รายงานการวิจัย

ประจำปีการศึกษา 2534

โครงการ

เรื่อง พฤติกรรมการรับกำลังของคอนกรีตเมื่อถูกเผาไหม้ ณ ระดับอุณหภูมิไฟปานกลาง

โดย

นาย ภาคภูมิ พินิจเบญจพล รหัส 31.1198

นาย ภาณุชัย พิบูลวาณิช รหัส 31.1201

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ อำนวย พาณิชกุลพงศ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา SPECIAL PROJECT ปีการศึกษา 2534

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

007668

หน้าอนุมัติ

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขา วิศวกรรมการก่อสร้าง

(อ.สุรัตน์ หวังเจริญ)
หัวหน้าภาควิชา วิศวกรรมโยธา

กรรมการวัดผลโครงการ

อ.อำนวย พานิชกุลพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.สุรัตน์ หวังเจริญ ประธานกรรมการ

ผศ. ดร.แดง เหรียญสุวรรณ กรรมการ

ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ กรรมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ กรรมการ

อ.เกษม อมันตกุล กรรมการ

อ.ศิลป์ชัย จานสุวรรณ กรรมการ

อ.สุพจน์ ศรีนิล กรรมการ

อ.วิบูลย์ วุฒิญาณ กรรมการ

อ.ศักดิ์ชัย สถานุพงษ์ กรรมการ

อ.สุวัฒน์ กิรเศรษฐ์ กรรมการ

อ.สกุล ห่อวโนทยาน กรรมการ

อ.จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง กรรมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา วิชา SPECIAL PROJECT อ.อำนวย พานิชกุลพงศ์ ที่ท่านให้ความดูแลเอาใจใส่ ตลอดจนให้คำแนะนำปรึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ให้ลุล่วงไปด้วยดีตลอดมา ขอกราบขอบพระคุณท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำอันมีค่าต่องานวิจัยนี้ และผลงานวิจัยนี้จะไม่สามารถสำเร็จลงได้ ถ้าขาดอุปกรณ์ที่มีความสำคัญต่องานวิจัย คือ เตาเผาที่สามารถเผาที่ระดับอุณหภูมิไฟปานกลางได้ ซึ่งได้รับความช่วยเหลือจาก ภาควิชาศิลปอุตสหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จึงขอกราบขอบพระคุณ มา ณ ที่นี้

นอกจากนี้ ยังต้องขอขอบคุณ เพื่อน ๆ น้อง ๆ พี่ ๆ ที่ได้ให้ทั้งกำลังกายและกำลังใจ สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำโรงปฏิบัติการเซรามิก ภาควิชา ศิลปอุตสาหกรรม ที่ได้คอยให้คำแนะนำเกี่ยวกับเตาเผาเป็นอย่างดี ตลอดงานวิจัยนี้ด้วย

ผู้จัดทำโครงงาน

ภาคภูมิ พินิจเบญจพล

ภาณุชัย พิบูลวาณิช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันนี้ การเกิดเพลิงไหม้ทุกครั้ง ย่อมนำมาซึ่งความเสียหาย และ สิ่งที่ควรอยู่ในความสนใจของวิศวกรก็ คือ ความร้อนเนื่องจากเพลิงไหม้ จะมีผลอย่างไรบ้างต่อโครงสร้างของอาคาร และ อาคารนั้นจะสามารถใช้งานได้ต่อไปอีกหรือไม่ การทำงานวิจัยในเรื่องนี้ ได้รวบรวมข้อมูลและทฤษฎีที่ทดสอบในอดีตไว้ด้วย ซึ่งจะทำให้งานวิจัยมีประโยชน์ในการนำไปประกอบการวิเคราะห์ของวิศวกรได้ไม่มากก็น้อย และหวังว่าคงจะมีผู้วิจัยในเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกันนี้ ให้สมบูรณ์ยิ่ง ๆ ขึ้นไป

สุดท้ายนี้ หากผิดพลาดประการใด ทางผู้จัดทำต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ

ภาคภูมิ พินิจเบญจพล

ภาณุชัย หิบูลวาณิช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

หน้าอนุมัติ ..... ก

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

คำนำ ..... ง

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความนำ 1

1.2 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.3 วัตถุประสงค์หลัก 2

1.4 ภูมิหลังงานวิจัย 2

1.5 ขอบเขตงานวิจัย 6

2. ลักษณะและพฤติกรรมของอัคคีภัย

2.1 ขบวนการเกิดเพลิงไหม้ 7

2.1.1 ช่วงการก่อตัวของไฟ 9

2.1.2 ช่วงการเผาไหม้และสลายตัว 10

2.2 ปริมาณของไฟ 11

2.3 พื้นที่ของช่องเปิด 11

2.4 เส้นโค้งมาตรฐานไฟและทฤษฎีพื้นฐาน
เกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ 12

2.5 แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ 12

2.6 เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิ-เวลา 13

2.7 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ 13

2.8 ความร้อนกับคอนกรีต 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.9 ปฏิกริยาระหว่าง ซีเมนต์กับน้ำ 24

3. อิทธิพลของไฟที่มีต่อคุณสมบัติของวัสดุพื้นฐาน

3.1 เหล็ก 27

3.1.1 กำลังและความแข็งของเหล็กที่อุณหภูมิต่างๆ 27

3.2 คอนกรีต 30

3.2.1 กำลังของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ 30

3.2.2 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ 30

3.2.3 การเปลี่ยนแปลงสีของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ 34

3.2.4 การหลุดกระเทาะของคอนกรีต 34

3.3 การตรวจสอบอาคารที่เกิดการชำรุดเนื่องจากไฟไหม้ 36

4. การทดสอบ

4.1 การเตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบ 41

4.2 การเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ 42

4.2.1 เตาไฟที่ใช้ในการทดสอบ 42

4.2.2 เครื่องมือทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต 42

4.3 การดำเนินการทดสอบ 50

5. ผลการทดสอบ 58

6. วิเคราะห์ผลและสรุป 74

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความนำ

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันนี้ สถิติเพลิงไหม้เกิดเพิ่มขึ้นมากกับโครงสร้างอาคารคอนกรีต เพลิงไหม้ที่เกิดที่ขึ้นนั้นอาจจะมีความรุนแรงมากน้อยกตกต่างกันไป ซึ่งขึ้นกับตัวประกอบหลายออย่าง ไฟถ้าไหม้ยิ่งนานมากเท่าไรก็ยิ่งจะทวีความรุนแรง และเพิ่มความเสียหายให้กับโครงสร้างมากยิ่งขึ้นเท่านั้น ไม่เพียงแต่สร้างความเสียหายให้กับโครงสร้างแต่ยังทำให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สินและยังอาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตมนุษย์อีกด้วย ดังนั้นวิศวกรจึงได้เริ่มตระหนักถึงผลกระทบของไฟไหม้ที่มีอิทธิพลต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างกันมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากยังหาข้อกำหนดที่แน่นอนหรือตำราที่เขียนเกี่ยวกับเรื่องนี้โดยตรงได้ยาก เนื่องจากไฟถือว่าเป็นน้ำหนักอย่างหนึ่งที่กระทำต่อชิ้นส่วนของโครงสร้าง ทั้งนี้เพราะว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้มีแรงเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของโครงสร้างที่มีการยึดรั้ง และส่งผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างทั้งในด้านกำลัง ความแข็งแรง และเสถียรภาพได้

1.2 ความเป็นมาของปัญหา

ทุกครั้งที่มีไฟไหม้อาคารคอนกรีต วิศวกรมักจะถูกตั้งคำถามและให้เข้าไปตรวจสอบดูว่าโครงสร้างนั้นยังมีความมั่นคงแข็งแรงพอที่จะใช้งานได้ต่อไปอีกหรือไม่ หรือชิ้นส่วนนั้นกำลังและความแข็งแรงมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ปกติแล้วไฟที่เกิดขึ้นภายในอาคารจะมีช่วงเวลาของการลุกไหม้อย่างเต็มที่ ซึ่งอุณหภูมินั้นจะสูงเป็น 1000 องศาเซลเซียส จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าชิ้นส่วนของอาคารคอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ที่อุณหภูมิสูงนั้น จะมีพฤติกรรมในด้านกำลังความแข็งแรงและแรงยึดเหนี่ยวลดลงมาก ซึ่งถ้าพิจารณาแล้วชิ้นส่วนดังกล่าวควรที่จะทำการทุบทิ้งอย่างไรก็ตามอาจมีโครงสร้างบางส่วนที่ถูกไฟไหม้ไม่รุนแรงมากนักนั่นคือ อุณหภูมิปานกลางไม่เกิน 500 องศาเซลเซียน กำลังของวัสดุนั้นจะลดลงบ้างแต่ยังเหลือมากเพียงพอ และโครงสร้างก็ยังคงสภาพอยู่ได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจว่าถ้าช่วงเวลาที่ถูกไฟไหม้นานต่างกัน พฤติกรรมในด้านกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับแรงอัดของคอนกรีต จะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เมื่อทราบถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นแล้ว ก็จะสามารถนำมาเป็นข้อมูล ใช้ประกอบการวิเคราะห์โครงสร้างว่า คอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลางนั้น จะยังคงสามารถรับน้ำหนักได้ต่อไปอีกหรือไม่อย่างไร ในกรณีที่ถูกไฟไหม้นั้นๆ

1.3 งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักดังนี้

1.3.1 ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงอัดของคอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลาง และพิจารณาผลกระทบของเวลาที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัด

1.3.2 เนื่องจากเวลาเกิดไฟไหม้ขึ้น ก็จะมีการดับเพลิงด้วย โดยส่วนใหญ่ใช้น้ำเป็นหลัก จึงศึกษาพฤติกรรมการรับแรงอัดของคอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลางแล้ว นำไปแช่น้ำเลย ด้วย (จำลองการถูกดับเพลิงด้วยน้ำ)

1.3.3 ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบจากข้อ 1.3.1 และข้อ 1.3.2 โดยสร้างความสัมพันธ์กับเวลา(ภายใต้ขอบข่ายเวลาที่ทำการทดสอบ) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาว่าคอนกรีตในอาคารส่วนที่ถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลางนั้น ยังคงสามารถรับน้ำหนักได้ต่อไปอีกหรือไม่

1.4 ภูมิหลังงานวิจัยที่ผ่านมา

งานค้นคว้าเกี่ยวกับไฟและการทดสอบไฟของชิ้นส่วนที่มาประกอบกันขึ้นเป็นโครงสร้างอาคารได้กระทำกันมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากได้ตระหนักถึงความเสียหายและการพังทลายของอาคารที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง การทดสอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับไฟนั้นส่วนใหญ่จะเน้นหนักไปในด้านความต้านทาน ความทนทาน พฤติกรรมในด้านกำลัง และความแข็งแรงของคอนกรีตหรือวัสดุที่ประกอบกันขึ้นเป็นคอนกรีต การทดสอบต่าง ๆ ที่ได้ศึกษาค้นคว้าแล้วมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี ค.ศ. 1920 INGBERG ศึกษาพฤติกรรมของไฟที่เกิดขึ้นในอาคารจริง ๆ และได้สรุปเป็นแนวความคิดไว้ว่า "แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ" ซึ่งสถาบันมาตรฐาน ASTM ได้นำแนวความคิดนี้มาใช้พัฒนาเส้นโค้งมาตรฐานในการทดสอบไฟขึ้น เพื่อลอกเลียนแบบไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ ดังมีข้อความที่สำคัญอยู่ 2 ข้อ คือ

1. ความทนทานไฟของชิ้นส่วน ขึ้นกับ ความรุนแรงของไฟ (Fire Severity) เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

2. ความรุนแรงของไฟ ขึ้นกับ ความเข้มของปริมาณไฟ (Fire Load Density) เพียงอย่างเดียว

ในปี ค.ศ. 1929 INGBERG ศึกษาพฤติกรรมเกี่ยวกับแร่ที่เป็นส่วนประกอบของมวลรวมที่มีอิทธิพลต่อการต้านทานไฟของคอนกรีต โดยแบ่งคอนกรีตตามชนิดของมวลรวมเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ 4 กลุ่ม พบว่าเมื่อนำคอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมต่างชนิดกันนี้ไปทำการทดสอบไฟ คอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมคาร์บอเนตและเฟลสปาร์สามารถต้านทานไฟได้ดีกว่าคอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมแกรนิตและซิลิกาและพบอีกว่า คอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมหยาบจะสามารถต้านทานไฟได้ดีกว่าคอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมละเอียด

คุณสมบัติของมอร์ต้าและคอนกรีตสามารถแปรเปลี่ยนได้ตามอุณหภูมิ J.C.SAEMANU และ G.W.WASHA ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อ กำลัง ความแข็ง และความเหนียวของมอร์ต้าและคอนกรีตโดยการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกและแท่งมอร์ต้ารูปลูกบาศก์ที่บ่มด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50% อีกเป็นเวลา 13 วันเสร็จแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิทดสอบอีก 1 วัน รวมอายุของแท่งตัวอย่างทดสอบก่อนทำการทดสอบทั้งหมด 28 วัน อุณหภูมิที่สนใจอยู่ในช่วง -20 ถึง 200 องศาเซลเซียส จากผลการทดสอบพบว่า ค่ากำลัง ความแข็ง และความเหนียว ของทั้งมอร์ต้าและคอนกรีตจะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงอุณหภูมิติดลบ และจะมีค่าเพิ่มขึ้นสลับกับลดลงไปจนกระทั่งอุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 200 องศาเซลเซียส จะไม่มีผลต่อค่ากำลัง ความแข็งแรง และความเหนียวของคอนกรีตและมอร์ต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นไม่นานได้มีการค้นคว้าหาคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ โดย ROBERT PHILLIEO ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีอิทธิพลต่อการขยายตัว ความหนาแน่นโมดูลัสของความยืดหยุ่นและค่ากำลังของคอนกรีตในช่วงอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ถึง 800 องศาเซลเซียส แท่งตัวอย่างทดสอบที่ใช้นั้นทำการบ่มด้วยไอน้ำตลอด 28 วันจากนั้นนำไปทดสอบไฟพบว่า การขยายตัวของคอนกรีตจะมีค่าเพิ่มขึ้นขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นและค่าความหนาแน่นจะมีค่าลดลงเนื่องจากน้ำหนักที่สูญเสียไป และยังพบอีกว่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นและกำลังของคอนกรีตจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ต่อมา H.L.MALHOTRA ได้ทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยการแปรเปลี่ยนค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ การทดสอบกระทำที่อุณหภูมิไม่เกิน 700 องศาเซลเซียส ตัวอย่างทดสอบที่ใช้อยู่ในรูปทรงกระบอกมาตรฐาน จากการทดสอบไฟตามมาตรฐานพบว่า ค่าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์จะไม่มีผลกระทบต่อการลดลงของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต นั่นคือ การแปรเปลี่ยนค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จะได้ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดลดลงเท่ากันที่อุณหภูมิเดียวกัน นอกจากนั้นยังพบอีกว่าแท่งตัวอย่างที่ทดสอบโดยมีการให้น้ำหนักกระทำด้วยขณะเผาจะมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลงน้อยกว่าแท่งตัวอย่างที่ไม่ได้มีน้ำหนักกระทำ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าน้ำหนักที่กระทำนั้นจะทำให้เกิดความเค้นขึ้นภายในซึ่งจะเป็นตัวที่ช่วยหน่วงไม่ให้เกิดรอยแตกร้าวขึ้นได้

จากการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีอิทธิพลต่อคอนกรีตก็ยังมีการค้นคว้าอยู่ตลอดมา N.G. ZOLDNERS ได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตโดยเน้นไปทางด้านกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัด โดยทำการแปรเปลี่ยนชนิดของมวลรวมต่าง ๆ กันไป มวลรวมที่ใช้ได้แก่ หินปูน กรวด หินทรายและหินภูเขาไฟ ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบอยู่ในช่วง 100 ถึง 800 องศาเซลเซียส และอัตราการเผาไหม้ของไฟที่ใช้ในการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานไฟของ ASTM จากการทดสอบพบว่าระดับการเสื่อมสภาพของคอนกรีตจะมีค่ามากน้อยขึ้นกับชนิดของมวลรวมที่ใช้ ซึ่งพอจะสรุปได้ดังต่อไปนี้ คอนกรีตที่ใช้หินปูนผสมจะสามารถต้านทานไฟได้ดีที่สุด ถ้าใช้หินทรายผสมจะใช้ได้กับที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ไม่เกิน 400 องศาเซลเซียส เพราะถ้าอุณหภูมิมากกว่านี้จะทำให้มีการเสื่อมสภาพและสูญเสียกำลังได้อย่างรวดเร็ว ถ้าอุณหภูมิไม่ถึง 200 องศาเซลเซียส จะไม่มีผลต่อการลดลงของกำลังของคอนกรีตเลยไม่ว่าจะใช้มวลรวมชนิดใดก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมา CAMPBELL - ALLEN และ DESAI ได้ทำการทดสอบให้เห็นว่าถ้าใช้หินปูนผสมคอนกรีตแล้วนำไปทดสอบไฟที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส จะมีการเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้นอีก ถ้าซีเมนต์ที่ใช้ในการผสมคอนกรีตนั้นมีค่า C_3A ต่ำ และมีค่า C_4AF C_3S สูง

HAROLD และ DAVIS(11) ได้ศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิสูง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อคอนกรีตโดยเน้นไปในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นและค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต พบว่าคอนกรีตที่มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวสูงจะมีความต้านทานน้อยกว่าคอนกรีตที่มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวต่ำกว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะลดลงเหลือประมาณ 50 % ของกำลังเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตที่จะศึกษา

- ช่วงอุณหภูมิ อุณหภูมิที่จะทำการทดสอบ คือ 200 , 400 , 600 และ 800 องศาเซลเซียส (ถ้ากำลังยังใช้ได้อยู่)
- ช่วงเวลาการเผา ตามมาตรฐาน ASTM E119 กำหนดให้มีความทนทานไฟขั้นต่ำเท่ากับ 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

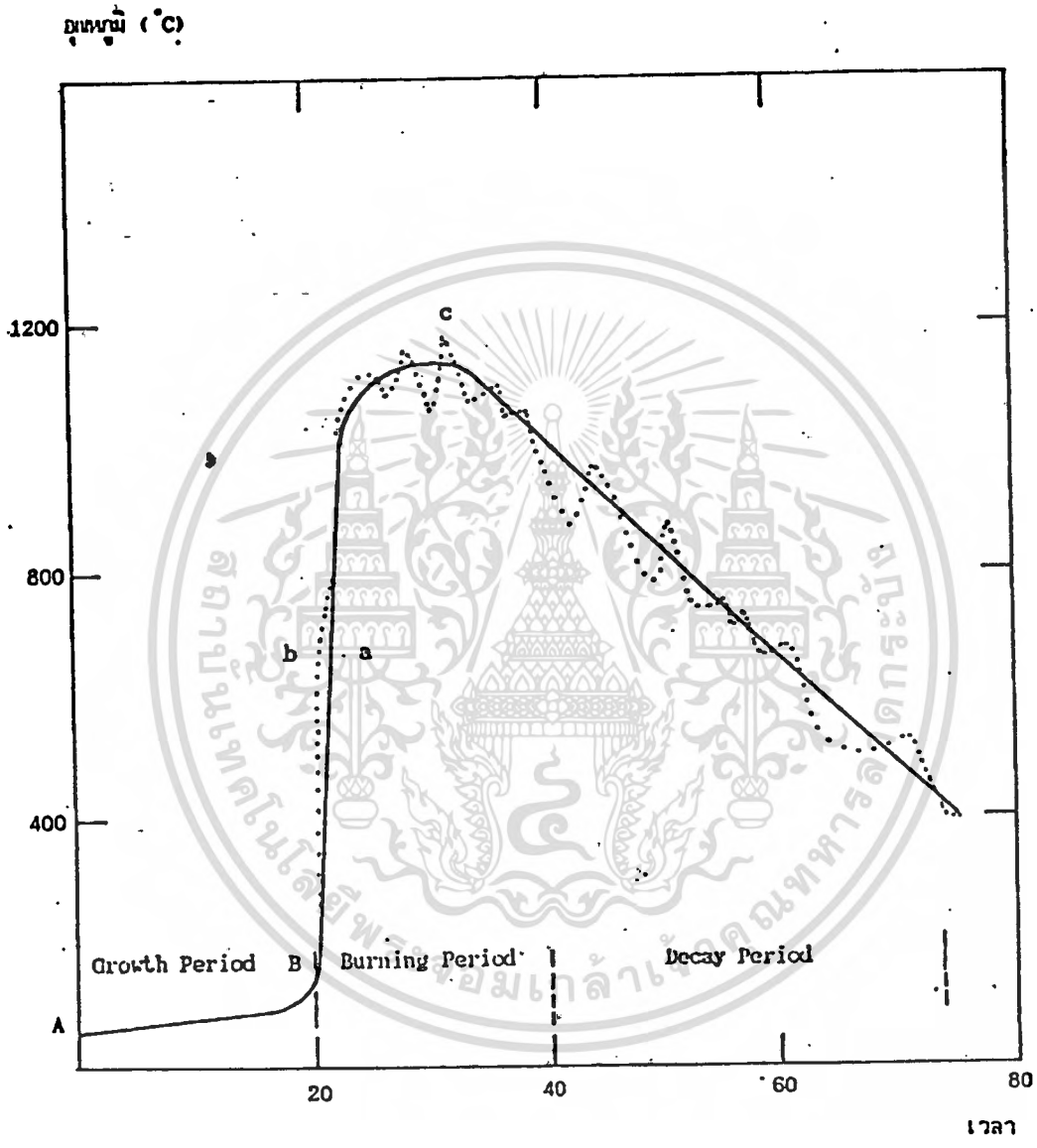
ลักษณะและพฤติกรรมของอัคคีภัย

ไฟเป็นอันตรายร้ายแรงอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดความสูญเสียต่อทรัพย์สินและชีวิตมนุษย์ ธรรมชาติของไฟเกิดจากการพัฒนาตัวเองของความร้อน แต่ไฟที่เกิดขึ้นในอาคารส่วนใหญ่นั้นเกิดจากแหล่งเชื้อเพลิงที่ติดไฟเล็ก ๆ แล้วค่อย ๆ เพิ่มตัวขึ้นเรื่อย ๆ แหล่งเชื้อเพลิงหรือที่ให้ความร้อนต่าง ๆ นั้นบางอย่างอาจจะเป็นเปลวไฟจากไม้ขีดไฟ ความร้อนจากเตาเผาในโรงงาน หรืออาจจะเป็นไฟที่เกิดจากการช็อตของไฟฟ้าก็เป็นได้ เป็นต้น อัตราการเพิ่มตัวเองของไฟโดยทั่วๆ ไปแล้วขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราความร้อนที่เราป้อนเข้าไปนั่นคือสิ่งซึ่งสามารถติดไฟได้ทั้งหมดที่มีอยู่ภายในอาคาร กับอัตราของความร้อนที่กระจายออกมา ถ้าความร้อนที่ป้อนเข้าไปมีค่ามากกว่าความร้อนที่กระจายออกมาแล้วอัตราการเพิ่มตัวเองของไฟก็จะเพิ่มมากขึ้นได้

