

พฤติกรรม การประเมิน และการซ่อม โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่ถูกเพลิงไหม้ (ตอน 1)

บทนำ

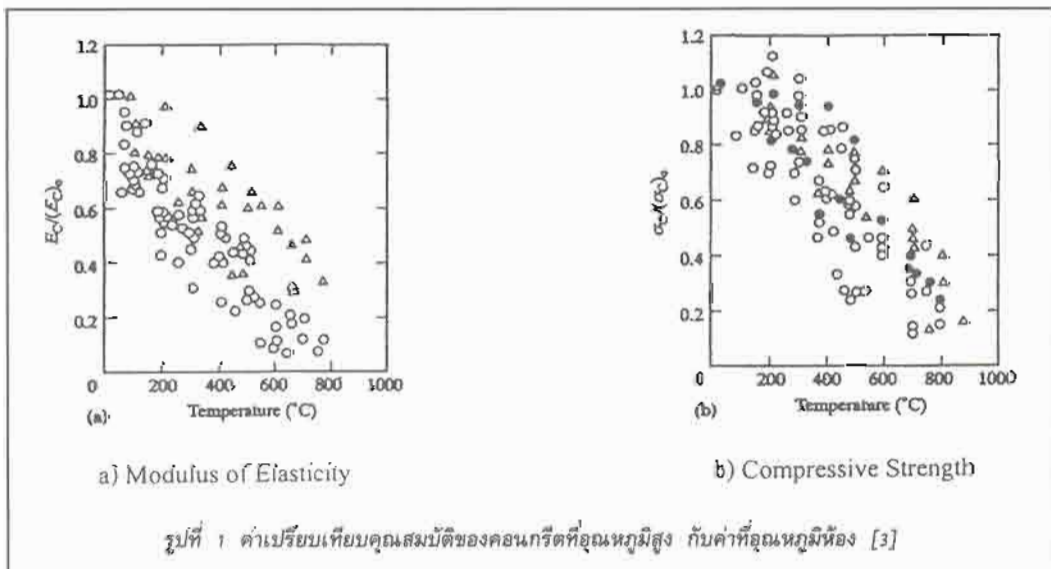
กรณีโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ได้รับผลกระทบจากอัคคีภัยนั้น เป็นเหตุการณ์ที่พบได้บ่อยครั้งในประเทศไทย โดยถ้าดูจากสถิติของการเกิดเพลิงไหม้เฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2542 มีเหตุอัคคีภัยเกิดขึ้นถึง 531 ครั้ง หรือเฉลี่ยวันละเกือบสองครั้ง ซึ่งหมายความว่าโครงสร้างที่ได้รับความเสียหายจากอัคคีภัยในแต่ละปีนั้น ก็ย่อมมีจำนวนไม่น้อยเช่นกัน ซึ่งอาคารคอนกรีตที่ถูกเพลิงไหม้เหล่านี้ ส่วนใหญ่แล้วจะไม่เกิดการพังทลายทั้งอาคาร แต่จะได้รับความเสียหายในบางส่วน ซึ่งก็จะต้องเป็นหน้าที่ของวิศวกรที่จะเข้าทำการประเมินสภาพความเสียหายที่เกิดขึ้น และดำเนินการ

ซ่อมแซมหรือเสริมกำลังในจุดที่เหมาะสม เพื่อให้โครงสร้างมีความปลอดภัยในการใช้งานต่อไป

บทความนี้มีจุดประสงค์ที่จะอธิบายถึงพฤติกรรมพื้นฐานของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกไฟไหม้ แนวทางในการประเมินสภาพความเสียหาย แนวทางในการซ่อมแซมหรือเสริมกำลัง เพื่อให้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินและซ่อมแซมอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกไฟไหม้ใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการต่อไป

พฤติกรรมของคอนกรีตที่อุณหภูมิสูง

โดยทั่วไปแล้ว อาจกล่าวได้ว่าคอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้าง



ที่มีคุณสมบัติในการต้านทานไฟ (Fire Resistance) ที่ค่อนข้างดี เนื่องจากคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- คอนกรีตไม่ติดไฟ ไม่ก่อให้เกิดก๊าซอันตรายเมื่อถูกไฟ และสามารถทนอุณหภูมิสูงได้ดีเมื่อเทียบกับวัสดุก่อสร้างอื่น เช่น ไม้ พลาสติก หรือเหล็ก

- คอนกรีตมีความเป็นฉนวนที่ดี และสามารถใช้เป็นวัสดุที่ใช้ป้องกันไฟสำหรับวัสดุอื่น เช่น เหล็กเสริม

โดยทั่วไปแล้ว ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตนั้น จะไม่มีมากนักที่อุณหภูมิไม่เกิน 200 °C แต่อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิสูงเกิน 300 °C คอนกรีตจะเริ่มสูญเสียคุณสมบัติที่สำคัญหลายประการ โดยเฉพาะกำลังรับแรงอัด

