บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความนำ

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันนี้สถิติเพลิงไหม้ได้เกิดเพิ่มขึ้นมากกับโครงสร้างอาคารคอนกรีต เพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นนั้นอาจจะมีความรุนแรงมากน้อยแตกต่างกันไปซึ่งขึ้นกับตัวประกอบหลายอย่าง ไฟถ้าไหม้ยิ่งนานมากเท่าไรก็ยิ่งจะทวีความรุนแรงและเพิ่มความเสียหายให้กับโครงสร้างมากยิ่งขึ้นเท่านั้น ไม่เพียงแต่สร้างความเสียหายให้กับโครงสร้างแต่ยังทำให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สินและยังอาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตมนุษย์อีกด้วย ดังนั้นวิศวกรจึงได้เริ่มตระหนักถึงผลกระทบของไฟไหม้ที่มีอิทธิพลต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างกันมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากยังหาข้อกำหนดที่แน่นอนหรือตำราที่เขียนเกี่ยวกับเรื่องนี้โดยตรงได้ยาก เนื่องจากไฟถือว่าเป็นน้ำหนักอย่างหนึ่งที่กระทำต่อชิ้นส่วนของโครงสร้าง ทั้งนี้เพราะว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้มีแรงเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของโครงสร้างที่มีการยึดรั้งและส่งผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างทั้งในด้านกำลัง ความแข็ง และเสถียรภาพได้

1.2 ความเป็นมาของปัญหา

ทุกครั้งที่มีไฟไหม้อาคารคอนกรีต วิศวกรมักจะถูกตั้งคำถามและให้เข้าไปตรวจสอบดูว่าโครงสร้างนั้นยังมีความมั่นคงแข็งแรงพอที่จะใช้งานได้ต่อไปอีกหรือไม่ หรือชิ้นส่วนนั้นกำลังและความแข็งแรงมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ปกติแล้วไฟที่เกิดขึ้นภายในอาคารจะมีช่วงเวลาของการลุกไหม้อย่างเต็มที่ ซึ่งอุณหภูมิขณะนั้นจะสูงเป็น 1000 องศาเซลเซียส(1) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าชิ้นส่วนของอาคารคอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ที่อุณหภูมิสูงนั้น จะมีพฤติกรรมในด้าน กำลัง ความแข็งแรงและแรงยึดเหนี่ยวลดลงมาก ซึ่งถ้าพิจารณาแล้วชิ้นส่วนดังกล่าวควรที่จะทำการ

ทุบทิ้ง อย่างไรก็ตามอาจมีโครงสร้างบางส่วนที่ถูกไฟไหม้ไม่รุนแรงมากนักนั่นคืออุณหภูมิปานกลางไม่เกิน 500 องศาเซลเซียส กำลังของวัสดุนั้นจะลดลงบ้างแต่ยังเหลือมากเพียงพอ และโครงสร้างก็ยังคงสภาพอยู่ได้ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจว่าถ้าเวลาผ่านไปนานๆ พฤติกรรมในด้านกำลังรับแรงอัด ค่าโมดูลัส และแรงยึดเหนี่ยวต่อเหล็กเสริมของคอนกรีตจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เมื่อทราบถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นแล้วก็จะสามารถนำมาเป็นข้อมูลใช้ประกอบการวิเคราะห์โครงสร้างว่า คอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลางนั้น จะยังคงสามารถรับน้ำหนักได้ต่อไปอีกหรือไม่อย่างไร

1.3 งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักดังนี้

1.3.1 ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงอัดของคอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลางและพิจารณาผลกระทบของอายุหรือเวลาที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัด

1.3.2 ศึกษาพฤติกรรมกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริมจากแท่งตัวอย่างทดสอบที่ถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลาง และพิจารณาผลกระทบของอายุหรือเวลาที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของกำลังยึดเหนี่ยวนั้น

1.3.3 ศึกษาพฤติกรรมของค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลางและพิจารณาผลกระทบของอายุหรือเวลาที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น

1.3.4 ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบจากข้อ 1.3.1 1.3.2 และ 1.3.3 โดยสร้างความสัมพันธ์กับเวลา(ภายใต้ขอบข่ายเวลาที่ทำการทดสอบ) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาว่าคอนกรีตในอาคารส่วนที่ถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลางนั้นยังคงสามารถรับน้ำหนักได้ต่อไปอีกหรือไม่