2.1 ขบวนการเกิดเพลิงไหม้

การเพิ่มตัวเองขึ้นของไฟจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วมากถ้าสภาวะแวดล้อมเอื้ออำนวย ไฟที่ไหม้ในอาคารภายในที่จำกัด เช่น ห้องทำงาน ห้องนักอาศัย ห้องเรียนหรือที่อื่น ๆ ไฟจะสามารถกระจายลุกลามไปได้อย่างรวดเร็ว หรือไม่นั้นขึ้นกับว่าภายในห้องนั้นมีสิ่งที่ติดไฟได้สะสมอยู่เป็นปริมาณมากน้อยเท่าไร และมีการถ่ายเทอากาศได้ดีเพียงใด ดังนั้นจะเห็นว่าวัสดุอื่นหรือสิ่งอื่น ๆ ที่ติดไฟช้าหรือติดไฟได้ยากนั้นจึงอาจติดไฟได้ด้วยและจะเกิดขึ้นภายในเวลาเพียงไม่กี่นาทีเท่านั้น ซึ่งอุณหภูมิในตอนนั้นจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงพฤติกรรมความสัมพันธ์ระหว่างอุณภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.1 เป็นกราฟแสดงการก่อตัวของไฟในรูปความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลาภายในห้องหนึ่ง ๆ ซึ่งมีเชื้อเพลิงจำนวนหนึ่งและมีกระถ่ายเทอากาศแบบหนึ่ง เส้นกราฟ a เป็นกราฟของข้อมูลจริง ๆ ที่เก็บมาได้ ส่วนกราฟ b เป็นกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของกราฟ a ช่วง A-B เป็นช่วงเวลาที่จะเกิดเพลิงไหม้หมดทั้งห้องและเราเรียกช่วงนี้ว่า "ช่วงเริ่มก่อตัวของไฟ" (Growth period) ที่จุด b ช่วงเผาไหม้ (Burning period) จะเริ่มต้นขึ้น นั่นหมายความว่าภายในห้องนั้นได้เกิดเพลิงลุกไหม้จนทั่วหมดแล้ว ช่วงนี้ถือว่าการพัฒนาตัวเองของไฟได้เกิดขึ้นเต็มที่ อุณหภูมิภายในจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ว่าจะเกิดในอัตราที่ลดลงเมื่อใกล้จุด c ซึ่งเป็นจุดที่ความร้อนที่ได้จากสิ่งที่ถูกเผาไหม้ไปกับความร้อนที่สูญเสียไปกับกำแพงและสิ่งแวดล้อมมีค่าเท่ากันพอดี อุณหภูมิจะเริ่มลดลง เลยจุด c ไปถือว่าเป็นช่วงของการสลายตัว (Decay period) แม้ว่าอุณหภูมิจะเริ่มลดลงแต่อุณหภูมิในช่วงนี้ยังสูงมากอยู่ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการพังทลายของโครงสร้างได้ถ้าไหม้เป็นเวลานาน ๆ ติดต่อกันหลายชั่วโมง ในระหว่างที่ลุกไหม้ในช่วงของการเผาไหม้หรือช่วงการสลายนั้น อาจจะมีการส่งผ่านความร้อนหรือการกระจายของไฟจากห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่งก็ได้ หรืออาจจะมีการแผ่เปลวไฟความร้อนไปยังตึกข้างเคียงอีกด้วย

2.1.1 ช่วงการก่อตัวของไฟ (Growth Period)

อุณหภูมิในช่วงนี้ค่อนข้างต่ำอยู่ ดังนั้นจึงไม่ค่อยมีผลเท่าใดนักเวลาของช่วงนี้จะสำคัญกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากว่าถ้าเวลาของช่วงนี้นานก็จะยังพอมีเวลาที่จะหลบหนีออกจากห้องหรือตัวตึกได้อย่างปลอดภัย และยังสามารถดับไฟได้ทันท่วงทีอีกด้วย เวลาของช่วงนี้จะนานเท่าใดนั้นขึ้นกับชนิดและขนาดของเชื้อเพลิง ถ้าเชื้อเพลิงติดไฟได้ไวความร้อนที่ออกมาก็จะมากทำให้เวลาของช่วงนี้ก็จะน้อยตามไปด้วย พื้นที่ผิวของกำแพง เพดาน ก็มีผลกระทบเช่นเดียวกัน ถ้าพื้นที่ผิวใหญ่กว้างมากก็จะทำให้ช่วงการก่อตัวของไฟเกิดได้เร็วเพราะว่าความร้อนสามารถส่งผ่านหรือเคลื่อนตัวได้อย่างต่อเนื่อง นอกเหนือจากนี้ยังมีตัวประกอบอื่นอีกที่มีกระทบต่อเวลาของช่วงการก่อตัวของไฟอีกก็คือ ระยะห่างของสิ่งที่ติดไฟภายในห้อง ขนาดและตำแหน่งของแหล่งกำเนิดไฟ ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดภายในห้อง ทิศทางและความเร็วของลม ขนาดและรูปร่างของห้อง และปริมาณและขนาดเชื้อเพลิงภายในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
007668

2.1.2 ช่วงการเผาไหม้และช่วงการสลายตัว (Burning and Decay period)

ระหว่างที่มีไฟกำลังไหม้อยู่ภายในห้องนั้น ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของกาซที่มาจากสิ่งที่ติดไฟจะมีการเคลื่อนตัวลอยสูงขึ้น และออกไปทางส่วนบนของช่องเปิดหรือทางหน้าต่าง ส่วนอากาศที่เย็นกว่าจากภายนอกก็จะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ทางส่วนล่างของช่องเปิดและเข้าร่วมในการเผาไหม้ต่อไป เหตุการณ์นี้ก็เนื่องมาจากการเกิดความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของอากาศร้อนภายในและอากาศเย็นภายนอกนั่นเอง ตัวการที่มีส่วนช่วยให้ช่วงนี้เกิดได้ดีก็คือ ปริมาณของเชื้อเพลิงและขนาดของช่องเปิดภายในห้องนั้น ถ้าช่องเปิดภายในมีขนาดใหญ่อัตราการเผาไหม้จะยิ่งสูง แต่ความจริงแล้วพื้นที่ผิวของสิ่งที่ติดไฟก็จะเป็นตัวควบคุมอัตราการเผาไหม้ด้วย สิ่งที่ติดไฟภายในอาคารส่วนใหญ่จะเป็นพวกเครื่องเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งในแต่ละห้องก็จะมีจำนวนแตกต่างกันไปและเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วย อย่างไรก็ตามภายในอาคารหลาย ๆ แห่ง จะมีพื้นผิวของเฟอร์นิเจอร์อยู่อย่างเพียงพอ สรุปแล้วอัตราการถ่ายเทของอากาศภายในห้องจะเป็นตัวควบคุมอัตราการเผาไหม้ที่มีผลมากกว่าตัวการอื่น ๆ

ดังนั้น จะเห็นว่าจากกระบวนการของการพัฒนาตัวเองของไฟ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะไฟไหม้ การกระจายของไฟ ช่วงเวลาที่เกิดไฟไหม้ ความรุนแรงของไฟ และอื่น ๆ อีกนั้น จะขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่นหลายอย่าง ซึ่งถ้าพิจารณาเฉพาะไฟที่เกิดขึ้นภายในอาคารมีดังนี้

ก. ปริมาณของไฟ (Fire Load)

ข. ตำแหน่งที่อยู่ของปริมาณไฟ

ค. ชนิด รูปร่างและขนาดของเชื้อเพลิงหรือสิ่งซึ่งติดไฟ

ง. พื้นที่ของช่องเปิดหรือหน้าต่าง

จ. อุณหภูมิ ความดัน และความชื้นสัมพัทธ์

ฉ. ขนาดของห้อง

ช. การนำความร้อนของโครงสร้าง

ซ. ระดับการแผ่กระจายของไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

จากการสำรวจศึกษาและวิจัยพบว่าตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นนั้น ตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลทำให้เส้นกราฟของไฟมีลักษณะต่าง ๆ กันไป ก็คือ ปริมาณของไฟ และพื้นที่ของช่องเปิด

2.2 ปริมาณของไฟ (Fire Load)

ปริมาณของไฟนิยามว่าเป็น ปริมาณความร้อนที่วัดได้จากวัสดุซึ่งติดไฟได้ในห้อง ๆ หนึ่ง หรืออาจจะนิยามปริมาณไฟว่าเป็นปริมาณความร้อนของวัสดุซึ่งติดไฟต่อพื้นที่หนึ่งตารางหน่วย ถ้าพูดถึงความหนาแน่นของปริมาณไฟนั่นก็คือ วัดภายในปริมาตรปิดนั่นเอง ปกติแล้วค่าปริมาณไฟจะคิดต่อพื้นที่ผิวของห้อง

ในประเทศต่าง ๆ ได้มีการสำรวจเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณของไฟในอาคารกันอย่างกว้างขวาง โดยทั่วไปแล้วปริมาณความร้อนของวัสดุซึ่งติดไฟจะอยู่ในรูปของน้ำหนักของไม้ที่ให้ความร้อนออกมาเท่า ๆ กันกับปริมาณความร้อนของวัสดุนั่นเอง ปริมาณไฟสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับการกระจายของวัสดุในอาคารหรือตำแหน่งของวัสดุ ชนิดของห้องภายในอาคารและอื่น ๆ อีก จากข้อมูลที่เก็บมาจากหลาย ๆ อาคารก็ได้มีการลงความเห็นกันว่าค่าเฉลี่ยของความน่าจะเป็นของค่าปริมาณไฟในอาคารควรจะมีค่าไม่น้อยกว่า 10 เปอร์เซนต์ต่อพื้นที่ตารางฟุตต่อหนึ่งชั่วโมง ซึ่งค่านี้ได้ถูกนำไปใช้กำหนดมาตรฐานไฟเพื่อใช้ในการทดสอบซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

2.3 พื้นที่ของช่องเปิด (Openning Area)

พื้นที่ของช่องเปิดมีอิทธิพลอย่างมากต่อการลุกไหม้ของไฟ ถ้าพื้นที่ของช่องเปิดมีมากก็จะทำให้อากาศร้อนภายในลอยตัวออกไปแล้วอากาศเย็นก็จะเข้ามาแทนที่ ทำให้ไฟมีการลุกไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และยังสามารถกระจายไปยังห้องข้างเคียงหรือติกข้างเคียงได้ง่าย พื้นที่ของช่องเปิดในที่นี้ไม่ใช่หมายถึงพื้นที่ของหน้าต่าง และประตูเพียงอย่างเดียวเท่านั้นแต่ยังรวมถึงพื้นที่ที่อากาศสามารถผ่านเข้าออกภายในห้องได้อีกด้วย

จากการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้วนั้น ก็จะสามารถเลียนแบบพฤติกรรมของไฟที่เกิดขึ้นจริงได้โดยอยู่ในรูปของความสัมพันธ์เวลากับอุณหภูมิ เมื่อสามารถเลียนแบบไฟได้ก็สามารถกำหนดเป็นมาตรฐานไฟเพื่อใช้ในการทดสอบหาพฤติกรรมต่าง ๆ ของวัสดุดังจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เส้นโค้งมาตรฐานไฟและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ

(Standard Fire Curve and Basic Theory of Fire Severity)

การที่จะทราบว่าองค์อาคารที่ถูกไฟไหม้ไปแล้วนั้นจะมีพฤติกรรมอย่างไร จะสามารถต้านทานไฟได้มากน้อยเพียงใดนั้นก็จะต้องมาจากการทดสอบทั้งสิ้น จากข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ๆ ในอาคารได้มีการค้นคว้าเพื่อหามาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ ดังนั้นจึงได้มีการค้นคว้ากันในหลายๆ ประเทศ สถาบันต่าง ๆ อาทิเช่น ASTM ISO และอื่น ๆ ได้มีการแนะนำมาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ทดสอบโดยอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา(Temperature-Time Relation) เพื่อเลียนแบบไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ ในอาคาร นักวิจัยชาวอเมริกันชื่อ INGBERG ได้เสนอความคิดในการสร้างเส้นโค้งมาตรฐานไฟโดยเรียกว่า "แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ (Fire load concept)"

2.5 แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ

แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟมีข้อสมมติฐานที่สำคัญดังนี้คือ

ก. ความทนทานไฟขององค์อาคาร ขึ้นกับ "ความรุนแรงของไฟ" เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ความรุนแรงของไฟสำหรับอาคารหรือเตาไฟที่ใช้ในการทดสอบซึ่งลอกเลียนแบบไฟจริง ๆ นั้นก็คือ พื้นที่ใต้เส้นกราฟอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง

ข. ความรุนแรงของไฟขึ้นกับความเข้มของปริมาณไฟอย่างเดียวเท่านั้น

ข้อสมมติฐานดังกล่าวนั้นง่ายและไม่ถูกต้องเท่าไรนัก เนื่องจากความรุนแรงของไฟไม่ได้ขึ้นกับความเข้มของปริมาณไฟแต่เพียงอย่างเดียว จริง ๆ แล้วยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ของช่องเปิด ชนิดและน้ำหนักของเชื้อเพลิง คุณสมบัติทางความร้อนของกำแพง เพดาน เป็นต้น แม้กระนั้นก็ตามก็ถือว่าตัวประกอบเหล่านั้นมีผลน้อยกว่าเมื่อเทียบกับความเข้มของปริมาณไฟ จนถึงบัดนี้ก็ยังไม่มีแนวความคิดอื่นที่สามารถเลียนไฟให้ใกล้เคียงได้เท่านี้ ดังนั้น แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟนี้จึงยังคงเป็นที่ใช้กันอยู่และยังใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลา (Standard Temperature-Time Curve)

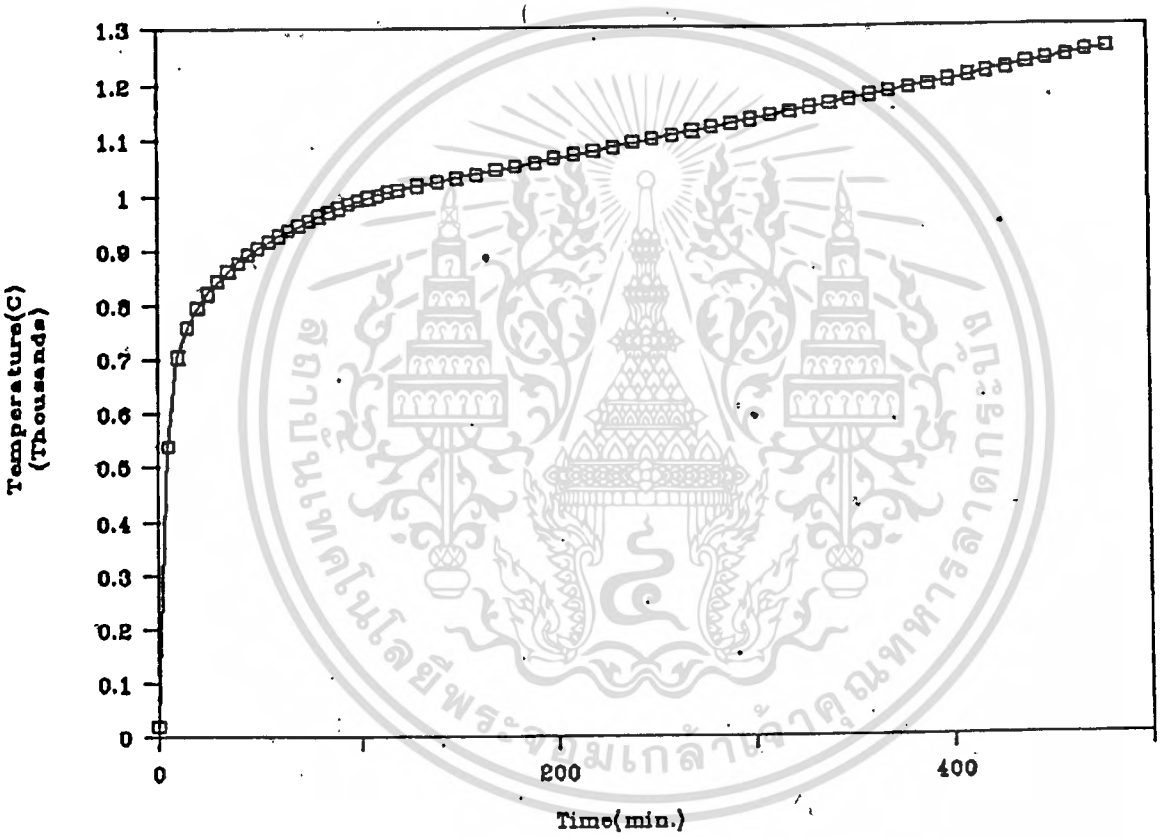
ASTM E 119 ได้เสนอเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาที่มีความเข้มของปริมาณไฟใกล้เคียงกันกับไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ ในอาคารโดยมีค่าความเข้มเท่ากับ 10 เปอร์เซนต์ต่อพื้นที่หนึ่งตารางฟุตต่อหนึ่งชั่วโมง ISO ก็ได้เสนอเส้นโค้งมาตรฐานเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วจะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาของ ASTM แสดงอยู่ในรูปที่ 2.2

2.7 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ (Basic Theory of Fire Severity)

ความรุนแรงของไฟที่เกิดขึ้นในอาคารจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับตัวประกอบที่สำคัญสองตัวคือ เชื้อเพลิงหรือสิ่งซึ่งติดไฟที่มีอยู่ในอาคารและพื้นที่ของช่องเปิดภายในอาคารแต่ตัวประกอบทั้งสองนั้นสามารถแปรเปลี่ยนได้และไม่สามารถที่จะกำหนดให้ตายตัวได้ว่าในอาคารแบบนั้น ๆ จะมีค่าเป็นเท่าไร ดังนั้นการที่จะกำหนดค่าความรุนแรงของไฟจึงจำเป็นจะต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิของไฟที่เวลาต่าง ๆ นั่นก็คือความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง

ความรุนแรงของไฟจริง ๆ แล้วก็คือพลังงานความร้อนที่สามารถทำลายคุณสมบัติในการต้านทานไฟและความทนทานไฟของวัสดุ พลังงานความร้อนในที่นี้ก็คือพื้นที่ใต้เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟที่ว่า ความรุนแรงของไฟก็คือพื้นที่ใต้เส้นโค้งอุณหภูมิกับเวลา เนื่องจากเส้นโค้งอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ นั้น จะมีลักษณะแบบหนึ่งที่แตกต่างจากเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาของ ASTM ซึ่งสามารถแปลงให้อยู่ในรูปของมาตรฐานได้ โดยการกำหนดให้พื้นที่ใต้เส้นโค้งมาตรฐานมีค่าเท่ากันกับเส้นโค้งของไฟจริง ๆ นั่นก็คือ อาศัยหลักการของพลังงานนั่นเอง ยกตัวอย่างการแปลงดังรูปที่ 2.3 รูปทางซ้ายมือแสดงถึงลักษณะของไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ ซึ่งมีช่วงเวลาการเผาไหม้เป็น t_1 และจากรูปทางขวามือจะแสดงความรุนแรงของไฟเสมือนภายใต้เส้นโค้งมาตรฐานของ ASTM ซึ่งจะใช้เวลาในการเผาไหม้นานกว่าเป็นเวลา t_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลามาตรฐานไฟ ASTM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นโค้งมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิสำหรับทดสอบไฟ

ตามมาตรฐาน ASTM

เวลา ชม.-นาที	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
0:00	20
0:05	538
0:10	704
0:15	760
0:20	795
0:25	821
0:30	843
0:35	862
0:40	878
0:45	892
0:50	905
0:55	916
1:00	927
1:05	937
1:10	946
1:15	955
1:20	963
1:25	971
1:30	978
1:35	985
1:40	991

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา ชม.-นาที	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
1:45	996
2:00	1010
2:10	1017
2:20	1024
2:30	1030
2:40	1038
2:50	1045
3:00	1052
3:10	1059
3:20	1066
3:30	1072
3:40	1079
3:50	1086
4:00	1093
4:10	1100
4:20	1107
4:30	1114
4:40	1121
4:50	1128
5:00	1135
5:10	1142
5:20	1149
5:30	1156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา ชม.-นาที	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
5:40	1163
5:50	1170
6:00	1177
6:10	1184

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นโค้งมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิสำหรับทดสอบไฟ

ตามมาตรฐาน ISO

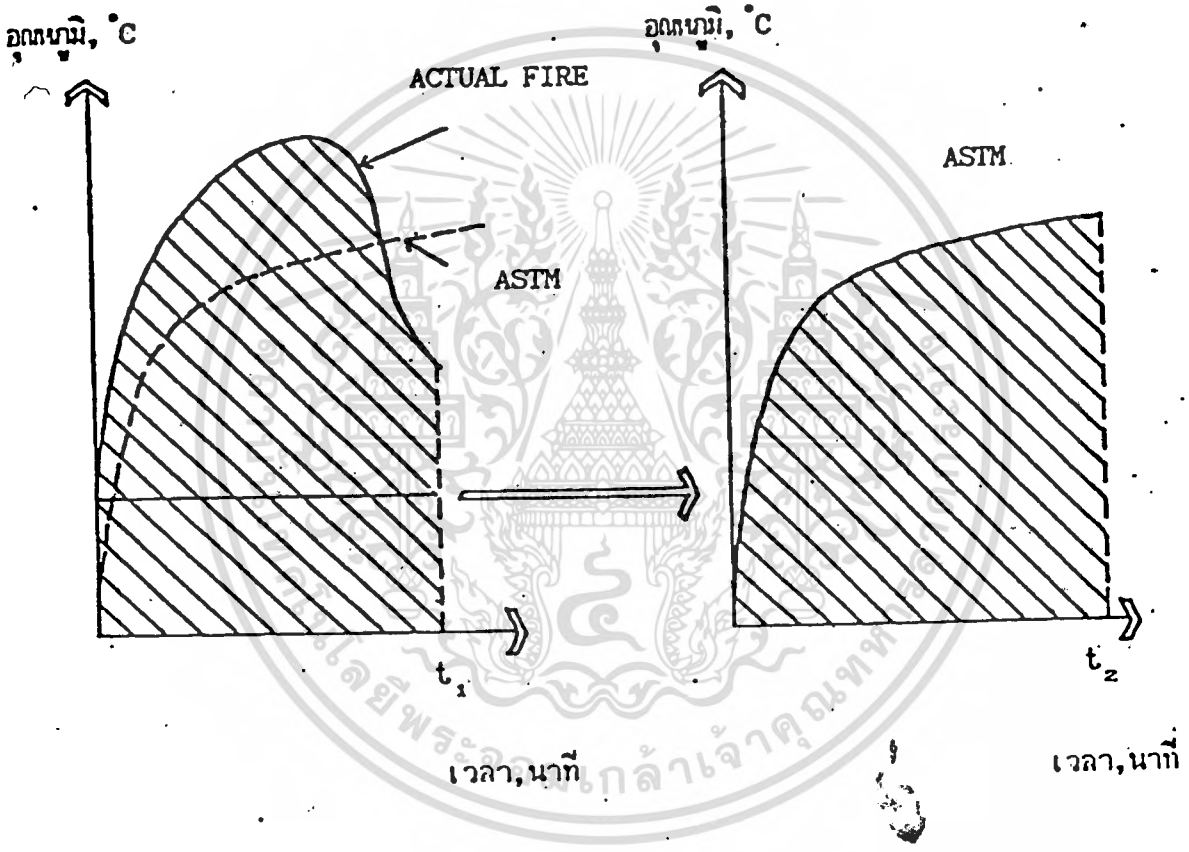
เวลา ชม.-นาที	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
5	556
10	659
15	718
30	821
60	925
90	986
120	1029
180	1090
240	1133
360	1193

t = เวลา (นาที)

T = อุณหภูมิของเตาไฟที่เวลา t (องศาเซลเซียส)

T_o = อุณหภูมิเริ่มต้นของเตาไฟ (องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงการแปลงความรุนแรงเสมือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ความร้อน กับ คอนกรีต

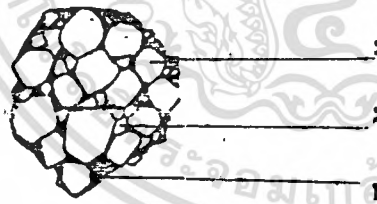
ความร้อนทำให้คอนกรีตเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านการรับกำลัง และมีปรากฏการณ์บางอย่างเกิดขึ้น

ธรรมชาติของคอนกรีต

คอนกรีต คือ ส่วนผสมของปูนซิเมนต์กับวัสดุผสม ได้แก่ ทราย หิน หรือ กรวด และที่สำคัญคือ น้ำ ในการผสมทรายและหินหรือกรวด จะมีขนาดคละกันไป และจะมีช่องว่างในช่องว่างเหล่านี้ จะถูกแทนที่ด้วยวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า ส่วนช่องว่างที่เหลือ จะถูกแทนที่ด้วยส่วนผสมของปูนซิเมนต์กับน้ำ ซึ่งเรียกว่า ซีเมนต์เพสส์

หน้าที่ของซีเมนต์เพสส์ คือ จะเป็นตัวยึดเหนี่ยววัสดุต่าง ๆ ให้รวมกันเป็นวัสดุที่แข็งแรง มั่นคง

คุณภาพของคอนกรีต จึงขึ้นอยู่กับซีเมนต์เพสส์ เป็นส่วนใหญ่



คุณสมบัติของซีเมนต์เพสส์ คือ ซีเมนต์เพสส์ที่ใช้จะต้องแข็งแรง ทนทาน ทนต่อการสึกกร่อนและสามารถกันมิให้น้ำซึมผ่านได้

ส่วนผสมของคอนกรีตโดยทั่วไป จะมีปริมาณของ ปูนซีเมนต์ประมาณ 10-20 %
น้ำ ประมาณ 10-20 %
อากาศ ประมาณ 2-5 %
วัสดุผสม ประมาณ 65-80 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนของน้ำกับปูนซีเมนต์

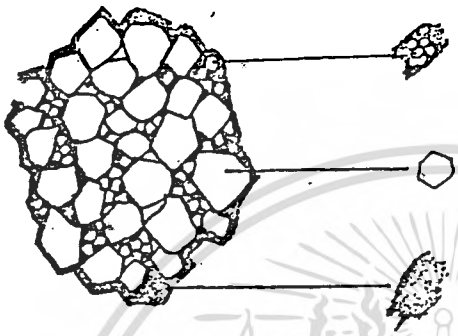
ในปัจจุบันนี้การทำงาน คอนกรีต ส่วนใหญ่ (นอกจากในรายที่มีการควบคุมโดยใกล้ชิด) ทั้งผู้ที่ทำงาน และผู้ควบคุมงาน แทบที่จะมิได้เอาใจใส่ในเรื่องคุณภาพของน้ำและปริมาณของน้ำ ที่ใช้ในการผสมคอนกรีตเลย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำเป็นส่วนผสมที่มีราคาถูกที่สุด หรืออาจกล่าวได้ว่าแทบไม่มีราคาเลย ผู้ที่ทำงานจะเติมน้ำลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตให้มากๆ เพื่อจะได้สะดวกแก่การทำงานและโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ผู้ควบคุมจึงต้องมีการควบคุมอย่างเข้มงวดซึ่งจะปรากฏข้อเสียตามมามากมาย

น้ำ

น้ำเป็นส่วนผสมที่มีความสำคัญมาก ๆ อันหนึ่ง หรืออาจจะเป็นวัสดุที่จะได้รับการพิจารณาก่อนเสมอ เมื่อเกิดปัญหาขึ้น เนื่องจากเป็นตัวที่ทำให้ซีเมนต์เกิดการแข็งตัว ปริมาณน้ำที่ใส่ลงในส่วนผสมของคอนกรีตจะมีความสัมพันธ์กับกำลังของคอนกรีต ถ้าใช้น้ำมากเกินไปกำลังของคอนกรีตจะลดลง เพราะน้ำที่เพิ่มขึ้นจะไปทำให้ซีเมนต์ข้น (cement paste) เกิดการเจือจาง และมีผลลดกำลังยึดเหนี่ยว ทำให้คอนกรีตแตกร้าวมากขึ้น เพราะจะเกิดการหดตัวมาก และเมื่อน้ำส่วนเกินไปนี้จะระเหยออกจากคอนกรีตแล้วทำให้เกิดรูโพรงในเนื้อของคอนกรีต ทำให้คอนกรีตไม่แน่นทึบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำกับอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์



วัสดุมวลรวมละเอียด

วัสดุมวลรวมหยาบ

ซีเมนต์เพลส

สภาพที่แสดง เมื่อคอนกรีตมีการใช้อัตราส่วนที่มีความพอเหมาะ

วัสดุมวลรวมหยาบ

วัสดุมวลรวมละเอียด

ซีเมนต์เพลส

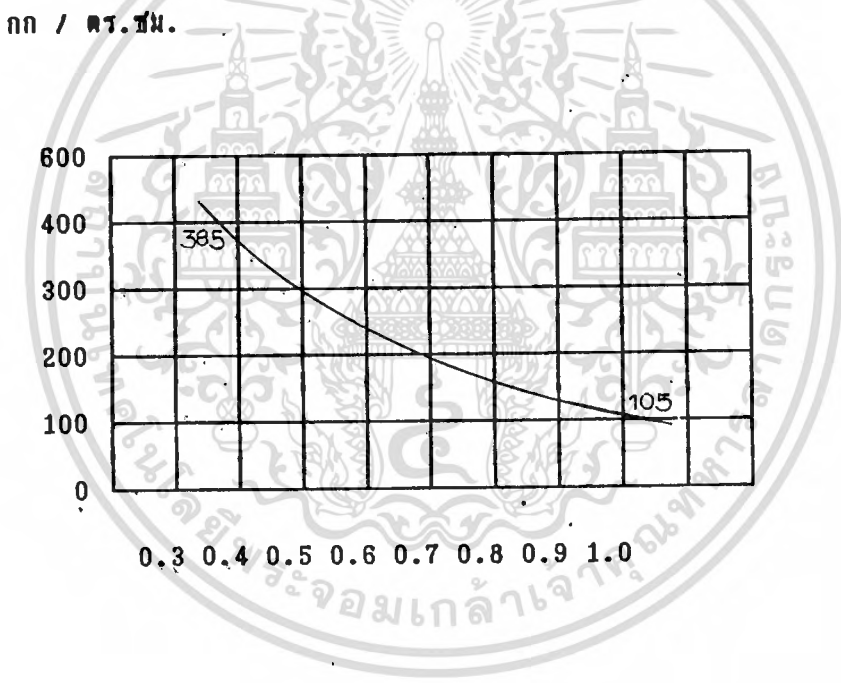
ช่องว่างที่เกิดจากการใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่มากเกินความจำเป็น

สภาพที่แสดง เมื่อคอนกรีตมีปริมาณน้ำมากเกินกว่าที่ต้องการเป็นปริมาณมากทำให้เกิดสภาพที่เป็นรูโพรงมากมาย อันมีผลต่อกำลังของคอนกรีตอย่างมาก (รูโพรงดังกล่าวเกิดจากการ ระเหยออกไปของน้ำส่วนที่เป็นน้ำที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับคอนกรีต พึงระลึกเสมอว่า ปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีตเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะกำหนดกำลังของคอนกรีตที่ทำขึ้นและเพื่อให้เห็นชัดเจน จึงมีการนำเสนอการลดลงของกำลังคอนกรีต ซึ่งใช้ส่วนผสมอื่น ๆ เป็นตัวคงที่ แต่ปริมาณน้ำจะแตกต่างกันเป็นดังนี้

กำลังอัดของคอนกรีต เมื่อมีอายุ 28 วัน หน่วย กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำ และน้ำหนักปูนซีเมนต์ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต เมื่อมีการใช้น้ำปริมาณต่างกันในส่วนผสมอันเดียวกัน

(ทดลองโดย US Bureau of reclamtion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของน้ำ

1. เปลี่ยนสภาพของส่วนผสมของ ปูนซีเมนต์ ทราย และหินที่แห้ง ให้เป็นวัสดุเปียกทำงานได้สะดวก
2. ทำปฏิกิริยาทางเคมี กับปูนซีเมนต์ ทำให้ส่วนผสมเปียกกลายสภาพเป็นมวลแน่นแข็งและมีความแข็งแรง

การกำหนดจิงต้องมีการคำนึงถึงหน้าที่ของทั้งสองข้อนี้ด้วย โดยปริมาณน้ำที่จะไปทำปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์นั้น มีปริมาณที่เกือบจะคงที่ คือประมาณ 0.25 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ส่วนที่ต้องการเพิ่มขึ้นจากส่วนนี้ก็คือ ปริมาณของน้ำที่จะทำให้ส่วนผสมทำงานได้สะดวก ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ต้องพิจารณากันในขณะปฏิบัติงาน

2.9 ปฏิกิริยา ระหว่าง ซีเมนต์กับน้ำ

เมื่อผสม ปูนซีเมนต์กับน้ำ ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างซีเมนต์กับน้ำจะเริ่มขึ้น เรียกว่า ปฏิกิริยา ไฮเดรชั่น ผลที่ได้จะทำให้เกิดความเหนียวและเกาะแน่นกับวัสดุผสม ความร้อนที่ได้จากการที่ซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำ นั้นเรียกว่า heat of hydration วัดเป็นคาลอรีต่อกรัมของปูนซีเมนต์ ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้บางส่วนจะหนีผ่านเนื้อคอนกรีตออกมา แต่บางส่วนจะอยู่ภายในเนื้อคอนกรีต ถ้าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเนื้อคอนกรีตมีค่าที่สูง คอนกรีตอาจจะเสียความแข็งแรงได้ และความร้อนนี้จะทำให้เกิดหน่วยแรงต่าง ๆ ภายในเนื้อคอนกรีต ซึ่งจะเป็นผลให้คอนกรีตแตกร้าวได้

สมการปฏิกิริยา

ไฮเดรชั่น

ปูนซีเมนต์ + น้ำ ----------> ซิเมนต์เพลส

ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำปฏิกิริยาระหว่าง ปูนซีเมนต์กับน้ำ จะหยุดเมื่อน้ำหนีออกจากซีเมนต์เพสส์ หมดแล้ว ดังนั้น การบ่มจะเป็นวิธีการป้องกันการสูญเสียน้ำในคอนกรีต นับว่าเป็นสิ่งสำคัญ เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่าง ปูนซีเมนต์กับน้ำ ให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์นั้นขึ้นกับ

1. ปริมาณของปูนซีเมนต์ในส่วนผสม
2. ชนิดของปูนซีเมนต์
3. ความละเอียดของปูนซีเมนต์ และอุณหภูมิรอบ ๆ
4. ถ้าปริมาณของ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ต่ำกว่า 0.55 ขึ้นอยู่กับการให้น้ำจากภายนอก โดยปรากฏว่า ถ้าบ่มคอนกรีตที่ใช้กันธรรมดาเป็นเวลา 1 เดือน โดยให้อยู่ในสภาวะมาตรฐานของห้องทดลอง จะพบว่าปูนซีเมนต์จะทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วกว่า ร้อยละ 80

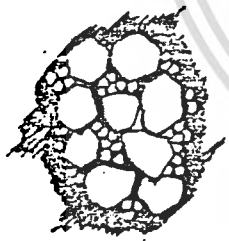
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ปริมาณน้ำ</u>

น้ำที่ต้องใช้จริง ๆ เพื่อที่จะทำการผสมกับปูนซิเมนต์ให้แข็งได้นั้นมีปริมาณน้ำน้อยกว่าที่ใช้ในการผสมคอนกรีต สำหรับเทเข้าแบบมาก แต่ถ้าใช้น้ำ เพียงแต่พอต้องการของปูนซีเมนต์ดังกล่าวนั้น คอนกรีตจะแห้งมากเกินไป จนไม่สะดวกในการที่จะเทลงแบบและกระทุ้งให้เป็นรูปได้

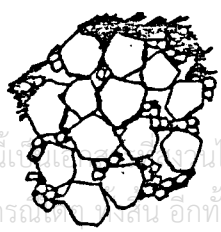
ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องใช้น้ำมากเกินกว่าที่ปูนซีเมนต์ต้องการจริง ๆ แต่ต้องไม่ลืมว่าถ้าใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นเท่าใด กำลังของคอนกรีตก็อ่อนลงไปตามลำดับ ปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่าง น้ำกับ ซีเมนต์อย่างเพียงพอและสมบูรณ์ต้องไม่น้อยกว่า 30 % ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ จึงต้องจำเอาไว้ว่า จะต้องทำให้ส่วนผสมเหลวพอกับความต้องการเท่านั้น อย่ามีการทำให้เหลวมากเกินไป เพราะจะทำให้คอนกรีตมีกำลังลดลง หรือถ้าจะทำให้คงที่ก็ต้องเพิ่มปูนซีเมนต์เข้าไป ซึ่งเป็นการเปลืองโดยใช่เหตุ

คอนกรีตที่มีการใช้ปริมาณน้ำที่พอเหมาะ



ปูนซีเมนต์ + <u>น้ำ</u> (จำนวนมากเพียงพอที่จะทำปฏิกิริยา)
------> ซีเมนต์เพลส
และสามารถเทได้สะดวก

คอนกรีตที่มีปริมาณน้ำที่มากเกินความจำเป็น



ปูนซีเมนต์ + <u>น้ำ</u> + น้ำ (เกินจำเป็น) ------> ซีเมนต์เพลส
โครงต่าง ๆ จะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อิทธิพลของไฟที่มีต่อคุณสมบัติของวัสดุพื้นฐานที่เป็นส่วนประกอบขององค์อาคาร

วัสดุพื้นฐานที่นำมาประกอบเป็นโครงสร้างอาคารคอนกรีตที่สำคัญคือ คอนกรีตและเหล็ก วัสดุดังกล่าวเมื่อเวลาถูกไฟไหม้หรือถูกความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ กัน คุณสมบัติทางกายภาพอาทิเช่น กำลัง ความแข็งแรง หรือค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น การนำความร้อน การขยายตัว การคืบตัว และอื่น ๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะมีผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างอย่างมาก