และค่า Modulus of Elasticity (E) ดังแสดงในรูปที่ 1

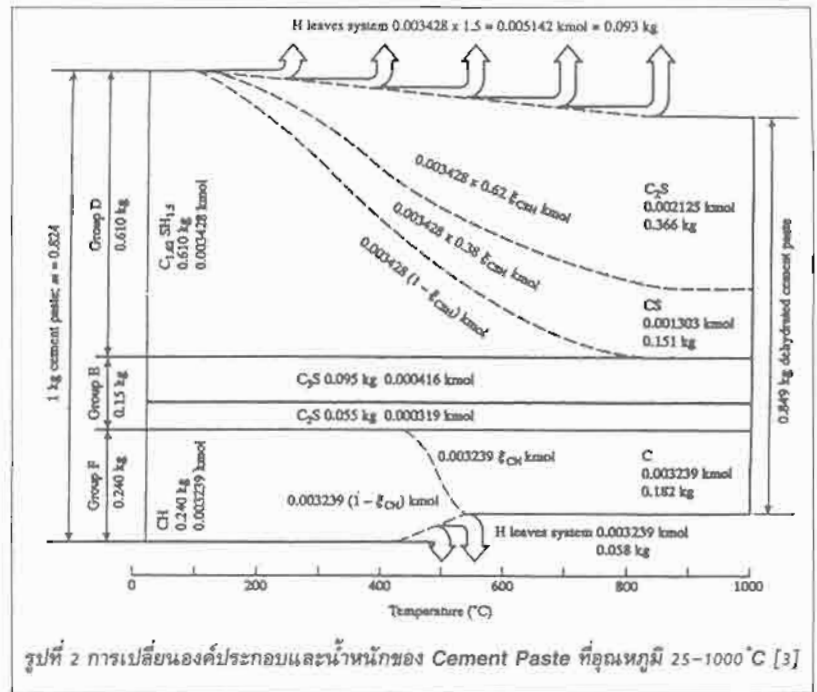
ความเสียหายของคอนกรีตที่อุณหภูมิสูงนั้นมีสาเหตุมาจาก

- การเกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก (Micro Cracks) เพิ่มขึ้นในคอนกรีต เนื่องจากส่วนที่เป็น Cement Paste ในเนื้อคอนกรีตเกิดการหดตัวเนื่องจากสูญเสียน้ำ (รูปที่ 2) และส่วนที่เป็นวัสดุมวลรวม (Aggregates) เกิดการขยายตัวที่อุณหภูมิสูง ซึ่งรอยแตกร้าวขนาดเล็กดังกล่าวมีผลทำให้ความสามารถในการรับแรง และค่า E ของคอนกรีตลดลง

- เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของ Cement Paste ที่อุณหภูมิ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2 โดยจะมีการสลายตัวของ C-S-H gel และ CH ซึ่งจะเสียเสถียรภาพที่อุณหภูมิสูง และมีการเปลี่ยนแปลงและสูญเสียน้ำออกจากส่วนประกอบ ทำให้โครงสร้างและกำลังของตัว Cement Paste ลดลง

การสูญเสียกำลังของคอนกรีตที่อุณหภูมิสูงนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญอีกสองประการ คือ

- ประเภทของมวลรวมหยาบ ผลการทดลองพบว่า คอนกรีตที่ทำจากมวลรวมประเภท Siliceous Aggregate จะเสียกำลังรวดเร็วกว่าคอนกรีตที่ทำจากมวลรวมประเภท Limestone หรือ Lightweight Aggregate (รูปที่ 3) ทั้งนี้เนื่องมาจาก ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของ Siliceous

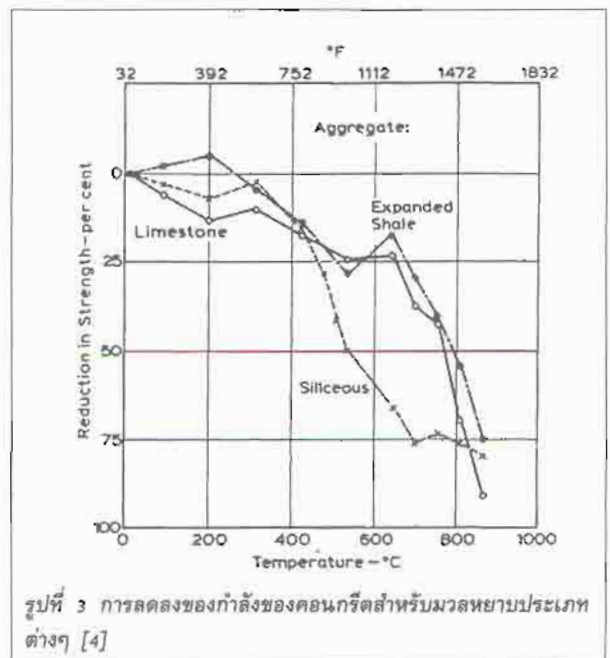


รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและน้ำหนักของ Cement Paste ที่อุณหภูมิ 25–1000 °C [3]