1.4 ภูมิหลังงานวิจัยที่ผ่านมา

งานค้นคว้าเกี่ยวกับไฟและการทดสอบไฟของชิ้นส่วนที่มาประกอบกันขึ้นเป็นโครงสร้างอาคารได้กระทำกันมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากได้ตระหนักถึงความเสียหายและการพังทลายของอาคารที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง การทดสอบต่างๆที่เกี่ยวกับไฟนั้นส่วนใหญ่จะเน้นหนักไปในด้านความต้านทาน ความทนทาน พฤติกรรมในด้านกำลัง และความแข็งของคอนกรีตหรือวัสดุที่ประกอบกันขึ้นเป็นคอนกรีต การทดสอบต่างๆที่ได้ศึกษาค้นคว้าแล้วมีดังต่อไปนี้

ในปี ค.ศ. 1920 INGBERG(2) ศึกษาพฤติกรรมของไฟที่เกิดขึ้นในอาคารจริงๆ และได้สรุปเป็นแนวความคิดไว้ว่า "แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ" ซึ่งสถาบันมาตรฐาน ASTM ได้นำแนวความคิดนี้มาใช้พัฒนาเส้นโค้งมาตรฐานในการทดสอบไฟขึ้นเพื่อลอกเลียนแบบไฟที่เกิดขึ้นจริงๆ ดังมีข้อความที่สำคัญอยู่ 2 ข้อ คือ

1. ความทนทานไฟของชิ้นส่วน ขึ้นกับ ความรุนแรงของไฟ (Fire Severity) เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

2. ความรุนแรงของไฟ ขึ้นกับ ความเข้มของปริมาณไฟ (Fire Load Density) เพียงอย่างเดียว

ในปี ค.ศ.1929 INGBERG(3) ศึกษาพฤติกรรมเกี่ยวกับแร่ที่เป็นส่วนประกอบของมวลรวมมีอิทธิพลต่อการต้านทานไฟของคอนกรีต โดยแบ่งคอนกรีตตามชนิดของมวลรวมเป็นกลุ่มใหญ่ๆ 4 กลุ่ม พบว่าเมื่อนำคอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมต่างชนิดกันนี้ไปทำการทดสอบไฟ คอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมคาร์บอเนตและเฟลสปาร์สามารถต้านทานไฟได้ดีกว่าคอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมแกรนิตและซิลิกาและพบอีกว่า คอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมหยาบจะสามารถต้านทานไฟได้ดีกว่าคอนกรีตที่ผสมจากมวลรวมละเอียด

คุณสมบัติของมอร์ต้าและคอนกรีตสามารถแปรเปลี่ยนได้ตามอุณหภูมิ J.C.SAEMANN(4) และ G.W.WASHA ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อ กำลัง ความแข็ง และความเหนียวของมอร์ต้าและคอนกรีต โดยทำการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกและแท่งมอร์ต้ารูปลูกบาศก์ที่บ่มด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วันและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50 % อีกเป็นเวลา 13 วันเสร็จแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิทดสอบอีก 1 วัน รวมอายุของแท่งตัวอย่างทดสอบก่อนทำการทดสอบทั้งหมด 28 วัน อุณหภูมิที่สนใจอยู่ในช่วง -20 ถึง 200 องศาเซลเซียส จากผลการทดสอบพบว่า ค่ากำลัง ความแข็ง และความเหนียวของทั้งมอร์ต้าและคอนกรีตจะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงอุณหภูมิติดลบและจะมีค่าเพิ่มขึ้นสลับกับลดลงไปจนกระทั่งอุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 200 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสพบว่าค่ากำลัง ความแข็ง และความเหนียวของคอนกรีตจะมีค่าเท่ากับที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งพอสรุปได้ว่าอุณหภูมิจากไฟที่มีค่าไม่เกิน 200 องศาเซลเซียส จะไม่มีผลต่อค่ากำลัง ความแข็ง และความเหนียวของคอนกรีตและมอร์ต้า

หลังจากนั้นไม่นานได้มีการค้นคว้าหาคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ โดย ROBERT PHILLIEO(5) ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีอิทธิพลต่อการขยายตัว ความหนาแน่น โมดูลัสของความยืดหยุ่นและค่ากำลังของคอนกรีตในช่วงอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสถึง 800 องศาเซลเซียส แท่งตัวอย่างทดสอบที่ใช้นั้นทำการบ่มด้วยไอน้ำตลอด 28 วันจากนั้นนำไปทดสอบไฟพบว่า การขยายตัวของคอนกรีตจะมีค่าเพิ่มขึ้นขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นและค่าความหนาแน่นจะมีค่าลดลงเนื่องจากน้ำหนักที่สูญเสียไป และยังพบอีกว่าค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นและกำลังของคอนกรีตจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ต่อมา H.L. MALHOTRA(6,7) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยการแปรเปลี่ยนค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ การทดสอบกระทำที่อุณหภูมิไม่เกิน 700 องศาเซลเซียส ตัวอย่างทดสอบที่ใช้อยู่ในรูปทรงกระบอกมาตรฐาน จากการทดสอบไฟตามมาตรฐานพบว่าค่าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์จะไม่มีผลกระทบต่อการลดลงของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต นั่นคือการแปรเปลี่ยนค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จะได้ผลการทดสอบกำลังรับแรง