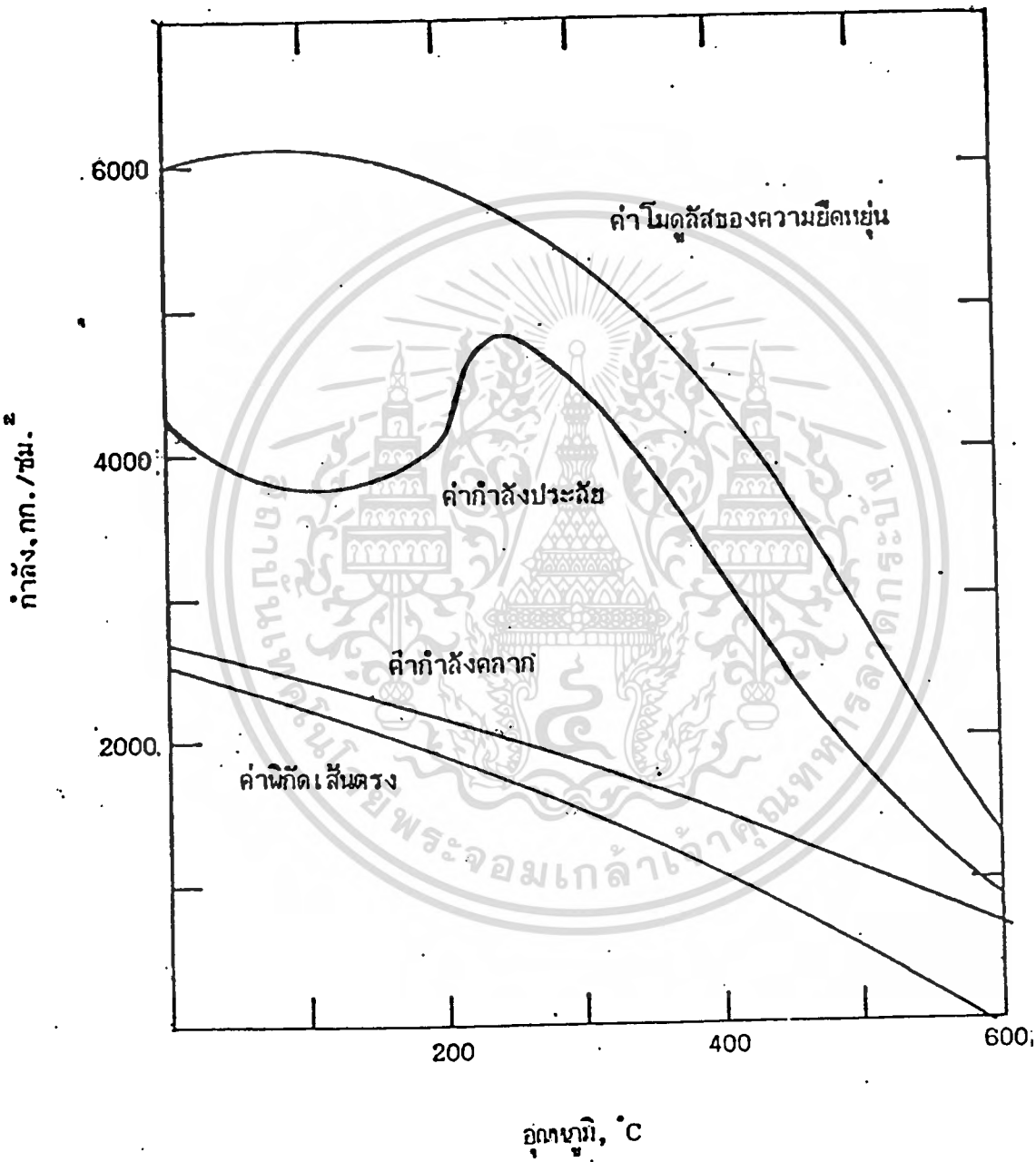
เนื่องจากประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุก หรือกำลังของโครงสร้างและความแข็งแรงของโครงสร้างเป็นสิ่งที่น่าควรคำนึงถึงก่อน ทั้งนี้เพราะโครงสร้างอาจจะเกิดการวิบัติขึ้นได้ จากคุณสมบัติทั้งสองนี้ ดังนั้น ควรจะทราบถึงอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณสมบัติดังกล่าวของคอนกรีตและเหล็ก ดังจะได้กล่าวต่อไป

3.1 เหล็ก

3.1.1 กำลังและความแข็งแรงของเหล็กที่อุณหภูมิต่าง ๆ

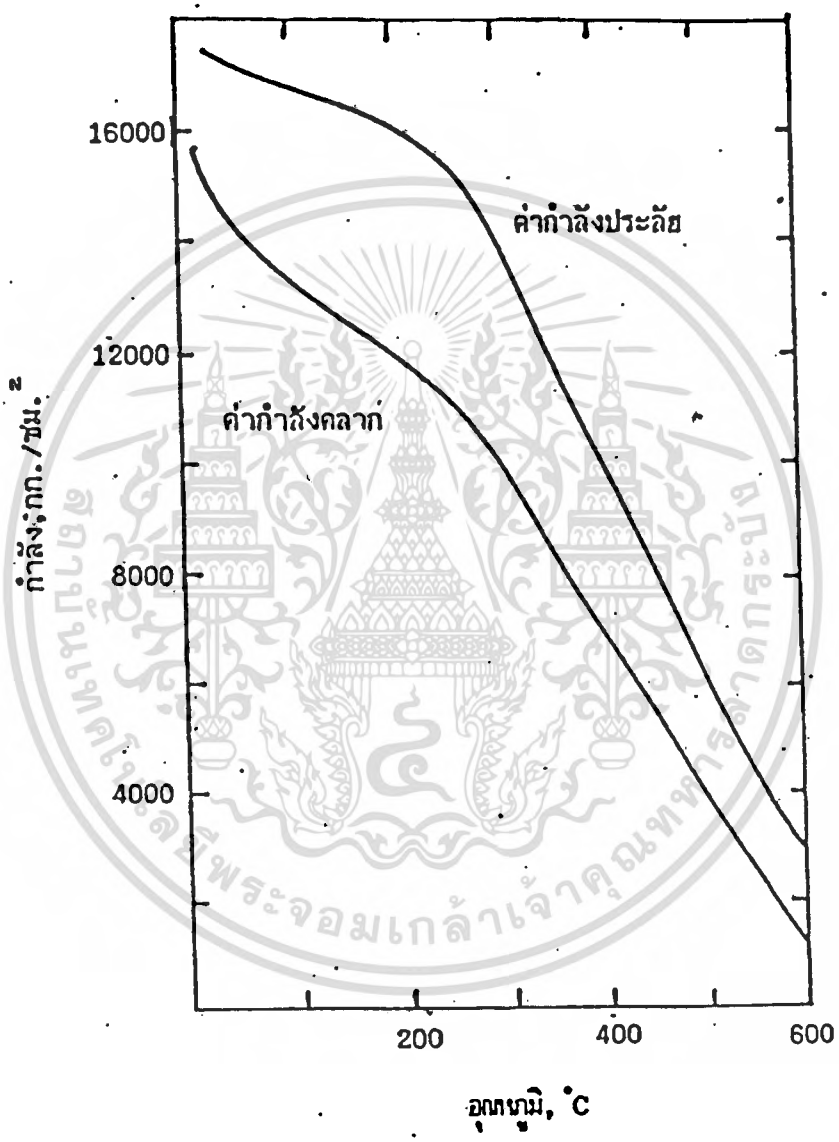
เหล็กเมื่อถูกความร้อนที่อุณหภูมิสูง ๆ ค่ากำลังรับแรงดึงประลัย ค่ากำลังคลาก และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของทั้งเหล็กเสริมและลวดอัดแรงจะมีค่าลดลง ที่อุณหภูมิประมาณ 350 องศาเซลเซียส ค่ากำลังคลากจะมีค่าลดลงประมาณ 50 % ดังรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 กำลังคลาก กำลังประลัย ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และค่าพิกัดเส้นตรงของเหล็กที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 กำลังคลากของลวดอัดแรงที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 คอนกรีต

3.2.1 กำลังของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ

กำลังของคอนกรีตแบ่งออกเป็น กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงเฉือน และที่สำคัญอีกอันหนึ่งก็คือ กำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม ในที่นี้จะกล่าวถึงกำลังรับแรงอัดที่อุณหภูมิต่าง ๆ เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

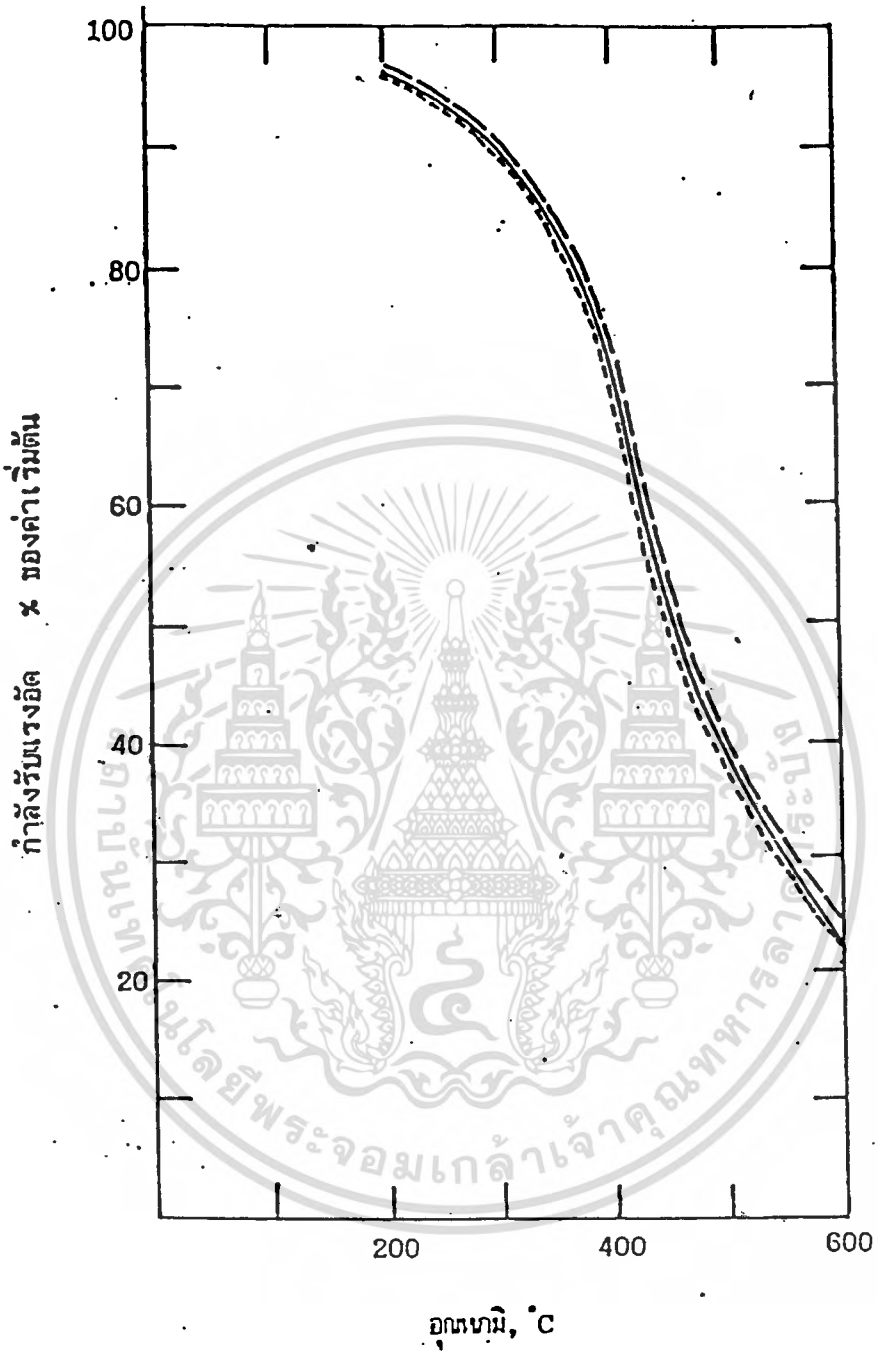
กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะมีค่าลดลงซึ่งมีพฤติกรรมคล้ายกับของเหล็ก เนื่องจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตขึ้นกับค่าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ แต่เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมาแล้วดังได้กล่าวในบทที่ 1 ค่าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์จะไม่มีผลกระทบต่อการลดลงของกำลังของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยที่ใช้มวลรวมชนิดเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.3

เมื่อใช้มวลรวมต่างชนิดกันมาผสมคอนกรีตแล้วทำการทดสอบไฟที่อุณหภูมิต่าง ๆ จะได้ผลแสดงดังรูปที่ 3.4 จากรูปจะเห็นว่าถ้าใช้มวลรวมคาร์บอเนตอาทิเช่น ไลม์สโตน โดโลไมต์ มาผสมคอนกรีตจะได้คอนกรีตที่มีความต้านทานไฟที่ดีกว่าใช้มวลรวมชนิดอื่นมาผสม

3.2.2 ความแข็งแรงหรือค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีตจะมีค่าลดลงโดยอยู่ในช่วงที่แรเงาดังรูปที่ 3.5 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นจะมีค่าลดลงเหลือประมาณ 50 % ของค่าเริ่มต้น โดยทำการเผาแท่งตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐานไฟ ASTM E119 เป็นเวลานานอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



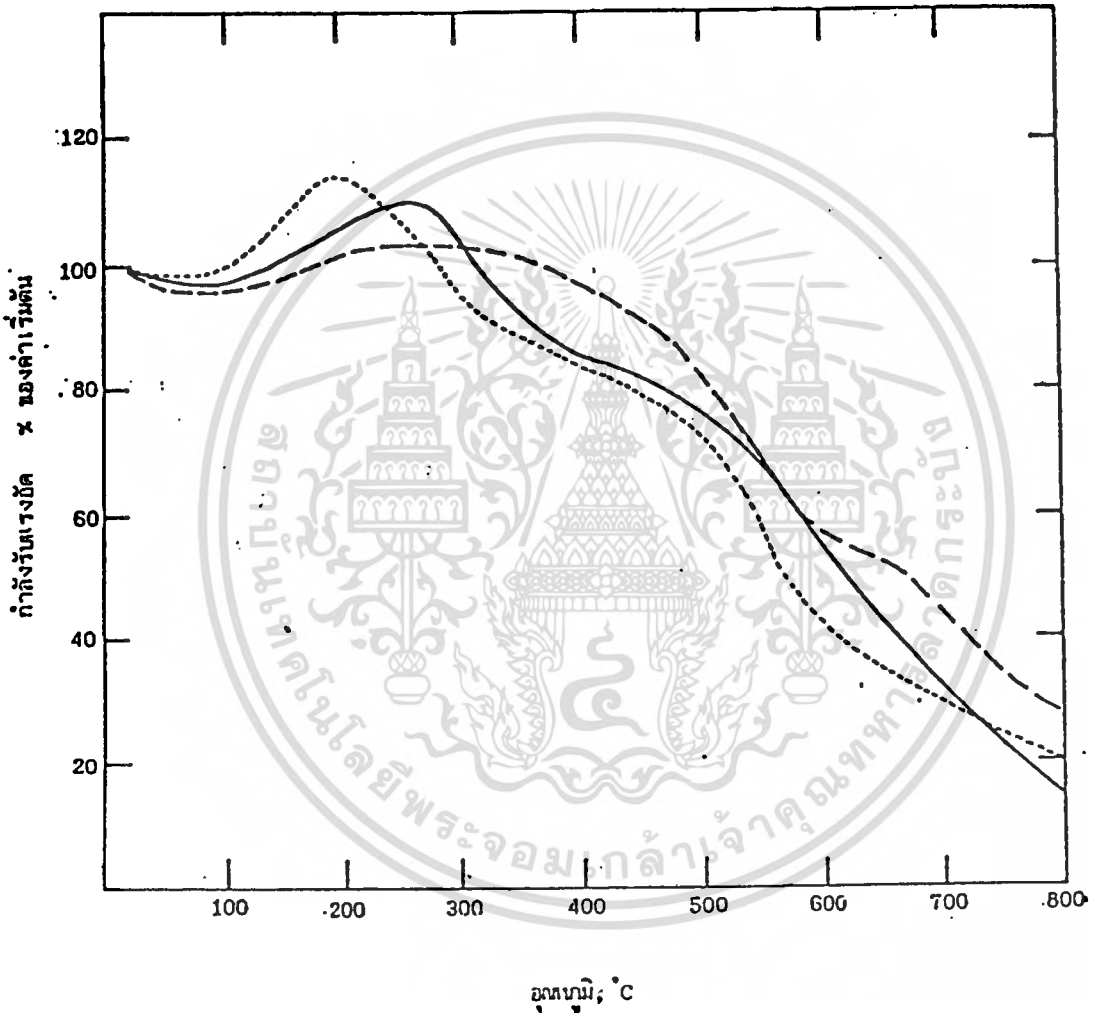
รูปที่ 3.3 ผลกระทบของการแปรเปลี่ยนค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในช่วง 0.3-0.7 ต่อการลดลงของค่ากำลังอัดที่อุณหภูมิต่าง ๆ

———— W/C = 0.45

- - - - W/C = 0.30

-- -- -- W/C = 0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



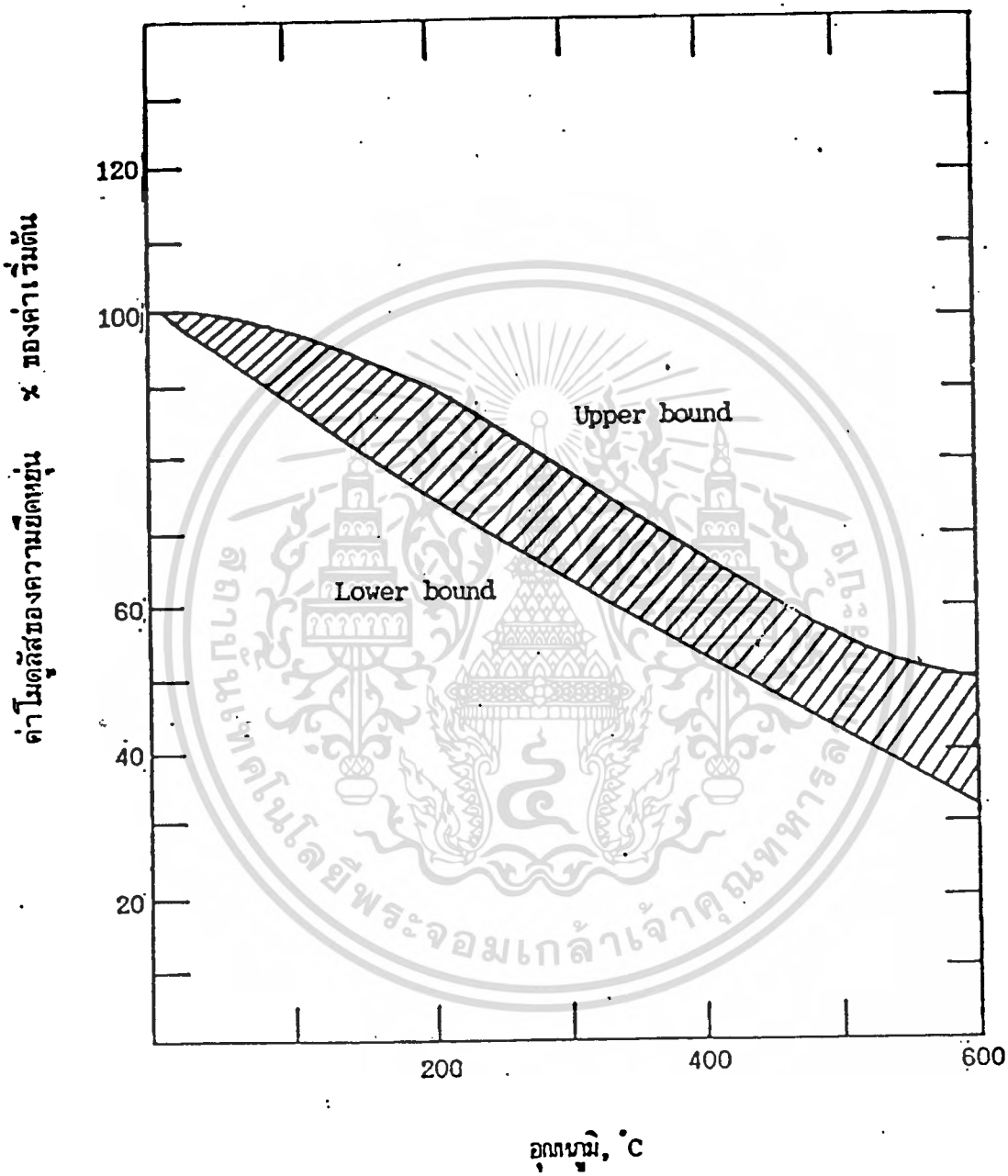
รูปที่ 3.4 ผลกระทบของการแปรเปลี่ยนมวลรวมที่ใช้ในการผสมคอนกรีตที่มีต่อการลดลงของค่ากำลังอัดที่อุณหภูมิต่าง ๆ

- - - - - - Lightweight agg.

— — — — Limestone agg.

