

วรรณคดีวิจารณ์

2.1 คำนำ

การเกิดอัคคีภัยหรือไฟไหม้ขึ้นภายในอาคาร จะทำให้เกิดความสูญเสียต่อทรัพย์สิน ชีวิตมนุษย์และกำลังของโครงสร้าง เป็นต้น การเกิดไฟไหม้ในอาคารส่วนใหญ่นั้นเกิดจากแหล่งเชื้อเพลิงเล็กๆ แล้วเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แหล่งเชื้อเพลิงหรือที่ให้ความร้อนต่าง ๆ นั้นบางครั้งอาจเกิดจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร หรือจากเปลวไฟของเตาไฟที่ใช้ประกอบอาหาร เป็นต้น

คอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมซีเมนต์กลบ ซีเมนต์ลอย ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน (Portland Pozzolana Cement) สารปอซโซลาน คือ สารซิลิกาหรือซิลิกาและอลูมินา ที่ละเอียดและสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium Hydroxide) แล้วก่อตัวเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติซีเมนต์ ซิลิกาในสารปอซโซลานควรอยู่ในรูปอสัณฐาน เพราะถ้าเป็นผลึกแล้วซิลิกาจะเฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยา สารปอซโซลานมีหลายชนิด ได้แก่ ซีเมนต์กลบ ซีเมนต์ลอย และซีเมนต์ภูเขาไฟ เป็นต้น ที่สามารถนำมาใช้ในงานในเชิงอุตสาหกรรม ได้แก่ ซีเมนต์กลบ และซีเมนต์ลอย

ในที่นี้จะทำการศึกษากำลังที่แปรเปลี่ยนตามเวลาของคอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมซีเมนต์กลบ ซีเมนต์ลอย หลังจากถูกไฟไหม้ที่ระดับความรุนแรงปานกลาง

2.2 คุณสมบัติของคอนกรีตผสมซีเมนต์กลบ และซีเมนต์ลอย

2.2.1 วัสดุปอซโซลาน

วัสดุปอซโซลาน ได้แก่ วัสดุที่มีส่วนประกอบเคมี คือ ซิลิกา (SiO_2) หรือซิลิกาและอลูมินา ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) เป็นสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม ซึ่งโดยตัวของมันเองมีคุณสมบัติในการยึดประสานเล็กน้อยหรือไม่เลย อยู่ในสภาพที่เป็นเม็ดละเอียดและสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ที่อุณหภูมิปกติได้แล้วเกิดเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติยึดประสาน ตัวอย่างได้แก่ ซีเมนต์กลบและซีเมนต์ลอย วัสดุปอซโซลานเมื่อให้ผสมคอนกรีตจะทำปฏิกิริยา

กับคล์เซียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือจากปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปฏิกิริยาปอซโซลานคล้ายกับปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้ากว่า ดังนั้นสามารถใช้วัสดุปอซโซลานเพื่อลดความร้อนของปฏิกิริยาและเพิ่มกำลังคอนกรีต ที่อาสุ่มากได้(ปริกฐา, 2529)

ซีเถ้าแกลบเป็นวัสดุปอซโซลานที่มีอยู่ในเมืองไทยปริมาณมาก การนำแกลบไปเผา จะได้ซีเถ้าแกลบเหลืออยู่ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเดิม จากการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่าซีเถ้าแกลบมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบสูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ คุณสมบัติของซีเถ้าแกลบจะแตกต่างกันตามอุณหภูมิและระยะเวลาเผา(Cook, 1983) ซีเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาท่อนหมุมต่ำจะมีสารอินทรีย์ที่ยังเผาไม่หมดเหลืออยู่มาก การเผาแกลบที่อุณหภูมิพอเหมาะในช่วง 600-800 องศาเซลเซียสจะทำให้ซิลิกาอยู่ในรูปอสัณฐาน(Amorphous)ซึ่งมีความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา(ปริกฐา, 2529) แต่ถ้าเผาท่อนหมุมสูงไป ซิลิกาที่ได้จะอยู่ในรูปผลึก(Crystal) ซึ่งจะเล็ยต่อการทำปฏิกิริยาไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ นอกจากนี้ความว่องไวในการทำปฏิกิริยาของซีเถ้าแกลบยังขึ้นอยู่กับความละเอียดของซีเถ้าแกลบ (Chindaprasirt, 1983)

การเผาแกลบที่อุณหภูมิสูงและมีอากาศถ่ายเทได้เพียงพอ จะได้ซีเถ้าแกลบสีเทาขาว ซีเถ้าแกลบที่ได้จากการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงในโรงสีไฟจะมีสีดำ (ปริกฐา, 2529)

Chindaprasirt และ Hovichitr(1987) พบว่าซีเถ้าแกลบเทาขาวและซีเถ้าแกลบดำมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันส่วนประกอบทางเคมีของซีเถ้าแกลบเทาขาวและซีเถ้าแกลบดำ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 การนำซีเถ้าแกลบมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะต้องนำมาบดให้ละเอียดก่อน

การใช้อ่านหินเป็นเชื้อเพลิงมานานแล้ว ในการใช้อ่านหินเป็นเชื้อเพลิงนั้นจะได้ซีเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ของถ่านหินประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเดิม ซีเถ้าที่ได้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

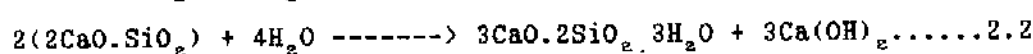
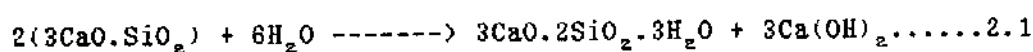
1. ซีเถ้าก้นเตา(Bottom Ash) ซึ่งมีขนาดใหญ่และจะตกลงที่ก้นเตา
2. ซีเถ้าตะก้น(Slag Ash) ที่หลอมละลายเกาะเป็นตะก้นที่ผนังของเตาเผาหรือหม้อน้ำ

3. ซีเถ้าลอย(Fly Ash) เป็นซีเถ้าที่มีความละเอียด ซึ่งลอยไปกับอากาศร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ไปยังปล่องไฟ ซีเถ้าลอยจะถูกดักจับด้วยเครื่องจับ(Precipitator)แล้วส่งต่อไปยังถังเก็บ

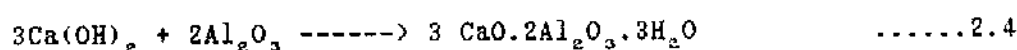
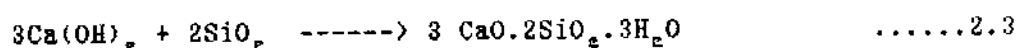
จากซีเถ้าทั้ง 3 ประเภทซีเถ้าลอยมีปริมาณมากที่สุดประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของซีเถ้าทั้งหมดส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ซิลิกา ถ่านหินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในประเทศไทยเป็นถ่านหินลิกไนต์ ซีเถ้าลอยที่ได้จากถ่านหินลิกไนต์มีปริมาณของคล์เซียมไฮดรอกไซด์สูง ดังนั้นซีเถ้าลอยที่ได้จากถ่านหินลิกไนต์จึงมีคุณสมบัติเป็นวัสดุซีเมนต์ในตัวเองแต่กำลังรับแรงอยู่ในเกณฑ์ต่ำมากส่วน

ประกอบทางเคมีของซีเมนต์ที่ได้จากถ่านหินลิกไนต์ในประเทศไทยได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 (ปริญา, 2529)

ปฏิกิริยาทางเคมีของสารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สามารถเขียนง่าย ๆ ได้ดังนี้ (Neville, 1973)



และเมื่อผสมสารปอซโซลานเช่น ซีเถ้าแกลบ และซีเถ้าลอยจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันเพิ่มขึ้นอีก โดยซิลิเนียมไฮดรอกไซด์อิสระสามารถทำปฏิกิริยากับซิลิกาและอลูมินา แล้วก่อตัวเป็นซิลิเนียมซิลิเกตไฮเดรต ($3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) และซิลิเนียมอลูมิเนตไฮเดรต ($3\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) ดังสมการ (Mindess และ Young, 1981)



2.2.2 ความต้องการน้ำและความสามารถทำงานได้

จากการศึกษาของ Metha (1974), Damer (1976) และ Chindaprasirt (1983) เมื่อเพิ่มปริมาณซีเถ้าแกลบในคอนกรีตจะทำให้ความต้องการน้ำของส่วนผสมเพิ่มขึ้น เพื่อให้ความสามารถทำงานได้เท่าเดิม ทั้งนี้เนื่องจากซีเถ้าแกลบมีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ นอกจากนี้ Farooq-e-Azam (1982) พบว่าในการผสมคอนกรีตถ้าซีเถ้าแกลบมีความละเอียดเพิ่มขึ้นจะทำให้คอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อสารซีเมนต์คงที่มีความสามารถทำงานได้ลดลง

จากการศึกษาของ Lane และ Best (1982) ซีเถ้าลอยจะทำให้คอนกรีตมีความสามารถทำงานได้เพิ่มขึ้น ความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตขึ้นอยู่กับปริมาณของซีเมนต์ เฟสส์ สัดส่วนของส่วนผสม อัตราส่วนของน้ำต่อสารซีเมนต์ ขนาดและรูปร่างและความพรุนของมวลรวม ซีเถ้าลอยในคอนกรีตจะให้เฟสส์มีปริมาณเพิ่มขึ้น และแทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของมวลรวม ซีเถ้าลอยมีรูปร่างทรงกลมจะช่วยลดความเสียดทานระหว่างมวลรวมกับเฟสส์ นิซัย (2530) พบว่าที่ความสามารถทำงานได้เท่ากัน ส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ซีเถ้าลอยทดแทนปูนซีเมนต์ใช้ปริมาณน้ำในส่วนผสมลดลง จากการศึกษาของปริญาและอินทชัย (2528) และบัณฑิต (2534) พบว่ามอร์ตาร์ที่ใช้ซีเถ้าลอยเป็นส่วนผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซีเมนต์กลบ และ
ซีเมนต์ลอย (ปริญา, 2529)

ส่วนประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี (%)			
	ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์	ซีเมนต์กลบ เทาขาว	ซีเมนต์กลบ ดำ	ซีเมนต์ลอย* แม่เมาะ
CaO	60-67	0.5	0.5	12.5-49.4
SiO ₂	17-25	88.3	89.9	12.0-45.6
Al ₂ O ₃	3-8	0.5	0.5	5.2-17.7
Fe ₂ O ₃	0.5-0.6	3.4	1.9	9.0-18.7
MgO	0.1-5.0	0.3	0.2	1.5-5.0
SO ₃	1-3	0.1	1.5	2.0-30.0
Na ₂	0.5-1.3	0.2	0.1	0.1-1.1
K ₂ O	0.5-1.3	2.8	1.5	0.5-2.6
การสูญเสียเนื่อง จากการเผา	2.0	3.7	4.7	1.3-12.2

หมายเหตุ * เป็นค่าเฉลี่ยของซีเมนต์ลอยแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

2.2.3 การคายน้ำ

เนื่องจากน้ำเป็นส่วนที่มีความจำเพาะต่ำสุด การทรุดตัวของมวลรวมในคอนกรีตทำให้น้ำบางส่วนจะลอยขึ้นสู่ผิวบนของคอนกรีต เนื่องจากส่วนผสมอื่นที่เป็นของแข็งไม่สามารถอุ้มน้ำได้ทั้งหมดจากการศึกษาของ Damer(1976) ซึ่งได้แก่กลบในปูนซีเมนต์ทำให้อัตราการคายน้ำลดลง

นิซัย(2530)พบว่าส่วนผสมซีเมนต์ทำให้ส่วนผสมคอนกรีตคายน้ำลดลง ปรีญาและอินทรัช(2528) ได้อธิบายว่า การผสมซีเมนต์ลอยอยู่ในคอนกรีตจะไปยึดเชยมวลรวมขนาดเล็กที่ขาดแคลนและปิดช่องทางการคายน้ำไม่ให้คืบเนื่อง จึงทำให้การคายน้ำลดลงและจากการศึกษาของเฉลิมพล(2527)การผสมซีเมนต์ลอยในมอร์ตาร์ทำให้อัตราการคายน้ำและความสามารถในการคายน้ำลดลง

2.2.4 ระยะเวลาการก่อตัว

จากการศึกษาของ Paul(1976) การผสมซีเมนต์กลบตั้งแต่ร้อยละ 0-60 ในปูนซีเมนต์จะทำให้เวลาการก่อตัวทั้งระยะต้นและระยะปลายเพิ่มขึ้นแต่จากการศึกษาของ Ketha(1977) การผสมซีเมนต์กลบร้อยละ 30 ทำให้ระยะเวลาการก่อตัวเพิ่มขึ้น เมื่อผสมซีเมนต์กลบร้อยละ 50 ระยะเวลาการก่อตัวจะลดลงมาเท่าปูนซีเมนต์ล้วนและเมื่อผสมซีเมนต์กลบร้อยละ 70 ระยะเวลาการก่อตัวจะน้อยกว่าปูนซีเมนต์ธรรมดา

เฉลิมพล(2527) พบว่าระยะเวลาการก่อตัวระยะต้นของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมซีเมนต์ลอยร้อยละ 0-40 เพิ่มขึ้นตามปริมาณซีเมนต์ลอย การศึกษาของประจิต(2526) ก็ได้ผลเช่นเดียวกันแต่ถ้าใช้ซีเมนต์ลอยเกินร้อยละ 40 ระยะเวลาการก่อตัวระยะต้น จะเริ่มลดลงและระยะเวลาการก่อตัวระยะปลายจะเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาของปรีญาและอินทรัช(2530)เมื่อผสมซีเมนต์กลบและซีเมนต์ลอยในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะทำให้ระยะเวลาการก่อตัวเพิ่มขึ้น แต่การศึกษาของบัณฑิต(2534)การผสมซีเมนต์กลบหรือซีเมนต์ลอย หรือทั้งซีเมนต์กลบและซีเมนต์ลอยปริมาณไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ไม่ทำให้ระยะเวลาการก่อตัวเปลี่ยนแปลง

2.2.5 กำลังรับแรงอัด

Farooq-e-Azam(1982) พบว่าเมื่อความละเอียดของซีเมนต์กลบเพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมซีเมนต์กลบเพิ่มขึ้น Damer(1976) พบว่าซีเมนต์กลบสามารถแทนที่ปูนซีเมนต์ได้ร้อยละ 20 โดยไม่มีผลกระทบต่อกำลังของคอนกรีตมากนัก และจากการศึกษาของบัณฑิต(2534) ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน ปรีญาและอินทรัช (2528) สามารถใช้ซีเมนต์กลบ

แทนปูนซีเมนต์ได้ถึง 50-60 เปอร์เซ็นต์ โดยที่กำลังรับแรงอัดประมาณเท่าเดิม

จากการศึกษาของเจลิมพล(2527) การผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน และการผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน และ การผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนเล็กน้อย Brink และ Halsted(1956) ได้ทำการศึกษากำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนและพบว่าซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สามารถทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้มากถึง 50 เปอร์เซ็นต์โดยมีกำลังรับแรงอัดที่อายุ 365 วันเท่าเดิม

จากการศึกษาของปริญาและอินทราชัย(2530) มอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนและซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนในส่วนที่พอเหมาะ จะมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่ามอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนหรือซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนเพียงอย่างเดียวโดยที่ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เท่ากัน และจากการศึกษาของบัณฑิต(2534) ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน

2.2.6 กำลังรับแรงดึง

Farooq-e-Azam(1982) พบว่าการเพิ่มความละเอียดของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะเพิ่มกำลังรับแรงดึง และกำลังรับแรงดึงจะลดลงตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์(Damer, 1976) การทดสอบคอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนและซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนเพียงอย่างเดียวโดยที่ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เท่ากัน ก็ให้ผลเช่นเดียวกับคอนกรีตที่ผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน

จากการศึกษาของปริญาและอินทราชัย(2530) กำลังรับแรงดึงของมอร์ตาร์ที่มีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนเล็กน้อย เป็น 20:40:40, 40:40:20 และ 60:20:20 ที่อายุ 56 วัน มีค่าสูงกว่ามอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน และจากการศึกษาของบัณฑิต(2534) มอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนหรือซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนเพียงอย่างเดียวจะมีกำลังรับแรงดึงสูงกว่ามอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนเล็กน้อย