อัดลดลงเท่ากันที่อุณหภูมิเดียวกัน นอกจากนั้นยังพบอีกว่าแท่งตัวอย่างที่ทดสอบโดยมีการให้น้ำหนักกระทำด้วยขณะเผาจะมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลงน้อยกว่าแท่งตัวอย่างที่ไม่ได้มีน้ำหนักกระทำ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าน้ำหนักที่กระทำนั้นจะทำให้เกิดความเค้นขึ้นภายในซึ่งจะเป็นตัวที่ช่วยหน่วงไม่ให้เกิดรอยแตกร้าวขึ้นได้

จากนั้นการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีอิทธิพลต่อคอนกรีตก็ยังมีการค้นคว้าอยู่ตลอดมา N.G.ZOLDNERS(8,9) ได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตโดยเน้นไปทางด้านกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัด โดยทำการแปรเปลี่ยนชนิดของมวลรวมต่างๆ กันไป มวลรวมที่ใช้ได้แก่ หินปูน กรวด หินทราย และหินภากแร่ ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบอยู่ในช่วง 100 ถึง 800 องศาเซลเซียสและอัตราการเผาไหม้ของไฟที่ใช้ในการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานไฟของASTM จากการทดสอบพบว่าระดับการเสื่อมสภาพของคอนกรีตจะมีค่ามากน้อยขึ้นกับชนิดของมวลรวมที่ใช้ ซึ่งพอจะสรุปได้ดังต่อไปนี้ คอนกรีตที่ใช้หินปูนผสมจะสามารถต้านทานไฟได้ดีที่สุด ถ้าใช้หินทรายผสมจะใช้ได้กับที่อุณหภูมิต่ำๆ ไม่เกิน 400 องศาเซลเซียสเพราะถ้าอุณหภูมิมากกว่านี้จะทำให้มีการเสื่อมสภาพและสูญเสียกำลังได้อย่างรวดเร็ว ถ้าอุณหภูมิไม่ถึง 200 องศาเซลเซียสจะไม่มีผลต่อการลดลงของกำลังของคอนกรีตเลยไม่ว่าจะใช้มวลรวมชนิดใดก็ตาม

ต่อมา CAMPBELL-ALLEN และ DESAI(10) ได้ทำการทดสอบให้เห็นว่าถ้าใช้หินปูนผสมคอนกรีตแล้วนำไปทดสอบไฟที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส จะมีการเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้นอีกถ้าซีเมนต์ที่ใช้ในการผสมคอนกรีตนั้นมีค่า C_3A ต่ำ และมีค่า C_4AF C_3S สูง

HAROLD และ DAVIS(11) ได้ศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิสูงๆที่มีอิทธิพลต่อคอนกรีตโดยเน้นไปในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น และค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต พบว่าคอนกรีตที่มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวสูงจะมีความต้านทานน้อยกว่าคอนกรีตที่มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวต่ำกว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะมีค่าลดลงเหลือประมาณ 50 % ของกำลังเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นว่าไม่มีการวิจัยถึงอิทธิพลของเวลาหลังจากที่ทิ้งคอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ไปแล้วเป็นเวลานานๆ คอนกรีตส่วนนั้นอาจจะมีค่ากำลังอัด ความแข็ง และค่ากำลังยึดเหนี่ยวเปลี่ยนแปลงไปอีกโดยอาจจะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการศึกษาต่อจากงานวิจัยที่ผ่านๆ มาข้างต้นโดยมีขอบเขตของงานวิจัยดังต่อไปนี้

ก. ช่วงอุณหภูมิ อุณหภูมิที่จะทำการทดสอบคือ 300 °C 400 °C และ 500 °C

ข. ช่วงเวลาการเผา เผาตามมาตรฐานไฟของ ASTM E 119 โดยมีความทนทานไฟขั้นต่ำเท่ากับ 1 ชั่วโมง

ค. กำลังอัดประลัยของคอนกรีตเริ่มต้น ศึกษาในช่วงที่ใช้งานกันทั่วๆ ไปดังนี้คือ 210 กก.ต่อตร.ซม. 280 กก.ต่อตร.ซม. และ 350 กก.ต่อตร.ซม.ตามลำดับ

ง. ระยะเวลาทดสอบ จะทำการทดสอบคอนกรีตที่เวลาหลังเผาใหม่ๆ ที่เวลาครึ่งเดือน หนึ่งเดือน เดือนครึ่ง สองเดือน สามเดือน สี่เดือน และหกเดือนหลังจากทดสอบไฟไปแล้ว ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย