีอิทธิพลต่อการต้านทานไฟของคอนกรีต จัดแบ่งคอนกรีตตามชนิดของมวลรวมเป็น กลุ่มใหญ่ ๆ 4 กลุ่ม พบว่าเมื่อนำคอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมต่างชนิดกันนี้ไป ทำการทดสอบไฟ คอนกรีตที่ผสมจากมวลรวม คาร์บอเนต และ เฟลสปาร์ สามารถต้านทานไฟได้ดีกว่าคอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมแกรนิต และซิลิกาและพบอีกว่า คอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมหยาบจะสามารถต้านทานไฟได้ดีกว่าคอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมละเอียด

คุณสมบัติของมอร์ต้าและคอนกรีตสามารถแปรเปลี่ยนได้ตามอุณหภูมิ J.C. SAEMANN และ G.W. WASHA ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อ กำลังและความเหนียวของมอร์ต้าอัดคอนกรีตโดยทำการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีต รูปทรงกระบอกและแท่งมอร์ต้ารูปลูกบาศก์ที่ปูมด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50 % อีกเป็นเวลา 13 วัน เสร็จแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิทดสอบอีก 1 วัน รวมอายุของแท่งตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบก่อนทำการทดสอบทั้งหมด 28 วัน อุณหภูมิที่สนใจอยู่ในช่วง -20 ถึง 200 องศาเซลเซียส จากผลการทดสอบพบว่า ค่ากำลัง ความแข็ง และความเหนียวของทั้งมอร์ต้าและคอนกรีตจะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงอุณหภูมิติดลบและจะมีค่าเพิ่มขึ้นสลับกับลดลงไปจนกระทั่งอุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 200 องศาเซลเซียส พบว่าค่ากำลังความแข็ง และความเหนียวของคอนกรีตจะมีค่าเท่ากับที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งพอสรุปได้ว่าอุณหภูมิจากไฟที่มีค่าไม่เกิน 200 องศาเซลเซียส จะไม่มีผลต่อค่ากำลัง ความแข็ง และความเหนียวของคอนกรีตและมอร์ต้า

หลังจากนั้นไม่นานได้มีการค้นคว้าสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดย ROBERT PHILLIEO ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีอิทธิพลต่อการขยายตัว ความหนาแน่น โมดูลัสของความยืดหยุ่นและค่ากำลังของคอนกรีตในช่วงอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสถึง 800 องศาเซลเซียส แท่งตัวอย่างทดสอบที่ใช้นี้นำการบ่มด้วยน้ำตลอด 28 วันจากนั้นนำไปทดสอบไฟพบว่า การขยายตัวของคอนกรีตจะมีค่าเพิ่มขึ้นขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นและค่าความหนาแน่นจะมีค่าลดลงเนื่องจากน้ำหนักที่สูญเสียไป และยังพบอีกว่าค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นและกำลังของคอนกรีตจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ต่อมา H.L.MALHOTR ได้ทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยการแปรเปลี่ยนค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ การทดสอบกระทำที่อุณหภูมิ ไม่เกิน 700 องศาเซลเซียส ตัวอย่างทดสอบที่ใช้อยู่ในรูปทรงกระบอกมาตรฐาน จากการทดสอบไฟตามมาตรฐานพบว่าค่าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์จะได้ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดลดลงเท่ากันที่อุณหภูมิเดียวกัน นอกจากนั้นยังพบว่าแท่งตัวอย่างที่ทดสอบโดยมีการให้น้ำหนักกระทำด้วยขณะเผาจะมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลงน้อยกว่าแท่งคอนกรีตที่ไม่ได้มีน้ำหนักกระทำ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าน้ำหนักที่กระทำทำให้เกิดความเค้นขึ้นภายในซึ่งจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวที่ช่วยหน่วงไม่ให้เกิดรอยแตกร้าวขึ้นได้

จากนั้นการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีอิทธิพลต่อตอนกรีตก็ยังมีการค้นคว้าอยู่ตลอดมา N.G.ZOLDNERSได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของตอนกรีตเป็นไปทางด้านกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัด โดยทำการแปรเปลี่ยนชนิดของตอนกรีตโน ส่วนผสมของมวลรวมต่าง ๆ กันไป มวลรวมที่ใช้ได้แก่ หินปูน กรวด หินทราย และ หินภูเขาไฟ ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบอยู่ในช่วง 100 ถึง 800 องศาเซลเซียส และอัตราการเผาไหม้ของไฟที่ใช้ในการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานไฟของ ASTM จากการทดสอบพบว่าระดับการเสื่อมสภาพของตอนกรีตจะมีค่ามากน้อย ขึ้นกับชนิดของมวลรวมที่ใช้ ซึ่งพอที่จะสรุปได้ดังต่อไปนี้

ตอนกรีตที่ใช้หินปูนผสมจะสามารถต้านทานไฟได้ดีที่สุด ถ้าใช้หินทรายผสมจะใช้ได้กับที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ไม่เกิน 400 องศาเซลเซียสเพราะถ้าอุณหภูมิมากกว่านี้จะทำให้การเสื่อมสภาพและสูญเสียกำลังได้อย่างรวดเร็ว ถ้าอุณหภูมิไม่ถึง 200 องศาเซลเซียสจะไม่มีผลต่อการลดลงของกำลังของตอนกรีตเลยไม่ว่าจะใช้มวลรวมชนิดใดก็ตาม

ต่อมา CAMPBELL-ALLEN และ DESAI ได้ทำการทดสอบให้เห็นว่าถ้าใช้หินปูนผสมตอนกรีตแล้วนำไปทดสอบไฟที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส จะมีการเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้นอีกถ้าซีเมนต์ที่ใช้ในการผสมตอนกรีตนั้นมีค่า $C_3A$ ต่ำ และมีค่า $C_4AF$ $C_3S$ สูง

HAROLD และ DAVIS ได้ศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิสูง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อตอนกรีต โดยเน้นไปในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ค่ามอดูลัสของความยืดหยุ่น และค่ากำลังรับแรงอัดของตอนกรีต พบว่าตอนกรีตที่มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวสูงจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานน้อยกว่าคอนกรีตที่มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวต่ำกว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะมีค่าลดลงเหลือประมาณ 50 % ของกำลังเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความร้อน กับ คอนกรีต

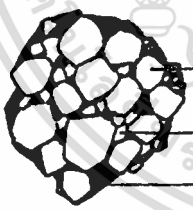
ความร้อนทำให้ คอนกรีต เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านการรับกำลัง และมีปรากฏการณ์บางอย่างเกิดขึ้น

ธรรมชาติของคอนกรีต

คอนกรีต คือ ส่วนผสมของ ปูนซิเมนต์ กับ วัสดุผสม ได้แก่ ทราย หิน หรือ กรวด และที่สำคัญคือ น้ำ ในการผสมทรายและหินหรือกรวด จะมีขนาดคละกันไป และ จะมีช่องว่างใน ช่องว่างเหล่านี้ จะถูกแทนที่ด้วยวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า ส่วนช่องว่างที่เหลือ จะถูกแทนที่ด้วยส่วนผสม ของ ปูนซิเมนต์กับน้ำ ซึ่งเรียกว่า ซีเมนต์เพลส

หน้าที่ของ ซีเมนต์เพลส คือจะเป็นตัวยึดเหนี่ยววัสดุต่าง ๆ ให้รวมกันเป็นวัสดุที่แข็งแรง มั่นคง

คุณภาพของคอนกรีต จึงขึ้นอยู่กับ ซีเมนต์เพลส เป็นส่วนใหญ่




คุณสมบัติของซีเมนต์เพลส คือ ซีเมนต์เพลสที่ใช้จะต้องแข็งแรง ทนทาน ทนต่อการสึกกร่อน และ สามารถกันมิให้น้ำซึมผ่านได้

ส่วนผสมของคอนกรีตโดยทั่วไป จะมีปริมาณของ ปูนซีเมนต์ประมาณ 10–20 %

น้ำ ประมาณ 10–20 %

อากาศ ประมาณ 2–5 %

วัสดุผสม ประมาณ 65–80 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027092

อัตราส่วนของน้ำกับปูนซีเมนต์

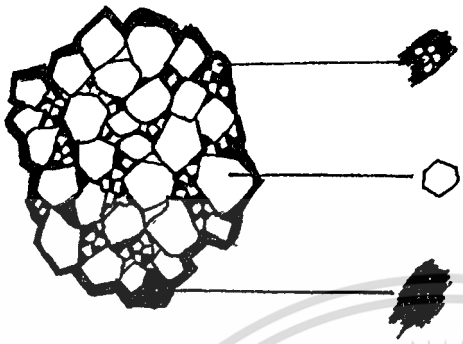
ในปัจจุบันนี้การทำงาน คอนกรีต ส่วนใหญ่ ( นอกจากในรายที่มีการควบคุมโดยใกล้ชิด ) ทั้งผู้ที่ทำงาน และผู้ควบคุมงาน แทบที่จะมิได้เอาใจใส่ในเรื่องคุณภาพของน้ำ และปริมาณของน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตเลย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำเป็นส่วนผสมที่มีราคาถูกที่สุด หรืออาจกล่าวได้ว่าแทบไม่มีราคาเลย ผู้ที่ทำงานจะเติม น้ำลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตให้มาก ๆ เพื่อจะได้สะดวกแก่การทำงานและโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ผู้ควบคุมจึงต้องมีการควบคุมอย่างเข้มงวด ซึ่งจะปรากฏข้อเสียตามมามากมาย

น้ำ

น้ำเป็นส่วนผสมที่มีความสำคัญมาก ๆ อันหนึ่ง หรืออาจจะเป็น วัสดุที่จะได้รับการพิจารณาก่อนเสมอ เมื่อเกิดปัญหาขึ้น เนื่องจากเป็นตัวที่ทำให้ซีเมนต์เกิดการแข็งตัว ปริมาณน้ำที่ใส่ลงในส่วนผสมของคอนกรีตจะมีความสัมพันธ์กับกำลังของคอนกรีต ถ้าใช้น้ำมากเกินไปกำลังของคอนกรีตจะลดลง เพราะน้ำที่เพิ่มขึ้น จะไปทำให้ ซีเมนต์ขัน ( cement paste ) เกิดการเจือจาง และมีผลลดกำลังยึดเหนี่ยว ทำให้คอนกรีตแตกร้าวมากขึ้น เพราะจะเกิดการหดตัวมาก และ เมื่อน้ำส่วนเกินไป นี้จะระเหยออกจากคอนกรีตแล้วทำให้ เกิดรูโพรงในเนื้อของคอนกรีต ทำให้คอนกรีตไม่แน่นทึบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำ กับอัตราส่วนระหว่างน้ำกับ ปูนซิเมนต์




สภาพที่แสดง เมื่อคอนกรีตมีการใช้อัตราส่วนที่มีความพอเหมาะ

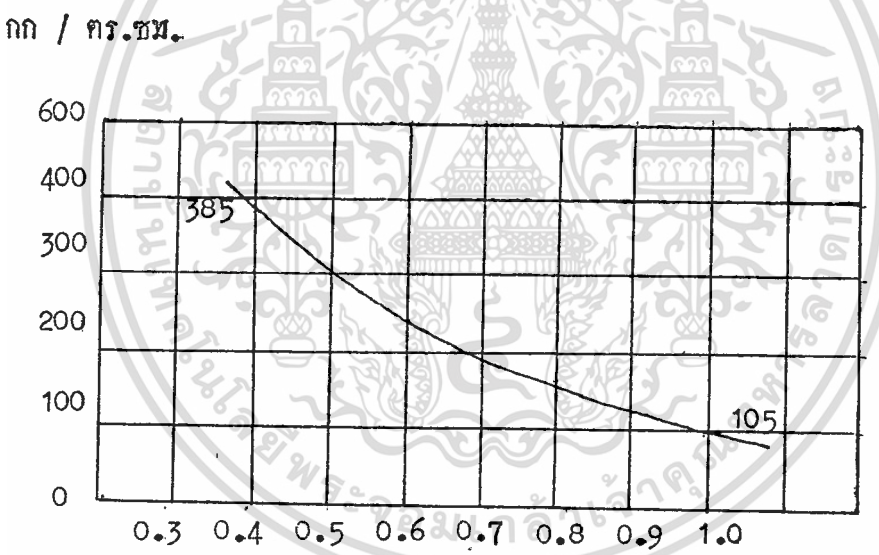
สภาพที่แสดง เมื่อคอนกรีตมีปริมาณน้ำมากเกินกว่าที่ต้องการเป็นปริมาณมากทำให้เกิดสภาพที่เป็นรูโพรงมากมาย อันมีผลต่อกำลังของคอนกรีตอย่างมาก

( รูโพรงดังกล่าวเกิดจากการ ระเหยออกไปของน้ำส่วนที่เป็นน้ำที่ 2 )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับคอนกรีต พึงระลึกเสมอว่า ปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีตเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะกำหนดกำลังของคอนกรีตที่ทำขึ้นและเพื่อให้เห็นชัดเจน จึงมีการนำเสนอ การลดลงของกำลังคอนกรีต ซึ่งใช้ส่วนผสมอื่น ๆ เป็นตัวคงที่ แต่ ปริมาณน้ำจะแตกต่างกันเป็นดังนี้

กำลังอัดของคอนกรีต เมื่อมีอายุ 28 วัน หน่วย กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร




อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำ และ น้ำหนักของปูนซิเมนต์

ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต เมื่อมีการใช้น้ำปริมาณต่างกันในส่วนผสมอันเดียวกัน

( ทดลองโดย US Bureau of reclamation )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของน้ำ

1. เปลี่ยนสภาพของส่วนผสมของ ปูนซิเมนต์ ทราย และหินที่แห้ง ให้เป็นวัสดุเปียกทำงานได้สะดวก
2. ทำปฏิกิริยาทางเคมี กับ ปูนซิเมนต์ ทำให้ส่วนผสมเปียกกลายสภาพเป็นมวลแน่นแข็งและมีความแข็งแรง

การกำหนดจึงต้องมีการคำนึงถึงหน้าที่ของทั้ง สอง ข้อนี้ด้วย โดย ปริมาณน้ำที่จะไปทำปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซิเมนต์นั้น มีปริมาณที่เกือบจะคงที่ คือประมาณ 0.25 ของน้ำหนักปูนซิเมนต์ ส่วนที่ต้องการเพิ่มขึ้นจากส่วนนี้ ก็คือ ปริมาณของน้ำที่จะทำให้ส่วนผสมทำงานได้สะดวก ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ต้องพิจารณากันในขณะปฏิบัติงาน

ปฏิกิริยาระหว่าง ซิเมนต์กับน้ำ ( hydration of cement reaction )

เมื่อผสม ปูนซิเมนต์กับน้ำ ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่าง ซิเมนต์กับน้ำ จะเริ่มขึ้น เรียกว่า ปฏิกิริยา ไฮเดรชั่น ผลที่ได้จะทำให้เกิดความเหนียวและเกาะแน่นกับวัสดุผสม ความร้อนที่ได้จากการที่ซิเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำ นั้นเรียกว่า heat of hydration วัดเป็น คาลอรี่ต่อกรัมของปูนซิเมนต์ ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้บางส่วนจะหนีผ่านเนื้อคอนกรีตออกมา แต่บางส่วนจะอยู่ภายในเนื้อคอนกรีต ถ้าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเนื้อคอนกรีตมีค่าที่สูง คอนกรีตอาจจะเสียความแข็งแรงได้ และความร้อนนี้จะทำให้เกิดหน่วยแรงต่าง ๆ ภายในเนื้อคอนกรีต ซึ่งจะเป็นผลให้คอนกรีตแตกร้าวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการปฏิกิริยา

$$\text{ปูนซิเมนต์} + \text{น้ำ} \xrightarrow[\text{ความร้อน}]{\text{ไฮเดรชั่น}} \text{ซิเมนต์เพลส}$$

การทำปฏิกิริยาระหว่าง ปูนซิเมนต์ กับ น้ำ จะหยุดเมื่อน้ำหนืออกจาก ซีเมนต์เพลส หมดแล้ว ดังนั้น การบ่มจะเป็นวิธีการป้องกันการสูญเสียน้ำในคอนกรีต นับว่าเป็นสิ่งสำคัญ เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่าง ปูนซิเมนต์กับน้ำ ให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์นั้นขึ้นกับ

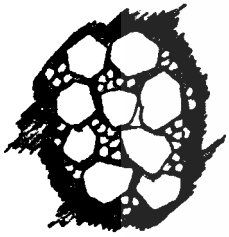
1. ปริมาณของปูนซิเมนต์ในส่วนผสม
2. * ชนิดของปูนซิเมนต์
3. ความละเอียดของปูนซิเมนต์ และอุณหภูมิรอบ ๆ
4. ถ้าปริมาณของ อัตราส่วนน้ำต่อ ซิเมนต์ที่ต่ำกว่า 0.55 ขึ้นอยู่กับการให้น้ำจากภายนอก โดยปรากฏว่า ถ้าบ่มคอนกรีตที่ใช้กันธรรมดาเป็นเวลา 1 เดือน โดยให้อยู่ในสภาวะมาตรฐานของห้องทดลอง จะพบว่า ปูนซิเมนต์จะทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วกว่า ร้อยละ 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำ

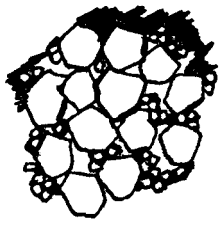
น้ำที่ต้องใช้จริง ๆ เพื่อที่จะทำการผสมกับ ปูนซิเมนต์ ให้แข็งได้นั้น มีปริมาณน้ำน้อยกว่าที่ใช้ในการผสมคอนกรีต สำหรับเทเข้าแบบมาก แต่ถ้าใช้ น้ำ เพียงแต่พอต้องการของปูนซิเมนต์ดังกล่าวนั้น คอนกรีตจะแห้งมากเกินไป จนไม่สะดวกในการที่จะเทลงแบบและกระทุ้งให้เป็นรูปได้

ฉะนั้นจึง จำเป็นต้องใช้น้ำมากเกินกว่าที่ปูนซิเมนต์ต้องการจริง ๆ แต่ต้องไม่ลืมว่าถ้าใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นเท่าใด กำลังของคอนกรีตก็ลดลงไปตามลำดับ ปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่าง น้ำกับ ซีเมนต์อย่างเพียงพอและสมบูรณ์ ต้องไม่น้อยกว่า 30 % ของน้ำหนักปูนซิเมนต์ จึงต้องจำเอาไว้ว่า จะต้องทำให้ส่วนผสมเหลวพอกับความต้องการเท่านั้น อย่ามีการทำให้เหลวมากเกินไป เพราะจะทำให้คอนกรีตมีกำลังลดลง หรือถ้าจะทำให้คงที่ก็ต้องเพิ่มปูนซิเมนต์เข้าไป ซึ่งเป็นการเปลืองโดยใช่เหตุ



คอนกรีตที่มีการใช้ปริมาณน้ำที่พอเหมาะ

ปูนซิเมนต์ + น้ำ (จำนวนมากเพียงพอที่จะทำปฏิกิริยา) ——→ ซีเมนต์เพลส
และสามารถเทได้โดยสะดวก



คอนกรีตที่มีปริมาณน้ำที่มากเกินความจำเป็น

ปูนซิเมนต์ + น้ำ + น้ำ ( เกินจำเป็น ) ——→ ซีเมนต์เพลส

โพรงต่าง ๆ จะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะและพฤติกรรมของอัคคีภัย

ไฟเป็นอันตรายร้ายแรงอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดความสูญเสียต่อทรัพย์สินและชีวิตมนุษย์ ธรรมชาติของไฟเกิดจากการพัฒนาตัวเองของความร้อน แต่ไฟที่เกิดขึ้นในอาคารส่วนใหญ่นั้นเกิดจากแหล่งเชื้อเพลิงที่ติดไฟเล็ก ๆ แล้วค่อย ๆ เพิ่มตัวขึ้นเรื่อย ๆ แหล่งเชื้อเพลิงหรือที่ให้ความร้อนต่าง ๆ นั้นบางอย่างอาจจะเป็นเปลวไฟจากไม้ขีดไฟ ความร้อนจากเตาเผาในโรงงาน หรืออาจจะเป็นเปลวไฟที่เกิดขึ้นจากการช็อตของไฟฟ้าก็เป็นได้เป็นต้น