2.2.7 กำลังรับแรงดัด

จากการศึกษาของ Hague และคณะ(1984) กำลังรับแรงดัดจากการทดสอบโดยวิธีโมดูลัสของการแตกหัก(Modulus of Rupture) จะลดลงตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และพบว่า การเพิ่มความละเอียดของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะเพิ่มกำลังรับแรงดัด

2.3 ลักษณะและพฤติกรรมของอัคคีภัย

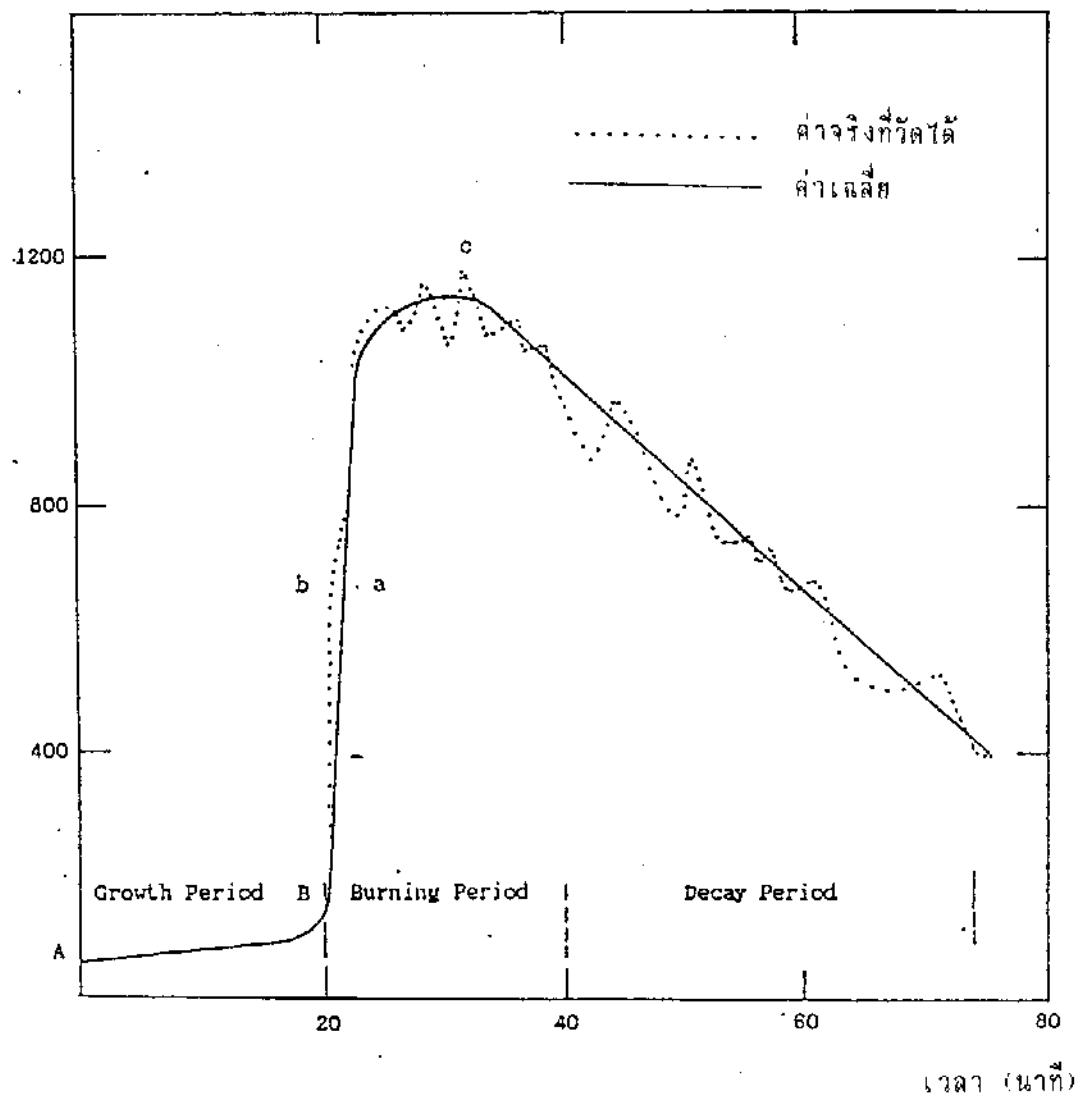
2.3.1 ขบวนการเกิดเพลิงไหม้

การเพิ่มตัวเองขึ้นของไฟจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วมาก ถ้าสภาวะแวดล้อมเอื้ออำนวยไฟที่ไหม้ในอาคารภายในที่จำกัด เช่น ห้องทำงาน ห้องพักอาศัย ห้องเรียน หรือที่อื่นๆ ไฟจะสามารถกระจายลุกลามไปได้อย่างรวดเร็วหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับว่าภายในห้องนั้นมีสิ่งที่ติดไฟได้สะสมอยู่เป็นปริมาณมากน้อยเท่าไร และมีการถ่ายเทของอากาศได้ดีเพียงใด

จากภาพที่ 2.1 เป็นกราฟแสดงพฤติกรรมของไฟในรูปของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลาภายในห้องหนึ่งๆ ซึ่งมีเชื้อเพลิงจำนวนหนึ่งและมีการถ่ายเทอากาศแบบหนึ่ง เส้นกราฟ a เป็นกราฟของอุณหภูมิจริงๆ ที่เก็บมาได้ ส่วนกราฟ b เป็นกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของกราฟ a ช่วง A-B เป็นช่วงก่อนที่จะเกิดเพลิงไหม้หมดทั้งห้องและเราเรียกช่วงนี้ว่า " ช่วงเริ่มก่อตัวของไฟ"(Growth Period) ที่จุด b ช่วงเผาไหม้(Burning Period) จะเริ่มต้นขึ้น นั่นหมายความว่าภายในห้องนั้นได้เกิดเพลิงไหม้จนทั่วหมดแล้ว ช่วงนี้ถือว่าการพัฒนาตัวเองของไฟได้เกิดขึ้นเต็มที่อุณหภูมิภายในจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ว่าจะเกิดในอัตราที่ลดลงเมื่อใกล้ถึงจุด c ซึ่งเป็นจุดที่ความร้อนที่ได้จากสิ่งที่ถูกเผาไหม้ไปกับความร้อนที่สูญเสียไปกับกำแพงและสิ่งแวดล้อมมีค่าเท่ากันพอดีอุณหภูมิจะเริ่มลดลง จุด c ไปถือว่าเป็นช่วงของการสลายตัว(Decay Period) แม้ว่าอุณหภูมิจะเริ่มลดลงแต่อุณหภูมิในช่วงนี้ยังสูงมากอยู่ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการพังทลายของโครงสร้างได้ถ้าไหม้เป็นเวลานาน ๆ ติดต่อกันหลายชั่วโมงในระหว่างที่ลุกไหม้ในช่วงของการเผาไหม้หรือช่วงการสลายนั้น อาจจะมีการส่งผ่านความร้อนหรือการกระจายของไฟจากห้องหนึ่งก็ได้ หรืออาจจะมีการแผ่เปลวไฟความร้อนไปยังทิศทางเคียงอีกด้วย

2.3.1.1 ช่วงการก่อตัวของไฟ

อุณหภูมิในช่วงนี้ค่อนข้างต่ำอยู่ ดังนั้น จึงไม่ค่อยมีผลเท่าใดนัก เวลาของช่วงนี้ จะสำคัญกว่าช่วงเวลาอื่นๆ ทั้งนี้ เนื่องจากถ้าเวลาของช่วงนี้นานก็จะยังพอมีเวลาที่จะหลบหนีออกจากห้องหรือดับไฟได้อย่างปลอดภัยและยังสามารถดับไฟได้ทันทั่วทั้งอีกด้วย เวลาของช่วงนี้จะนานเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเชื้อเพลิง ถ้าเชื้อเพลิงติดไฟได้ไวความร้อนที่ออกมาจะทำให้เวลาของช่วงนี้จะน้อยตามไปด้วย พื้นที่ผิวของกำแพง เพดาน ก็มีผลกระทบเช่นเดียวกัน ถ้าพื้นที่ผิวใหญ่กว้างมากก็จะทำให้ช่วงการก่อตัวของไฟเกิดได้เร็วเพราะว่าความร้อนสามารถส่งผ่านหรือเคลื่อนตัวได้อย่างต่อเนื่อง นอกเหนือจากนี้ยังมีตัวประกอบอื่นอีกที่มีผลกระทบคือเวลาของช่วงการก่อตัวของไฟอีกก็คือ ระยะห่างของสิ่งที่ติดไฟภายในห้อง ขนาดและตำแหน่งของแหล่งกำเนิดไฟขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดภายในห้อง ทิศทางและความเร็วของ