———— Siliceous agg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การเปลี่ยนแปลงสีของคอนกรีตตามอุณหภูมิต่าง ๆ

คอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ไปแล้วนั้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของคอนกรีตไปเป็นสีต่าง ๆ ตามระดับของอุณหภูมิดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงสีผิวของคอนกรีตเมื่อเวลาถูกไฟไหม้ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ กัน

อุณหภูมิ (C)	สีของคอนกรีต
300	ปกติไม่เปลี่ยนแปลง
300 - 600	ชมพู – แดง
600 - 950	เทาขาว (White – Grey)
950	เหลืองคล้ำ (Buff)

3.2.4 การหลุดกระเทาะของคอนกรีต (Spalling)

การหลุดกระเทาะของคอนกรีตส่วนใหญ่จะมาจาก 2 สาเหตุใหญ่ ๆ ดังนี้ คือ

ก. คอนกรีตอัดตัว (Excessive Compression) เนื่องจากโครงสร้างคอนกรีตมีความหนา เมื่อคอนกรีตถูกความร้อนผิวชั้นนอกจะร้อนกว่าผิวชั้นในทำให้เกิดการขยายตัวมากกว่า แต่การขยายตัวนี้จะถูกต้านทานและยึดรั้งไว้โดยผิวชั้นในที่เย็นกว่า ทำให้มีแรงอัดเกิดขึ้นที่ผิวชั้นนอก ถ้าแรงอัดที่เกิดขึ้นสูงกว่าค่ากำลังสูงสุดของคอนกรีต จะทำให้คอนกรีตที่ผิวนอกหลุดกระเทาะออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. แรงดันของไอน้ำภายในคอนกรีต เนื่องจากคอนกรีตเป็นของผสมที่มีน้ำอยู่ด้วย ดังนั้น เมื่อคอนกรีตถูกไฟไหม้ไอน้ำที่ผิวนอกบางส่วนจะระเหยออกมา และมีบางส่วนถูกไล่เข้าไปใน

แกนกลาง ผิวนอกที่สูญเสียน้ำก็จะแห้งและเปราะ และเป็นตัวกันไม่ให้ไอน้ำภายในระเหยออกมา เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นด้วยทำให้ดันเนื้อคอนกรีตให้แตกออกหรือระเบิดออกมาได้

จากความรู้ข้างต้นจะเห็นว่า อุณหภูมิจากไฟไหม้ประมาณ 500 องศาเซลเซียส และเผาเป็นเวลานานอย่างน้อยหนึ่งชั่วโมง ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะมีค่าลดลงเหลือประมาณครึ่งหนึ่งของค่าเริ่มต้น นั่นก็แสดงว่าในขณะนั้นค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของคอนกรีตก็จะมีค่าลดลง แต่ยังสามารถที่จะรับน้ำหนักตัวเองอยู่ได้ แต่ถ้าคอนกรีตส่วนที่ถูกไฟไหม้นั้นถูกทิ้งไว้อีกเป็นเวลานาน ๆ โดยไม่มีการซ่อมแซมแล้ว กำลังรับน้ำหนักบรรทุกค่านั้นก็อาจจะมีค่าเปลี่ยนแปลงต่อไปอีก อาจจะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ถ้ามีค่าลดลงคอนกรีตส่วนนั้นก็จะต้องมีการซ่อมแซมใหม่เพื่อให้รับน้ำหนักบรรทุกได้ต่อไป แต่ถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นก็จำเป็นที่จะต้องรู้อีกว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเท่าไร สามารถที่จะรับน้ำหนักบรรทุกได้ต่อไปอีกหรือไม่ เรื่องนี้จึงเป็นสิ่งซึ่งน่าพิจารณาและน่าสนใจอย่างมาก ทั้งนี้เพราะว่าจะเป็นอันตรายอย่างมากถ้ากำลังรับน้ำหนักของคอนกรีตส่วนที่ถูกไฟไหม้ไปแล้วนั้นมีค่าลดลงและยังคงใช้งานกันอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การตรวจสอบอาคารที่เกิดการชำรุดเนื่องจากถูกไฟไหม้

เมื่อเกิดไฟไหม้อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กขึ้น มักจะมีปัญหาตามมาว่าโครงสร้างนั้นจะยังคงใช้งานได้ต่อไปโดยปลอดภัยหรือหม่ เพราะบางทีดูเผิน ๆ เหมือนกับว่าตัวโครงสร้างยังอยู่ในสภาพดี เว้นแต่แผ่นพื้นจะแอ่นบ้าง และปูนฉาบมักจะกระเทาะออกมาเป็นส่วนใหญ่

ปกติถ้านำแท่งคอนกรีตไปให้ความร้อนโดยตรง 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 ซึ่งเมื่อเผาไฟจะได้รับความร้อนจัดพร้อมกันทุกด้าน แต่ในโครงสร้างที่จริงไฟได้เผาเพียงบางส่วนบางด้านเท่านั้น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ฉะนั้นกำลังของคอนกรีตในโครงสร้างอาจไม่ลดมากเหมือนที่ปรากฏในผลจากห้องทดลอง

เมื่อโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กถูกไฟไหม้ ส่วนของคอนกรีตที่เสื่อมสภาพมากที่สุดได้แก่ผิวนอกที่หุ้มเหล็ก และมักจะหลุดออก แต่ภายในที่มิได้ถูกกับไฟโดยตรงมักยังแข็งแรงดีอยู่หรือองค์อาคารคอนกรีตที่มีปูนฉาบหุ้มเมื่อถูกไฟไหม้ขนาดไม่รุนแรงนัก มักจะเสียหายเฉพาะปูนฉาบเท่านั้น เนื้อคอนกรีตภายในมักจะยังดีอยู่ในสภาพดีอย่างไรก็ตามหากประสงค์จะใช้อาคารที่ถูกไฟไหม้แล้วต่อไป ก็ควรจะทำการทดสอบคุณภาพของวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้าง ตลอดจนทดสอบความมั่นคงแข็งแรงของอาคารจนเป็นที่แน่ใจว่าจะใช้งานได้โดยปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนในบางกรณี ที่มีปัญหาว่าอาคารที่ถูกไฟไหม้แล้วจะมีความมั่นคงหรือไม่ที่จะใช้งานได้โดยปลอดภัย อาจทำการตรวจในเบื้องต้นง่าย ๆ ดังต่อไปนี้

1. สำรวจสภาพทั่วไปของอาคาร เช่น มีคาน พื้น หรือเสาใดบ้างที่ชำรุด ผนังก่ออิฐมากน้อยเพียงใด ปูนฉาบหลุดกระเทาะบ้างหรือไม่

2. นำตัวอย่างเหล็กเสริมที่ถูกความร้อนจัดไปทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อดูว่าเหล็กเสริมดังกล่าวยังมีคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น จุดคลาก แรงดึงประลัย เปอร์เซนต์ส่วนยืด ยังดีดังเดิมหรือไม่หรือเสื่อมไปบ้างแต่ยังคงสามารถรับหน่วยแรงต่าง ๆ ได้โดยปลอดภัยหรือเสื่อมมากจนอาจเกิดอันตรายหากใช้งานต่อไป

3. ใช้เครื่องเจาะ ๆ เอาแก่นตัวอย่างพื้นคอนกรีตไปทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาค่ากำลังสูงสุด

4. ในองค์อาคารที่ไม่สามารถเจาะเอาแก่นไปทดสอบได้ เช่น คาน และเสา ก็ควรใช้การทดสอบโดยใช้เครื่องมือเรียกว่า concrete test hammer

5. เมื่อทำการทดสอบตามข้อ 2 ถึง 4 เรียบร้อยแล้ว ถ้าปรากฏว่า คอนกรีตและเหล็กเสริมยังมีคุณสมบัติดีพอที่จะใช้งานต่อไปได้ ก็ควรทำการทดสอบขั้นสุดท้ายโดยวิธีทดลองบรรทุกน้ำหนักเพื่อทดสอบความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างทั้งหมดพร้อม ๆ กันอีกขั้นหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นอาจสรุปหลักการและแนวทางในการสำรวจได้ว่า

การสำรวจความมั่นคงของโครงสร้างส่วนที่หายจากอัคคีภัย 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 โดยทำการทดสอบในสถานที่และเก็บรวบรวมชิ้นส่วนตัวอย่างไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ ความแข็งแรงที่ลดลงของวัสดุก่อสร้างที่เสียหายจากอัคคีภัยจะใช้เปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างที่ไม่ถูกอัคคีภัยในอาคารเดียวกัน

วิธีการทดสอบที่ใช้อ้างอิงจากมาตรฐานของ ASTM Standard อันประกอบด้วย

1. การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตในที่ โดยวิธี "ปั้นยิงคอนกรีต" หรือ Rebound Hammer (RH)

2. การตัดเหล็กเสริมไปทดสอบหากำลังดึงและอัตราการยืดตัวในห้องปฏิบัติการ Tension Test of Reinforcement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการสำรวจความเสียหายขององค์อาคาร

พื้นตั้งแต่ชั้น 1 ถึงชั้นดาดฟ้าของอาคารทุกห้องเกิดการแอ่นตัวเกิดขนาด คอนกรีตบางส่วนหลุดร่อนถึงชั้นเหล็กเสริม คานส่วนใหญ่มีรอยร้าว บันไดตั้งแต่ชั้น 1-3 เกิดการแยกตัวออกจากผนัง

การทดสอบคอนกรีตและเหล็กเสริม ผลการทดสอบคอนกรีตโดยวิธี Schmidht Hammer อย่างไรก็ตามค่าจากการประมาณกำลังนี้ ไม่อาจเชื่อถือได้มากนัก

สำหรับผลการทดสอบเหล็กพบว่าขนาดของเหล็กที่วัดได้จริงไม่เป็นไปตามขนาดที่ระบุบนเหล็กเส้นนั้น พื้นที่เหล็กเสริมต่ำกว่าที่ระบุ

นอกจากนี้ยังคาดว่ายังมีความเสียหายในลักษณะอื่น ๆ อีก เช่น การสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม และการเสียกำลังในระยะยาวของคอนกรีต เป็นต้น

นอกจากคอนกรีตและเหล็กเสริมแล้ว ส่วนอื่น ๆ ในอาคาร เช่น วงกบประตู หน้าต่าง และโครงสร้างคาไม้ ได้รับความเสียหายจากอัคคีภัยจนหมดสภาพการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบ

จากระยะความทนทานไฟขั้นต่ำ ตามมาตรฐาน ASTM E119 กำหนดไว้คือ ระยะเวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง นั่นคือการเผาไฟควรที่จะไม่ต่ำกว่าเวลา 1 ชั่วโมง

ชิ้นคอนกรีตที่ถูกเผาไหม้ อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในระดับความรุนแรง ที่อุณหภูมิปานกลาง 400 องศาเซลเซียส อิทธิพลความรุนแรงของไฟ จะสามารถกำหนดได้ โดยตัวแปรคือระยะเวลาของการเผาไหม้ เพราะฉะนั้น เมื่อเราศึกษาในระดับความรุนแรงปานกลางคือ อุณหภูมิประมาณไม่เกิน 500 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับดังกล่าว การทดสอบก็จะทำการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ และศึกษาอิทธิพลความรุนแรงของไฟ เมื่อเผาไฟเป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 5 ชั่วโมง หรือมากกว่า เพื่อนำผลมาศึกษา ว่าจะมีผลกระทบต่อการรับกำลังของคอนกรีตอย่างไรบ้าง นอกจากนี้แล้วยังศึกษาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ถ้ากำลังรับแรงอัดยังลดลงไม่มาก ก็จะทำที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสต่อไปอีก แต่คิดว่าที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตคงลดลงมากพอตัวแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การเตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบ

1. ออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต โดยในการทดสอบนี้ออกแบบให้มีกำลังรับแรงอัดประลัย ที่ 28 วัน เท่ากับ 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนัก ซีเมนต์ : ทราย : หิน = 1 : 2 : 3.3

(หินที่ใช้เป็นหินเบอร์ 2 และ ใช้ทรายหยาบที่ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16)

ใช้อัตราส่วน น้ำต่อซีเมนต์ = 0.58

คิดเป็นน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักคอนกรีต = 0.58 / (1 + 2 + 3.3 + 0.58)

= 8.43 %

(เนื่องจากวันที่ผสมคอนกรีตมีฝนตกเปียกทรายและหิน จึงหักประมาณน้ำจากทรายและหินออกด้วย)

ถ้าเป็นไปได้ควรใช้คอนกรีตผสมเสร็จ(READY MIXED) จะได้ค่าที่แน่นอนกว่า

2. ผสมใส่แบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอก สูง 30 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. โดยแบ่งใส่เป็น 3 ชั้น แต่ละชั้นกระทุ้งด้วยเหล็กปลายมนชั้นละ 25 ครั้ง และใช้ฆ้อนเคาะเบา ๆ ที่ข้างแบบเพื่อไล่ฟองอากาศ แล้วปาดหน้าให้เรียบร้อย

3. ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วแกะแบบออก นำไปบ่มทิ้งไว้ในน้ำเป็นเวลา 28 วัน จากนั้นนำขึ้นมาผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 1 วัน ก็จะได้แท่งตัวอย่างคอนกรีตพร้อมทำการทดสอบ

4. เนื่องจากในมาตรฐานการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตครั้งหนึ่งๆนั้น จะต้องมีแท่งตัวอย่างไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง ในกรณีหนึ่งๆ ดังนั้นในการทดสอบครั้งนี้จึงใช้จำนวนแท่งตัวอย่างเท่ากับ 3 ตัวอย่างในแต่ละกรณี ยกเว้นการทดสอบหากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ 28 วัน ที่ไม่ได้เผา จะใช้ 7 แท่งตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.2.1 เตาไฟที่ใช้ในการทดสอบ

เตาที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้มี เตาไฟฟ้า กับ เตาที่ใช้แก๊ส

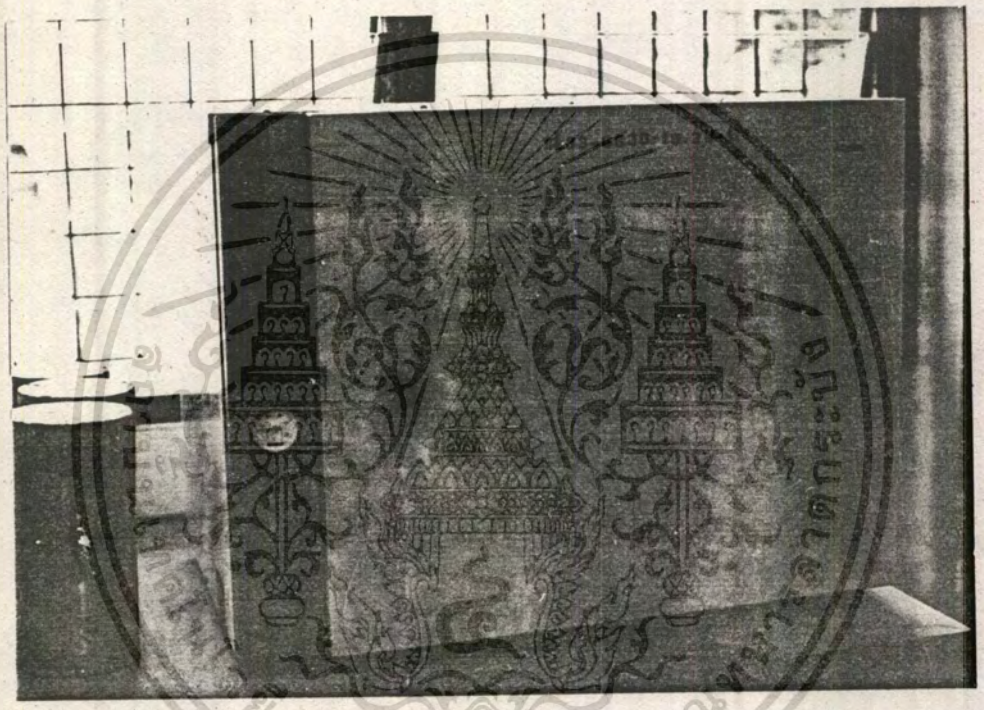
- เตาไฟฟ้า(รูปที่4.1) เป็นเตาที่ควบคุมความร้อนโดยใช้ไฟฟ้า มีหน้าปัดบอกอุณหภูมิด้านหน้า สามารถตั้งเวลาได้ มีช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 0 - 250 องศาเซลเซียส จึงทำการเผาแท่งตัวอย่างที่ ช่วงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ด้วยเตาไฟฟ้า การใส่แท่งตัวอย่าง ใช้วิธีใส่เข้าไปทางด้านหน้า(รูปที่ 4.2)

- เตาที่ใช้แก๊ส(รูปที่ 4.3) เป็นเตาที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง การควบคุมความร้อน ทำได้โดยการปรับหัวแก๊สซึ่งมีอยู่ 2 หัว ใช้เทอร์โมคับเปิล เป็นตัวบอกอุณหภูมิ มีช่วงอุณหภูมิที่วัดได้อยู่ในช่วง 0 - 1600 องศาเซลเซียส การขึ้นของอุณหภูมิจะขึ้นเร็วกว่าเตาไฟฟ้ามาก จึงทำการเผาแท่งตัวอย่างที่ ช่วงอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสขึ้นไปด้วยเตานี้ การใส่แท่งตัวอย่าง ใช้วิธีใส่เข้าไปทางด้านบนที่เป็นช่องปิด-เปิด (รูปที่ 4.4) การเอาแท่งตัวอย่างที่ยังร้อนอยู่ออกจากเตา ให้ใช้เหล็กจับคีบขึ้นมา (รูปที่ 4.5ก และ รูปที่ 4.5ข) ซึ่งแขนและใบหน้าอาจโดนไอความร้อนที่ดีขึ้นมาจากเตา ต้องระวังให้ดี

4.2.2 เครื่องมือทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

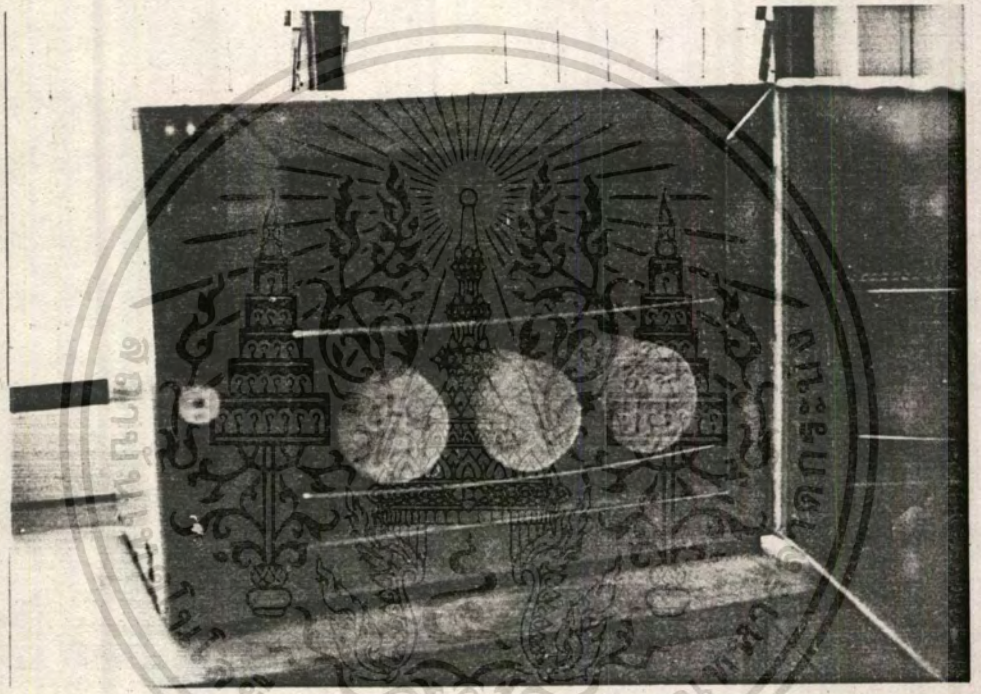
ใช้เครื่องทดสอบแบบทำลาย คือ เครื่องกดคอนกรีตที่มีกำลังสูงสุดขนาด 150 ตัน (Universal Testing Machine) ดังรูปที่ 4.6 โดยเครื่องมือนี้มีความเชื่อถือได้สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



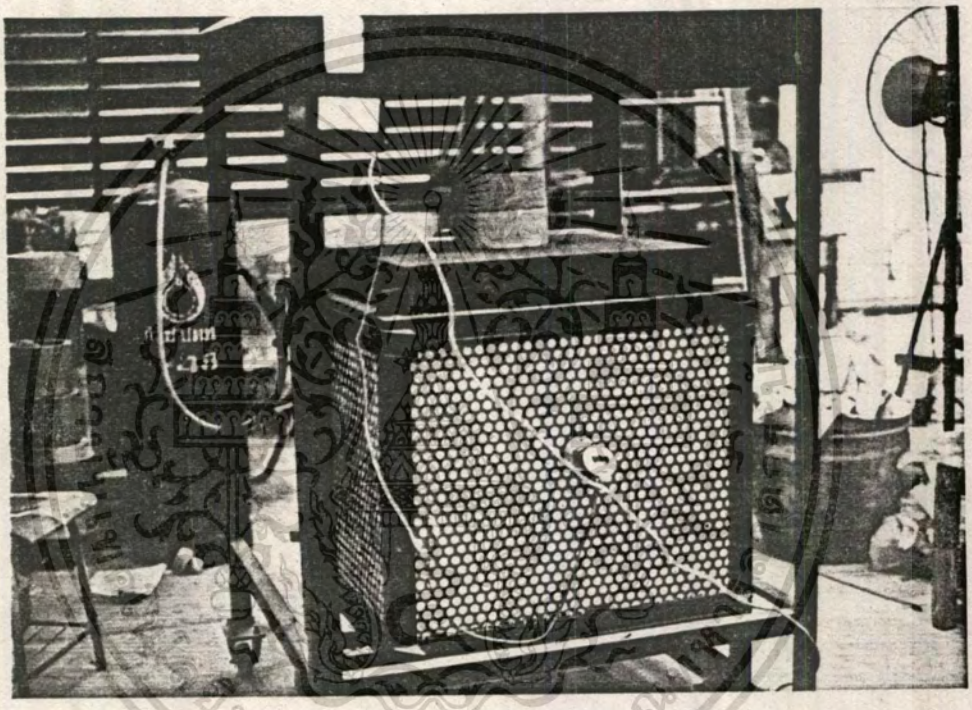
รูปที่ 4.1 เตาไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