อัตราการเพิ่มตัวเองของไฟโดยทั่ว ๆ ไปแล้วขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความร้อนที่เราป้อนเข้าไปนั่นคือสิ่งซึ่งสามารถติดไฟได้ทั้งหมดที่มีอยู่ภายในอาคาร กับอัตราของความร้อนที่กระจายออกมา ถ้าความร้อนที่ป้อนเข้าไปมีค่ามากกว่าความร้อนที่กระจายออกมาแล้วอัตราการเพิ่มตัวเองของไฟก็จะเพิ่มมากขึ้นได้

ขบวนการเกิดเพลิงไหม้

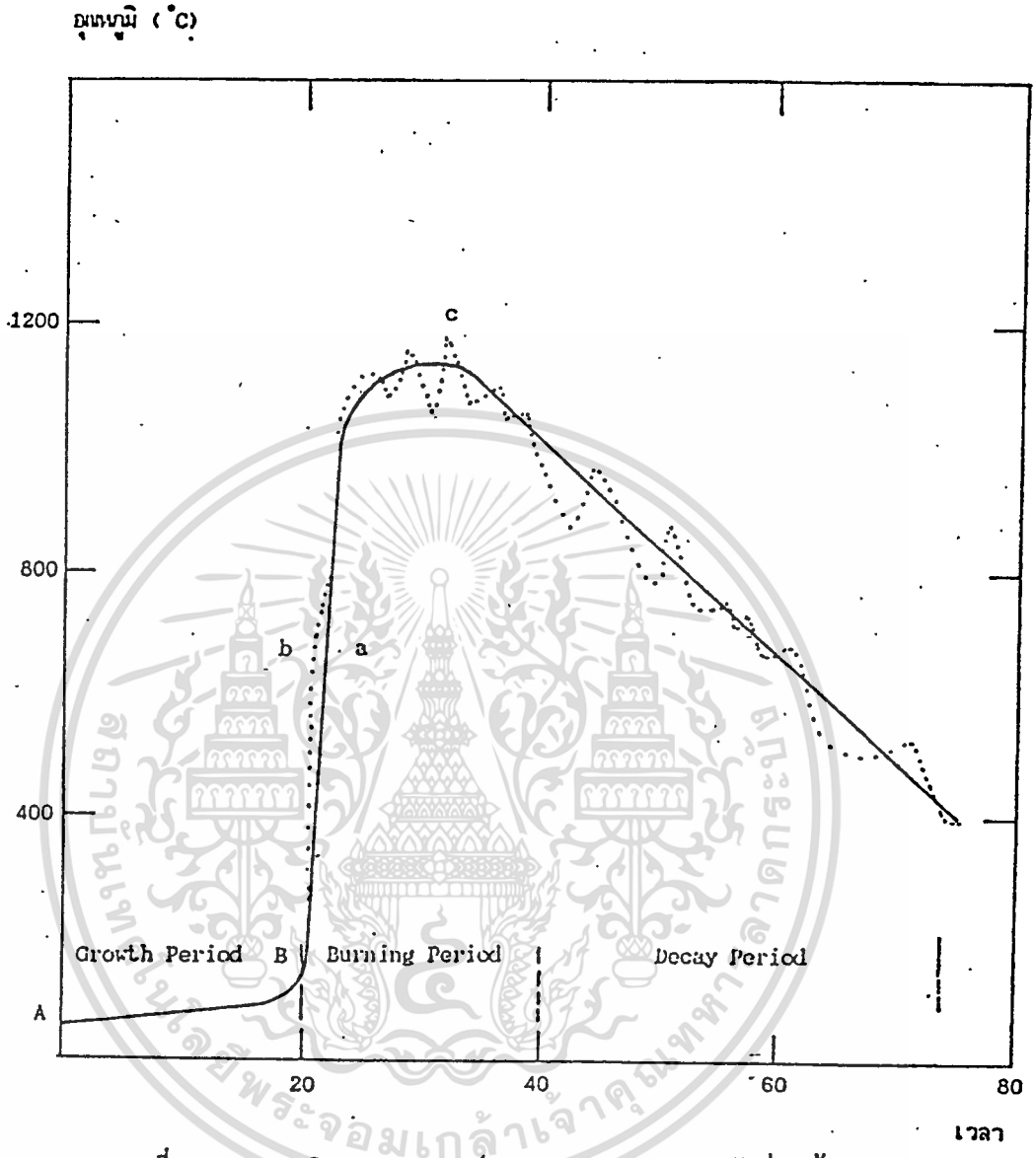
การเพิ่มตัวเองขึ้นของไฟจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วมาก ถ้าสภาวะแวดล้อมเอื้ออำนวยไฟที่ไหม้ในอาคารภายในที่จำกัด เช่น ห้องทำงาน ห้องพักอาศัย ห้องเรียนที่อื่น ๆ ไฟจะสามารถกระจายลุกลามไปได้อย่างรวดเร็วหรือไม่ขึ้นกับว่าภายในห้องนั้นมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่ติดไฟได้สะสมอยู่เป็นปริมาณมากน้อยเท่าไรและมีการถ่ายเทอากาศได้ดีหรือไม่เพียงใด ดังนั้นจะเห็นว่าวัสดุอื่นหรือสิ่งอื่น ๆ ที่ติดไฟช้าหรือติดไฟได้ยากนั้นจึงอาจจะติดไฟได้ด้วย และจะเกิดขึ้นภายในเวลาเพียงไม่กี่นาทีเท่านั้น ซึ่งอุณหภูมิในตอนนี้จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วมาก

จากกราฟแสดง พฤติกรรมความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ เป็นกราฟแสดงพฤติกรรมของไฟในรูปความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลาภายในห้องหนึ่ง ๆ ซึ่งมีเชื้อเพลิงจำนวนหนึ่งและมีการถ่ายเทอากาศแบบหนึ่ง เส้นกราฟ a เป็นกราฟของข้อมูลจริง ๆ ที่เก็บมาได้ ส่วนกราฟ b เป็นกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของกราฟ a ช่วง A-B เป็นช่วงก่อนที่จะเกิดเพลิงไหม้หมดทั้งห้องและเราเรียกช่วงนี้ว่า " ช่วงเริ่มก่อตัวของไฟ " ( Growth period ) ที่จุด b ช่วงเพาไหม้ ( Burning period ) จะเริ่มขึ้น นั่นหมายความว่าภายในห้องนั้นได้เกิดเพลิงลุกไหม้จนทั่วหมดแล้ว ช่วงนี้คือช่วงการพัฒนาตัวเองของไฟได้เกิดขึ้นเต็มที่ อุณหภูมิภายในจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ว่าจะเกิดในอัตราที่ลดลงเมื่อเลยจุด c ซึ่งเป็นจุดที่ความร้อนที่ได้จากสิ่งที่ถูกเพาไหม้ไปกับความร้อนที่สูญเสียไปกับกำแพง และสิ่งแวดล้อมมีค่าเท่ากันพอดี อุณหภูมิจะเริ่มลดลง เลยจุด c ไปถือว่าเป็นช่วงของการสลายตัว ( Decay Period ) แม้ว่าอุณหภูมิจะเริ่มลดลงแต่อุณหภูมิใน ช่วงนี้ยังสูงมากอยู่ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการพังทลายของการจัดรงสร้างได้ถ้าไหม้เป็นเวลานาน ๆ ติดต่อกันหลาย ๆ ชั่วโมง ในระหว่างที่ลุกไหม้ในช่วงของการเพาไหม้หรือช่วง การสลายนั้น อาจจะมีการส่งผ่านความร้อนหรือการกระจายของไฟ จากห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่งก็ได้ หรืออาจจะมีการแผ่เปลวไฟความร้อนไปยังตึกข้างเคียงอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.1 แสดงพฤติกรรมความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ช่วงการก่อตัวของไฟ ( Growth Period )

อุณหภูมิในช่วงนี้ค่อนข้างต่ำอยู่ดังนั้นจึงไม่ค่อยมีผลเท่าใดนัก เวลาของช่วงนี้จะสำคัญกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าถ้าเวลาของช่วงนี้นานก็จะยังพอมีเวลาที่จะหลบหนีออกจากห้องหรือตัวตึกได้อย่างปลอดภัย และยังสามารถดับไฟได้ทันท่วงทีอีกด้วย เวลาของช่วงนี้จะนานเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเชื้อเพลิง ถ้าเชื้อเพลิงติดไฟได้ง่ายความร้อนที่ออกมากจะมากหาให้เวลาของช่วงนี้ก็จะน้อยตามไปด้วย พื้นที่ผิวของกำแพง เพดาน ก็มีผลกระทบต่อเวลาของช่วงการก่อตัวของไฟอีกด้วยคือระยะห่างของสิ่งที่ติดไฟภายในห้อง ขนาดและตำแหน่งของแหล่งกำเนิดไฟ ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดภายในห้อง ทิศทางและความเร็วของลม ขนาดและรูปร่างของห้อง และปริมาณและขนาดของเชื้อเพลิงภายในห้อง

## ช่วงของการเผาไหม้และช่วงการสลายตัว ( Burning and Decay period )

ระหว่างที่มีไฟกำลังไหม้อยู่ภายในห้องนั้น ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของก๊าซที่มาจากสิ่งที่ติดไฟจะมีการเคลื่อนตัวลอยสูงขึ้นและออกไปทางส่วนบนของช่องเปิด หรือทางหน้าต่าง ส่วนอากาศที่เย็นกว่าจากภายนอกก็จะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ทางส่วนล่างของช่องเปิดและเข้าร่วมในการเผาไหม้ต่อไป เหตุการณ์นี้เนื่องมาจากการเกิดความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของอากาศร้อนภายในและอากาศเย็นภายนอกนั่นเอง ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่มีส่วนช่วยให้ช่วงนี้เกิดได้ดีก็คือ ปริมาณของเชื้อเพลิงและขนาดของช่องเปิดภายในห้องนั้น ถ้าช่องเปิดภายในมีขนาดใหญ่อัตราการเผาไหม้จะยิ่งสูง แต่ความเป็นจริงแล้วพื้นที่ผิวของสิ่งที่ติดไฟก็จะเป็นตัวควบคุมอัตราการเผาไหม้ด้วย สิ่งที่ติดไฟภายในอาคารส่วนใหญ่จะเป็นพวกเครื่องเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งในแต่ละห้องก็จะมีจำนวนแตกต่างกันไปและเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วย อย่างไรก็ตามภายในอาคารหลาย ๆ แห่งจะมีพื้นที่ผิวของเฟอร์นิเจอร์อยู่อย่างเพียงพอ สรุปแล้วอัตราการถ่ายเทของอากาศภายในห้องจะเป็นตัวควบคุมอัตราการเผาไหม้ที่มีผลมากกว่าตัวการอื่น ๆ

ดังนั้นจะเห็นว่าจากขบวนการของการพัฒนาตัวเองของไฟ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะไฟไหม้การกระจายของไฟ ช่วงเวลาที่เกิดไฟไหม้ และอื่น ๆ อีกนั้นจะขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่นหลายอย่างซึ่งถ้าพิจารณาเฉพาะไฟที่เกิดขึ้นภายในอาคารมีดังนี้

ก. ปริมาณของไฟ ( Fire Load )
ข. ตำแหน่งที่อยู่ของปริมาณไฟ
ค. ชนิด รูปร่างและขนาดของเชื้อเพลิงหรือสิ่งซึ่งติดไฟได้
ง. พื้นที่ของช่องเปิดหรือหน้าต่าง
จ. อุณหภูมิ ความดัน และความชื้นสัมพัทธ์
ฉ. ขนาดของห้อง
ช. การนำความร้อนของวัตถุโครงสร้าง
ซ. ระดับการแผ่กระจายของไฟ

จากการศึกษา ที่ได้มีการค้นคว้าและทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเอาไว้แล้วนี้ พบว่าตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ ตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพล ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เส้นกราฟของไฟมีลักษณะต่าง ๆ กันบ้าง คือ ปริมาณของไฟ และ พื้นที่ช่องเปิด

### ปริมาณไฟ ( Fire Load )

ปริมาณของไฟนิยามว่าเป็น ปริมาณความร้อนที่วัตได้จากวัสดุซึ่งติดไฟได้ในห้องหนึ่ง หรืออาจจะนิยามปริมาณไฟว่าเป็น ปริมาณความร้อนของวัสดุซึ่งติดไฟต่อพื้นที่หนึ่งตารางหน่วยถ้าพูดถึงความหนาแน่นของปริมาไฟนั่นก็คือ วัสดุภายในปริมาตรนั่นเอง ปกติแล้วค่าปริมาณไฟจะคิดต่อพื้นที่ผิวของห้อง

ในประเทศต่าง ๆ ได้มีการสำรวจเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณของไฟในอาคารกันอย่างกว้างขวาง โดยทั่วไปแล้วปริมาณความร้อนของวัสดุซึ่งติดไฟนั้นจะอยู่ในรูปของน้ำหนักของไม้ที่ให้ความร้อนออกมาเท่า ๆ กันกับปริมาณความร้อนของวัสดุนั่นเอง ปริมาณไฟสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับการกระจายของวัสดุในอาคารหรือตามแหล่งของวัสดุชนิดของห้องภายในอาคารและอื่น ๆ อีก จากข้อมูลที่เก็บมาจากหลาย ๆ อาคารที่ได้มีการลงความเห็นกันว่าค่าเฉลี่ยของความน่าจะเป็นของค่าปริมาณไฟในอาคารจะมีค่าไม่น้อยกว่า 10 บอนด์ต่อพื้นที่หนึ่งตารางฟุตต่อหนึ่งชั่วโมง ซึ่งค่านี้ได้ถูกนำไปใช้กำหนดมาตรฐานไฟเพื่อใช้ในการทดสอบซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**พื้นที่ของช่องเปิด ( Openning Area )**

พื้นที่ของช่องเปิดมีอิทธิพลอย่างมากต่อการลุกไหม้ของไฟ ถ้าพื้นที่ของช่องเปิดมีมากก็จะทำให้อากาศร้อนภายในลอยตัวออกไปแล้วอากาศเย็นก็จะเข้ามาแทนที่ ทำให้ไฟมีการลุกไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ และยังสามารถกระจายไปยังห้องข้างเคียงหรือตึกข้างเคียงได้ง่าย พื้นที่ของช่องเปิดจนที่นี้ไม่ได้หมายถึงพื้นที่ของหน้าต่างและประตูเพียงอย่างเดียวเท่านั้นแต่ยังรวมถึงพื้นที่ที่อากาศสามารถผ่านเข้าออกภายในห้องได้ยึกด้วย

จากการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้วนั้น ก็จะสามารถเลียนแบบพฤติกรรมของไฟที่เกิดขึ้นจริงไฟติดอยู่ในรูปของความสัมพันธ์เวลากับอุณหภูมิ เมื่อสามารถเลียนแบบไฟได้แล้วก็สามารถกำหนดเป็นมาตรฐานไฟเพื่อใช้ในการทดสอบหาพฤติกรรมต่าง ๆ ของวัสดุดังจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

**เส้นโค้งมาตรฐานไฟและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ**
**(Standard Fire Curve and basic Theory of Fire Severity)**

**การที่จะทราบว่าองค์อาคารที่ถูกไฟไหม้ไปแล้วนั้นจะมีพฤติกรรมอย่างไร**

จะสามารถต้านทานไฟได้มากน้อยเพียงใดนั้นก็จะต้องมาจากการทดสอบทั้งสิ้น จากข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มูลดังกล่าวที่เกิดขึ้นจริงกับอาคารต่าง ๆ ต่อมาจึงได้มีการศึกษาว่าเพื่อหาหลักการ ที่จะใช้เป็นมาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษากันในหลาย ๆ ประเทศ ตามสถาบันต่าง ๆ อาทิ เช่น ASTM ISO และอื่น ๆ อีกมากมาย ได้มีการแนะนำมาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ทดสอบตลอดมีการสร้างหลักการของ **ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (Temperature - Time Relation)** เพื่อเลียนแบบไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ กับอาคาร โดย นักวิชาการชาวอเมริกาชื่อ INGBERG ได้เสนอแนวความคิดในการสร้าง **เส้นโค้งมาตรฐานไฟ** โดยเรียกว่า " แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ ( Fire load concept) "

FIRE LOAD CONCEPT

FIRE LOAD CONCEPT หรือแนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟมีข้อ สมมุติฐาน ที่มีความสำคัญที่จะใช้ในการวิเคราะห์มีดังนี้คือ

ก. ความทนทานไฟขององค์อาคาร ขึ้นกับ " **ความรุนแรงของไฟ** " เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ความรุนแรงของไฟสำหรับอาคารหรือที่ได้จากเตาไฟ ที่ใช้ในการทดสอบซึ่งลอกเลียนแบบไฟจริง ๆ นั้นก็คือ **พื้นที่ใต้กราฟอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง**

ข. ความรุนแรงของไฟ ขึ้นอยู่กับ **ความเข้มของปริมาณไฟ** เพียงอย่างเดียวเ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสมมุติฐานดังกล่าวนี้นั้นง่าย และไม่ถูกต้องเท่าไรนัก เนื่องจากความรุนแรงของไฟไม่ได้ขึ้นกับความเข้มของปริมาณไฟแต่เพียงอย่างเดียว จริง ๆ แล้วยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ของช่องเปิด ชนิด และน้ำหนักของเชื้อเพลิง คุณสมบัติทางความร้อนของกำแพง เพดาน เป็นต้น แม้กระนั้นก็ตาม ก็คือว่าตัวประกอบต่าง ๆ เหล่านี้ มีผลน้อยกว่าเมื่อเทียบกับ **ความเข้มของปริมาณไฟ** จนถึงบัดนี้ยังไม่มีแนวความคิดอื่น ๆ ที่สามารถเสียนแบบไฟที่ใกล้เคียงได้เท่านี้ ดังนั้นแนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟจึงยังคงเป็นที่ใช้กันอยู่ และยังเป็นพื้นฐานในการสร้าง **เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลา** ขึ้นด้วย

## ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ ( Basic Theory of Fire Severity

ความรุนแรงของไฟที่เกิดขึ้นใน อาคารจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวประกอบที่สำคัญสองตัวด้วยกันคือ **เชื้อเพลิงหรือสิ่งที่สามารถติดไฟได้ที่มีอยู่ภายในอาคาร** และ **พื้นที่ของช่องเปิดภายในอาคาร** แต่ตัวประกอบทั้งสองนี้สามารถแปรเปลี่ยนได้ และไม่สามารถที่จะกำหนดได้ตายตัวได้ว่าอาคารแบบนั้น ๆ จะมีค่าเป็นเท่าไร ดังนั้นการที่จะกำหนดค่าความรุนแรงของไฟ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับ **อุณหภูมิของไฟที่เวลาต่าง ๆ** นั่นก็คือความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

**ความรุนแรง** ของไฟจริง ๆ แล้วก็คือ **พลังงานความร้อนที่สามารถทำลายคุณสมบัติในการต้านทานไฟและความทนทานไฟของวัสดุ** พลังงานความร้อนในที่นี้ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ <u>พื้นที่ใต้เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา</u> ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟที่ว่า ความรุนแรงของไฟก็คือพื้นที่ใต้เส้นโค้งอุณหภูมิกับเวลา เนื่องจากเส้นโค้งอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ นั้นจะมีลักษณะแบบหนึ่งที่แตกต่างจากเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาของ ASTM ซึ่งสามารถแปลงให้อยู่ในรูปของมาตรฐานได้ โดยการกำหนดให้พื้นที่ใต้เส้นโค้งมาตรฐานมีค่าเท่ากับเส้นโค้งของไฟจริง ๆ นั่นคืออาศัยหลักการของพลังงาน โดยยกตัวอย่างการแปลงได้ดังรูปแสดงการแปลงความรุนแรงเสมือน ชั่วโมง ระยะเวลาของการแปลง และ ระยะเวลาของกราฟของ ASTM จะมีความแตกต่างกัน แต่พื้นที่ใต้เส้นโค้งจะมีค่าเท่ากัน

เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลา ( Standard Temperature – Time Curve )

ASTM E 119 ได้เสนอเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาที่มีความเข้มของปริมาณไฟใกล้เคียงกันกับไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ จนอาจารย์โดยมีค่าความเข้มเท่ากับ 10 บอนด์ต่อพื้นที่หนึ่งตารางฟุตต่อหนึ่งชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อิทธิพลของไฟ ที่มีผลกระทบต่อวัสดุพื้นฐานที่ประกอบขึ้นเป็นอาคาร