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)

ภาพที่ 2.1 แสดงพฤติกรรมความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริง

ลม ขนาดและรูปร่างของห้องและปริมาณและขนาดของเชื้อเพลิงภายในห้อง

2.3.1.2 ช่วงการเผาไหม้และช่วงการสลายตัว

ระหว่างที่มีไฟกำลังไหม้อยู่ภายในห้องนั้น ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของก๊าซที่มาจากสิ่งที่ติดไฟ จะมีการเคลื่อนตัวลอยสูงขึ้นและออกไปทางส่วนบนของช่องเปิดหรือทางหน้าต่าง ส่วนอากาศที่เย็นกว่าจากภายนอกก็จะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ทางส่วนล่างของช่องเปิดและเข้าร่วมในการเผาไหม้ต่อไป เหตุการณ์นี้ก็เนื่องมาจากการเกิดความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของอากาศร้อนภายในและอากาศเย็นภายนอกนั่นเอง ตัวการที่มีส่วนช่วยให้ช่วงนี้เกิดได้ก็คือ ปริมาณของเชื้อเพลิงและขนาดของช่องเปิดภายในห้องนั้น ถ้าช่องเปิดภายในมีขนาดใหญ่ อัตราการเผาไหม้จะยิ่งสูง แต่ความจริงแล้วพื้นที่ผิวของสิ่งที่ติดไฟก็จะเป็นตัวควบคุมอัตราการเผาไหม้ด้วย สิ่งที่ติดไฟภายในอาคารส่วนใหญ่จะเป็นพวกเครื่องเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งในแต่ละห้องก็จะมีจำนวนแตกต่างกันไปและเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วย อย่างไรก็ตามภายในอาคารหลายๆแห่งจะมีพื้นที่ผิวของเฟอร์นิเจอร์อยู่อย่างเพียงพอ สรุปแล้วอัตราการถ่ายเทของอากาศภายในห้องจะเป็นตัวควบคุมอัตราการเผาไหม้ที่มีผลมากกว่าตัวการอื่น ๆ

ดังนั้น จะเห็นว่าจากขบวนการของการพัฒนาตัวเองของไฟ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะไฟไหม้ การกระจายของไฟ ช่วงเวลาที่เกิดไฟไหม้ ความรุนแรงของไฟ และอื่นๆ อีกนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยทั้งหลายอย่าง ซึ่งถ้าพิจารณาเฉพาะไฟที่เกิดขึ้นภายในอาคารมีดังนี้

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

จากการสำรวจศึกษาและวิจัยพบว่าตัวแปรต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นนั้น ตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลทำให้เส้นกราฟของไฟมีลักษณะต่างๆ กันไป ก็คือ ปริมาณของไฟและพื้นที่ของช่องเปิด

2.3.2 ปริมาณของไฟ

ปริมาณของไฟนิยามว่า เป็นปริมาณความร้อนที่วัดได้จากวัสดุซึ่งติดไฟได้ในห้องหนึ่งๆ หรืออาจจะนิยามปริมาณไฟว่าเป็น ปริมาณความร้อนของวัสดุซึ่งติดไฟต่อพื้นที่หนึ่งตารางหน่วย ถ้าพูดถึงความหนาแน่นของปริมาณไฟนั้น ก็คือ วัดภายในปริมาตรปิดนั่นเอง ปกติแล้วค่าปริมาณไฟจะคิดต่อพื้นที่ผิวของห้อง

ในประเทศต่างๆ ได้มีการสำรวจเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณของไฟในอาคารกันอย่างกว้างขวาง โดยทั่วไปแล้วปริมาณความร้อนของวัสดุซึ่งติดไฟนั้นจะอยู่ในรูปของน้ำหนักของไม้ที่ให้ความร้อนออกมาเท่าๆ กันกับปริมาณความร้อนของวัสดุนั้นเอง ปริมาณไฟสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับการกระจายของวัสดุในอาคารหรือตำแหน่งของวัสดุ ชนิดของห้องภายในอาคาร และอื่นๆ อีก จากข้อมูลที่เก็บมาจากหลายๆ อาคารก็ได้มีการลงความเห็นกันว่าค่าเฉลี่ยของความน่าจะเป็นของค่าปริมาณไฟในอาคารควรจะมีค่าไม่น้อยกว่า 10 ปอนด์ต่อพื้นที่หนึ่งตารางฟุตต่อหนึ่งชั่วโมง ซึ่งค่านี้ได้ถูกนำไปใช้กำหนดมาตรฐานไฟเพื่อใช้ในการทดสอบซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

2.3.3 พื้นที่ของช่องเปิด

พื้นที่ของช่องเปิดมีอิทธิพลอย่างมากต่อการลุกลามของไฟ ถ้าพื้นที่ของช่องเปิดมีมากก็จะทำให้อากาศร้อนภายในลอยตัวออกไปแล้วอากาศเย็นก็จะเข้ามาแทนที่ ทำให้ไฟมีการลุกลามได้อย่างสมบูรณ์และยังสามารถกระจายไปยังห้องข้างเคียงหรือตึกข้างเคียงได้ง่าย พื้นที่ของช่องเปิดในที่นี้ไม่ใช่หมายถึงพื้นที่ของหน้าต่างและประตูเพียงอย่างเดียวเท่านั้นแต่ยังรวมถึงพื้นที่ที่อากาศสามารถผ่านเข้าออกภายในห้องได้อีกด้วย

จากการศึกษาตัวแปรต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้วนั้น ก็จะสามารถเลือกแบบพฤติกรรมของไฟที่เกิดขึ้นจริงได้ โดยอยู่ในรูปของความสัมพันธ์เวลากับอุณหภูมิ เมื่อสามารถเลือกแบบไฟได้แล้วก็สามารถกำหนดเป็นมาตรฐานไฟเพื่อใช้ในการทดสอบหาพฤติกรรมต่างๆ ของวัสดุ ดังจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

2.3.4 เส้นโค้งมาตรฐานไฟและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ

การที่จะทราบว่าองค์อาคารที่ถูกไฟไหม้ไปแล้วนั้น จะมีพฤติกรรมอย่างไรและสามารถต้านทานไฟได้มากน้อยเพียงใดนั้นก็จะต้องมาจากการทดสอบทั้งสิ้น จากข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงๆ ในอาคารได้มีการค้นคว้าเพื่อหามาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ ดังนั้น จึงได้มีการค้นคว้ากันหลายๆ ประเทศสถาบันต่างๆ อาทิเช่น ASTM, ISO และอื่นๆ อีกได้มีการแนะนำมาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ทดสอบโดยอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา เพื่อเลือกแบบไฟที่เกิดขึ้นจริงในอาคาร นักวิจัยชาวอเมริกันชื่อ INGBERG ได้เสนอแนวคิดในการสร้างเส้นโค้งมาตรฐานไฟ

โดยเรียกว่า " แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ (Fire Load Concept) "

2.3.5 แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ

แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟมีข้อสมมุติฐานที่สำคัญดังนี้คือ

ก. ความทนทานไฟขององค์อาคาร ขึ้นกับ " ความรุนแรงของไฟ " เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ความรุนแรงของไฟสำหรับอาคารหรือเตาไฟที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งลอกเลียนแบบไฟขึ้นนั้นก็คือ พื้นที่ใต้เส้นกราฟอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง

ข. ความรุนแรงของไฟ ขึ้นกับความเข้มของปริมาณไฟอย่างเดียวนั้น

ข้อสมมุติฐานดังกล่าวนี้ง่ายและไม่ถูกต้องเท่าไรนัก เนื่องจากความรุนแรงของไฟไม่ขึ้นกับความเข้มของปริมาณไฟแต่เพียงอย่างเดียว จริงๆ แล้วยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ของช่องเปิดชนิดของเชื้อเพลิง คุณสมบัติทางความร้อนของกำแพง เพดาน เป็นต้น แม้กระนั้นก็ตามก็ถือตัวประกอบเหล่านี้มีผลน้อยกว่า เมื่อเทียบกับความเข้มของปริมาณไฟ จนถึงบัดนี้ก็ยังไม่มีแนวความคิดที่สามารถเปลี่ยนไฟให้ใกล้เคียงได้เท่านี้ ดังนั้น แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟจึงยังคงเป็นที่นิยมและยังใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาด้วย