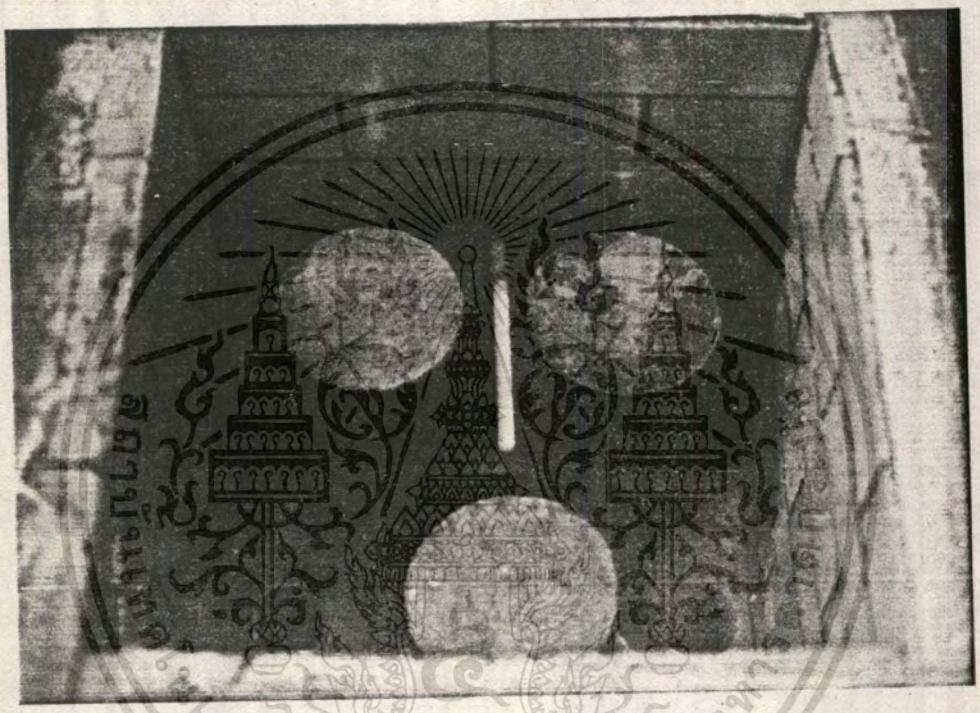
รูปที่ 4.2 แสดงแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ใส่ในเตาไฟฟ้า ทางด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 เตาในการทดสอบแบบใช้หัวแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

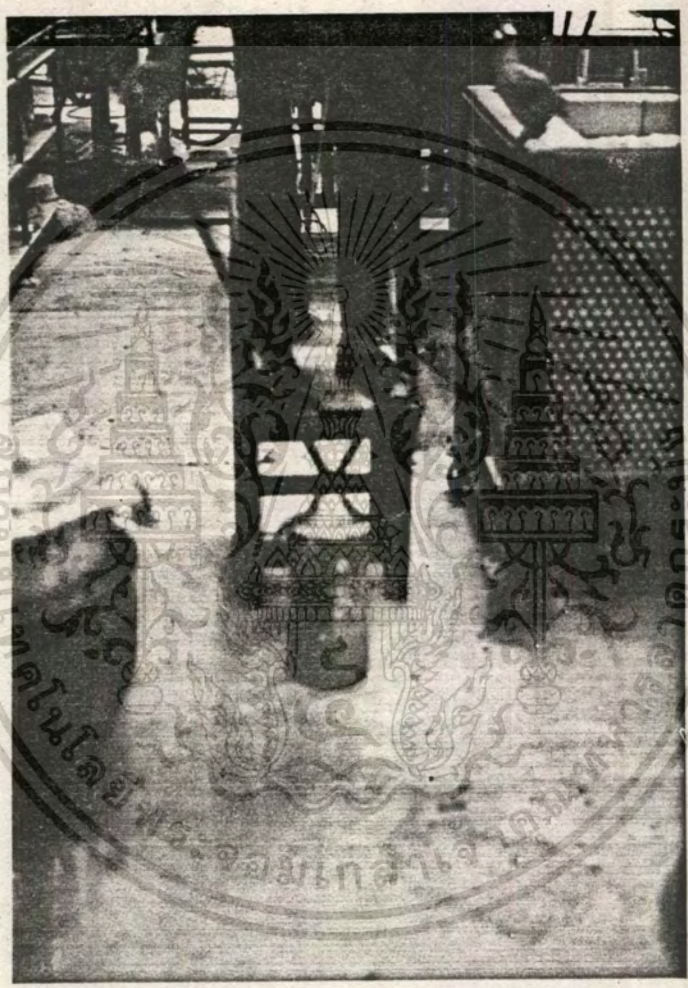


รูปที่ 4.4 แสดงแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ใส่ในเตาแก๊ส ทางด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

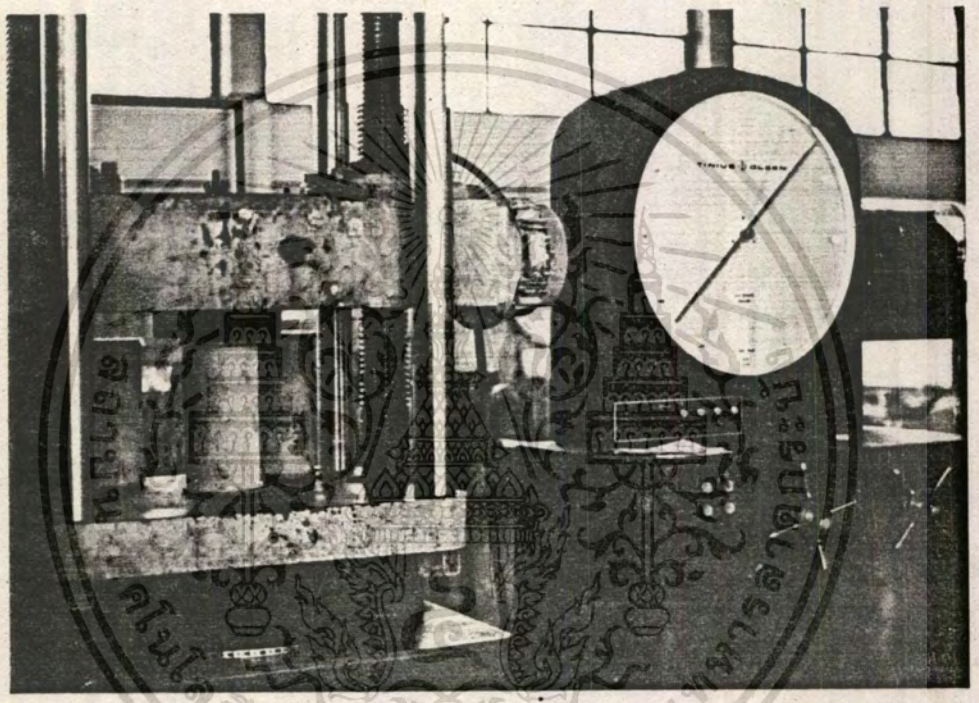
รูปที่ 4.5ก แสดงเหล็กจับ ที่ใช้คีบแท่งตัวอย่างคอนกรีตออกจากเตาแก๊ส ขณะที่ยังร้อนๆอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5ข แสดงเหล็กจับ ขณะคีบแท่งตัวอย่างคอนกรีตออกจากเตาแก๊ส ขณะที่ยังร้อนๆอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 เครื่องกดคอนกรีต(Universal Testing Machine) ที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การดำเนินการทดสอบ

จากระยะความทนทานไฟขั้นต่ำ ตามมาตรฐาน ASTM E119 กำหนดไว้คือ ระยะเวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง นั่นคือการเผาไฟควรที่จะไม่ต่ำกว่าเวลา 1 ชั่วโมง และตามมาตรฐาน ASTM E119 ได้กำหนดเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาขึ้น ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 แต่เนื่องจากเตาที่ใช้ในการทดสอบ ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามเส้นโค้งมาตรฐานได้ (อุณหภูมิขึ้นไม่ทันทั้งสองเตาเลย) ดังนั้นจึงเร่งอุณหภูมิเท่าที่เป็นไปได้ แล้วใช้ค่านั้นไปเลย ซึ่งมีความรุนแรงของไฟมากกว่าในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิเป้าหมาย ค่าที่ได้นั้นจึงไม่คลาดไปเท่าใดนัก เพราะที่อุณหภูมิเป้าหมายมีผลต่อกำลังของคอนกรีตมากกว่ามาก

เริ่มดำเนินการทดสอบ

เมื่อคอนกรีตที่บ่มไว้มีอายุครบ 28 วันแล้ว นำไปผึ่งให้แห้ง 1 วันแล้วจึงนำไปทดสอบไฟ ในการทดสอบเริ่มแรกได้ทดสอบเผาแท่งตัวอย่างที่ช่วงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ในเผาไฟฟ้าโดยใช้เวลาประมาณ 1 1/2 ชั่วโมง ในการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจากอุณหภูมิห้อง จนถึงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส แล้วจึงเริ่มจับเวลา โดยเผาที่อุณหภูมินี้ 4 ช่วงเวลา (1 , 2 , 3 และ 5 ชั่วโมง) โดยเผากรณีละ 3 แท่งตัวอย่าง เมื่อจับเวลาครบแล้วให้เปิดเผาทิ้งไว้ให้คลายความร้อนสักครู่ จึงค่อยนำออกมาปล่อยไว้ให้เย็นโดยทิ้งไว้ในอากาศเป็นเวลา 1 วัน แล้วจึงนำมาทดสอบหากำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างต่อไป

สำหรับการเผาแท่งตัวอย่างที่อุณหภูมิตั้งแต่ 400 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ให้ใช้เตาเผาที่ใช้หัวแก๊ส เพราะเตาไฟฟ้ามีช่วงอุณหภูมิ 0 - 250 องศาเซลเซียส เท่านั้น โดยจะทำการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสก่อน โดยในครั้งแรกปรับหัวแก๊สไว้ที่ ช่วงอุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียสเลย พอเวลาผ่านไปประมาณ 30 นาที ซึ่งขณะนั้นอุณหภูมิได้ขึ้นถึงประมาณ 400 องศาเซลเซียส แท่งตัวอย่างได้เกิดการระเบิดขึ้นภายในเตาเผานั้นเอง ซึ่งเชื่อว่าเกิดจากแรงดันไอน้ำภายในแท่งตัวอย่างนั่นเอง จากนั้นก็ลองเผาโดยการค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิ(เพื่อให้ไอน้ำในแท่งตัวอย่างหมดไปก่อน) อีกประมาณ 2 - 3 ครั้ง ก็ได้ลักษณะการเพิ่มอุณหภูมิก่อนจับเวลา ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ดังนี้ คือ

ใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้อง ถึง 150 องศาเซลเซียส = 30 นาที

150 - 200 องศาเซลเซียส = 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

200 - 300 องศาเซลเซียส = 30 นาที

300 - 600 องศาเซลเซียส = 30 นาที

รวมใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมิ 2 ชั่วโมง

และใช้ลักษณะการเพิ่มอุณหภูมิก่อนจับเวลา ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ลักษณะเดียวกันดังนี้ คือ

ใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้อง ถึง 150 องศาเซลเซียส = 30 นาที

150 - 200 องศาเซลเซียส = 30 นาที

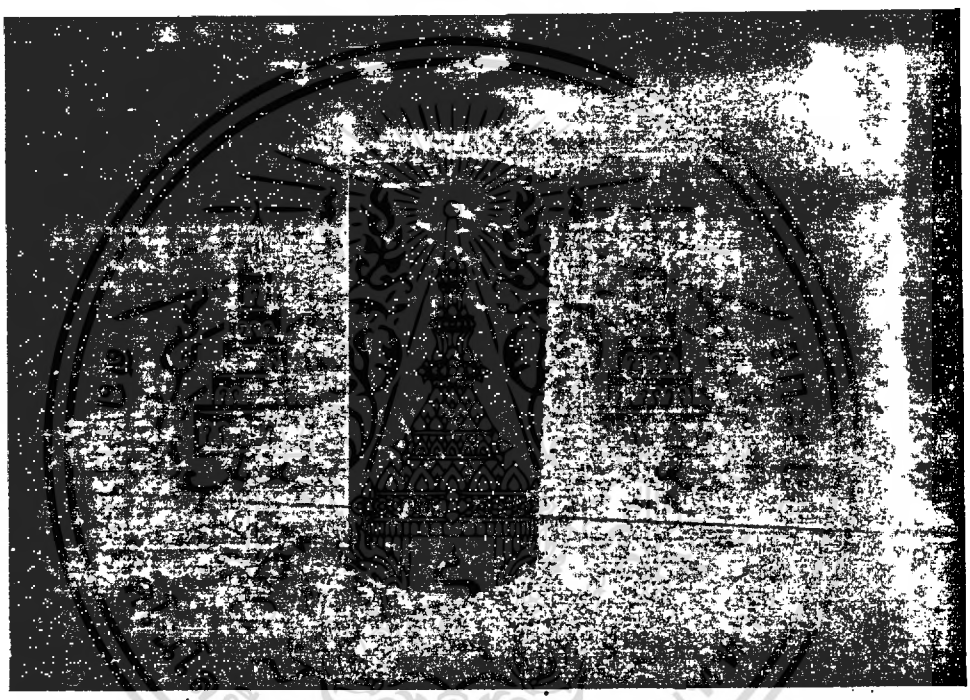
200 - 300 องศาเซลเซียส = 30 นาที

300 - 400 องศาเซลเซียส = 30 นาที

รวมใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมิ 2 ชั่วโมง

(ซึ่งที่ช่วงอุณหภูมิ 0 - 200 องศาเซลเซียส จะไม่ค่อยมีผลต่อกำลังของคอนกรีต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

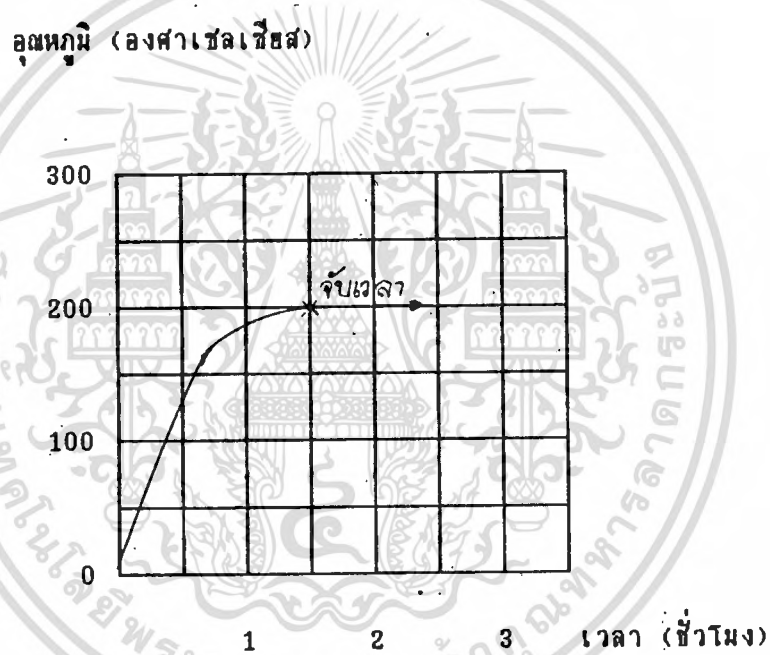


รูปที่ 4.7ก แสดงแท่งตัวอย่างที่ระเบิดจากการให้ปริมาณความร้อนในอัตราที่เร็วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

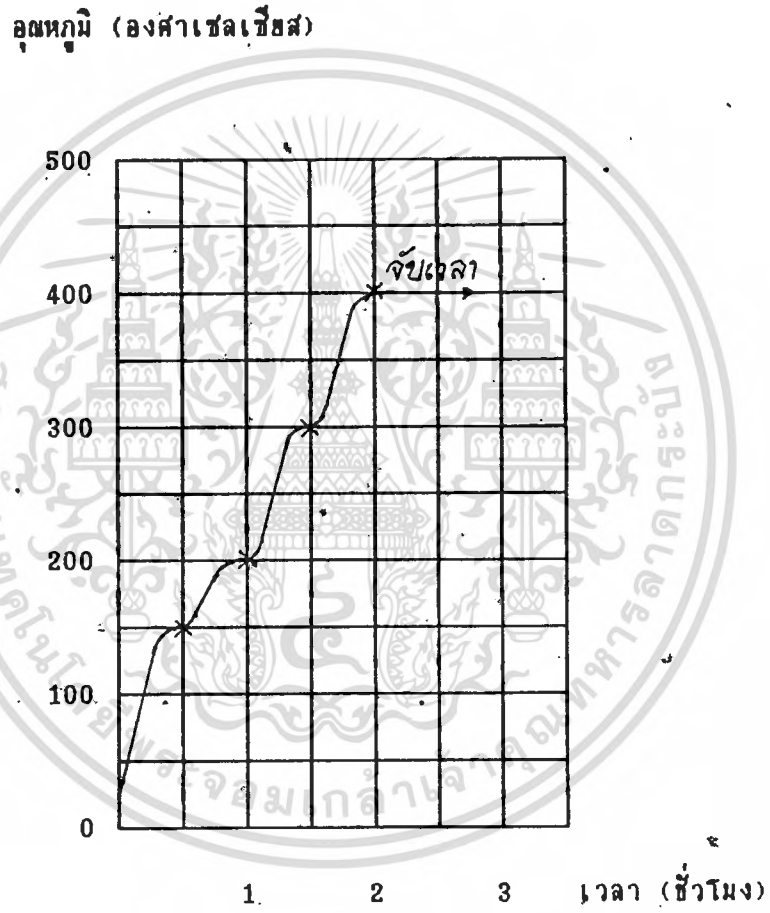
รูปที่ 4.7ข แสดงแท่งตัวอย่างที่ระเบิดจากการเร่งอุณหภูมิเร็วเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงการเพิ่มอุณหภูมิถึงอุณหภูมิเป้าหมาย 200 องศาเซลเซียส

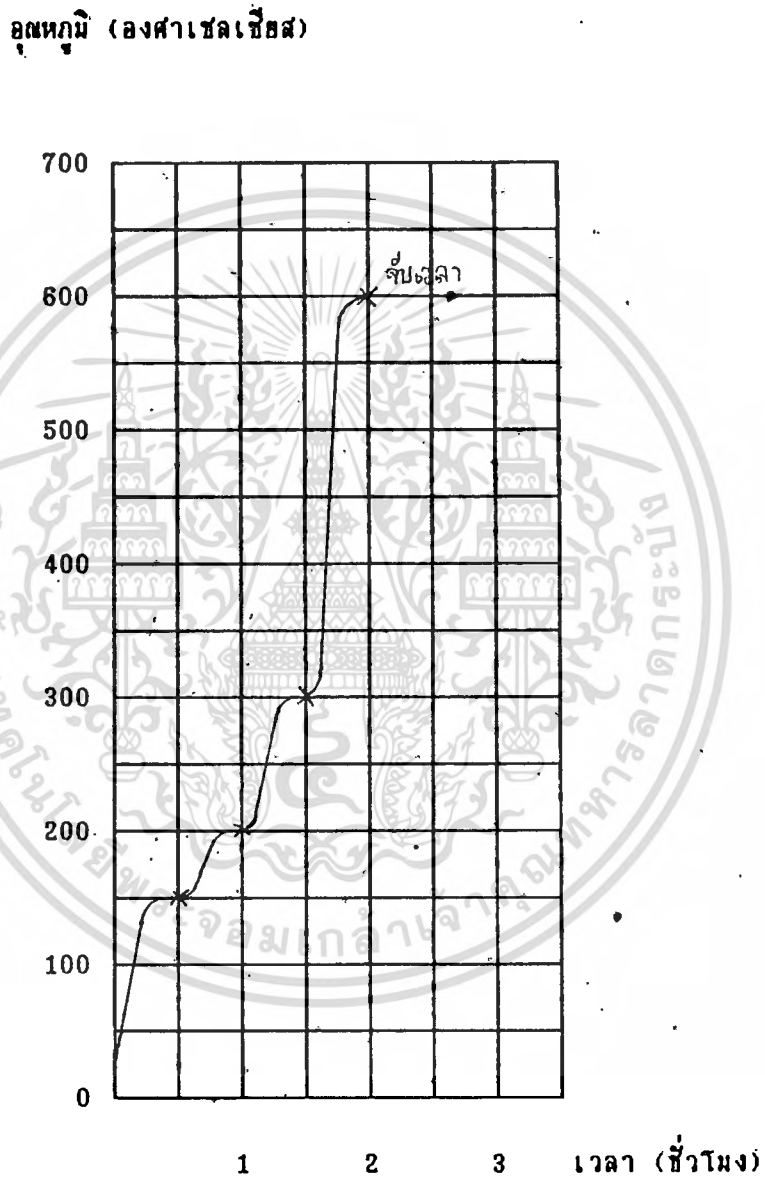
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงการเพิ่มอุณหภูมิถึงอุณหภูมิเป้าหมาย 400 องศาเซลเซียส

× แสดงจุดที่ปรับหัวแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงการเพิ่มอุณหภูมิถึงอุณหภูมิเป้าหมาย 600 องศาเซลเซียส

× แสดงจุดที่ปรับหัวแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ช่วงเวลาในการเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส

จะทำการทดสอบที่ 4 ช่วงเวลา คือ 1 , 2 , 3 และ 5 ชั่วโมง

ช่วงเวลาละ 2 ชุด ชุดละ 3 แท่งตัวอย่าง

ชุดแรกปล่อยทิ้งไว้ในเตา 1 คืน ให้คลายความร้อนเองในอากาศ

ส่วนชุดสอง หลังจากเผาเสร็จ ก็ใช้เหล็กคีบจับแท่งตัวอย่างออกมาจากเตาเผา แล้วนำไปแช่น้ำเลย ปล่อยทิ้งไว้สัก 2 ชั่วโมง จึงนำแท่งตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ 1 คืน จึงนำมาทดสอบหากำลังรับแรงอัด (จำลองคอนกรีตที่ถูกดับเหล็งด้วยน้ำ)

- ช่วงเวลาในการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

จะทำการทดสอบที่ 4 ช่วงเวลา คือ 1 , 1 1/2 , 2 และ 3 ชั่วโมง

ช่วงเวลาละ 1 ชุด ชุดละ 3 แท่งตัวอย่าง

ปล่อยทิ้งไว้ในเตา 1 คืน ให้คลายความร้อนเองในอากาศ แล้วจึงมาทดสอบหากำลังรับแรงอัด โดยทำการทดสอบไปเพียง 2 ชุด เท่านั้น คือ 1 ชั่วโมง และ 1 1/2 ชั่วโมง เพราะทดสอบแล้วค่ากำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง ลดลงมากแล้ว ถ้าเป็นคอนกรีตที่ใช้งานจริงก็ต้องทำการทุบทิ้งแล้ว จึงไม่ทำการทดสอบต่อใน 2 ช่วงเวลาที่เหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดสอบ

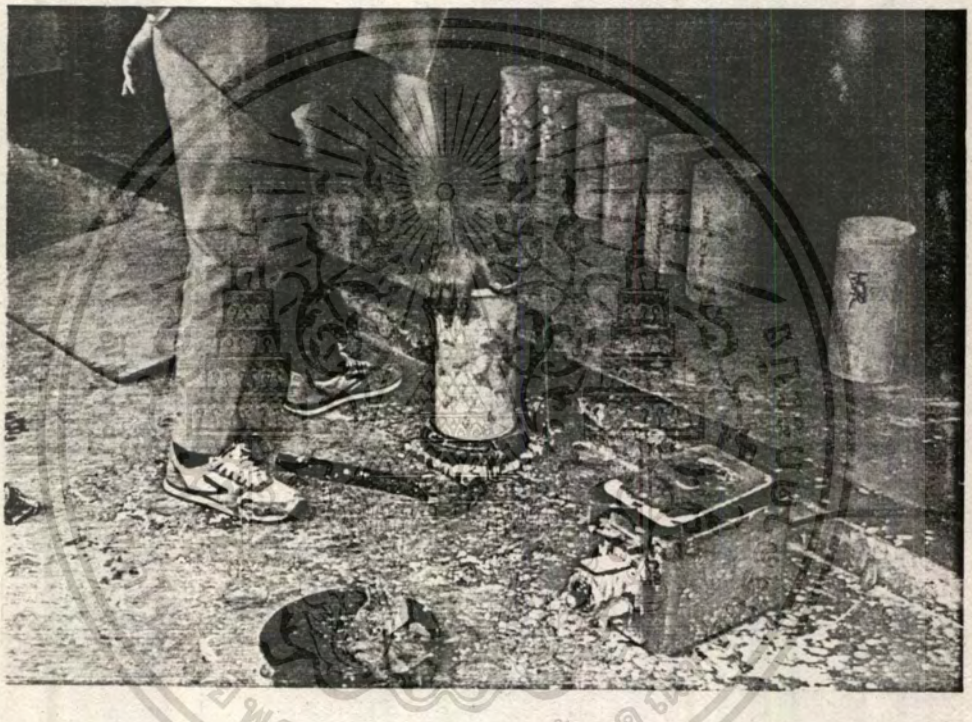
เมื่อจะนำแท่งตัวอย่างเข้าทดสอบในเครื่องทดสอบหากำลังรับแรงอัด จะต้องนำแท่งตัวอย่างเหล่านั้นไปหล่อหัวท้ายด้วยกำมะถัน (รูปที่ 5.1) ก่อน เพื่อหน้าตัดที่จะรับแรงนั้นราบเรียบและได้ระนาบกัน นอกจากนี้ ก่อนทำการทดสอบหากำลังรับแรงอัด จะต้องวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งตัวอย่าง และจะต้องจดบันทึกหมายเลขของแท่งตัวอย่างนั้นๆด้วย เวลาจะคำนวณ หรือ จดบันทึก วิเคราะห์ค่าต่างๆ จะได้ไม่สับสนและถูกต้อง

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างที่มีอายุครบ 28 วัน

แท่งตัวอย่างที่ 1	=	348.02	กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร
2	=	347.17	" "
3	=	302.86	" "
4	=	325.95	" "
5	=	327.31	" "
6	=	331.72	" "
7	=	346.32	" "

กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย 332.76 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แสดงการหล่อหัวท้ายของแท่งตัวอย่างด้วยกำมะถันก่อนเข้าเครื่องกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

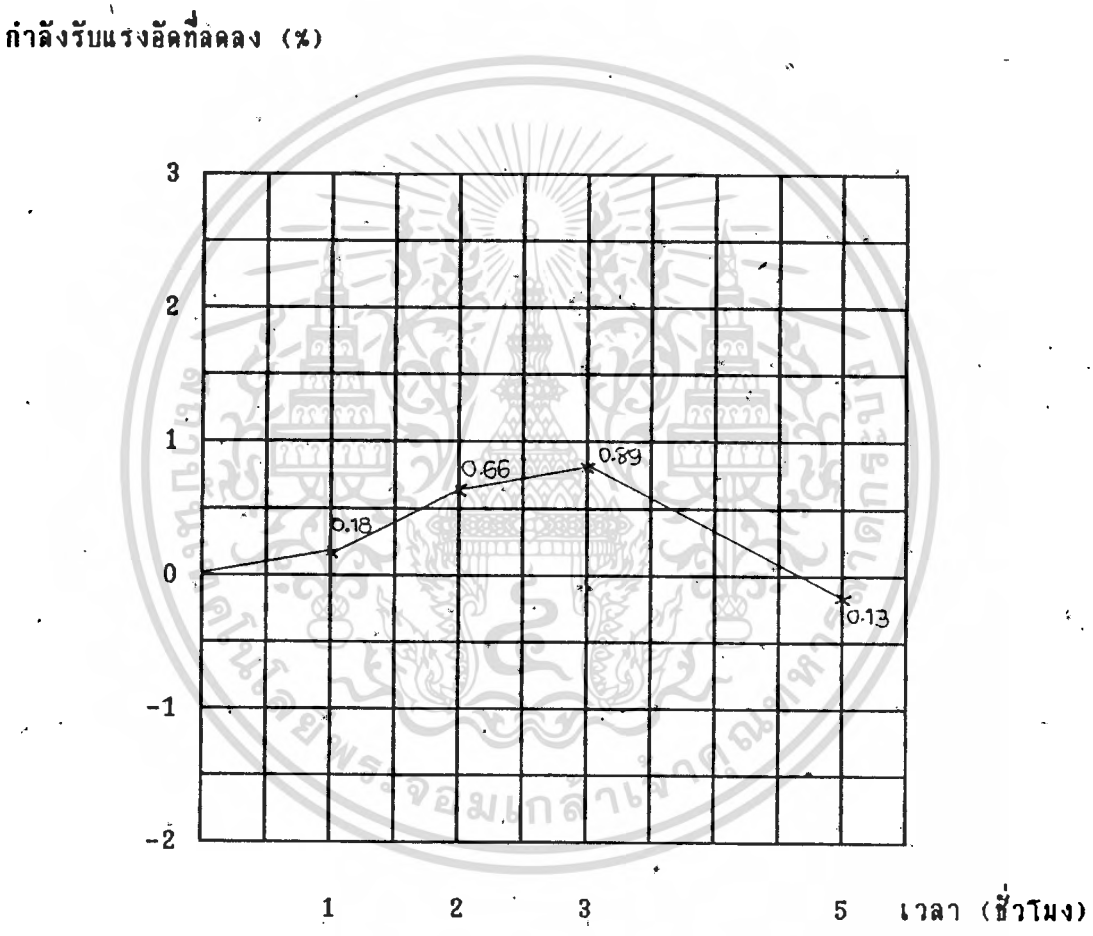
กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างที่เผาที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

(ปล่อยทิ้งไว้ให้คายความร้อนในอากาศ 1 วัน)

กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างปกติเฉลี่ย 332.76 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร

เวลาที่เผา (ชม.)	กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง			เฉลี่ย	กำลังที่ลดลง (%)
	ตย.1	ตย.2	ตย.3		
1	344.62	341.23	310.67	332.17	0.18
2	342.08	328.79	320.97	330.61	0.65
3	324.25	335.80	329.34	329.80	0.89
5	329.34	323.91	346.32	333.19	เพิ่ม 0.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงกำลังที่ลดลงเมื่อเผาแท่งตัวอย่างที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างที่เผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส

(- ปล่อยทิ้งไว้ให้คายความร้อนในอากาศ 1 วัน)

กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างปกติเฉลี่ย 332.76 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร

เวลาที่เผา (ชม.)	กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง			เฉลี่ย	กำลังที่ลดลง (%)
	ตย.1	ตย.2	ตย.3		
1	305.58	339.53	323.69	322.93	2.95
2	286.90	283.51	272.98	281.13	15.52
3	224.32	213.90	215.94	218.05	34.47
5	199.64	220.02	203.38	207.68	37.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

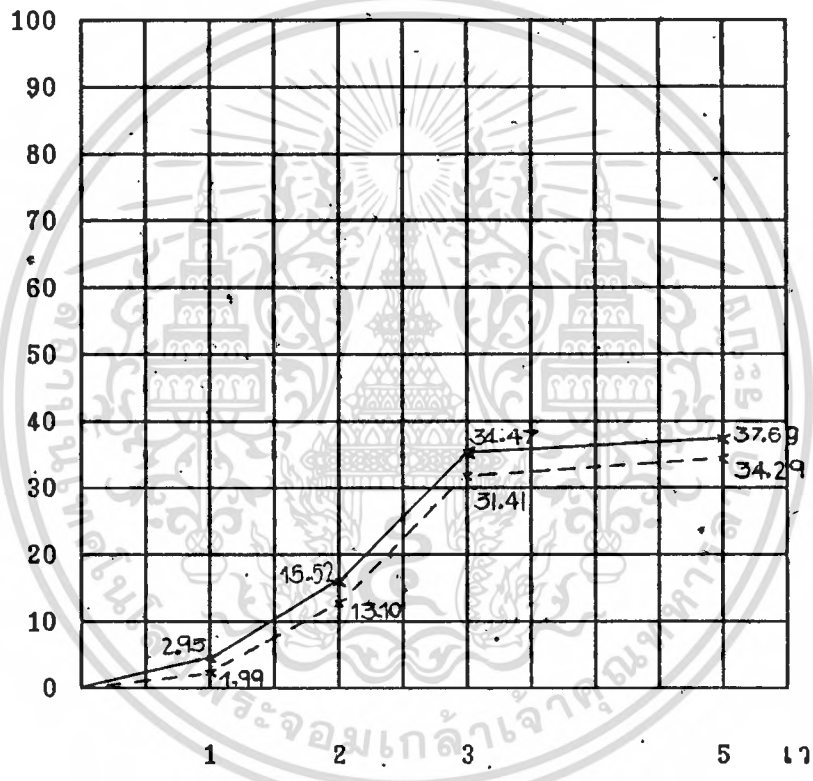
กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างที่เผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส
(ปล่อยทิ้งไว้ให้คายความร้อนในน้ำ 2 ชั่วโมง)

กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างปกติเฉลี่ย 332.76 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร

เวลาที่เผา (ชม.)	กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง			เฉลี่ย	กำลังที่ลดลง (%)	กำลังเมื่อเทียบกับ ตย.ที่ปล่อยทิ้งไว้ ในอากาศ (%)
	ตย.1	ตย.2	ตย.3			
1	331.83	322.55	326.06	326.81	1.79	+ 1.20
2	298.79	293.69	275.02	289.17	13.10	+ 2.86
3	232.35	216.28	236.09	228.24	31.41	+ 4.67
5	217.30	215.94	222.73	218.66	34.29	+ 5.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังรับแรงอัดที่ลดลง (%)



รูปที่ 5.3 แสดงกำลังที่ลดลงเมื่อเผาแท่งตัวอย่างที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส

———— คายความร้อนโดยการปล่อยทิ้งไว้ในอากาศ

– – – – – คายความร้อนโดยการแช่น้ำ

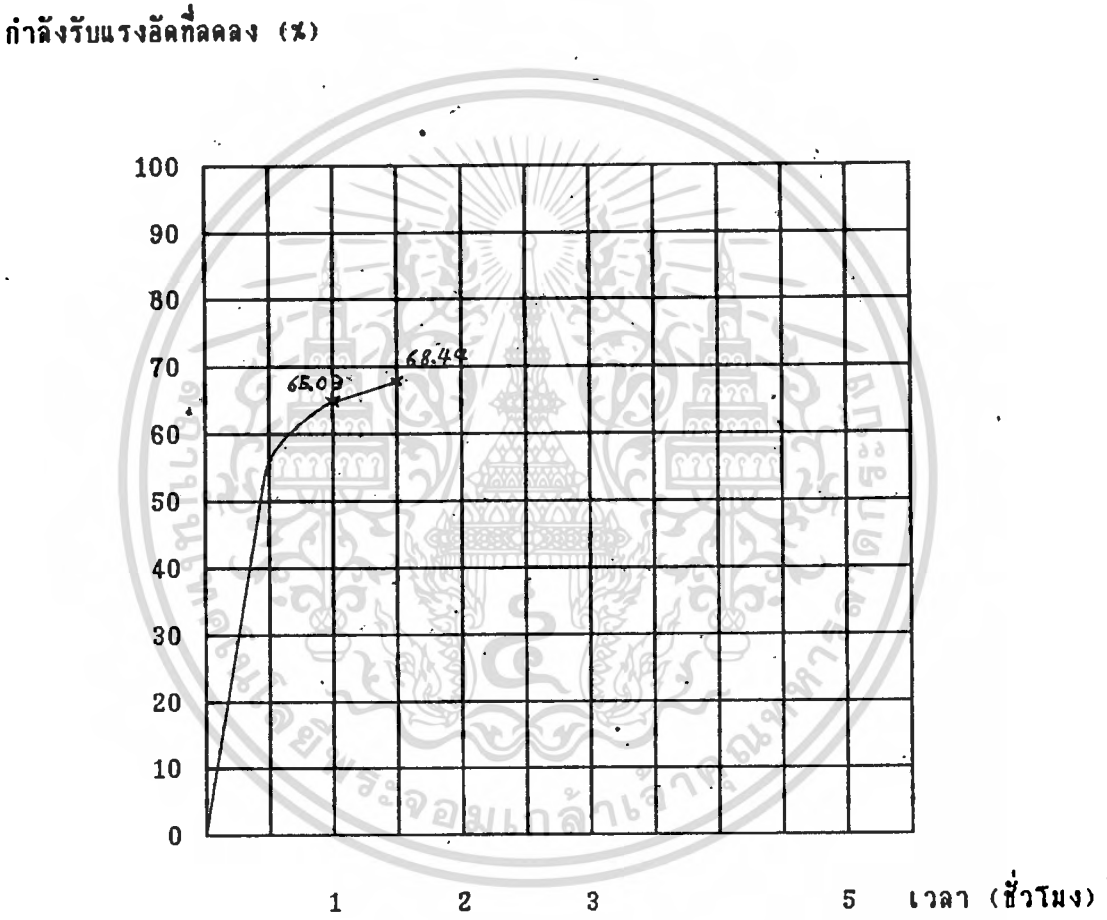
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างที่เผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส
(ปล่อยทิ้งไว้ให้คายความร้อนในอากาศ 1 วัน)

กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างปกติเฉลี่ย 332.76 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร

เวลาที่เผา (ชม.)	กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง			เฉลี่ย	กำลังที่ลดลง (%)
	ตย.1	ตย.2	ตย.3		
1	119.18	115.44	114.42	116.35	65.03
1 1/2	106.95	119.85	88.28	105.03	68.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดงกำลังที่ลดลงเมื่อเผาแท่งตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

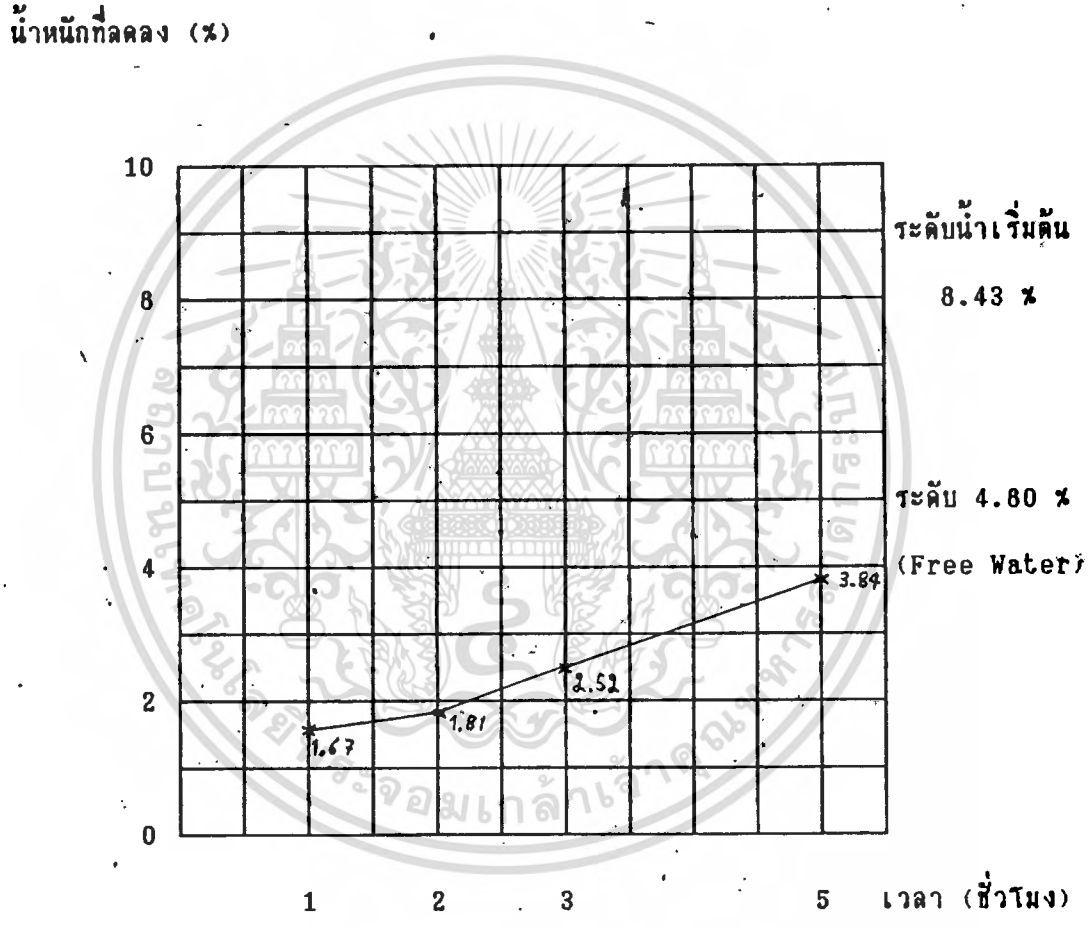
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักของแท่งตัวอย่างที่เผาที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

(ปล่อยทิ้งไว้ให้คายความร้อนในอากาศ 1• วัน)

เวลาที่เผา (ชม.)	ตย.ที่	น้ำหนัก (g)			ลดลง (%)	เฉลี่ย (%)
		ก่อนเผา	หลังเผา	ผลต่าง		
1	1	13111	12922	189	1.44	1.67
	2	12820	12565	255	1.99	
	3	12907	12702	205	1.59	
2	1	13017	12805	212	1.63	1.81
	2	13024	12775	249	1.91	
	3	12898	12655	243	1.88	
3	1	12841	12535	306	2.38	2.52
	2	12922	12665	257	1.99	
	3	12905	12493	412	3.19	
5	1	12776	12278	498	3.90	3.84
	2	12951	12435	516	3.98	
	3	13001	12526	475	3.65	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงน้ำหนักที่ลดลงเมื่อเผาแท่งตัวอย่างที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส(%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักของแท่งตัวอย่างที่เผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส

(ปล่อยทิ้งไว้ให้คายความร้อนในอากาศ 1 วัน)

เวลาที่เผา (ชม.)	ตย.ที่	น้ำหนัก (g)			ลดลง (%)	เฉลี่ย (%)
		ก่อนเผา	หลังเผา	ผลต่าง		
1	1	12931	12016	915	7.08	6.10
	2	13117	12434	683	5.21	
	3	13085	12298	787	6.01	
2	1	12867	12064	803	6.24	6.19
	2	13013	12245	768	5.90	
	3	13070	12230	840	6.43	
3	1	13059	12262	797	6.10	5.45
	2	13189	12531	658	4.99	
	3	12900	12222	678	5.26	
5	1	13010	12207	803	6.17	6.08
	2	12970	12204	766	5.91	
	3	12990	12188	802	6.17	