วัสดุพื้นฐานที่นำมาประกอบกันเป็นโครงสร้างอาคารคอนกรีตนี้นั้นที่สำคัญคือ คอนกรีต และ เหล็ก วัสดุดังกล่าวนี้ เมื่อเวลาถูกไฟไหม้หรือความร้อน คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ เช่น กำลัง ความแข็งแรงหรือค่ามอดูลัสของความยืดหยุ่น การนำความร้อน และอื่น ๆ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะมีผลกระทบต่อความมั่นคงของโครงสร้างทั้งสิ้น

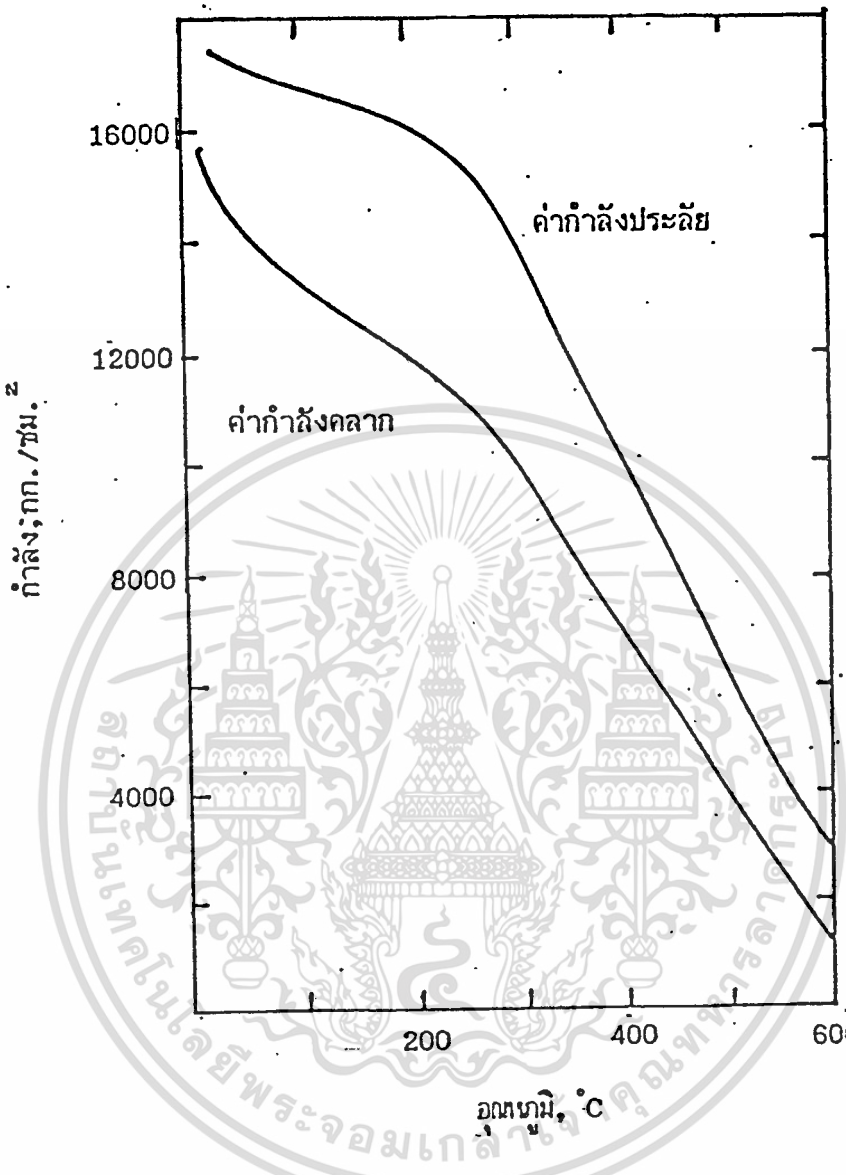
เนื่องจาก ประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุกหรือกำลังของโครงสร้าง และความแข็งแรงของโครงสร้างเป็นสิ่งที่น่าควรจะคำนึงถึงเป็นอันดับแรกสุด ทั้งนี้เนื่องจาก การใช้งานโครงสร้างอาจจะเกิดการวิบัติขึ้นเมื่อไรไม่อาจจะทราบได้ถ้าหากมีความจำเป็นที่จะนำโครงสร้างดังกล่าวมาใช้งาน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคุณสมบัติทั้งสองข้อดังกล่าวเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นเราจะมาทำการศึกษาถึง อิทธิพลของอุณหภูมิที่จะมีผลต่อวัสดุพื้นฐานทั้งสองว่าจะเป็นเช่นใดบ้าง แต่ในการทดสอบที่จะกล่าวถึงและทำการวิเคราะห์คือ การศึกษาว่าความร้อนจะมีผลต่อคอนกรีตอย่างไร ระยะเวลาที่ถูกเผาจะทำให้ความแข็งแรงลดลงเป็นอย่างไร

### เหล็ก

**กำลังและความแข็งแรงของเหล็กที่อุณหภูมิต่าง ๆ**

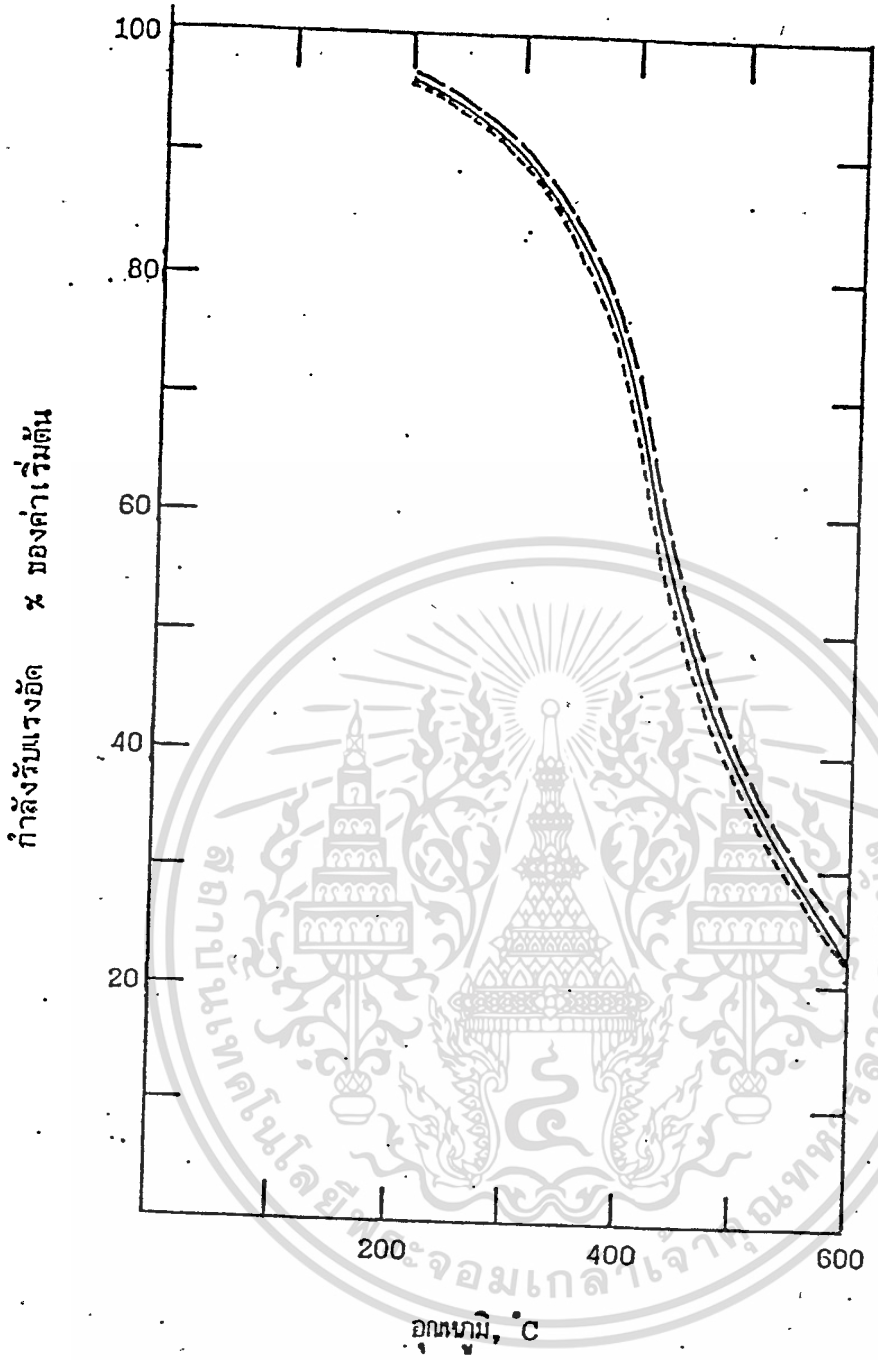
เหล็กเมื่อถูกความร้อนที่อุณหภูมิสูง ๆ ค่ากำลังรับแรงดึงประลัย ค่ากำลังคลาก และค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของทั้งเหล็กเสริมและลวดอัดแรงจะมีค่าลดลงอย่างมาก จนบางกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




กำลังคลากของลวดอัดแรงที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



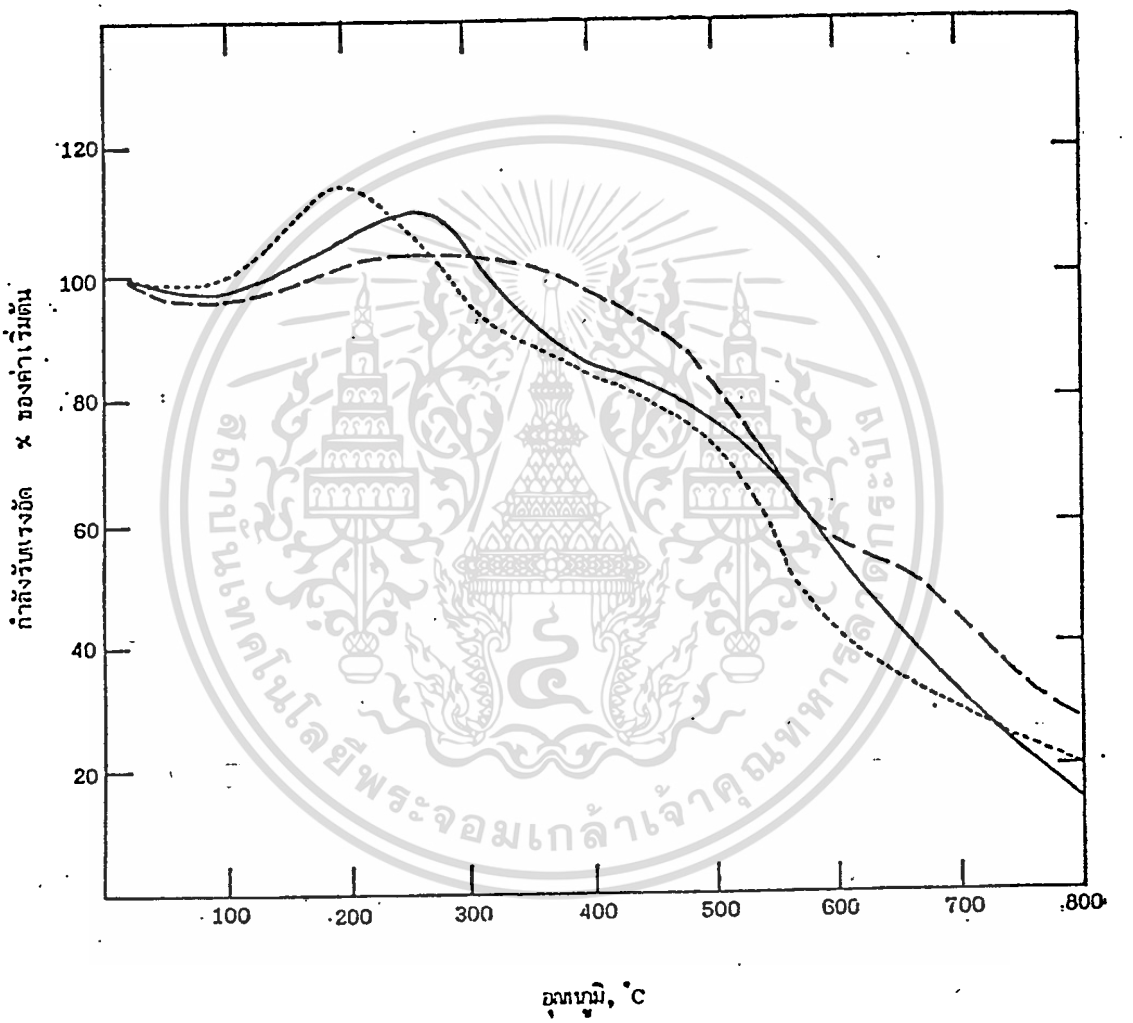

ผลกระทบของการแปรเปลี่ยนค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในช่วง 0.3-0.7 ต่อการลดลงของค่ากำลังอัดที่อุณหภูมิต่างๆ

———— W/C = 0.45

– – – – W/C = 0.30

-- -- -- W/C = 0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



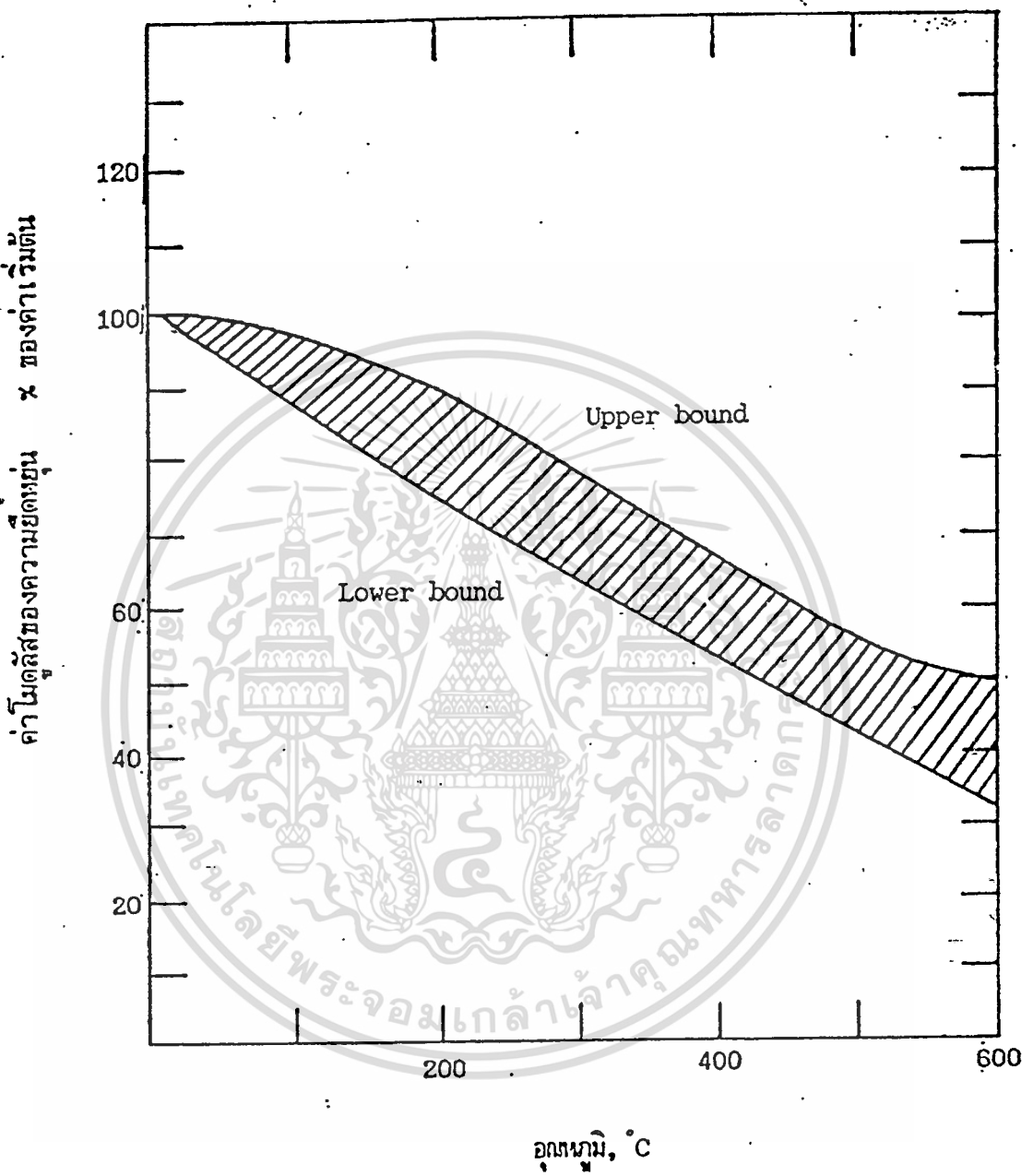

ผลกระทบของการแปรเปลี่ยนมวลรวมที่ใช้ในการผสมคอนกรีตที่มีต่อการลดลงของค่ากำลังอัดที่อุณหภูมิต่างๆ

- - - - - - Lightweight agg.

— — — — Limestone agg.

———— Siliceous agg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจจะลดลงมา 50 % เลยทีเดียว

คอนกรีต

กำลังของอุณหภูมิของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ

กำลังของคอนกรีตแบ่งออกเป็น กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงเฉือน และที่สำคัญอีกอันหนึ่งก็คือ กำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม ในที่นี้จะทำการวิเคราะห์ถึง กำลังรับแรงอัดที่อุณหภูมิสูง ( 400 องศาเซลเซียส )

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง จะมีค่าลดลงซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวคล้ายกับของเหล็ก เนื่องจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตขึ้นกับค่าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ แต่เนื่องจากงานวิจัยที่ได้มีการค้นคว้ามาแล้วนั้น พบว่าค่าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ จะไม่มีอิทธิพลต่อการลดลงของกำลังของคอนกรีตที่อุณหภูมิสูง หรือนอกจากนี้พบว่าเมื่อใช้มวลรวมต่างชนิดกันมาผสมคอนกรีต แล้วทำการทดสอบไฟที่อุณหภูมิสูง เช่น ส่วนผสมของมวลรวมคาร์บอเนต ไลม์สโตน ซิลิไมต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเปลี่ยนแปลงสีของดอนกรีตตามอุณหภูมิต่าง ๆ

ดอนกรีตที่ถูกไฟเผาไปแล้วนั้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของดอนกรีตไปเป็นสีต่าง ๆ ตามระดับของอุณหภูมิต่าง ๆ

ตาราง แสดงสีผิวของดอนกรีตเมื่อเวลาถูกไฟไหม้ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ กัน

| อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | สีของดอนกรีต |
|---|---|
| 300 | ปกติไม่เปลี่ยนแปลง |
| 300-600 | ชมพู - แดง |
| 600-950 | เทาขาว (White - Gray) |
| 950 | เหลืองคล้ำ (Buff) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การหลุดกระเทาะของคอนกรีต ( Spalling )

การหลุดกระเทาะของคอนกรีตส่วนใหญ่จะมาจาก 2 สาเหตุใหญ่ดังนี้คือ

ก. คอนกรีตอัดตัว ( Excessive Compression )

เนื่องจากโครงสร้างคอนกรีตมีความหนา เมื่อคอนกรีตถูกความร้อน ผิวชั้นนอกจะร้อนกว่าผิวชั้นในทำให้เกิดการขยายตัวมากกว่า แต่การขยายตัวนี้จะถูกต้านทานและยึดรั้งไว้โดยผิวชั้นในที่เย็นกว่า ทำให้มีแรงอัดเกิดขึ้นที่ผิวชั้นนอก ถ้าแรงอัดที่เกิดขึ้นสูงกว่าค่ากำลังสูงสุดของคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตที่ผิวนอกหลุดกระเทาะออกมาได้

ข. แรงดันของไอน้ำภายในคอนกรีต เนื่องจากคอนกรีตเป็นของผสมที่มีน้ำแฝงตัวอยู่ ดังนั้นเมื่อคอนกรีตถูกไฟไหม้ ไอน้ำที่ผิวนอกบางส่วนจะระเหยออกมา และมีบางส่วนถูกไล่เข้าไปในแกนกลาง ผิวนอกที่สูญเสียน้ำก็จะแห้งและเปราะ และเป็นตัวกันไม่ให้ไอน้ำภายในระเหยออกมา เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแรงดันไอน้ำก็จะสูงขึ้นด้วย ทำให้ดันเนื้อคอนกรีตให้แตกออกหรือระเบิดออกมาได้

จากความรู้ดังกล่าว พบว่าอุณหภูมิไฟไหม้ ประมาณ 500 องศาเซลเซียส ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะลดลงอย่างมากประมาณ 50% นี่แสดงให้เห็นว่า ค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของคอนกรีต ก็จะมีค่าลดลง แต่ยังสามารถที่จะรับน้ำหนักของตัวเองอยู่ได้ แต่ถ้าคอนกรีตส่วนที่ถูกไฟเผา ถูกทิ้งไว้เป็นเวลานาน ๆ โดยไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การซ่อมแซม กาลังรับน้าหนักบรรทุกดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรนั้น เป็นสิ่งที่น่าพิจารณาและน่าสนใจที่จะต้องหาการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระเหิดของตัวอย่างคอนกรีต และการหลุดกระเทาะ

สภาพที่ผิวของคอนกรีตจะมี
การขยายตัวซึ่งเมื่อแรงของ
การขยายตัวมากกว่าแรงยึด
ของคอนกรีต ก็จะหลุดออกได้

ถ้าอัตราการให้ความร้อนต่ำ

อัตราการพัฒนาความร้อน

การเพิ่มตัวเองของไฟ

ถ้าอัตราการให้ความร้อนสูง

อัตราการเพิ่มตัวเองของไฟจะ

ทำให้กราฟมีความชันมาก

อุณหภูมิ

เวลา

จากปกติ ที่จะคอย ๆ พัฒนา

อุณหภูมิ

เวลา

มีผลกระทบต่อแหงคอนกรีต

แรงดัน

ไฟ น้ำ ปูนซิเมนต์

อนกรีตแตกระเบิด

- ผิวคอนกรีต มีน้ำกลายเป็นไอน้ำระเหยออกได้ง่าย
- ที่บริเวณคอนเข้าไปข้างในไอน้ำจะถูกไล่เข้าแกนใน
- เมื่อผิวแห้ง จะเปราะ ไอน้ำข้างในออกมาไม่ได้
- เมื่อมีการเพิ่มอัตราการให้ความร้อน
- แรงดันตางจึงพยายามดันคอนกรีตออกทุกทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียกำลังของคอนกรีต

ในตัวอย่างคอนกรีต หรือในคอนกรีตธรรมดาทั่วไป ถ้าอายุไม่มากนัก ในเนื้อคอนกรีตจะมีช่องว่างซึ่งเต็มไปด้วยน้ำ ซึ่งจะแตกต่างจาก คอนกรีตเก่าโดยทั่วไปของอาคาร

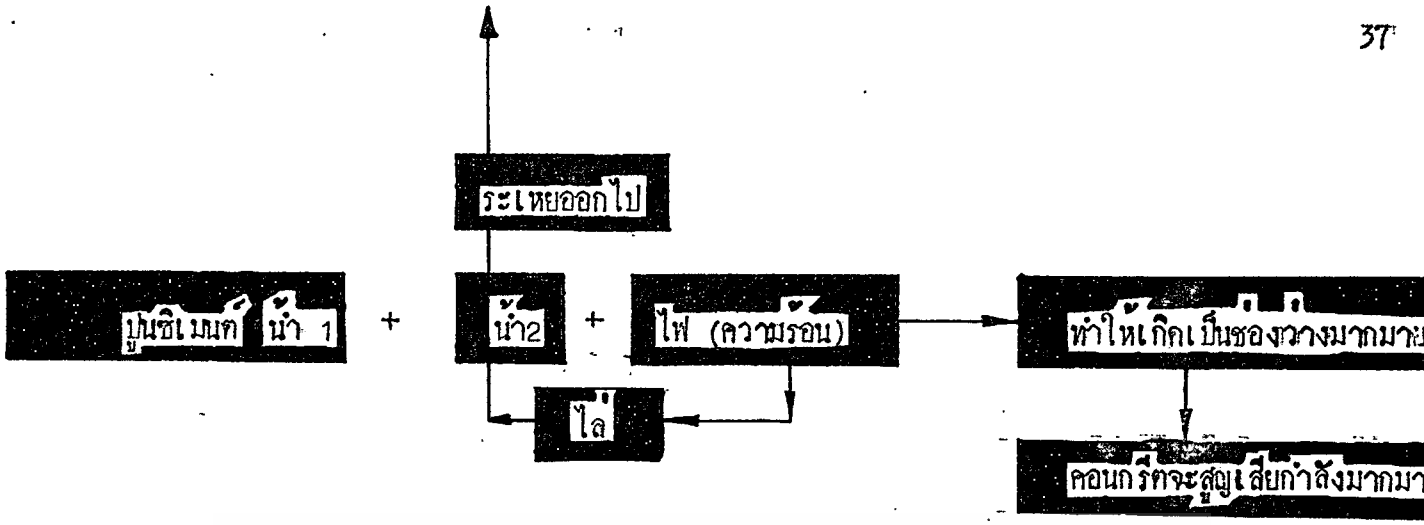
คอนกรีตในธรรมชาติ

ส่วนประกอบที่ไฟจะมีผลกระทบมากที่สุดคือ ซีเมนต์เพลส

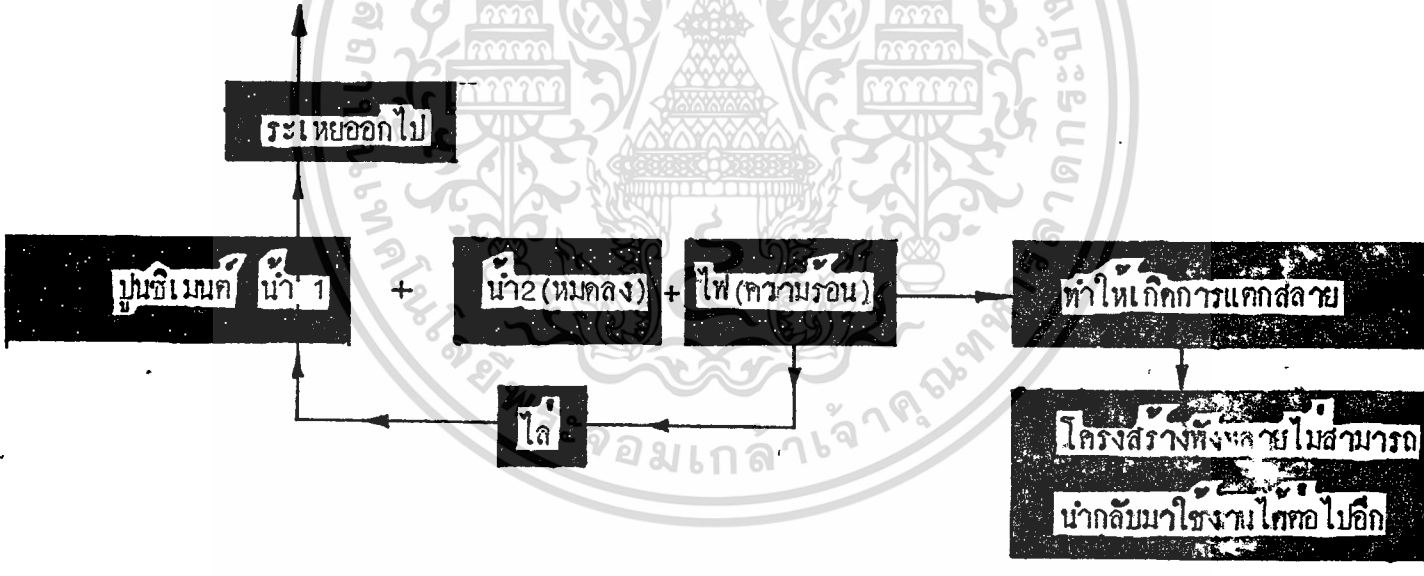
ส่วนประกอบของซีเมนต์เพลส

| | | | |
|---|---|---|---|
| ปูนซีเมนต์ | น้ำ | → | ซีเมนต์เพลส |
| ปูนซีเมนต์ | 1 น้ำ (ที่เพียงพอกับการทำปฏิกิริยา) | → | ซีเมนต์เพลส |
| | 2 น้ำ (ที่เพียงพอกับการทำให้คอนกรีตสามารถนำไปใช้งานได้อย่างสะดวก) | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




แต่เมื่อมีความรุนแรงของไฟมาก (ถูกเผาขาน)




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจสอบอาคารที่เกิดการชำรุดเนื่องจากถูกไฟไหม้

เมื่อเกิดไฟไหม้อาคารคอนกรีต\ตเสริมเหล็กขึ้น มักจะมีปัญหาตามมาว่าโครงสร้างนั้นจะยังคงใช้งานได้ต่อไปอย่างปลอดภัยหรือไม่ เพราะบางทีดูเผิน ๆ เหมือนกับว่าตัวโครงสร้างยังอยู่ในสภาพดี เว้นแต่แผ่นฟื้นจะแย่นบ้าง และปูนฉาบมักจะกระเทาะออกมาเป็นส่วนใหญ่

ปกติสำนักแห่งคอนกรีตบ่งให้ความร้อนอย่างรวดเร็ว จะพบว่ากำลังตกลงไปมากดังจะเห็นได้จากผลการทดลองที่ประเทศเยอรมัน ใน พ.ศ. 2473 โดยใช้แท่งลูกบาศก์ขนาด 10 ถึง 15 ซม. บ่มชื้น 7 วัน แล้วให้ความร้อนเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้ คือ

| อุณหภูมิ ( องศาเซลเซียส ) | % การลดลงของกำลังอัด |
|---|---|
| 300 | 12 |
| 500 | 50 |
| 670 | 82 |

แต่การทดลองดังกล่าว กระทำกับชิ้นส่วนเล็ก ๆ เท่านั้น ซึ่งเมื่อเผาไฟจะได้รับความร้อนอัดพร้อมกันทุกด้าน แต่ในโครงสร้างที่จริงไฟได้เผาเพียงบางส่วนบางด้านเท่านั้น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ฉะนั้นกำลังของคอนกรีตในโครงสร้างอาจไม่ลดลงมากเหมือนที่ปรากฏในผลจากห้องทดลอง

เมื่อโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กถูกไฟไหม้ ส่วนของคอนกรีตที่เสื่อมสภาพมากที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดใส้แก่ผิวนอกที่หุ้มเหล็กเสริมและมักจะหลุดออก แต่ภายในที่มิได้ถูกกับไฟโดยตรงมักยังแข็งแรงดีอยู่หรือองค์อาคารตอนกรีตที่มีปูนฉาบหุ้มเมื่อถูกไฟไหม้ขนาดไม่รุนแรงนัก มักจะเสียหายเฉพาะปูนฉาบเท่านั้น เนื้อคอนกรีตภายในมักจะยังดีอยู่ในสภาพดีอย่างไรก็ตามหากประสงค์จะใช้อาคารที่ถูกไฟไหม้แล้วต่อไป ก็ควรจะทำการทดสอบคุณภาพของวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้าง ตลอดจนทดสอบความมั่นคงแข็งแรงของอาคารจนเป็นที่แน่ใจว่าจะใช้งานได้โดยปลอดภัย

**จนในบางกรณี ที่มีปัญหาว่าอาคารที่ถูกไฟไหม้แล้วจะมีความมั่นคงหรือไม่ที่จะใช้งานได้โดยปลอดภัย อาจทำการตรวจในเบื้องต้นง่าย ๆ ดังต่อไปนี้**

1 สำรวจสภาพทั่วไปของอาคาร เช่น มีตาน ฝืน หรือเสาใดบ้างที่ชำรุด ผนังก่ออิฐร้าวมากน้อยเพียงใด ปูนฉาบหลุดกระเทาะบ้างหรือไม่

2 นำตัวอย่างเหล็กเสริมที่ถูกความร้อนจัดไปทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อดูว่าเหล็กเสริมดังกล่าวยังมีคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น จุดคราก แรงดึงประลัย เปอร์เซ็นต์ส่วนยืด ยังดีดังเดิมหรือไม่หรือเสื่อมไปบ้างแต่ยังคงสามารถรับหน่วยแรงต่าง ๆ ได้โดยปลอดภัยหรือเสื่อมมากจนอาจเกิดอันตรายหากใช้งานต่อไป

3 ใช้เครื่องเจาะ ๆ เอาแก่นตัวอย่างฟันคอนกรีตไปทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาค่ากำลังสูงสุด

4 ในองค์อาคารที่ไม่สามารถเจาะเอาแก่นไปทดสอบได้ เช่น ตาน และเสา ก็ควรใช้การทดสอบโดยใช้เครื่องมือเรียกว่า concrete test hammer

5 เมื่อทำการทดสอบตามข้อ 2 ถึง 4 เรียบร้อยแล้ว ถ้าปรากฏว่า คอนกรีตและเหล็กเสริมยังมีคุณสมบัติดีพอที่จะใช้งานต่อไปได้ ก็ควรทำการทดสอบขั้นสุดท้ายโดยวิธีทดลองบรรทุกน้ำหนักเพื่อทดสอบความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างทั้งหมดพร้อมๆ กันอีกขั้นหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนี้นอาจสรุปหลักการและแนวทางในการสำรวจได้ว่า

การสำรวจความมั่นคงของโครงสร้างส่วนที่เสียหายจากอัคคีภัย และความเสียหายอันเนื่องมาจากการก่อสร้างไม่ตรงตามแบบ มีหลักการและแนวทางในการสำรวจเป็นขั้นตอนดังนี้

1 การสำรวจจัดทำแผนผังโครงสร้างของอาคารทั้งหมดโดยละเอียด เพื่อกำหนดองค์อาคารต่าง ๆ ได้แก่ พื้น . คาน เสา ของทุก ๆ ชั้น เพื่อประกอบการอ้างอิง

2 การสำรวจโครงสร้างองค์อาคาร เพื่อตรวจสอบลักษณะที่แท้จริงที่ปรากฏ เปรียบเทียบกับแบบที่ยื่นขอใบอนุญาตก่อสร้าง อันได้แก่ ขนาดของเหล็ก เหล็กเสริม คาน เสาและพื้น

3 การทดสอบความแข็งแรงของวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความเสียหายจากอัคคีภัย ได้แก่ คอนกรีต และเหล็กเสริม โดยทำการทดสอบในสถานที่ และเก็บรวบรวมชิ้นส่วนตัวอย่างไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ ความแข็งแรงที่ลดลงของวัสดุก่อสร้างที่เสียหายจากอัคคีภัยจะใช้เปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างที่ไม่ถูกอัคคีภัยในอาคารเดียวกัน

วิธีการทดสอบที่ใช้อ้างอิงจากมาตรฐานของ ASTM Standard อันประกอบด้วย

1 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ในที่ โดยวิธี " ปืนยิงคอนกรีต " หรือ Rebound Hammer (RH)

2 การดัดเหล็กเสริมไปทดสอบหากำลังดึงและอัตราการยืดตัวในห้องปฏิบัติการ Tension Test of Reinforcement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการสำรวจความเสียหายขององค์อาคาร

พื้นตั้งแต่ชั้น 1 ถึงชั้นดาดฟ้าของอาคารทุกห้องเกิดการแอ่นตัวเกินขนาด คอนกรีตบางส่วนหลุดร่อนถึงชั้นเหล็กเสริม ตามส่วนใหญ่มีรอยร้าว บันไดตั้งแต่ชั้น 1-3 เกิดการแยกตัวออกจากผนัง

การทดสอบคอนกรีตและเหล็กเสริม ผลการทดสอบคอนกรีตโดยวิธี Schmidht Hammer อย่างไรก็ตามค่าจากการประมาณกำลังนี้ ไม่อาจเชื่อถือได้มากนัก

สำหรับผลการทดสอบเหล็กพบว่าขนาดของเหล็กที่รัดได้จริงไม่เป็นไปตามขนาดที่ระบุบนเหล็กเส้นนั้น พื้นที่เหล็กเสริมต่ำกว่าที่ระบุ

นอกจากนี้ยังคาดว่ายังมีความเสียหายในลักษณะอื่น ๆ อีก เช่น การสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม และการเสียกำลังในระยะยาวของคอนกรีตเป็นต้น

นอกจากคอนกรีตและเหล็กเสริมแล้ว ส่วนอื่น ๆ ในอาคาร เช่น วงกบประตูหน้าต่าง และ โครงสร้างหลังคาไม้ ได้รับความเสียหายจากอัคคีภัยจนหมดสภาพการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตของการทดสอบ

- strength ของคอนกรีตที่ใช้งานโดยทั่วไปมีค่า 180 $kg/cm^3$ (เพื่อให้คอนกรีตที่จะนำมาทดสอบมีกำลังการรับน้ำหนักเท่ากันหมดตรงใช้คอนกรีตแบบ ready mixed เพื่อที่จะไม่เกิด error ขึ้นในการทดสอบเพราะว่าการ set การรับกำลังของคอนกรีตให้คงที่มีความสำคัญมากในการพิจารณาการรับกำลังของคอนกรีตหลังการเผา ซึ่งนี้คอนกรีตที่จะนำมาทดสอบจะมีค่า strength ที่แตกต่างกันทำให้ผลการทดสอบผิดพลาดและมุ่งยากอย่างมาก) แต่ว่าไม่ได้รับการอนุมัติ

- ช่วงอุณหภูมิของการเผาไหม้เท่ากับ 400 , 500 องศาเซลเซียส

- ช่วงเวลาการเผาในอุณหภูมิของการเผาคงที่ใช้เวลา 1 , 2 , 3 , 4 ชั่วโมง

- ระยะเวลาการทดสอบหลังการบ่มในน้ำ 28 วัน การทดสอบครั้งละ 6 ตัวอย่าง

จำนวนคอนกรีตตัวอย่างที่ใช้ทดสอบในแต่ละครั้งเท่ากับ 6 ตัวอย่าง

จำนวนคอนกรีตตัวอย่างที่ใช้ทดสอบทั้งหมดเท่ากับ 33 ตัวอย่าง

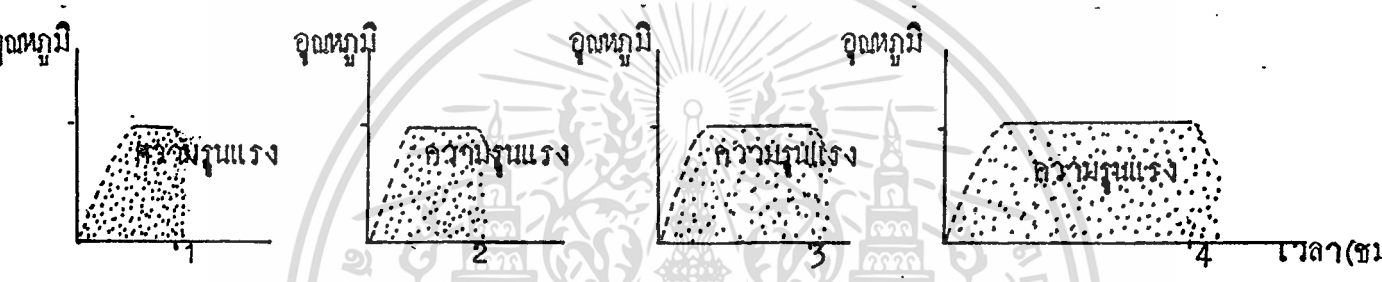
แท่งคอนกรีตตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบจะใช้แบบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 cm สูง 30 cm

การเทคอนกรีตตัวอย่างให้เท 3 ชั้น กระทุ้ง 25 ครั้ง ปาดหน้าให้เรียบ ทำการบ่มเป็นเวลา 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM C 192-79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การศึกษาความรุนแรงของไฟ</u>

จาก ระยะความทนทานไฟขั้นต่ำ ตามมาตรฐาน ASTM E 119 กำหนดไว้คือ ระยะเวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง นั่นคือการเผาไฟควรที่จะไม่ต่ำกว่าเวลา 1 ชั่วโมง