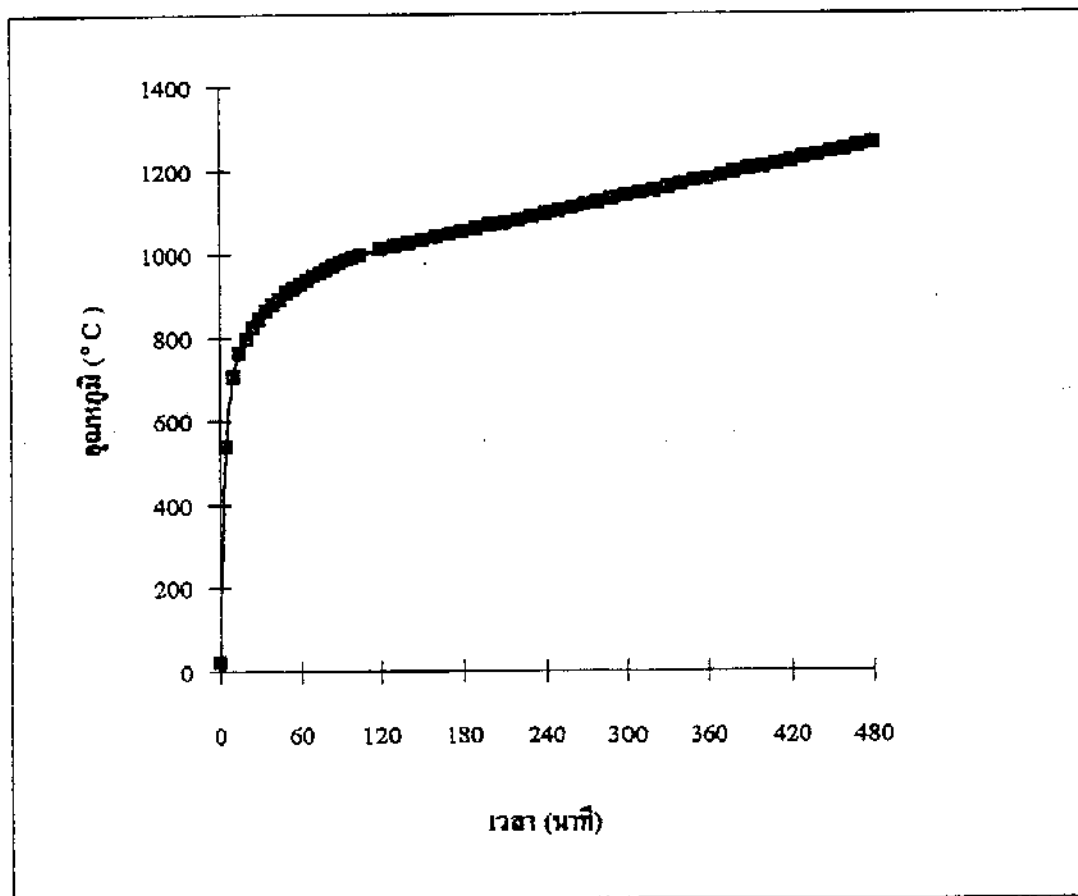
2.3.6 เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลา

ASTM E119 ได้เสนอเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาที่มีความเข้มของปริมาณไฟใกล้เคียงกับไฟที่เกิดขึ้นจริงๆ ในอาคารโดยมีค่าความเข้มเท่ากับ 10 ปอนด์ต่อพื้นที่หนึ่งตารางฟุตต่อชั่วโมง ISO ก็ได้เสนอเส้นโค้งมาตรฐานเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วจะเห็นว่ามีความใกล้เคียงกันมากเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาของ ASTM E119 แสดงอยู่ในภาพที่ 2.2 ส่วนข้อมูลแสดงอยู่ในภาคผนวก ก

2.3.7 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ

ความรุนแรงของไฟที่เกิดขึ้นในอาคารจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวประกอบที่สำคัญ ดังนี้ เชื้อเพลิงหรือสิ่งซึ่งติดไฟที่มีอยู่ในอาคารและพื้นที่ของช่องเปิดภายในอาคารแต่ละตัวประกอบนั้นสามารถแปรเปลี่ยนได้ และไม่สามารถที่จะกำหนดให้ตายตัวได้ว่าในอาคารแบบนั้นๆ เป็นเท่าไร ดังนั้น การที่จะกำหนดค่าความรุนแรงของไฟจึงจำเป็นต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับช่องของไฟที่เวลาต่างๆ นั่นก็คือ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง

ความรุนแรงของไฟจริงๆ แล้วก็คือ พลังงานความร้อนที่สามารถทำลายคุณสมบัติในความทนทานไฟของวัสดุ พลังงานความร้อนในที่นี้ก็คือ พื้นที่ใต้เส้นโค้งความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลานั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟที่ว่า ความรุนแรงของไฟก็คือ พื้นที่



ภาพที่ 2.2 เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาตามมาตรฐานไฟ ASTM E119

ได้เส้นโค้งอุณหภูมิกับเวลา เนื่องจากเส้นโค้งอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริงนั้นก็มีลักษณะแบบหนึ่งที่แตกต่างจากเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาของ ASTM ซึ่งสามารถแปลงให้อยู่ในรูปของมาตรฐานได้ โดยการกำหนดค่าให้พื้นที่ใต้เส้นโค้งมาตรฐานมีค่าเท่ากับเส้นโค้งของไฟจริง นั่นก็คือ อาศัยหลักการของพลังงานนั่นเอง ยกตัวอย่างการแปลงดังภาพที่ 2.3 รูปทางซ้ายมือแสดงถึงลักษณะของไฟที่เกิดขึ้นจริงๆ ซึ่งมีช่วงเวลาการเผาไหม้เป็น t_1 และจากรูปทางขวามือจะแสดงความรุนแรงของไฟเสมือนภายใต้เส้นโค้งมาตรฐานของ ASTM ซึ่งจะใช้เวลาในการเผาไหม้นานกว่าเป็นเวลา t_2

2.4 อิทธิพลของไฟที่มีต่อคุณสมบัติวัสดุพื้นฐานที่เป็นส่วนประกอบขององค์อาคาร

2.4.1 คาน้ำ

วัสดุพื้นฐานที่นำมาประกอบเป็นโครงสร้าง คือ คอนกรีตและเหล็ก วัสดุดังกล่าวเมื่อเวลาถูกไฟไหม้หรือถูกความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ กัน คุณสมบัติทางกายภาพ อาทิ เช่น กำลังความแข็งแรง หรือค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น การนำความร้อน การขยายตัว การคืบตัว และอื่นๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะมีผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างมาก