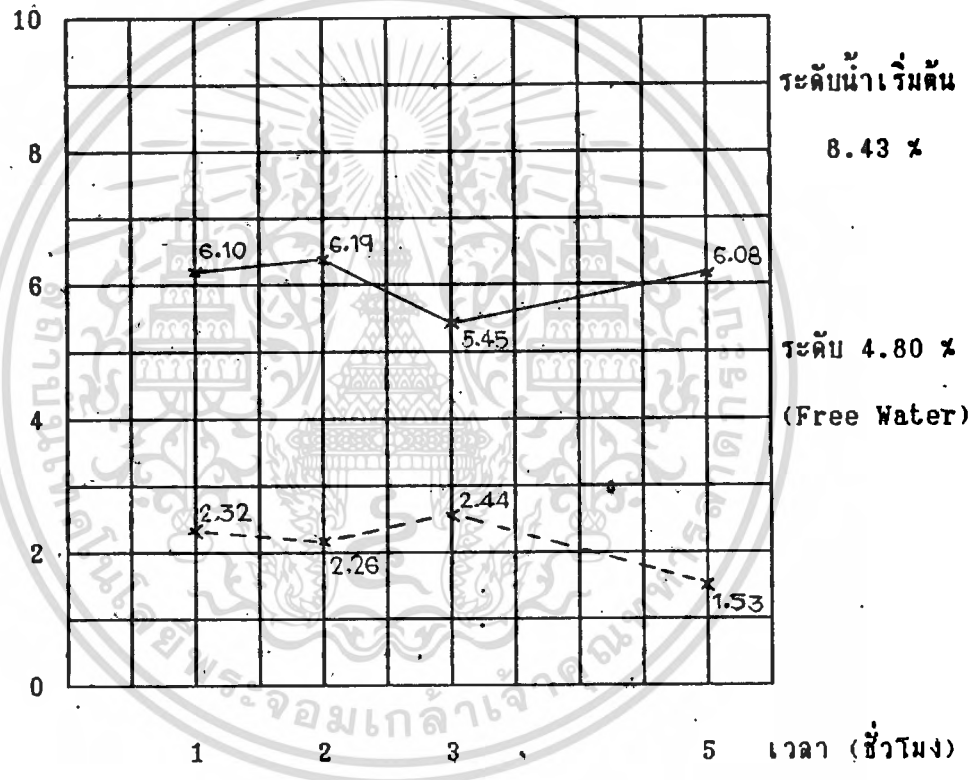
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักของแท่งตัวอย่างที่เผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส
(ปล่อยทิ้งไว้ให้คายความร้อนในน้ำ 2 ชั่วโมง)

เวลาที่เผา (ชม.)	ตย.ที่	น้ำหนัก (g)			ลดลง (%)	เฉลี่ย (%)	เทียบกับคายความร้อนในอากาศ(%)
		ก่อนเผา	หลังเผา	ผลต่าง			
1	1	13120	12877	243	1.85	2.32	เพิ่ม 3.78
	2	12951	12544	407	3.14		
	3	12986	12731	255	1.96		
2	1	13118	12907	211	1.61	2.26	เพิ่ม 3.93
	2	12913	12512	401	3.11		
	3	13014	12746	268	2.06		
3	1	13210	12844	366	2.77	2.44	เพิ่ม 3.01
	2	12944	12628	316	2.44		
	3	13015	12742	273	2.10		
5	1	12807	12670	137	1.07	1.53	เพิ่ม 4.55
	2	13004	12755	249	1.91		
	3	12940	12731	209	1.62		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักที่ลดลง (%)



รูปที่ 5.6 แสดงน้ำหนักที่ลดลงเมื่อเผาแห่งตัวอย่างที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส(%)

———— คายความร้อนโดยการปล่อยทิ้งไว้ในอากาศ

– – – – – – คายความร้อนโดยการแช่น้ำ

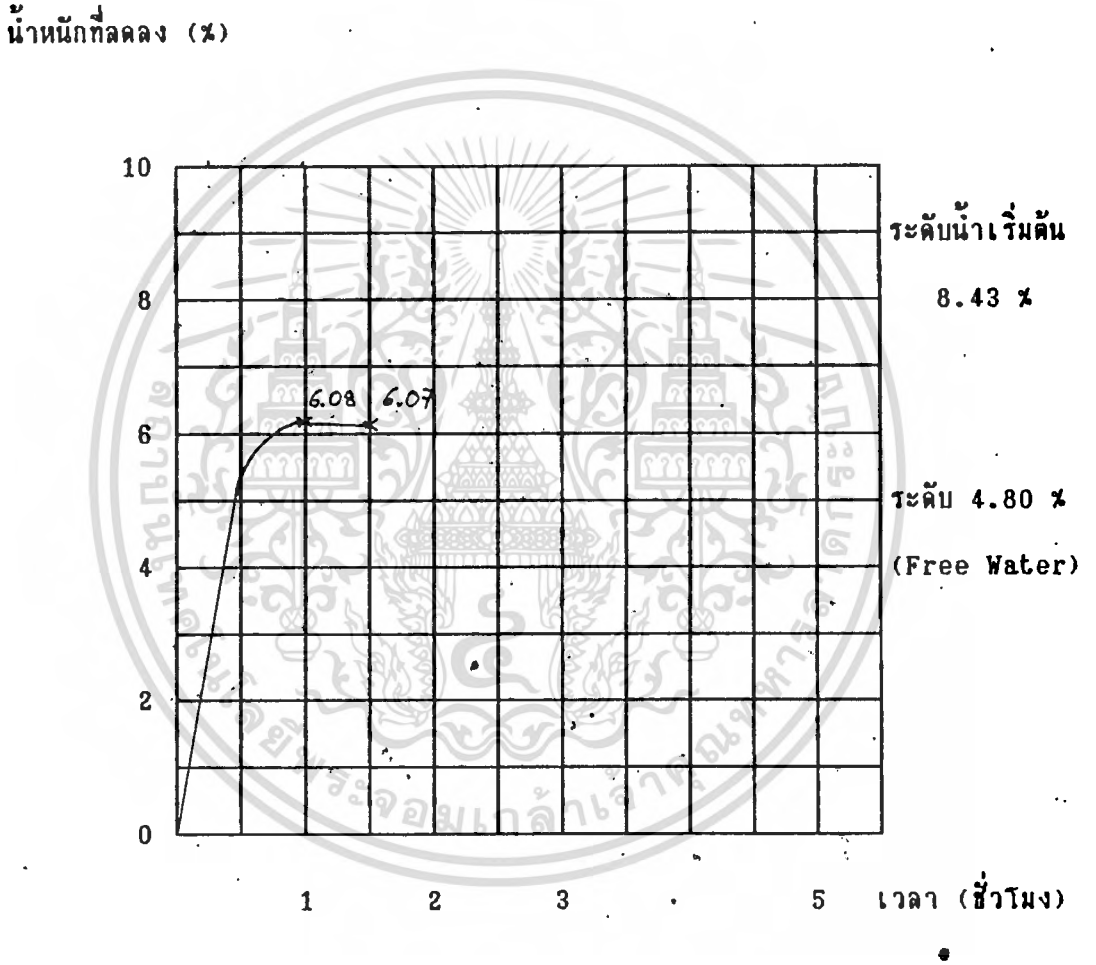
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักของแท่งตัวอย่างที่เผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

(ปล่อยทิ้งไว้ให้คายความร้อนในอากาศ 1 วัน)

เวลาที่เผา (ชม.)	ตย.ที่	น้ำหนัก (g)			ลดลง (%)	เฉลี่ย (%)
		ก่อนเผา	หลังเผา	ผลต่าง		
1	1	13108	12327	781	5.96	6.08
	2	12774	11964	810	6.34	
	3	13045	12270	775	5.94	
1 1/2	1	13025	12212	813	6.24	6.07
	2	12977	12172	805	6.20	
	3	13041	12290	751	5.76	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 แสดงน้ำหนักที่ลดลงเมื่อเผาแท่งตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส(%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

วิเคราะห์ผล และ สรุป

6.1 วิเคราะห์ผล

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า แท่งตัวอย่างที่ถูกเผาที่ช่วงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส กำลังรับแรงอัดเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จนเรียกว่าไม่เป็นผลกระทบต่อกำลังรับแรงอัดเลยก็ว่าได้ (แม้จะเผาเป็นเวลานานถึง 5 ชั่วโมงก็ตาม) ส่วนแท่งตัวอย่างที่ถูกเผาที่ช่วงอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 , 2 , 3 และ 5 ชั่วโมง ในส่วนของแท่งตัวอย่างที่ปล่อยทิ้งไว้ในอากาศให้เย็นลงเอง กำลังรับแรงอัดลดลงจากเดิม 2.95 , 15.52 , 34.47 และ 37.59 เปอร์เซนต์ตามลำดับ และในส่วนของแท่งตัวอย่างที่ให้คลายความร้อนโดยการแช่น้ำให้เย็นลง กำลังรับแรงอัดลดลงจากเดิม 1.79 , 13.10 , 31.41 และ 34.29 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ในกรณีของแท่งตัวอย่างที่ถูกเผาที่ช่วงอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 และ 1 1/2 ชั่วโมง แล้วปล่อยทิ้งไว้ในอากาศให้เย็นลงเอง กำลังรับแรงอัดลดลงจากเดิม 65.03 และ 68.44 เปอร์เซนต์ตามลำดับ

จะเห็นว่า ในกรณีของแท่งตัวอย่างที่ถูกเผาที่ช่วงอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ค่ากำลังรับแรงอัดจะลดลงไปไม่เท่าไร และในกรณีแท่งตัวอย่างที่นำไปแช่น้ำกลับมีกำลังรับแรงอัดได้ดีกว่าแท่งตัวอย่างที่ปล่อยให้คลายความร้อนในอากาศเองนั้น สันนิจฐานว่าเกิดจากการที่น้ำเข้าไปเป็นตัวช่วยคลายความร้อนให้เร็วขึ้น ทำให้ความร้อนทำปฏิกิริยากับคอนกรีตได้น้อยลง เนื่องจากความร้อนบางส่วนไปทำปฏิกิริยากับน้ำแทน หรือไม่ก็เกิดจากการเกิดปฏิกิริยา Rehydration ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป นอกจากนี้ยังบอกอีกได้ว่า คอนกรีตมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน(เทอร์โมช็อค) อีกด้วย เนื่องจากเมื่อนำขึ้นจากน้ำก็มองไม่เห็นรอยแตกร้าว และเมื่อนำไปเข้าเครื่องทดสอบรับแรงอัด ก็ปรากฏว่าค่ากำลังรับแรงอัดก็ไม่ได้ลดลงอย่างผิดปกติแต่ประการใด ส่วนในกรณีของแท่งตัวอย่างที่ถูกเผาที่ช่วงอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ค่ากำลังรับแรงอัดจะลดลงไปมาก ถ้าเป็นคอนกรีตที่โดนไฟไหม้ที่อุณหภูมินี้จริงๆ คงต้องทำการทุบทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่คอนกรีตมีกำลังตกลงหลังจากถูกไฟไหม้ในช่วงอุณหภูมิที่พิจารณานั้นเป็นเพราะสาเหตุที่สำคัญดังนี้ คือ

1. เกิดการสูญเสียของน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาไฮเดชั่น (Dehydration) ของสารประกอบ Hydration Products พวกเจล และ แคลเซียมไฮเดรต ปกติแล้วสารประกอบหลักของซีเมนต์ที่สำคัญและมีมากที่สุดก็คือ แคลเซียมซิลิเกต (C_3S , C_2S) เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ จะให้สารประกอบแคลเซียมไฮเดรตออกมา ซึ่งมีอิทธิพลต่อการสร้างกำลัง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตนั้นมีมากกว่าความจำเป็นที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเคมี ดังนั้น ปริมาณน้ำในคอนกรีตจึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกไม่ได้ใช้ในการทำปฏิกิริยาแทรกอยู่ตามช่องโพรงในคอนกรีตเรียกปริมาณน้ำในส่วนนี้ว่า Free Water ส่วนที่สอง คือปริมาณน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเคมี (ปฏิกิริยาไฮเดชั่น) เรียกว่า Combined Water เมื่อคอนกรีตถูกไฟไหม้ Free Water จะระเหยไปก่อนในช่วงอุณหภูมิประมาณ 100 - 400 องศาเซลเซียส ต่อจากนั้นจะเกิดการสูญเสียน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา Hydration ในช่วงอุณหภูมิ 400 - 600 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังสมการเคมีต่อไปนี้

$$2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \longleftrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + 3Ca(OH)_2 + heat \quad ...(6.1)$$

ความร้อนจากไฟเข้าไปทำให้สารประกอบแคลเซียมซิลิเกต และ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ทางขวามือของสมการมีการสูญเสียน้ำไปจากการระเหย ทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับไปทางซ้ายของสมการ นั่นคือเกิดปฏิกิริยา Dehydration ขึ้น การสูญเสียน้ำในที่นี้สามารถยืนยันได้จากการลดลงของน้ำหนักคอนกรีตที่อุณหภูมิต่าง ๆ จากบทที่ 2 หัวข้อ 2.8 ปริมาณน้ำที่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ ใช้ประมาณ 0.25 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ดังนั้นคิดเป็นประมาณ 3.63 % ของน้ำหนักคอนกรีต โดยมีน้ำหนักของน้ำเริ่มต้นประมาณ 8.43 % ที่เหลือประมาณ 4.80 % เป็นปริมาณน้ำที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ ซึ่งส่วนนี้คือ Free Water นั่นเอง จากการทดสอบ จะเห็นว่า ที่ช่วงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส หลังจากทำการเผาแท่งตัวอย่างแล้ว น้ำหนักหายไป (ส่วนใหญ่ หรือทั้งหมดเลยเป็นน้ำหนักของน้ำ) คิดเป็น 1.67 , 1.81 , 2.52 และ 3.84 % ในการเผาที่ช่วงเวลา 1 , 2 , 3 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ จะเห็นว่าน้ำหนักจะลดลงไปเรื่อยๆเมื่อเผานานขึ้น และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเผาต่อไปอีกในช่วงอุณหภูมินี้ น้ำหนักจะลดลงไปจนหมดน้ำในส่วนที่เป็น Free Water ซึ่งน้ำส่วนที่เป็น Free Water ที่หายไปไม่ได้เป็นส่วนที่ใช้ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ (คือไม่ได้เป็นน้ำในส่วนที่ทำให้เกิดกำลัง) ดังนั้นกำลังรับแรงอัดในการเผาที่ช่วงอุณหภูมินี้เทียบจะไม่เปลี่ยนแปลงไปเลย

ที่ช่วงอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส น้ำหนักของคอนกรีตจะมีค่าลดลงไปประมาณ 6 % ซึ่งเป็นน้ำในส่วนของ Free Water 4.80% ที่เหลือเป็นส่วนของ Combined Water นั่นแสดงว่าในช่วงอุณหภูมินี้แคลเซียมซิลิเกต และแคลเซียมไฮดรอกไซด์เกิดปฏิกิริยา Dehydration ในอัตราที่สูงทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงไปอย่างรวดเร็ว เมื่อปล่อยให้คอนกรีตที่เผาไฟใหม่ ๆ นั้นเย็นตัวลงที่ความดันบรรยากาศ กำลังของคอลกรีตต่อจากนั้นจะมีค่าลดลงไปอีก ส่วนในกรณีแท่งตัวอย่างที่นำไปแช่ให้เย็นตัวลงในน้ำ คอนกรีตนั้นก็จะดูดความชื้นจากน้ำหลังจากเย็นตัวแล้ว ไปทำปฏิกิริยาจากสมการ (6.1)นั้น กลับกลายมาเป็นเกิด Rehydration ขึ้นมาใหม่ ทำให้กำลังของคอนกรีตฟื้นคืนขึ้นมาอีก ทั้งนี้ทั้งนั้นกำลังที่ฟื้นตัวขึ้นมาคงขึ้นกับเวลาในการเกิดปฏิกิริยาด้วย

2. เกิดการสูญเสียกำลังของมอร์ต้าขึ้น ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส เริ่มเกิดรอยแตกเล็ก ๆ ขึ้นในมอร์ต้า ทั้งนี้เนื่องจากเกิด Strain Incompatibility ของซีเมนต์เพสต์กับมวลรวม จะสังเกตได้จากรอยแตกเล็ก ๆ ที่ผิวนอกของคอนกรีต เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีกจึงจะเกิดการแตก(Cracks)ขึ้นกับมวลรวม

จากสาเหตุทั้งสองนี้ จะเห็นได้ว่า สาเหตุที่หนึ่งนั้นมีอิทธิพลต่อการลดลงของกำลังของคอนกรีตมากกว่าสาเหตุที่สอง ทั้งนี้เพราะว่าการสูญเสียน้ำนั้น ได้ดำเนินมาก่อนตั้งแต่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสแล้ว (ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่น้ำกลายเป็นไอ) แต่การสูญเสียกำลังของมอร์ต้านั้น จะเริ่มขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส และที่ช่วงอุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียสขึ้นไป การสูญเสียกำลังของมอร์ต้าและการแตกร้าวของมวลรวมจะมีอิทธิพลมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 สรุป

สรุปผลการทดสอบได้ดังต่อไปนี้

1. อิทธิพลของความรุนแรงของไฟ จะมีผลต่อการรับกำลังของคอนกรีต ระยะเวลาของการเกิดอัคคีภัยจะมีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตอย่างมาก จะทำให้เปอร์เซนต์ของการลดลงของกำลังรับแรงอัดของคอลกรีตเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมด้วย หากทำให้การเผาไหม้มีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ก็จะมีผลต่อโครงสร้างอย่างมาก คือ จะทำให้เกิดการแตกร้าวจนถึงขั้นพังทลายลงมาได้

2. อิทธิพลของระยะเวลา ในการถูกเผาไฟของคอกรีตที่อุณหภูมิเท่า ๆ กัน ถ้าเวลาที่ถูกเผาไหม้นาน ๆ จะทำให้การลดลงของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ลดลงมากตามไปด้วย

3. อิทธิพลของอุณหภูมิ ในกรณีที่เกิดไฟไหม้ขึ้นหลายแห่ง และปริมาณความร้อนที่คอนกรีตได้รับจะเท่ากัน แต่อุณหภูมิในการเผาไหม้ไม่เท่ากัน คอนกรีตที่ถูกเผาที่อุณหภูมิสูงว่า กำลังรับน้ำหนักของคอนกรีตก็จะลดลงมากกว่าคอนกรีตที่ถูกเผาไหม้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า

4. สาเหตุใหญ่ของการลดลงของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตนั้น มีอิทธิพลจากการสูญเสียน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา Dehydration และ จากการแตกร้าวของซีเมนต์เพลสด้วย เป็นอย่างมาก

5. คอนกรีตที่อิ่มตัวด้วยน้ำ จะเกิดการระเบิดได้ง่ายกว่าคอนกรีตที่มีสภาพแห้งกว่า ในกรณีที่มีรูปแบบในการรับความร้อนเหมือน ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

งานศึกษาการทดสอบฉบับนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาตรวจสอบคุณสมบัติของคอนกรีตในส่วนของอาคารที่ถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลาง (ช่วงอุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส)ได้ ซึ่งพอจะสรุปเป็นแนวทางได้ดังนี้

1. คอนกรีตในส่วนของอาคารที่ถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลาง ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส สามารถสังเกตได้จากสีของคอนกรีตที่ไม่ใช่ปูนฉาบได้ โดยสีจะออกชมพู-แดงกร้าน ๆ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้สีจะออกเทาหรือเหลืองคล้ำ และอาจจะสังเกตได้จากรอยแตกเล็ก ๆ ที่ผิวของคอนกรีต (Hair Crack) หรือจะดูจากสภาพของวัสดุที่ติดไฟที่หลงเหลืออยู่ ทั้งนี้เพราะว่าวัสดุนั้นอาจจะมีจุดหลอมละลายอยู่ในช่วงอุณหภูมินี้ก็ได้

2. สามารถตรวจสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ในที่ได้ โดยใช้เครื่องมือ Schmidt Hammer และ เครื่องอุลตร้าโซนิก ซึ่งเป็นการทดสอบแบบไม่ทำลาย

3. เพื่อให้แน่ใจยิ่งขึ้นว่า กำลังของคอนกรีตที่ถูกไฟไหม้นั้นมีค่าเท่าไร ก็สามารถทำได้โดยการเจาะคอนกรีต (Concrete Coring) ขึ้นมาทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

คอนกรีตเทคโนโลยี
เรื่องของคอนกรีต
วินิต ช่อวิเชียร พิมพ์ครั้งที่ เจ็ด
บริษัท ซีลประทานซีเมนต์ จำกัด
2974 ถ.เพชรบุรีตัดใหม่ กรุงเทพฯ

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

American Society for Testing Material, Vol.60,1960
Zoldners, N.G.

BFL internal report, No.185,1968
IDORN, G.M.

Magazine of Concrete Research Vol.8,No.23, August, 1956.
Maholtra,H.L.

Materials Research and Standards Vol.7,No.10, October 1967
Davis, H.S.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้