ซึ่งคอนกรีตที่ถูกเผาไหม้ อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในระดับความรุนแรง ที่อุณหภูมิปานกลาง 400 องศาเซลเซียส อิทธิพลความรุนแรงของไฟ จะไสามารถกำหนดได้ โดยตัวแปรคือ ระยะเวลาของการเผาไหม้ เพราะฉะนั้น เมื่อเราศึกษาในระดับความรุนแรงปานกลางคือ อุณหภูมิประมาณไม่เกิน 500 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับดังกล่าว การทดสอบก็จะทำการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ และศึกษา อิทธิพลความรุนแรงของไฟ เมื่อเผาไฟเป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง หรือมากกว่า เพื่อนำผลมาศึกษา ว่าจะมีผลกระทบต่อการรับกำลังของคอนกรีตอย่างไรบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การดำเนินการทดสอบ

1. DESIGN ส่วนผสมของคอนกรีต ตดยกำหนด ULTIMATE STRENGTH ที่ 28 วัน เท่ากับ 180 KSC

2. ทำการผสมจส่ MOLD ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร

3. ทิ้งเอาไว้ 1 วัน ถอดแบบ MOLD ออก แล้วบ่มทิ้งเอาไว้จนน้ำเป็นเวลา 28 วัน นำขึ้นจากน้ำผึ่งให้แห้งหมาดๆวัน

4. TEST STRENGTH จดยนำตัวอย่างคอนกรีตดังกล่าวออกมา 7 ตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบการรับกำลังของคอนกรีตที่ 28 วัน

5 จดบันทึก จำนวน STRENGTH หมายเลข น้ำหนัก เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งคอนกรีต

6. นำแท่งตัวอย่างคอนกรีต จำนวน 3 ตัวอย่าง ไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2, 3, 4 ชั่วโมง ( แต่เกิดการระเบิดก่อนที่อุณหภูมิ 440 องศาเซลเซียส ในการทดสอบ )

7. นำแท่งตัวอย่างคอนกรีต ไปเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2, 3, 4 ชั่วโมง ทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก่อนทำการเผา

8. ขณะทำการเผาคอนกรีตจดยใช้เตาที่ใช้ แก๊สเป็นเชื้อเพลิง เพิ่มอุณหภูมิในเตาให้สูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งคงที่ ในระดับ 400, 500 องศาเซลเซียสตามลำดับ เป็นเวลาคงที่ตามที่กำหนดเอาไว้ จากนั้นดับไฟและทิ้งคอนกรีตให้เย็นตัวลงในเตาเผาทิ้งเอาไว้เป็นเวลาหนึ่งคืน

9. หลังจากนั้นนำแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ได้รับการเผาแล้ว มาทำหารผึ่งให้เย็น แล้วจึงนำมาทำการทดสอบ การรับกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างคอนกรีต

10. บันทึกผลการทดสอบเกี่ยวกับ จำนวน STRENGTH หมายเลข น้ำหนัก เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งคอนกรีต

11. ผลต่าง ๆ ที่ได้ทำการบันทึกมาทำการวิเคราะห์และประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อัตราส่วนผสมของคอนกรีต

W/C = 0.70 DESING CONCRETE STRENGTH ที่ระยะเวลา 28 วัน = 180 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ส่วนผสมของคอนกรีต

| | | |
|---|---|---|
| ปูนซีเมนต์ | 50 | กิโลกรัม |
| ทราย | 180 | กิโลกรัม |
| หิน | 180 | กิโลกรัม |
| น้ำ | 35 | ลิตร (1 ลิตร/กิโลกรัม) |
| รวมน้ำหนักทั้งหมด | 445 | กิโลกรัม |

กำลังอัดคอนกรีตเมื่ออายุ 28 วัน = 157 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

จาก การทดสอบแห่งตัวอย่างคอนกรีต จำนวน 7 ตัวอย่าง ได้มีค่าดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ตัวอย่างที่ 1 | 147.18 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| 2 | 157.32 | ,, |
| 3 | 166.86 | ,, |
| 4 | 170.68 | ,, |
| 5 | 172.79 | ,, |
| 6 | 145.2 | ,, |
| 7 | 144.99 | ,, |

ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด = 157.8614 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การประมวลผล</u>

ตารางความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่เพิ่มขึ้นและความร้อนที่เพิ่มขึ้นของเตาเผา และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่เพิ่มขึ้นและความร้อนที่เพิ่มขึ้นของเตาเผา

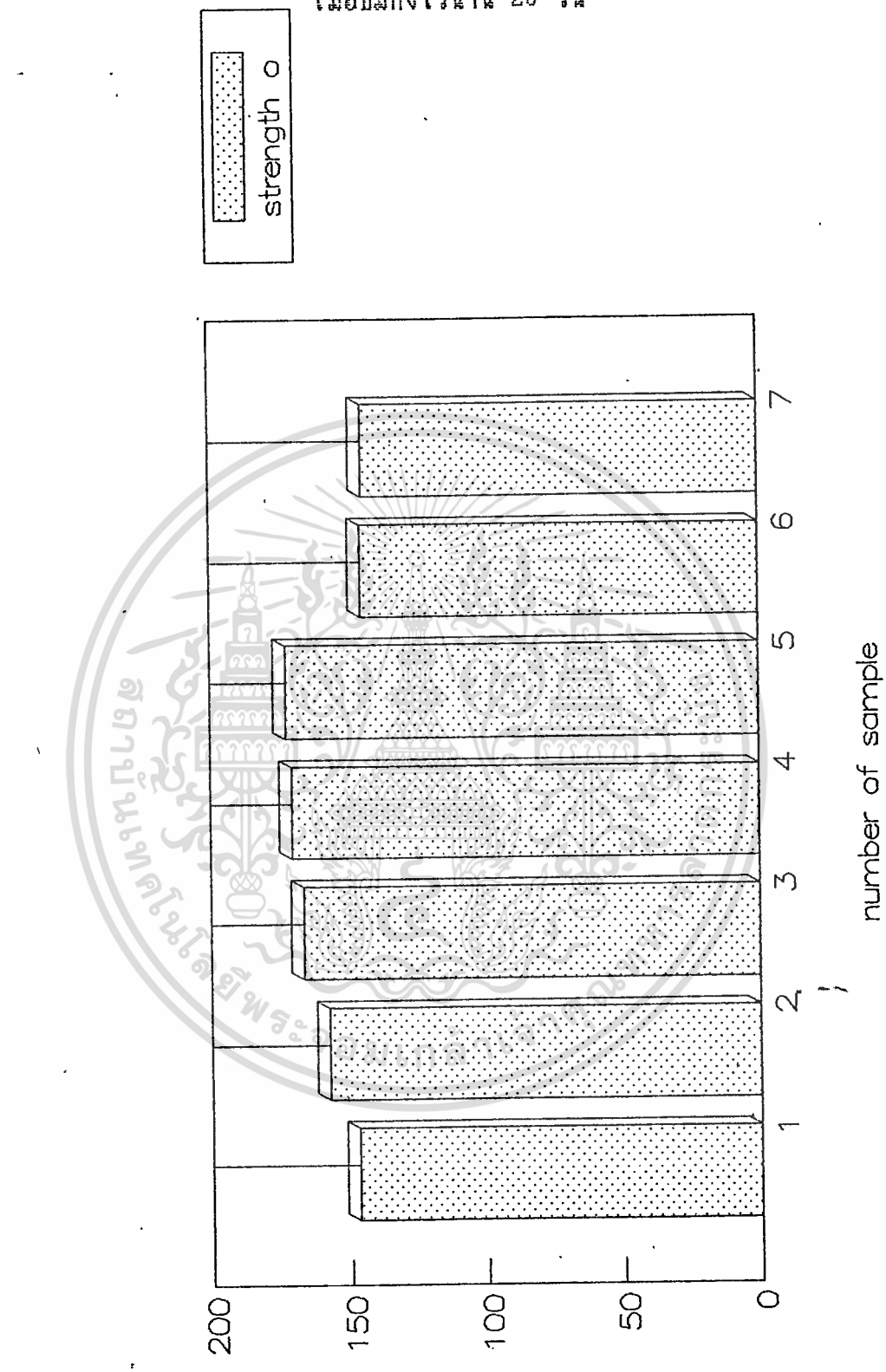
เวลาที่เพิ่มขึ้น ฤณหฎฺมิที่เพิ่มขึ้นตามเวลา

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างฤณหฎฺมิกับเวลาที่ใช้ในการเผา

กราฟความสัมพันธ์ของความรุนแรงของไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงการรับกำลังของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง
เมื่อบ่มทิ้งไว้นาน 28 วัน




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| obs | TEM | T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100.0000 | 0.000000 | 0.000000 | 3.000000 | 0.000000 |
| 2 | 150.0000 | 0.000000 | 7.000000 | 7.000000 | 5.000000 |
| 3 | 200.0000 | 1.300000 | 16.00000 | 13.00000 | 7.000000 |
| 4 | 220.0000 | 2.000000 | 26.00000 | 21.00000 | 9.000000 |
| 5 | 240.0000 | 2.300000 | 33.00000 | 25.00000 | 11.00000 |
| 6 | 260.0000 | 3.100000 | 45.00000 | 33.00000 | 13.00000 |
| 7 | 280.0000 | 4.050000 | 58.00000 | 40.00000 | 20.00000 |
| 8 | 300.0000 | 5.200000 | 68.00000 | 50.00000 | 29.00000 |
| 9 | 320.0000 | 7.200000 | 81.00000 | 65.00000 | 40.00000 |
| 10 | 340.0000 | 13.00000 | 87.00000 | 75.00000 | 52.00000 |
| 11 | 360.0000 | 21.00000 | 99.00000 | 90.00000 | 62.00000 |
| 12 | 380.0000 | 30.00000 | 112.0000 | 107.0000 | 75.00000 |
| 13 | 400.0000 | 41.00000 | 125.0000 | 123.0000 | 90.00000 |
| 14 | 400.0000 | 101.0000 | 245.0000 | 320.0000 | 330.0000 |
| 15 | 380.0000 | 102.0000 | 246.0000 | 321.0000 | 332.0000 |
| 16 | 360.0000 | 104.0000 | 247.0000 | 323.0000 | 337.0000 |
| 17 | 340.0000 | 107.0000 | 248.0000 | 327.0000 | 345.0000 |
| 18 | 320.0000 | 109.0000 | 250.0000 | 331.0000 | 354.0000 |
| 19 | 300.0000 | 112.0000 | 253.0000 | 340.0000 | 362.0000 |
| 20 | 280.0000 | 122.0000 | 260.0000 | 345.0000 | 400.0000 |
| 21 | 260.0000 | 135.0000 | 270.0000 | 353.0000 | 430.0000 |
| 22 | 240.0000 | 153.0000 | 290.0000 | 364.0000 | 470.0000 |
| 23 | 220.0000 | 176.0000 | 320.0000 | 381.0000 | 520.0000 |
| 24 | 200.0000 | 206.0000 | 360.0000 | 400.0000 | 580.0000 |
| 25 | 150.0000 | 246.0000 | 410.0000 | 431.0000 | 660.0000 |
| 26 | 100.0000 | 296.0000 | 470.0000 | 500.0000 | 720.0000 |
| 27 | NA | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | NA |
| 28 | NA | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | NA |

TEM = TEMPERATURE LEVEL ( องศาเซลเซียส )

T1 = TIME TO INCREASE AND DECREASE TEMPERATURE
FOR CONCRETE SAMPLE FIRED AT 400 'C 1 HOURS

T2 = TIME TO INCREASE AND DECREASE TEMPERATURE
FOR CONCRETE SAMPLE FIRED AT 400 'C 2 HOURS

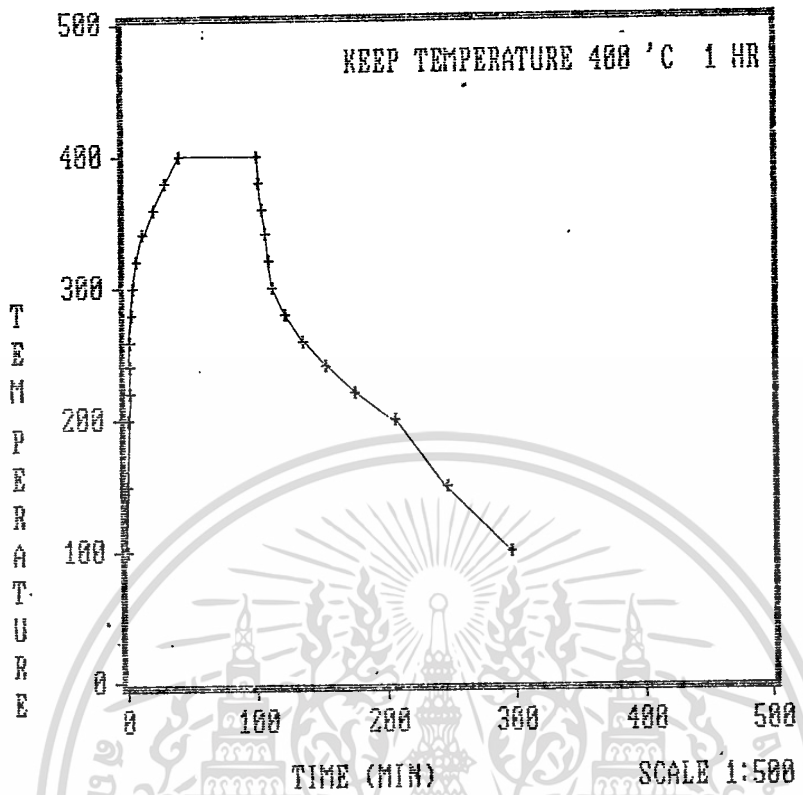
T3 = TIME TO INCREASE AND DECREASE TEMPERATURE
FOR CONCRETE SAMPLE FIRED AT 400 'C 3 HOURS

T4 = TIME TO INCREASE AND DECREASE TEMPERATURE
FOR CONCRETE SAMPLE FIRED AT 400 'C 4 HOURS

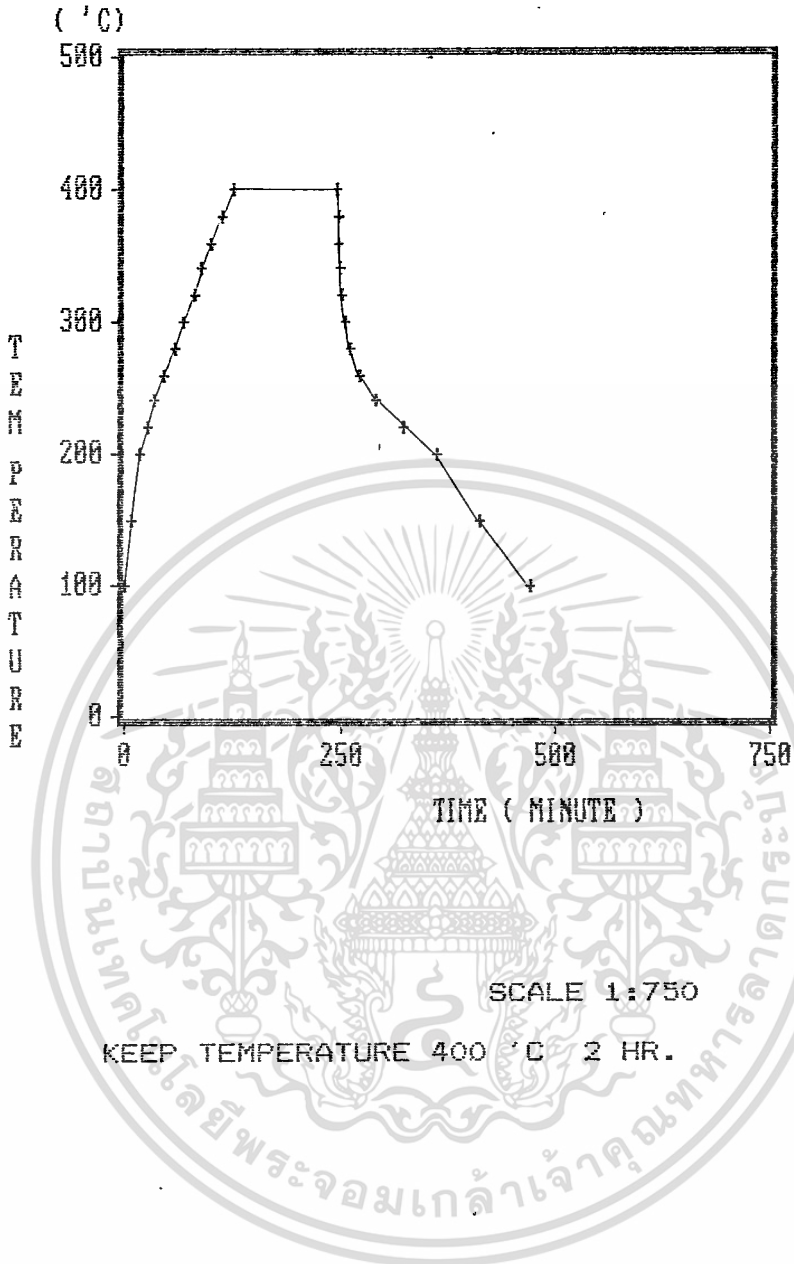
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| number of sample | strength 28 day | 400 C 1 HR | 400C 2 HR | 400 C 3 HR | 400 C 4 HR | 500 C 30 MIN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 147.18 | 152.85 | 142.675 | 135.124 | 108.45 | 126.308 |
| 2 | 157.32 | 151.296 | 137.864 | 128.541 | 111.511 | 147.32 |
| 3 | 166.86 | 150.594 | 156.144 | 142.32 | 117.011 | explose |
| 4 | 170.68 | 160.564 | 143.571 | 135.42 | 95.411 | |
| 5 | 172.79 | 155.939 | 142.101 | 127.641 | 136.05 | |
| 6 | 145.21 | 140.559 | 153.1 | 137.124 | 118.259 | |
| 7 | 144.99 | | | | | |
| sum | 1105.03 | 911.802 | 875.455 | 806.17 | 686.692 | 273.628 |
| mean | 157.8614 | 151.967 | 145.9092 | 134.3617 | 114.4487 | 136.814 |
| % | 0 | 3.733908 | 7.571346 | 14.88631 | 27.50054 | 13.33284 |

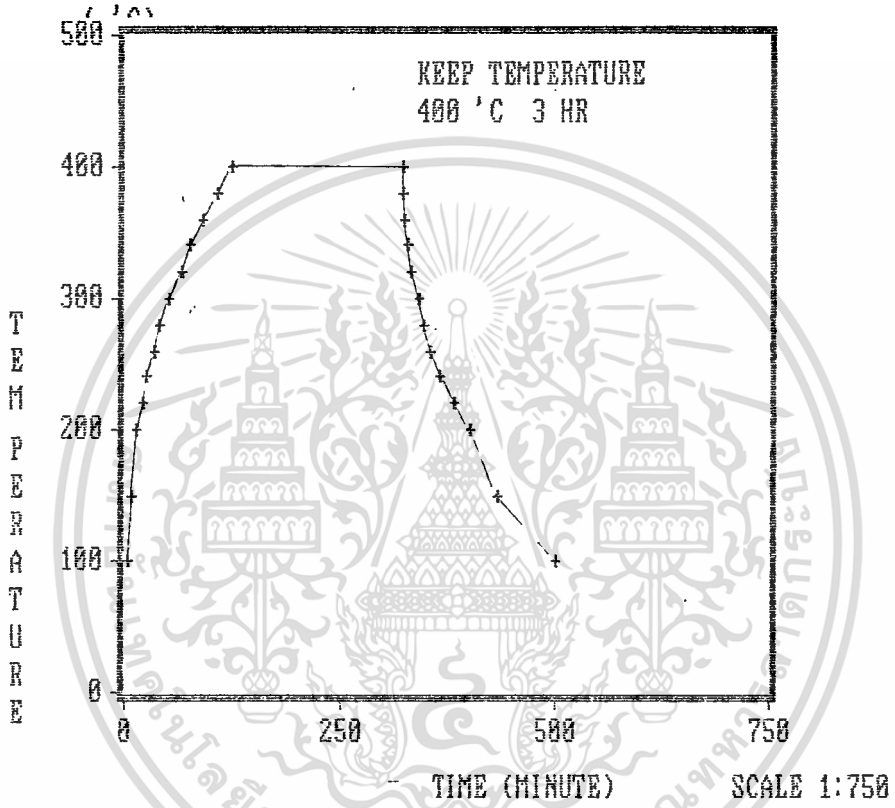
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



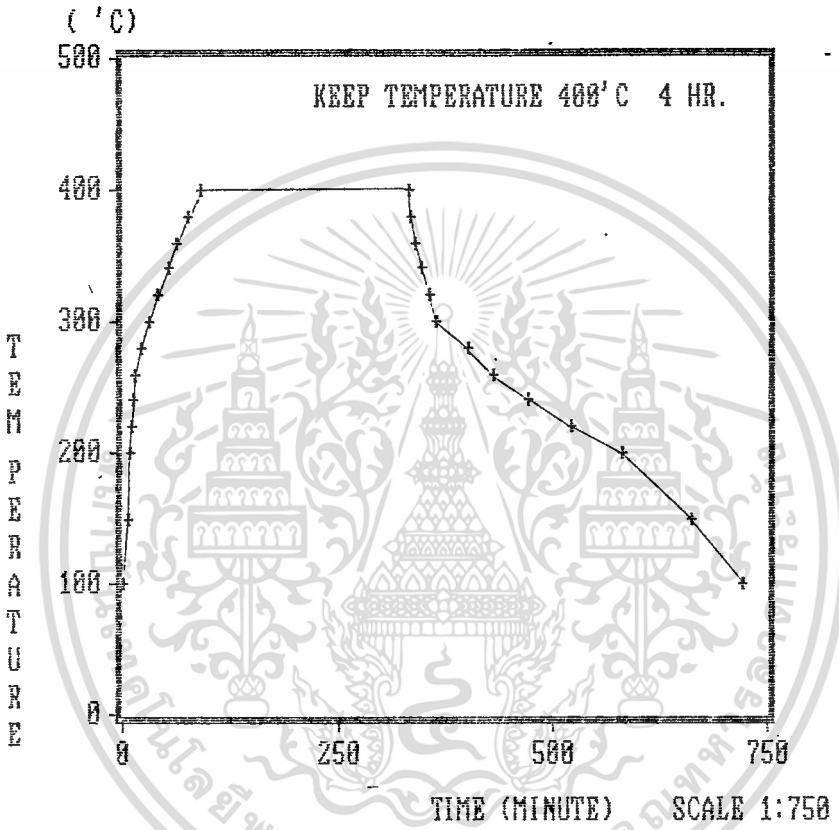

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Covariance Matrix

| | |
|---|---|
| PER,PER | 0.000412 |

| Residual Plot | obs | RESIDUAL | ACTUAL | FITTED |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 0.38238 | 1.00000 | 0.61762 |
| | 2 | 0.74764 | 2.00000 | 1.25236 |
| | 3 | 0.53769 | 3.00000 | 2.46231 |
| | 4 | -0.54881 | 4.00000 | 4.54881 |

SMPL 1 - 4
4 Observations
LS // Dependent Variable is NUM

| VARIABLE | COEFFICIENT | STD. ERROR | T-STAT. | 2-TAIL SIG. |
|---|---|---|---|---|
| PER | 0.1654080 | 0.0202878 | 8.1530665 | 0.004 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.740905 | Mean of dependent var | 2.500000 |
| Adjusted R-squared | 0.740905 | S.D. of dependent var | 1.290994 |
| S.E. of regression | 0.657134 | Sum of squared resid | 1.295477 |
| Durbin-Watson stat | 1.048235 | Log likelihood | -3.420923 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SMPL 1 - 4
4 Observations

| Series | Mean | S.D. | Maximum | Minimum |
|---|---|---|---|---|
| PER | 13.423026 | 10.463249 | 27.500540 | 3.7339080 |

| | Covariance | Correlation |
|---|---|---|
| PER,PER | 82.109691 | 1.0000000 |

| obs | PER |
|---|---|
| 1 | 0.000000 |
| 2 | 3.733908 |
| 3 | 7.571346 |
| 4 | 14.88631 |
| 5 | 27.50054 |
| 6 | NA |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

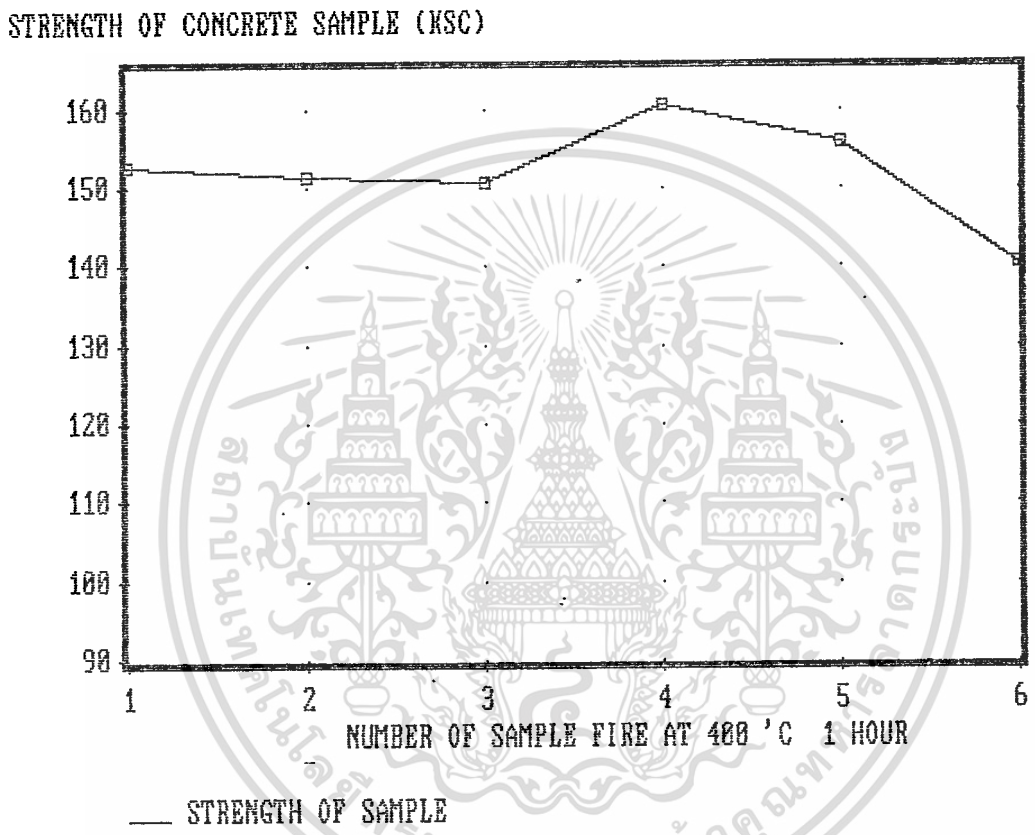
| obs | S1 |
|---|---|
| 1 | 152.8500 |
| 2 | 151.2960 |
| 3 | 150.5940 |
| 4 | 160.5640 |
| 5 | 155.9390 |
| 6 | 140.5590 |

SMPL 1 - 6
6 Observations

| Series | Mean | S.D. | Maximum | Min |
|---|---|---|---|---|
| S1 | 151.96700 | 6.6774619 | 160.56400 | 140. |

| | Covariance | Correlatic |
|---|---|---|
| S1,S1 | 37.157081 | 1.0000000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

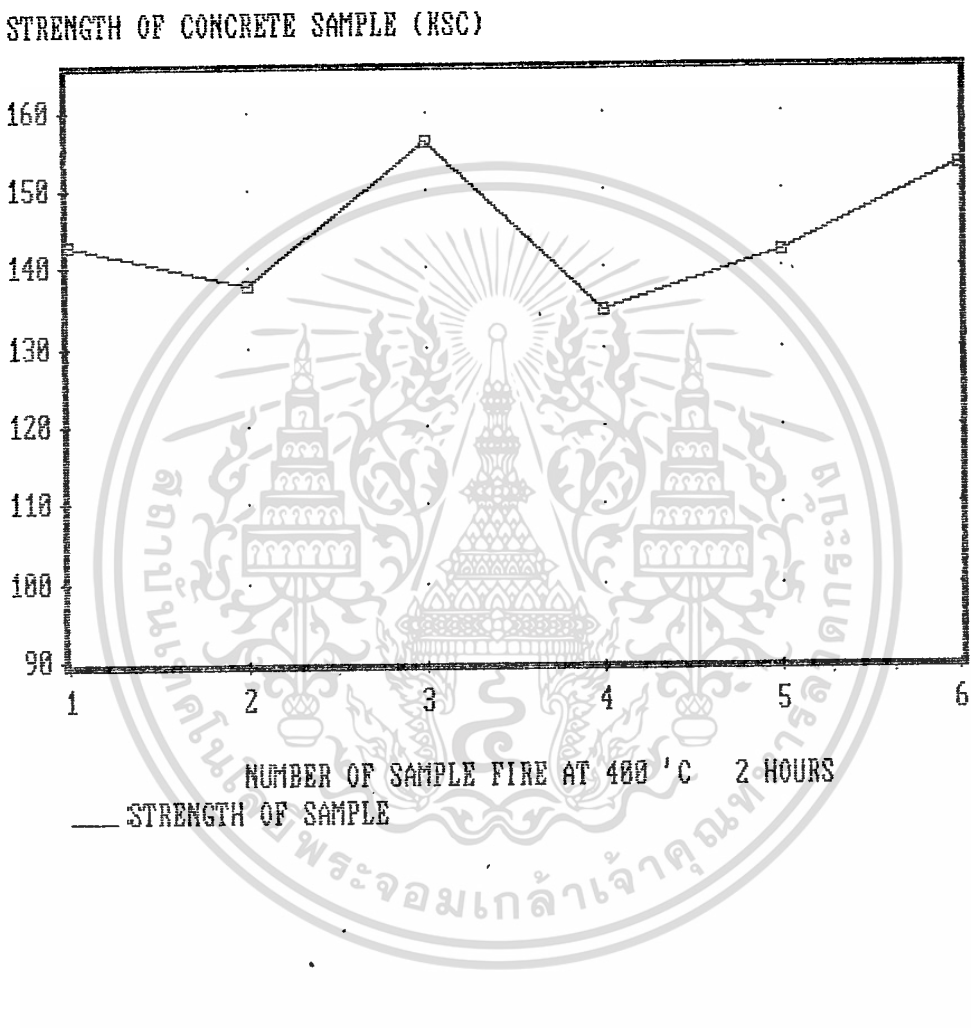
| obs | S2 |
|---|---|
| 1 | 142.6750 |
| 2 | 137.8640 |
| 3 | 156.1440 |
| 4 | 134.5710 |
| 5 | 142.1010 |
| 6 | 153.1000 |

SMPL 1 - 6
6 Observations

| Series | Mean | S.D. | Maximum | Minimum |
|---|---|---|---|---|
| S2 | 144.40917 | 8.4994196 | 156.14400 | 134.57100 |

| | Covariance | Correlation |
|---|---|---|
| S2,S2 | 60.200112 | 1.0000000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

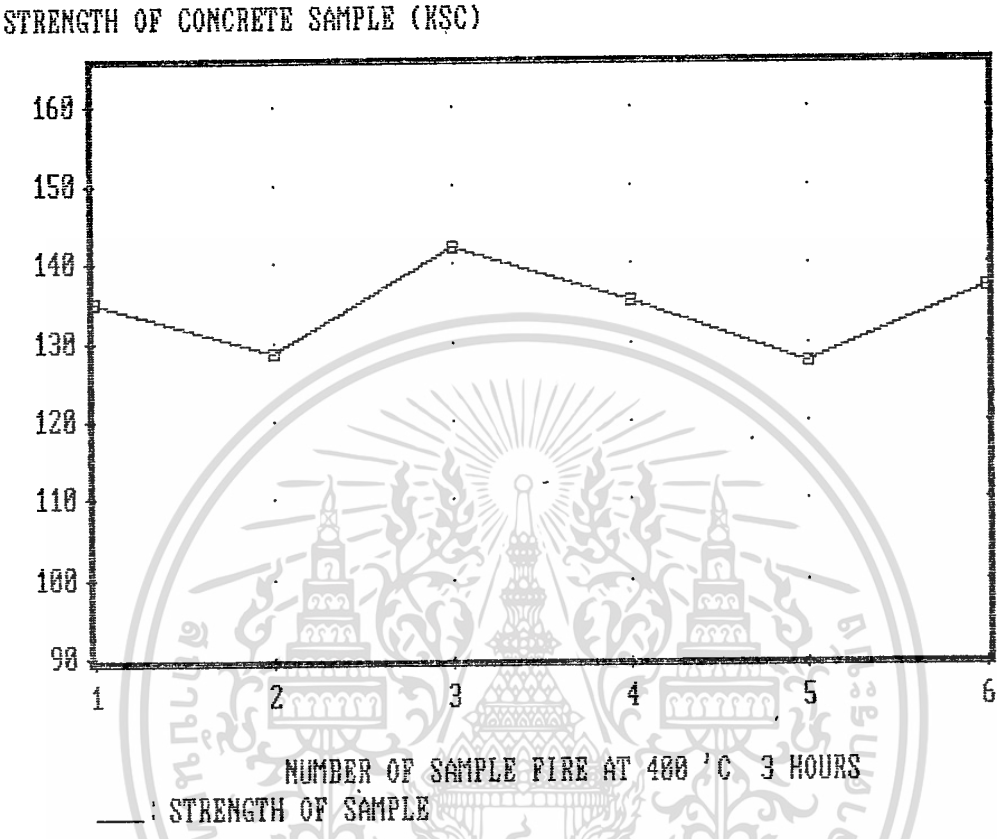
| obs | S3 |
|---|---|
| 1 | 135.1240 |
| 2 | 128.5410 |
| 3 | 142.3200 |
| 4 | 135.4200 |
| 5 | 127.6410 |
| 6 | 137.1240 |

SMPL . 1 - 6
6 Observations

| Series | Mean | S.D. | Maximum | Minimum |
|---|---|---|---|---|
| S3 | 134.36167 | 5.5084366 | 142.32000 | 127.64100 |

| | Covariance | Correlation |
|---|---|---|
| S3,S3 | 25.285729 | 1.0000000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

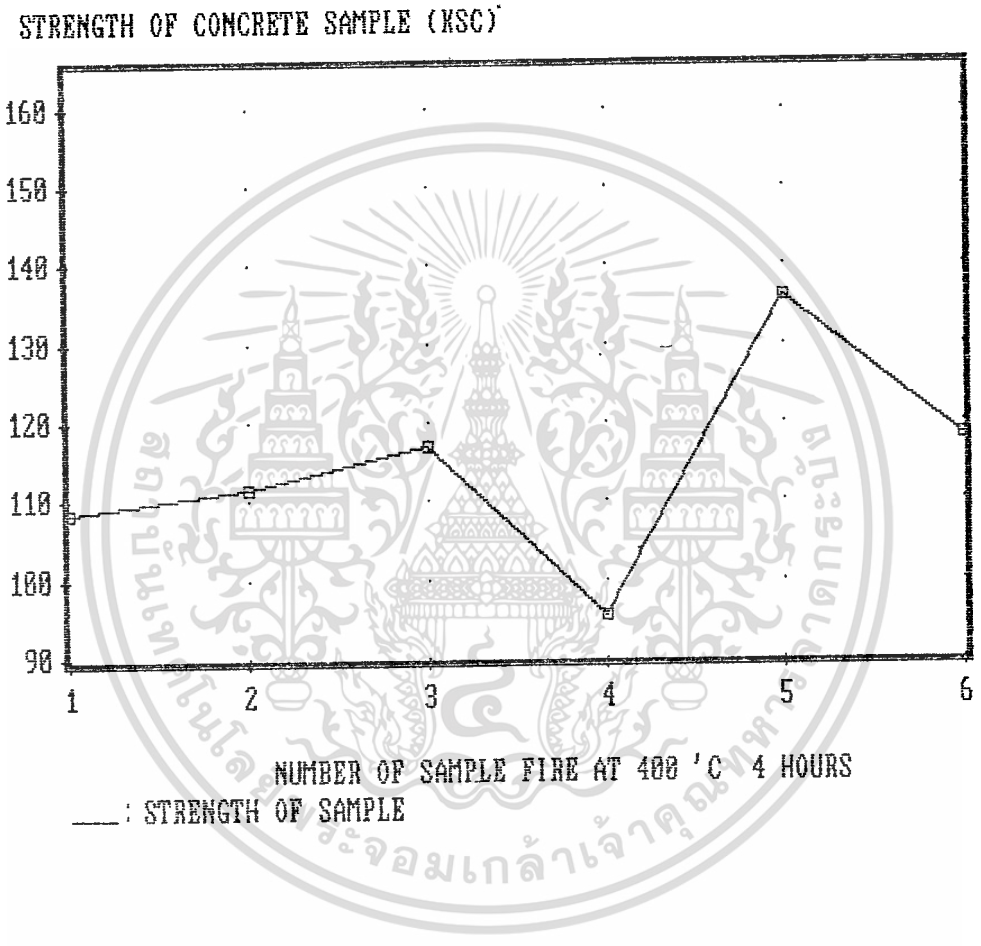
| obs | S4 |
|---|---|
| 1 | 108.4500 |
| 2 | 111.5110 |
| 3 | 117.0110 |
| 4 | 95.41100 |
| 5 | 136.0500 |
| 6 | 118.2590 |

SMPL 1 – 6
6 Observations

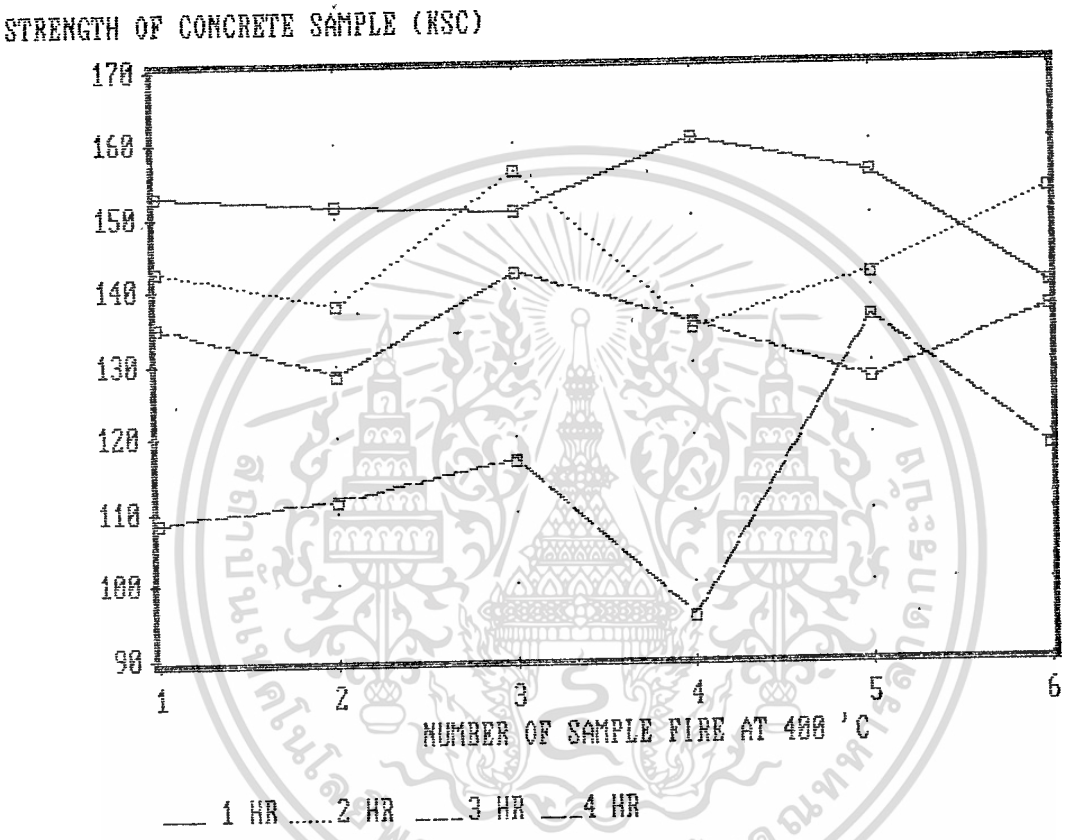
| Series | Mean | S.D. | Maximum | Minimum |
|---|---|---|---|---|
| S4 | 114.44867 | 13.377208 | 136.05000 | 95.411000 |