2.4.2 เหล็ก

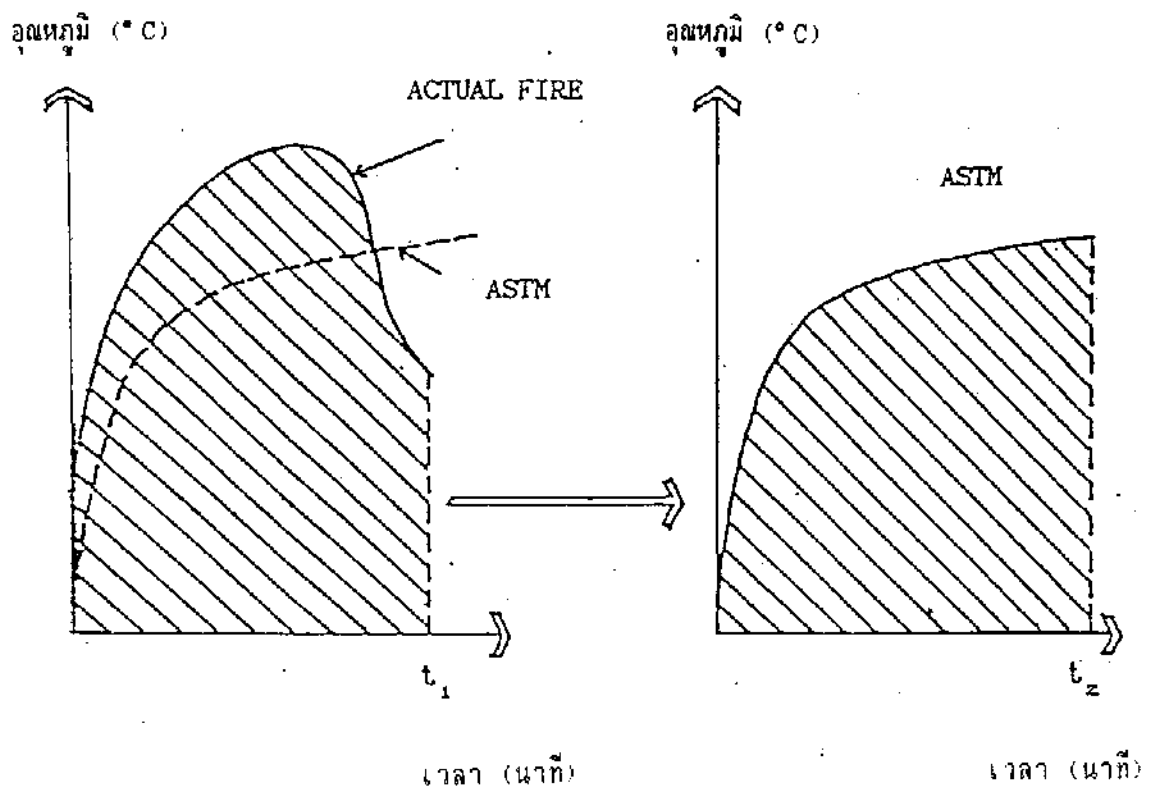
เหล็กเมื่อถูกความร้อนที่อุณหภูมิสูงๆ ค่ากำลังคลากและค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของเหล็กเสริมและลวดอัดแรงจะมีค่าลดลง ที่อุณหภูมิประมาณ 350 องศาเซลเซียส ค่ากำลังคลากจะมีค่าลดลงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 2.4 และภาพที่ 2.5

2.4.3 คอนกรีต

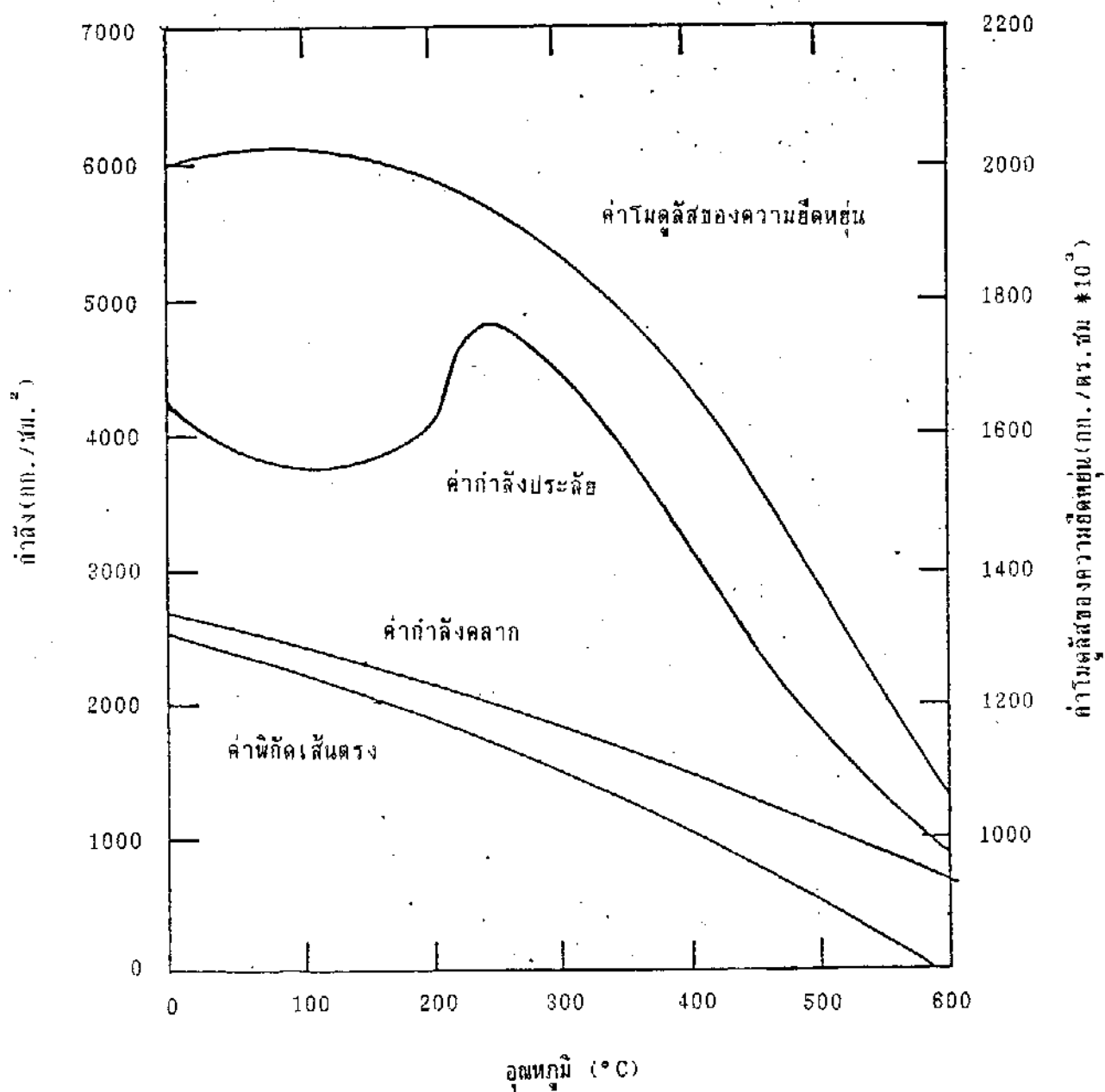
2.4.3.1 กำลังของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ

กำลังของคอนกรีตแบ่งออกเป็น กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงเฉือน กำลังขีดเหนียวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม ในที่นี้จะกล่าวถึงกำลังรับแรงอัดที่อุณหภูมิต่างๆ เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

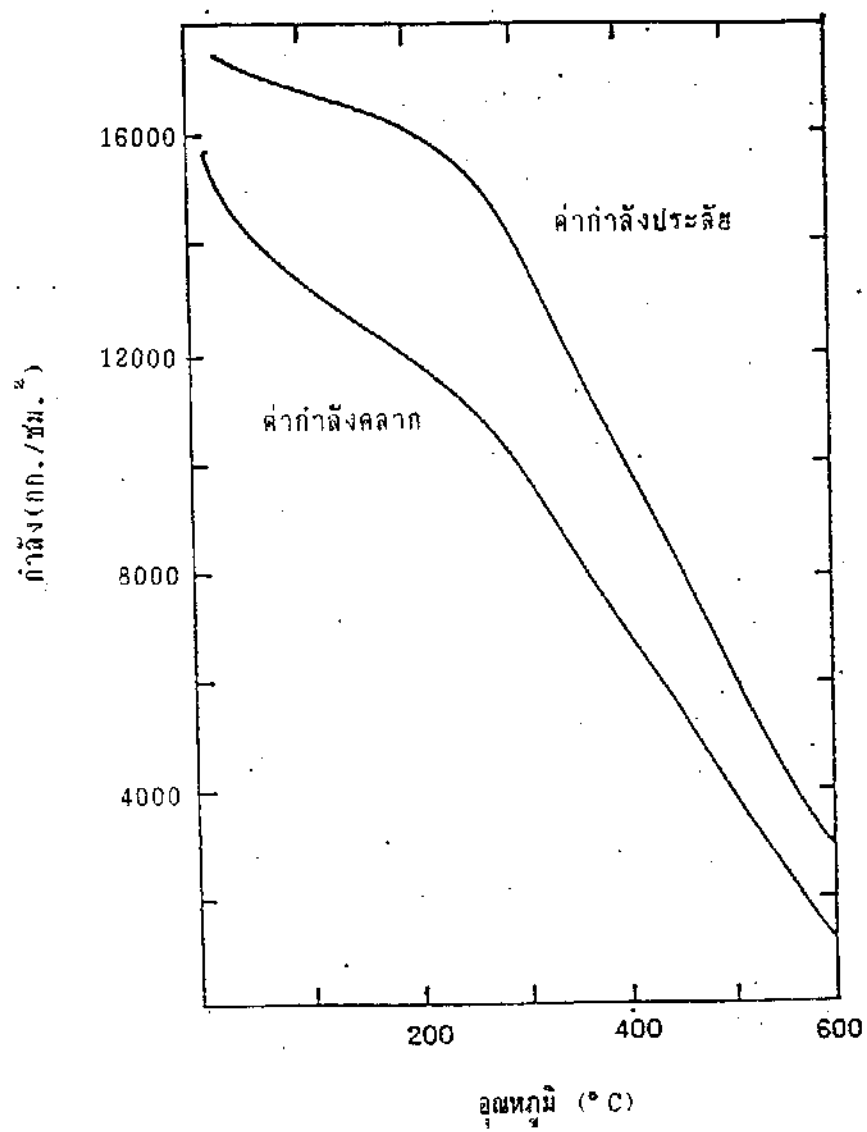
กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะมีค่าลดลงซึ่งมีพฤติกรรมคล้ายกับเหล็กเนื่องจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตขึ้นกับอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ แต่กำลังอัดของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ ไม่ขึ้นกับอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์โดยใช้มวลรวมชนิดเดียวกัน ดังแสดงใน