| | Covariance | Correlation |
|---|---|---|
| S4,S4 | 149.12475 | 1.0000000 |

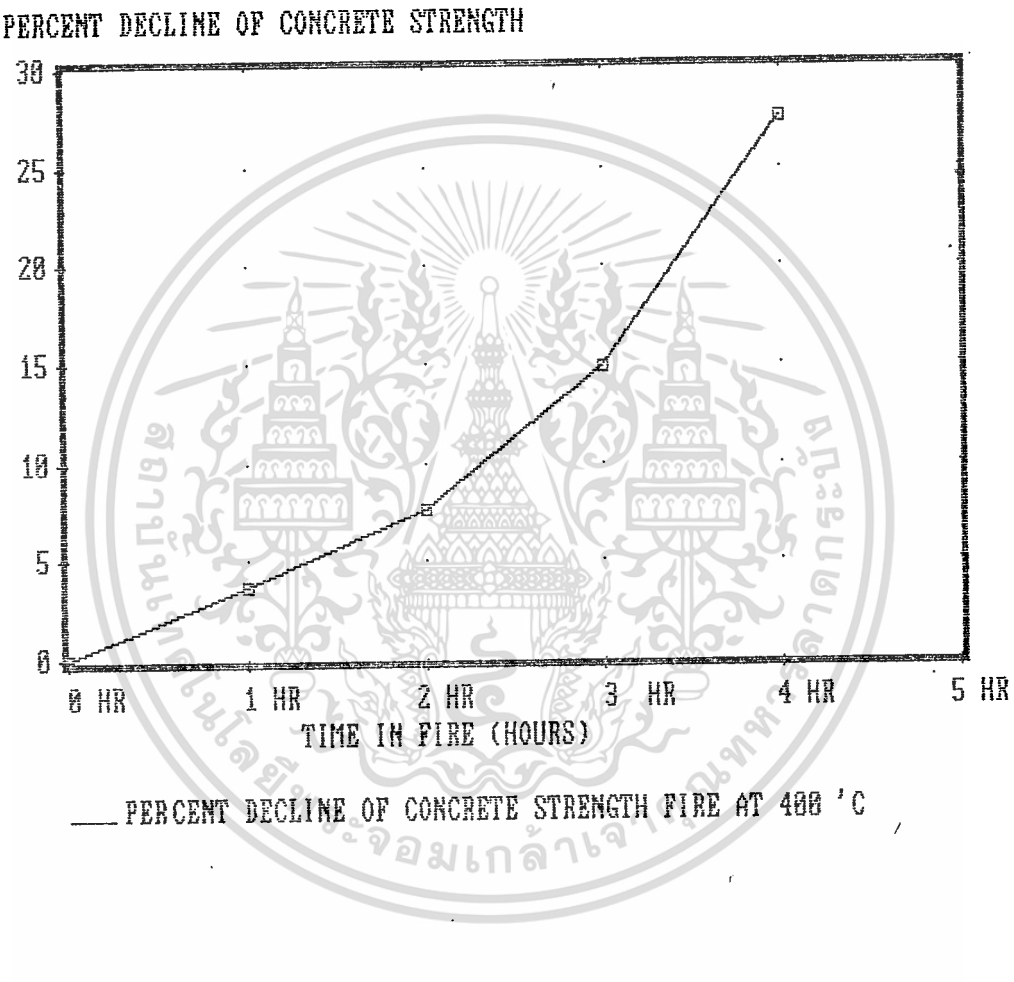
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WEIGHT OF SAMPLE BEFORE FIRED

| number of sample | 400 C 1 HR | 400C 2 HR | 400 C 3 HR | 400 C 4 HR | 500 C 30 MIN |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12.215 | 12.803 | 13.011 | 12.83 | 12.212 |
| 2 | 12.275 | 12.391 | 12.078 | 12.452 | 12.18 |
| 3 | 12.132 | 12.147 | 12.245 | 12.085 | EXPLOSE |
| 4 | 12.234 | 12.258 | 12.082 | 12.913 | |
| 5 | 12.196 | 12.165 | 12.252 | 12.923 | |
| 6 | 12.235 | 12.305 | 12.204 | 12.151 | |

WEIGHT OF SAMPLE AFTER FIRED

| number of sample | 400 C 1 HR | 400C 2 HR | 400 C 3 HR | 400 C 4 HR | 500 C 30 MIN |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 11.544 | 11.68 | 12.212 | 12.095 | 11.805 |
| 2 | 11.527 | 11.054 | 11.381 | 11.87 | 11.831 |
| 3 | 11.403 | 11.462 | 11.539 | 11.312 | EXPLOSE |
| 4 | 11.549 | 11.573 | 11.347 | 12.085 | |
| 5 | 11.253 | 11.448 | 11.574 | 11.39 | |
| 6 | 11.191 | 11.562 | 11.482 | 11.394 | |

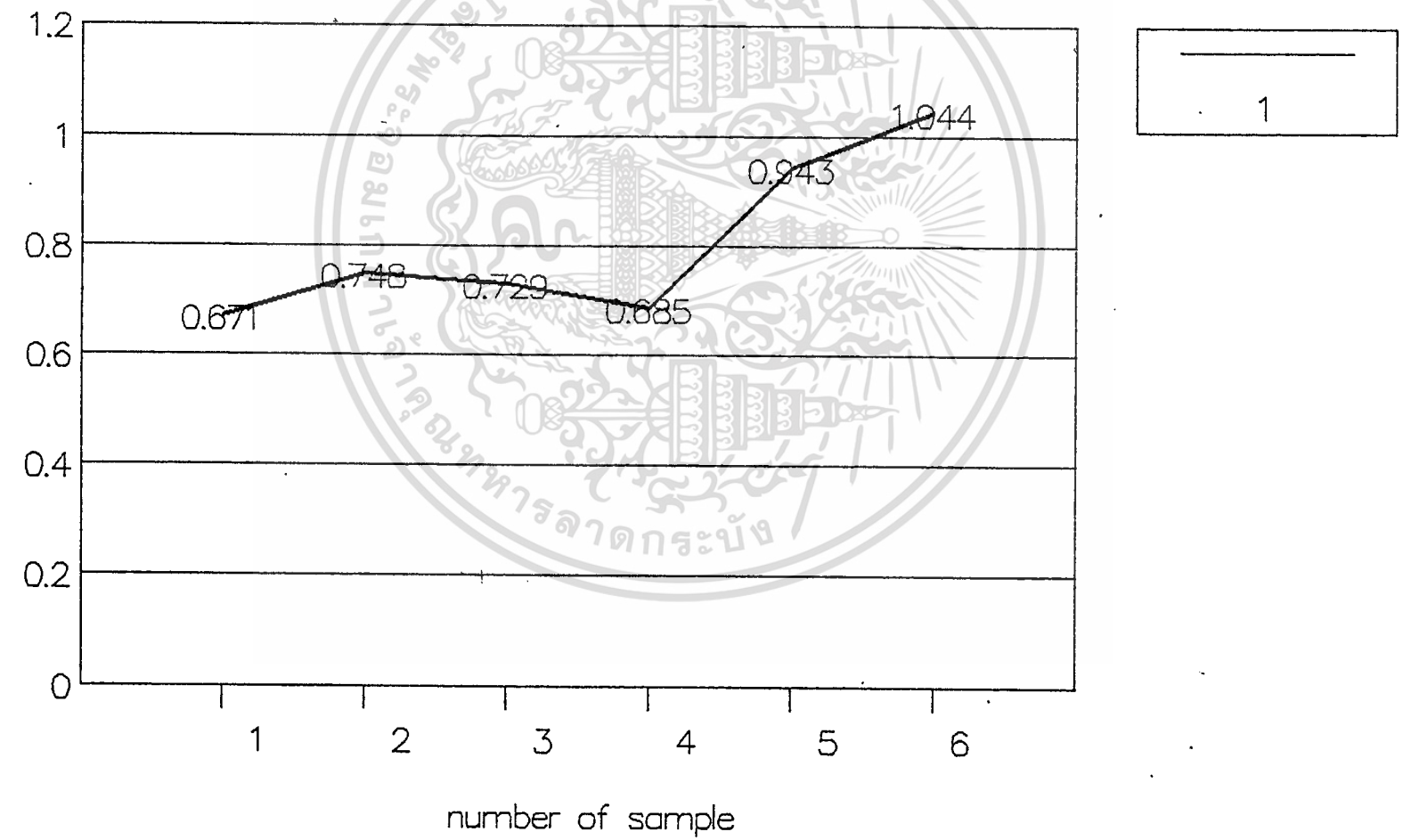
LOOSED OF CONCRETE SAMPLE WEIGHT

| number of sample | 400 C 1 HR | 400C 2 HR | 400 C 3 HR | 400 C 4 HR | 500 C 30 MIN |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.671 | 1.123 | 0.799 | 0.735 | 0.407 |
| 2 | 0.748 | 1.337 | 0.697 | 0.582 | 0.349 |
| 3 | 0.729 | 0.685 | 0.706 | 0.773 | EXPLOSE |
| 4 | 0.685 | 0.685 | 0.735 | 0.828 | |
| 5 | 0.943 | 0.717 | 0.678 | 1.533 | |
| 6 | 1.044 | 0.743 | 0.722 | 0.757 | |
| SUM | 4.82 | 5.29 | 4.337 | 5.208 | 0.756 |
| MEAN | 0.803333 | 0.881667 | 0.722833 | 0.868 | 0.378 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# fire sample at 400 'c 1 hr.

## loosed of concrete sample weight

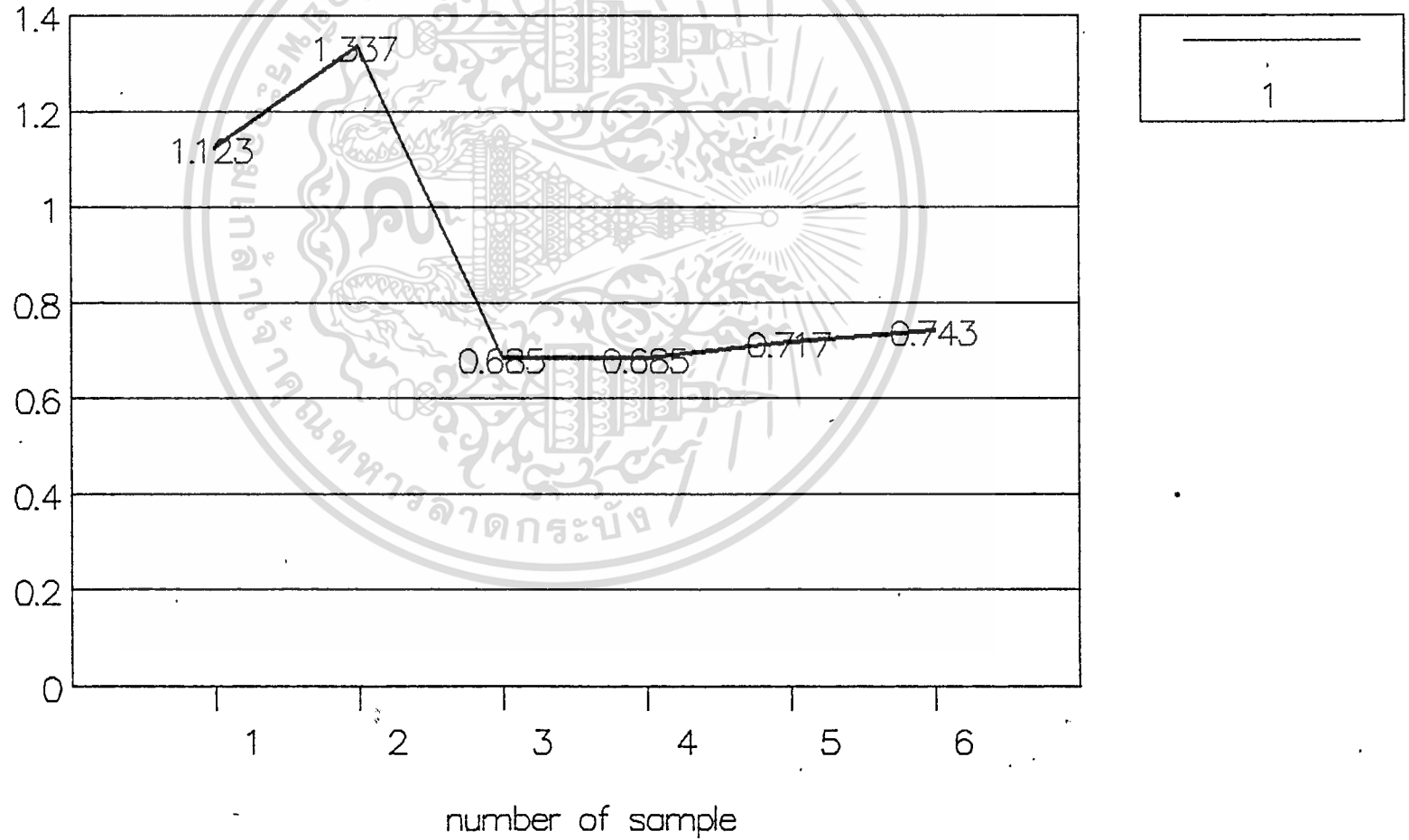



weight loose per sample (kg)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน

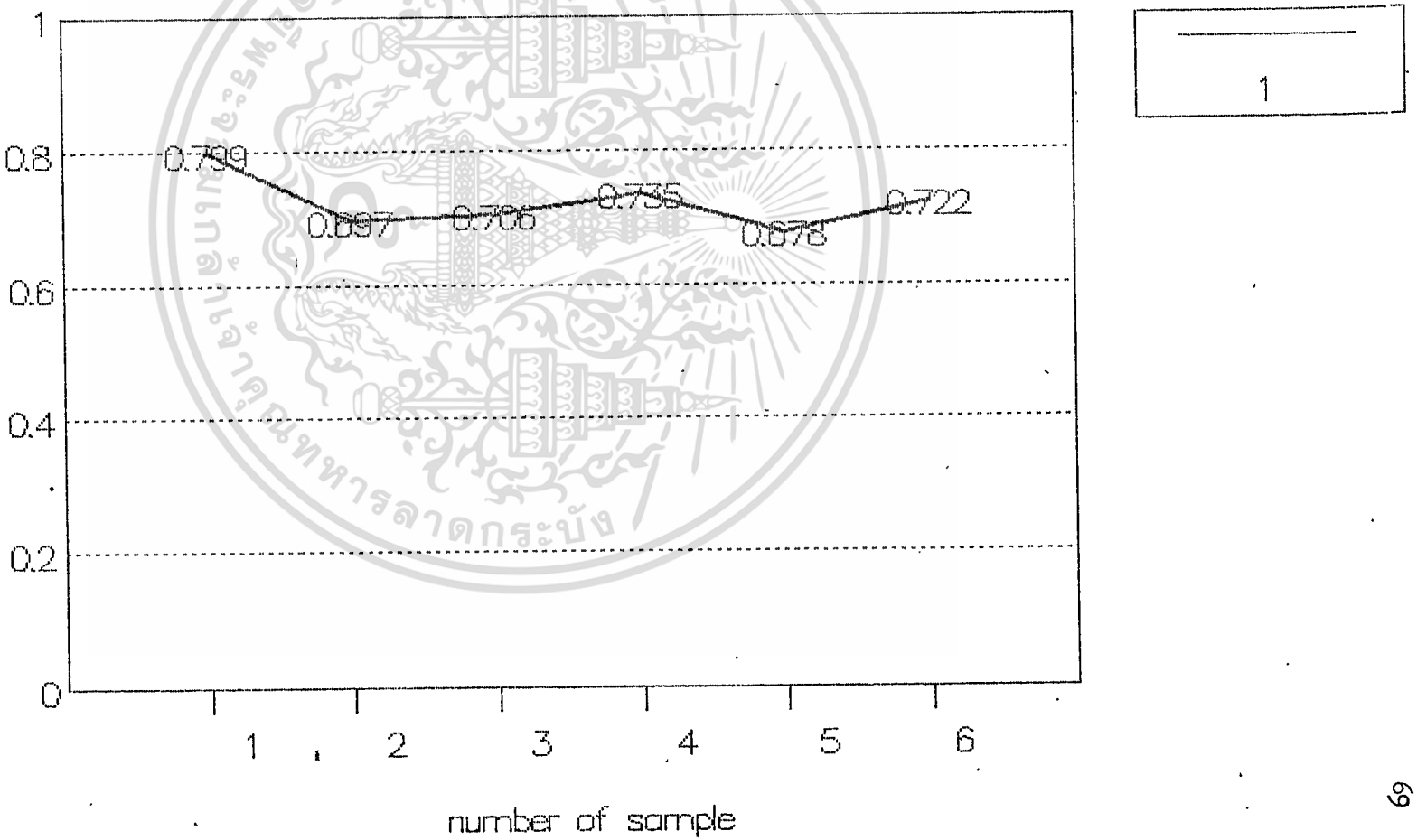
# fire sample at 400 'c 2 hr.

# loosed of concrete sample weight



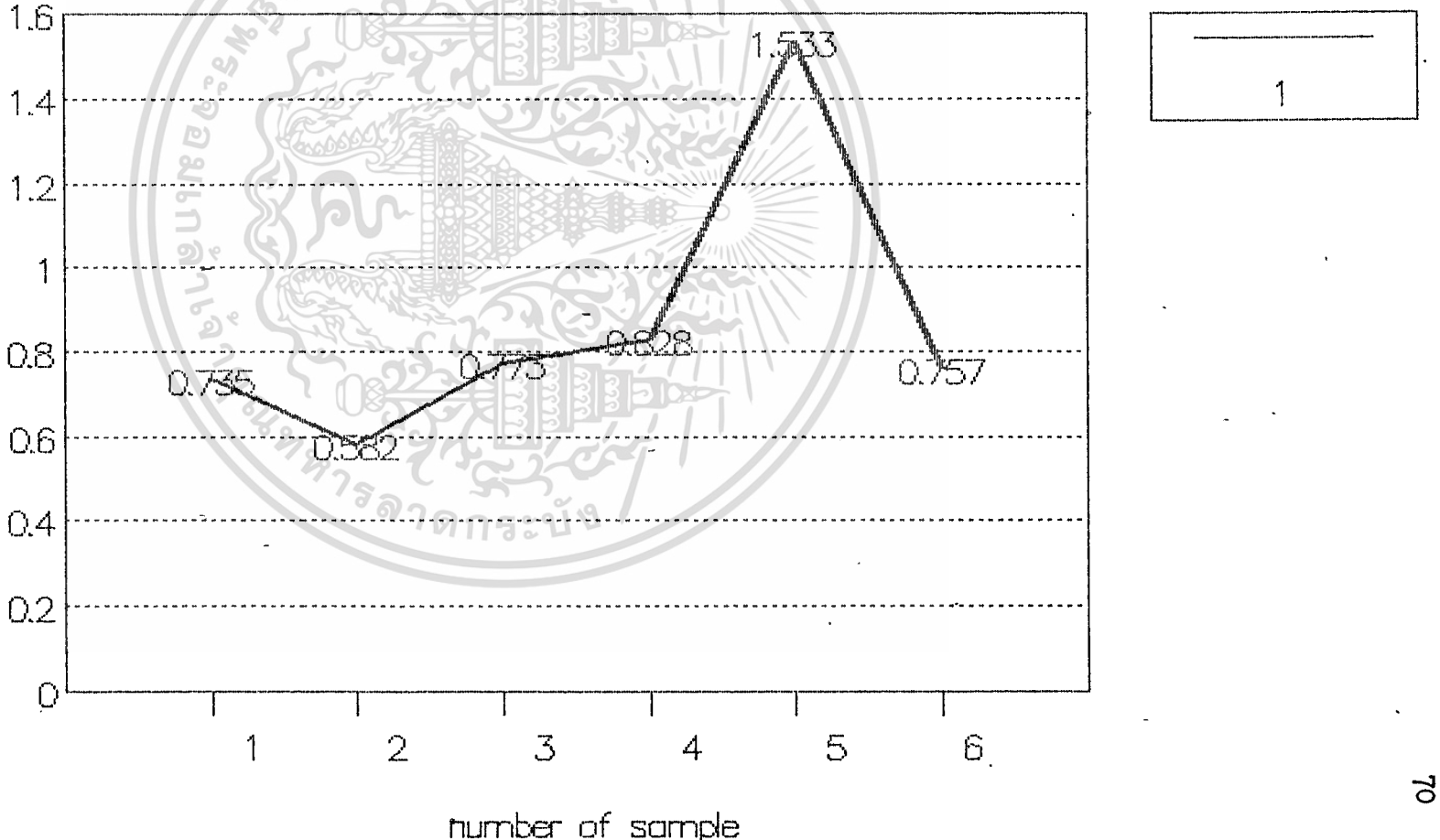
# fire sample at 400 'c 3 hr

# loosed of concrete sample weight



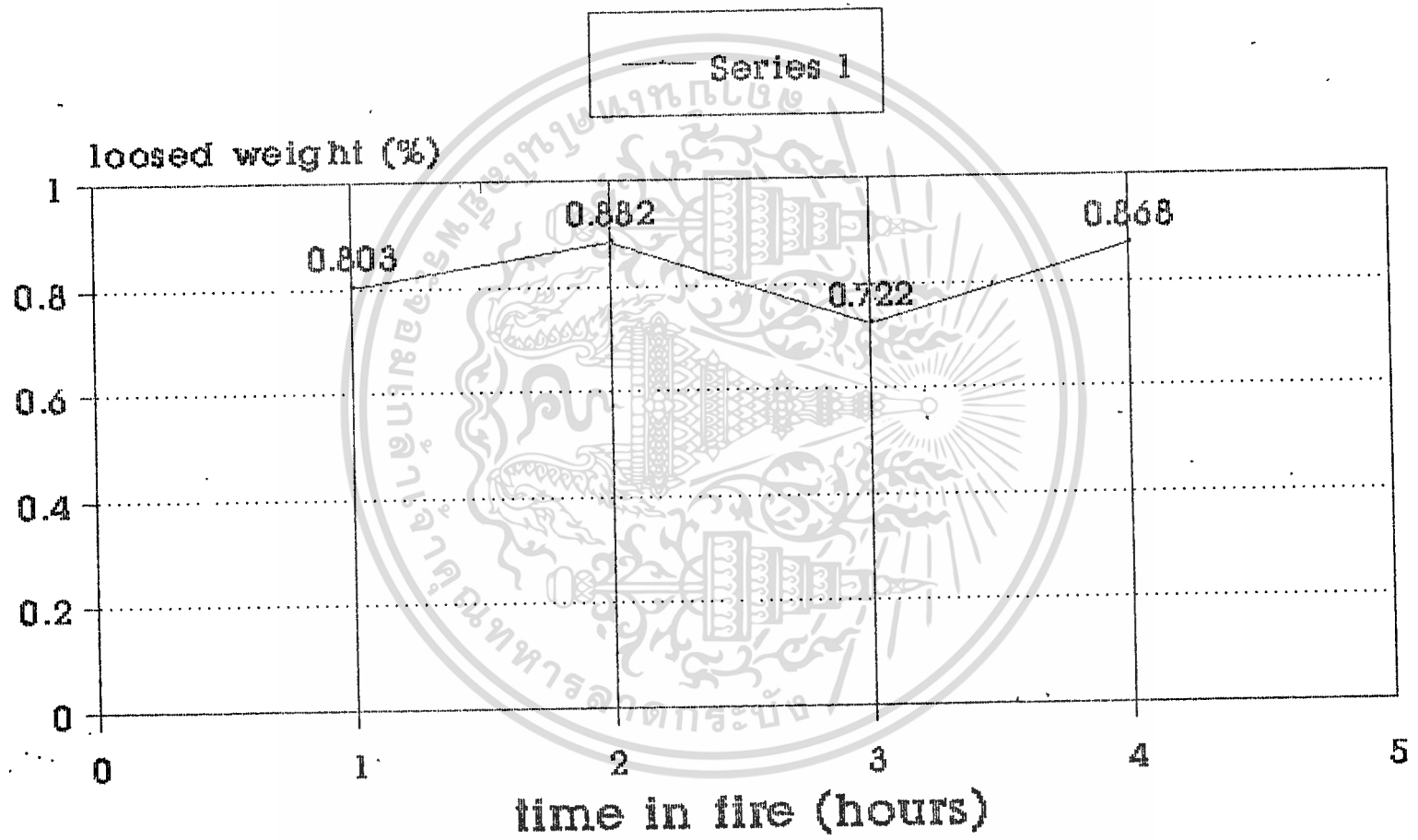
# fire sample at 400 'c 4 hr

# loosed of concrete sample weight



# mean of sample weight in perc.

## loosed weight (%)



DENCITY OF CONCRETE BEFORE FIRE (KG/M^3)

| number of sample | 400 C 1 HR | 400C 2 HR | 400 C 3 HR | 400 C 4 HR | 500 C 30 MIN |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2304.092 | 2415.006 | 2454.24 | 2420.099 | 2303.526 |
| 2 | 2315.41 | 2337.291 | 2278.25 | 2348.797 | 2297.49 |
| 3 | 2288.436 | 2291.266 | 2309.751 | 2279.571 | EXPLOSE |
| 4 | 2307.676 | 2312.203 | 2279.005 | 2435.755 | |
| 5 | 2300.508 | 2294.661 | 2311.072 | 2437.641 | |
| 6 | 2307.865 | 2321.069 | 2302.017 | 2292.02 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DENCITY OF CONCRETE AFTER FIRED (KG/M^3)

| number of sample | 400 C 1 HR | 400C 2 HR | 400 C 3 HR | 400 C 4 HR | 500 C 30 MIN |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2177.523 | 2203.176 | 2303.526 | 2281.457 | 2226.755 |
| 2 | 2174.316 | 2085.095 | 2146.776 | 2239.016 | 2231.659 |
| 3 | 2150.926 | 2162.055 | 2176.58 | 2133.761 | EXPLOSE |
| 4 | 2178.466 | 2182.993 | 2140.363 | 2279.571 | |
| 5 | 2122.632 | 2159.415 | 2183.182 | 2148.474 | |
| 6 | 2110.937 | 2180.918 | 2165.828 | 2149.229 | |

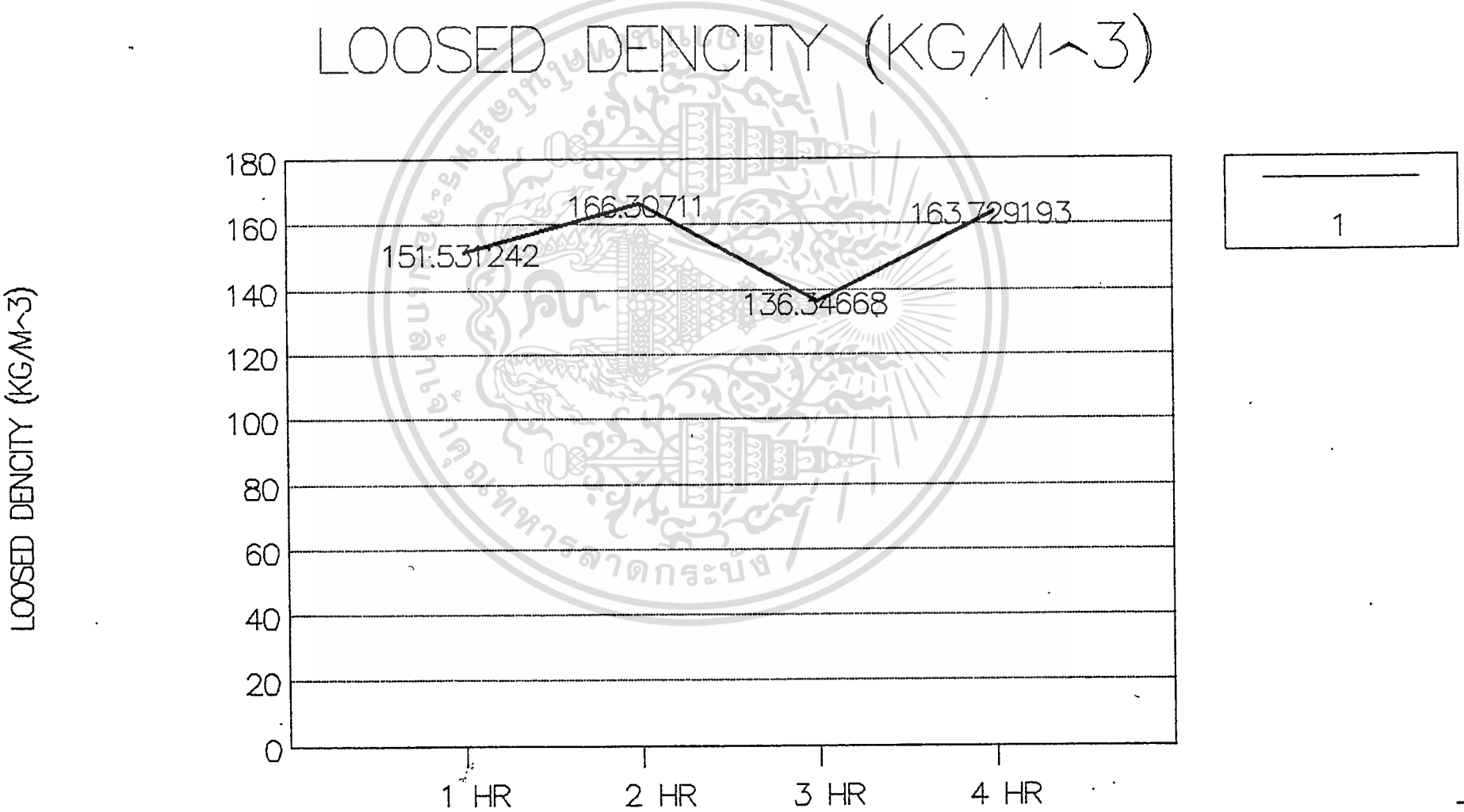
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOOSED OF CONCRETE SAMPLE DENCITY (KG/M^3)

| number of sample | 400 C 1 HR | 400C 2 HR | 400 C 3 HR | 400 C 4 HR | 500 C 30 MIN |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 126.5695 | 211.8294 | 150.7139 | 138.6417 | 76.77164 |
| 2 | 141.0938 | 252.1958 | 131.4738 | 109.7816 | 65.83121 |
| 3 | 137.5099 | 129.2102 | 133.1714 | 145.8095 | EXPLOSE |
| 4 | 129.2102 | 129.2102 | 138.6417 | 156.1841 | |
| 5 | 177.8763 | 135.2463 | 127.8899 | 289.1669 | |
| 6 | 196.9277 | 140.1507 | 136.1895 | 142.7915 | |
| SUM | 909.1875 | 997.8427 | 818.0801 | 982.3752 | 142.6028 |
| MEAN | 151.5312 | 166.3071 | 136.3467 | 163.7292 | 71.30142 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MEAN OF LOOSED CONCRETE DENCITY



## บทสรุป

**กำลังต้านทาน**แรงอัดของตอนกรีตถือว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของตอนกรีต อันจะเป็นสิ่งกำหนดถึงคุณสมบัติใช้งานอื่น ๆ เป็นต้นว่า การรับกำลังแบบอื่น ๆ จะเป็นสัดส่วนกับกำลังต้านทานแรงอัด ซึ่งเป็นปกติอยู่เองที่การออกแบบจะอาศัย การกำหนดขึ้นแรกเริ่ม โดยการใช้กำลังรับแรงอัดเป็นตัวบอก หลังจากที่มีการหล่อตอนกรีต เรียบร้อยแล้ว ก็จะต้องมีการนำตัวอย่างตอนกรีตที่หล่อสำหรับทดสอบ มาทำการทดสอบการรับกำลังตามแบบมาตรฐานที่กำหนดตามแบบต่าง ๆ แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ การทดสอบตามแบบของ ASTM การทดสอบตัวอย่างตอนกรีตที่ผ่านการเผาไหม้ ที่ระดับอุณหภูมิปานกลาง คือ ที่ระดับอุณหภูมิประมาณ 400 - 500 องศาเซลเซียส โดยที่พฤติกรรมของการทดสอบ การเผาไหม้ของตอนกรีต ที่อุณภูมิขึ้นสูงของ 500 องศาเซลเซียส จากตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง จะปรากฏว่าเกิดการระเบิด 1 ตัวอย่าง และได้ทำการทดสอบการรับกำลังอัดของตอนกรีตนั้น

จากตัวอย่างที่ทดสอบที่อุหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าเกิดมีการระเบิดของแท่งตอนกรีต จะมีผลมาจาก การเผาไหม้ที่ความรุนแรงของไฟ ( ศึกษาจากความสัมพันธ์ ของอุณหภูมิกับเวลา ) สูง คือ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่มีปริมาณมากในอัตราการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง และทันทีทันใด ระยะเวลาการเริ่มก่อตัวของไฟดังได้กล่าวมาแล้วจาก ขบวนการเกิดเพลิงไหม้ และปรากฏว่าเมื่อนำแท่งตัวอย่างตอนกรีตที่เหลือมาทดสอบ การรับกำลังอัดของตอนกรีตก็จะลดลง ถึง 13.33 % เลยทีเดียว

ตัวอย่างตอนกรีตที่ได้ทำการทดสอบโดยการเผาไหม้กับไฟ ที่ระดับอุณหภูมิปานกลาง คือ 400 องศาเซลเซียส และให้ ช่วงของการเผาไหม้ ของการทดสอบแตกต่างกันไป ทำให้เกิดผลกับการลดลงของการรับกำลังของตอนกรีตที่ถูกไฟเผา คือ เมื่อช่วงเวลาการเผาไหม้ของการทดสอบ ยิ่งนานหรือ ใช้เวลามากขึ้น ๆ กำลังรับแรงอัดของตอนกรีต ก็จะลดลงตามลำดับ คือจาก เปอร์เซนต์การลดลงของกำลังรับแรงอัดตอนกรีต 3 , 8 , 15 , 28 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ แสดงว่า ระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาของการเผาไหม้จะทำให้เกิดความอ่อนแอของโครงสร้างเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนอาจจะทำให้เกิดการพังทลายของโครงสร้างได้ ถ้าหากมีการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานติดต่อกันหลายชั่วโมง การศึกษาจะสังเกตได้จาก กราฟความสัมพันธ์ ของอุณหภูมิกับเวลา จะใช้เป็นเครื่องมือในการบ่งบอกถึงความรุนแรงของการเผาไหม้ ระยะเวลามากขึ้น คือ เริ่มจาก จะตับความรุนแรงขึ้นต่ำตามที่มาตรฐาน ASTM กำหนดต่ออ เวลา 1 ชั่วโมง ขึ้นไป จนกระทั่งถึง 4 ชั่วโมง พื้นที่ใต้กราฟ ของความสัมพันธ์ ดังกล่าวจะมีมากขึ้น ๆ จากที่ได้มีการ อธิบายเอาไว้ในหลักพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงที่ผ่านมาแล้ว ความรุนแรงของไฟที่ทำการทดสอบกับแท่งตัวอย่างคอนกรีตจะง่ายและรวดเร็วมากสำหรับการที่จะศึกษา การเปลี่ยนแปลง การรับน้ำหนักของคอนกรีตหลังการเผา ซึ่งในการเกิดอัคคีภัย จริง ๆ โครงสร้างของส่วนต่าง ๆ จะมีปัจจัยของ ตำแหน่งของการจัดวางโครงสร้าง วัสดุที่สามารถติดไฟได้ จำนวนช่องเปิดเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเราไม่สามารถที่จะควบคุมได้มากนัก เนื่องจากปริมาณ และชนิดไม่อาจกำหนดและบอกได้แน่นอน ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามการใช้งาน ปัจจัยเหล่านี้เราไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง เนื่องจาก เราสามารถรวมปัจจัยดังกล่าวทั้งหมด มาอยู่ที่การใช้เชื้อเพลิงกับการเผาไหม้ได้

<u>ข้อสรุปของการศึกษา การเปลี่ยนแปลงของการรับกำลังของคอนกรีตหลังจากถูกไฟเผา</u> อาจกล่าวได้ว่า

1 อิทธิพลของความรุนแรงของไฟ จะมีผลต่อการรับกำลังของคอนกรีต

ระยะเวลาของการเกิดอัคคีภัย จะมีผลต่อการรับกำลังของคอนกรีตอย่างมาก จะทำให้ เปอร์เซนต์ของการลดลงของการรับกำลังของคอนกรีตเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม หากทำให้การเผาไหม้ มีอุณหภูมิถึง อุณหภูมิของการเผาไหม้อย่างรวดเร็วก็จะมีผลต่อโครงสร้างอย่างมาก คือ จะทำให้เกิดการแตกร้าว จนถึงขั้นพังทลายลงได้ ซึ่งเป็นเพราะเหตุที่ว่า ส่วนประกอบของคอนกรีตจะประกอบไปด้วย วัสดุเพียง 3 ประเภท ซึ่งการจะยึดตัวแน่นกันได้ก็ด้วย ซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนต์เพลส เพียงอย่างเดียว อันแตกต่างจาก เนื้อดินที่ไม่มีการพังทลายลง เนื่องจากเนื้อดินมีส่วนประกอบในการเชื่อมประสานแนบแน่นกว่า

2 อิทธิพลของการสูญเสียน้ำ มีผลต่อการลดลงของการรับกำลังของคอนกรีต

ซีเมนต์เพลส จะเป็นส่วนผสมของ ปูนซีเมนต์ ( ซึ่งมีประมาณ 10 - 15 % ของส่วนผสมคอนกรีต ) รวมตัวกับน้ำ และ น้ำนี้ก็จะทำให้ปูนซีเมนต์ เกิดการเหลวตัวใช้ในการ หุ้มทราย และหิน เพื่อที่จะเป็นส่วนที่อุดช่องว่างระหว่างเม็ดทรายและหิน ให้ยึดแน่น แต่ยังตัวเป็นมวลเดียวกัน

หน้าที่ของน้ำ

จะทำการเปลี่ยนสภาพของส่วนผสม ระหว่าง ปูนซีเมนต์ ทราย หิน ให้เปียก สามารถนำไปใช้งานได้ง่ายขึ้น

นอกจากนั้นน้ำยังจะเป็นตัว ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ ทำให้ส่วนผสมเปียกกลายเป็นของแข็งแน่น มีความแข็งแรงตอบปริมาณของน้ำ ในการทำปฏิกิริยาเคมี ประมาณ 0.25 เปอร์เซนต์ ของปูนซีเมนต์

โดยธรรมชาติของคอนกรีต ปริมาณน้ำส่วนเกินจะมีการระเหยให้ออกจากเนื้อคอนกรีต และจะทำให้เกิดลักษณะของช่องว่าง (รูพรุนภายในของคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีสภาพรูปร่างตามธรรมชาติ แต่การรับกำลังก็ยังสามารถใช้งานได้ ตามวัตถุประสงค์

แต่หาก เกิดการได้รับความร้อนโดยกระทันหัน หรือ เรียกว่า โดยสิ้นเชิงพลันโดยใช้เวลาไม่มากนัก ปริมาณน้ำส่วนเกินที่เหลืออยู่นี้นถูกทำให้เกิดการระเหย ออกมาอย่างรวดเร็ว จนเกิดเป็น แรงดันภายในเนื้อคอนกรีต เกิด หน่วยแรงขึ้นทุกทิศทาง ทำให้ตัวอย่างคอนกรีต เกิดการแยกตัวของส่วนประกอบออกจากกัน แต่ถ้าหากมีการให้ความร้อนโดยการค่อย ๆ หรืออุณหภูมิขึ้นตามลำดับ ปริมาณน้ำส่วนเกินที่นอกเหนือจากปริมาณ 0.25 เปอร์เซนต์ ก็จะค่อย ๆ ถูกทำให้ค่อย ๆ ระเหยออกไปเรื่อย ๆ ถ้าเวลาไม่มากเกินไปนัก มวลของคอนกรีตก็ยังสามารถที่จะยึดเหนี่ยวรวมตัวกันอยู่ได้ โดยไม่แตกหรือพังทลายก่อน กำลังของคอนกรีตก็จะลดลง ๆ ไปตามลำดับ

อาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า เกิดการสูญเสียน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา HYDRATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 อิทธิพลของระยะเวลาในการถูกเผาไหม้ของคอนกรีต ในช่วงของการเผาไหม้ หากถูกใช้เวลามาก ๆ จะทำให้ เปอร์เซนต์ การลดลงของกำลังคอนกรีตก็จะมากไปด้วย

4 อิทธิพลของอุณหภูมิยิ่งมีค่าสูงมาก กำลังการรับน้ำหนักของคอนกรีตก็จะลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารหนังสืออุเทศน์ .....


คอนกรีตเทคโนโลยี เรื่องของคอนกรีต — วินิต ช่อวิเชียร พิมพ์ครั้งที่ เจ็ด บริษัทซลประทานซีเมนต์ จำกัด 2974 ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ กรุงเทพ ฯ

มาตรฐานการตรวจสอบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก คู่มือการตรวจสอบคอนกรีต — วิสวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

* มาตรฐานและวิธีทดสอบคอนกรีต and Material — Method of Fire Tests of Building Construction สมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน ASTM E119


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้