ภาพที่ 2.3 แสดงการแปลงความรุนแรงเสมือน



ภาพที่ 2.4 กำลังคลาก กำลังประลัย ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น และค่าพิกัด
เส้นตรง ของเหล็กที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ 2.5 กำลังคลากของลวดอัดแรงที่อุณหภูมิต่างๆ

ภาพที่ 2.6 แต่ถ้าใช้มวลรวมต่างชนิดกันมาผสมคอนกรีตแล้วทำการทดสอบไฟที่อุณหภูมิต่างๆ จะได้ผลแสดงดังภาพที่ 2.7 จากรูปจะเห็นว่าถ้าใช้มวลรวมคาร์บอนेट อาทิเช่น โลมีสโตน โคโล ไมต์มาผสมคอนกรีต จะได้คอนกรีตมีความต้านทานไฟที่ดีกว่าใช้มวลรวมชนิดอื่นมาผสม

2.4.3.2 ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีตจะมีค่าลดลง โดยอยู่ในช่วงแรงดัดภาพที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นจะมีค่าลดลงเหลือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของค่าเริ่มต้น โดยทำการเผาแท่งตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐานไฟ ASTM E119 เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

2.4.3.3 การเปลี่ยนแปลงสีของคอนกรีตตามอุณหภูมิต่างๆ

คอนกรีตที่ถูกไฟไหม้ไปแล้วนั้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของคอนกรีตไปเป็นสีต่างๆ ตามระดับของอุณหภูมิดังตารางที่ 2.2

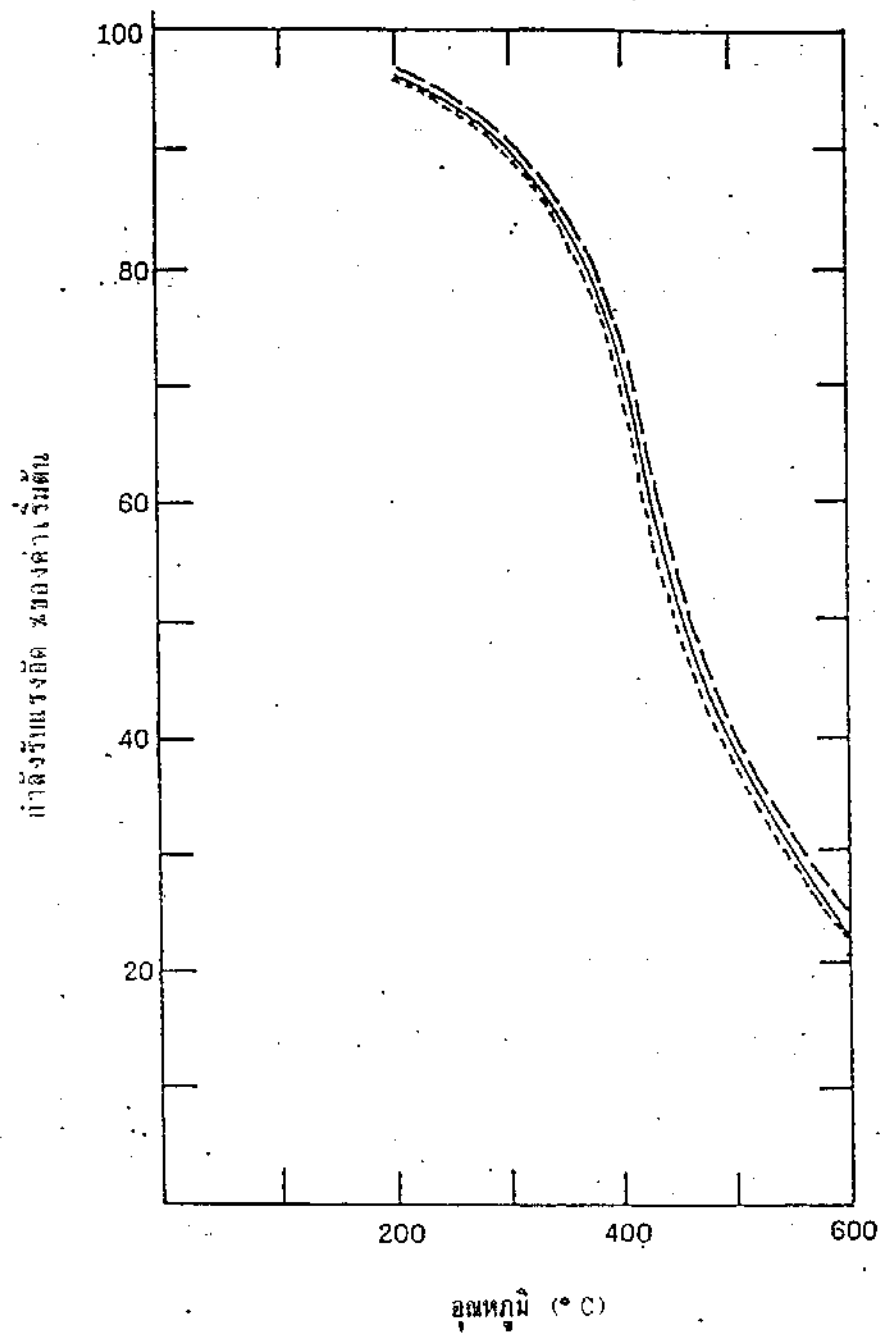
ตารางที่ 2.2 แสดงสีผิวของคอนกรีตเมื่อเวลาถูกไฟไหม้ที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน

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

2.4.3.4 การหลุดกระเทาะของคอนกรีต (Spalling)

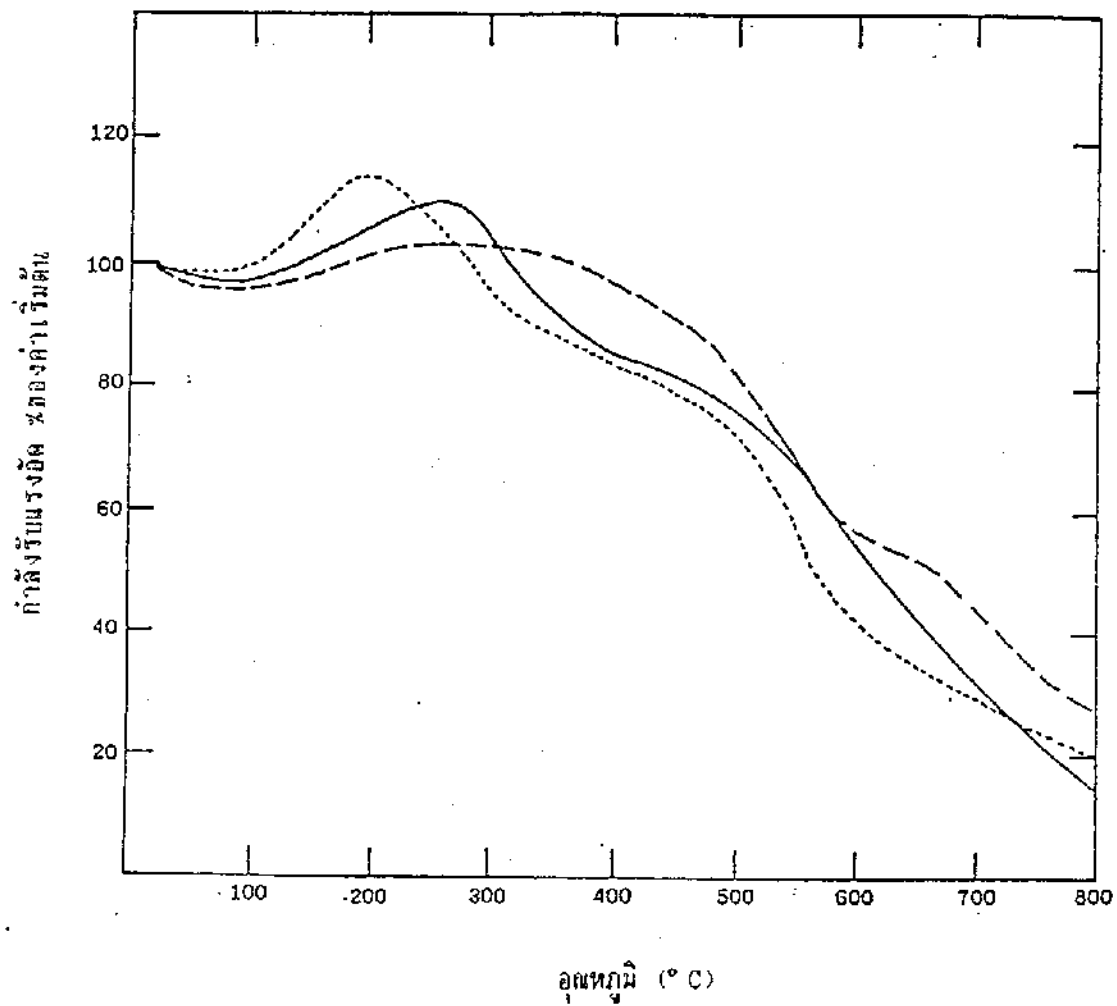
การหลุดกระเทาะของคอนกรีตส่วนใหญ่จะมาจาก 2 สาเหตุใหญ่ ๆ ดังนี้คือ

ก. คอนกรีตอัดตัว (Excessive Compression) เนื่องจากโครงสร้างคอนกรีตมีความหนา เมื่อคอนกรีตถูกความร้อนผิวชั้นนอกจะร้อนกว่าผิวชั้นในทำให้เกิดการขยายตัวมากกว่าแต่การขยายตัวนี้จะถูกต้านทานและยึดรั้งไว้โดยผิวชั้นในที่เย็นกว่า ทำให้มีแรงอัดเกิดขึ้นที่ผิวชั้นนอก ถ้าแรงอัดที่เกิดขึ้นสูงกว่าค่ากำลังสูงสุดของคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตที่ผิวนอกหลุดกระเทาะออกมาได้



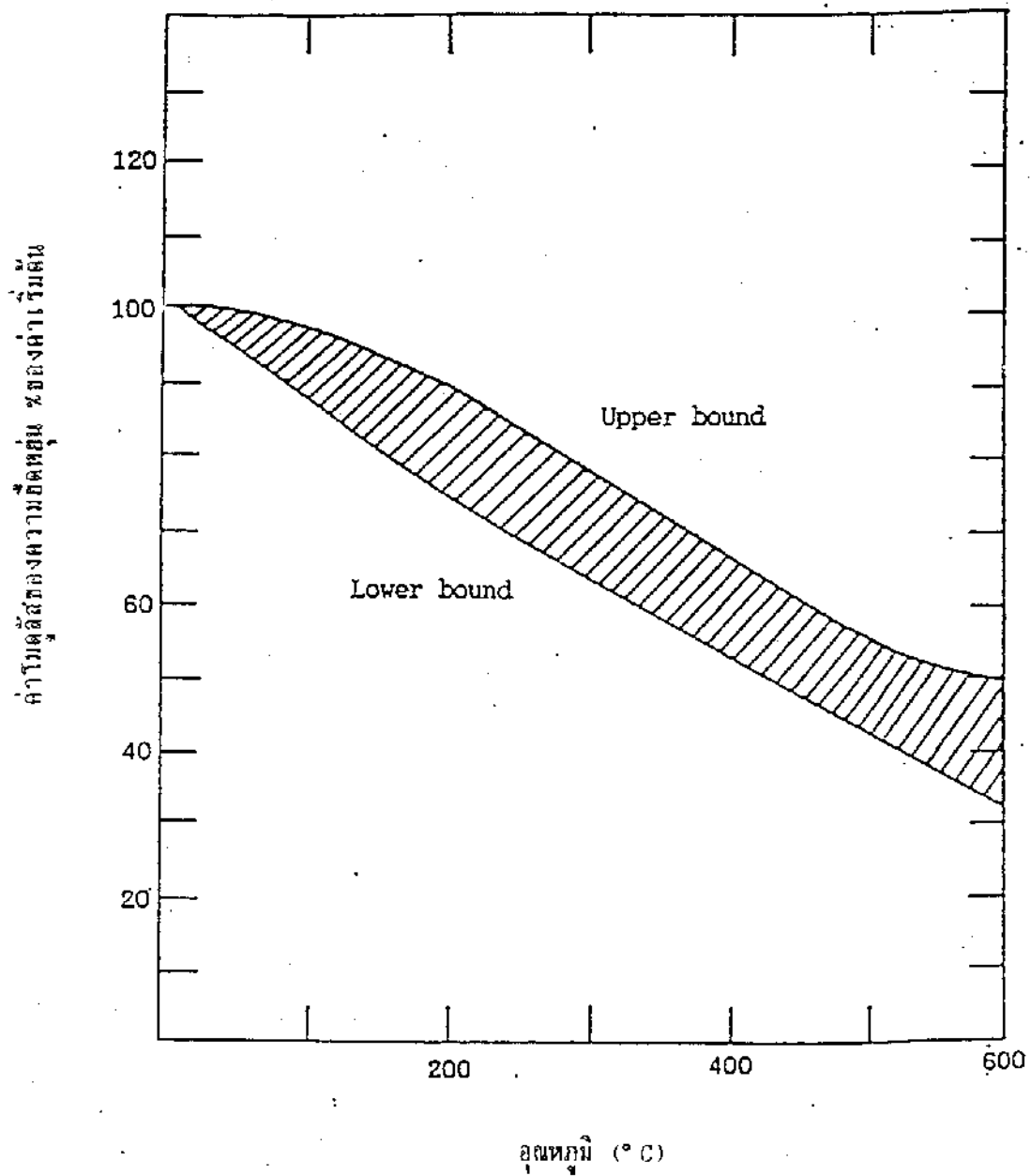
ภาพที่ 2.6 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์
ในช่วง 0.3-0.7 ต่อการลดลงของกำลังอัดที่อุณหภูมิต่างๆ

- W/C = 0.45
- W/C = 0.30
- · - · - W/C = 0.65



ภาพที่ 2.7 ผลกระทบของการแปรเปลี่ยนมวลรวมที่ใช้ในการผสมคอนกรีตที่มีต่อการลดลงของค่ากำลังอัดที่อุณหภูมิต่างๆ

- Lightweight aggregate
- - - - - Limestone aggregate
- Siliceous aggregate



ภาพที่ 2.8 ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ

ข. แรงดันของไอน้ำภายในคอนกรีต เนื่องจากคอนกรีตเป็นของผสมที่มีน้ำอยู่ด้วย
 ดังนี้ เมื่อคอนกรีตถูกไฟไหม้ไอน้ำที่ผิวบางส่วนจะระเหยออกมา และมีบางส่วนถูกไล่เข้าไป
 ในแกนกลาง ผิวนอกที่สูญเสียไอน้ำก็จะแห้งและเปราะและเป็นตัวกั้นไม่ให้ไอน้ำภายในระเหยออก
 มา เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแรงดันไอน้ำก็จะสูงขึ้นด้วยทำให้ดินเนื้อคอนกรีตให้แตกออกหรือระเบิดออก
 มาได้