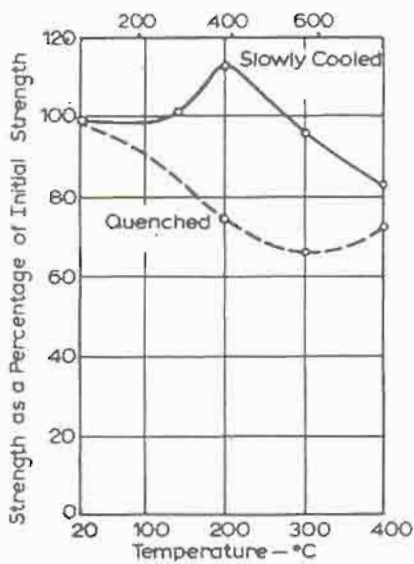
Aggregate จะมีค่าสูงกว่ามวลหยาบประเภทอื่น [2]

- ปริมาณน้ำในคอนกรีต ผลการทดลองพบว่าคอนกรีตที่มีความชื้นสูง จะมีกำลังลดลงมากกว่าคอนกรีตที่มีความชื้นต่ำ เนื่องจากปริมาณความชื้นในคอนกรีตมีผลต่อการเกิด Spalling ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญอันหนึ่งของการเกิดความเสียหายในคอนกรีตที่อุณหภูมิสูง

- ปริมาณซีเมนต์ในคอนกรีต ผลการทดลองพบว่า



รูปที่ 3 การลดลงของกำลังของคอนกรีตสำหรับมวลหยาบประเภทต่างๆ [4]



รูปที่ 4 การลดลงของกำลังของคอนกรีตที่มีอัตราการเย็นตัวต่างกัน [4]

อัตราการลดลงของกำลังในคอนกรีตที่มีปริมาณซีเมนต์มาก (Rich Mixes) จะสูงกว่าอัตราการลดลงของกำลังในคอนกรีตที่มีปริมาณซีเมนต์ต่ำกว่า (Lean Mixes)

● **อัตราการเย็นตัว** ผลการทดสอบพบว่า คอนกรีตที่มีการเย็นตัวลงอย่างช้าๆ จะมีอัตราการลดลงของกำลังรับแรงอัดน้อยกว่าคอนกรีตที่มีการลดลงของอุณหภูมิอย่างกะทันหัน (รูปที่ 4)

ซึ่งความเสียหายของคอนกรีตที่เกิดขึ้นจากไฟไหม้มีลักษณะแบบถาวร คือ ความเสียหายจะคงอยู่ ถึงแม้ว่าอุณหภูมิของคอนกรีตจะกลับสู่สภาพปกติแล้ว ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ต้องมีการซ่อมแซมโครงสร้างเพราะกำลังหรือคุณสมบัติบางประการของคอนกรีตอาจจะลดลงจนทำให้เกิดความปลอดภัย หรือไม่เหมาะสมในการใช้งาน

สำหรับคอนกรีตที่ใช้มวลหยาบแบบ Siliceous หรือ Limestone ที่โดนความร้อนสูงนั้น มีลักษณะที่อาจสังเกตได้ คือ จะมีการเปลี่ยนสีที่อุณหภูมิต่างๆ กัน โดยถ้าได้รับ

ความร้อนในช่วงต่างๆ ดังนี้ (รูปที่ 5)

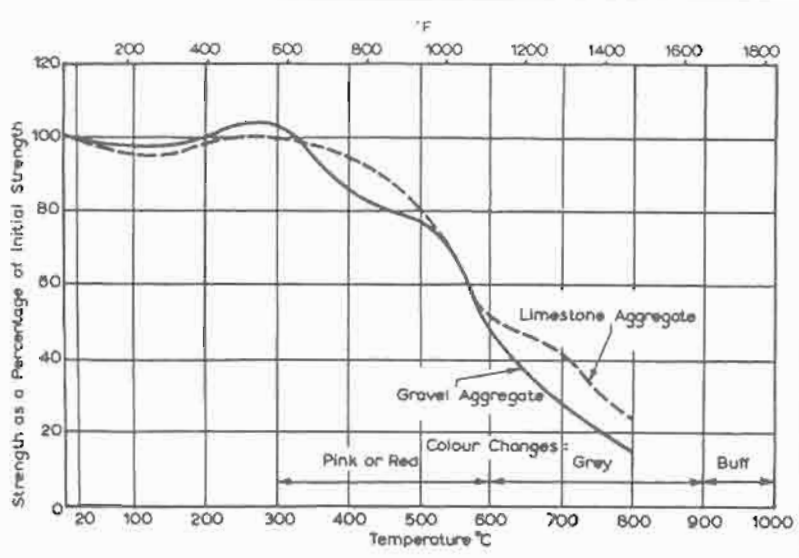
- 300-600 °C จะมีลักษณะเป็นสีชมพู หรือแดง
- 600-900 °C จะมีลักษณะเป็นสีเทา
- 900-1000 °C จะมีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน
- มากกว่า 1200 °C คอนกรีตจะมีสีเหลือง

ซึ่งการเปลี่ยนสีของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ นี้จะเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวร และอาจใช้เป็นวิธีหนึ่งในการประมาณอุณหภูมิสูงสุดของคอนกรีตระหว่างเกิดไฟไหม้

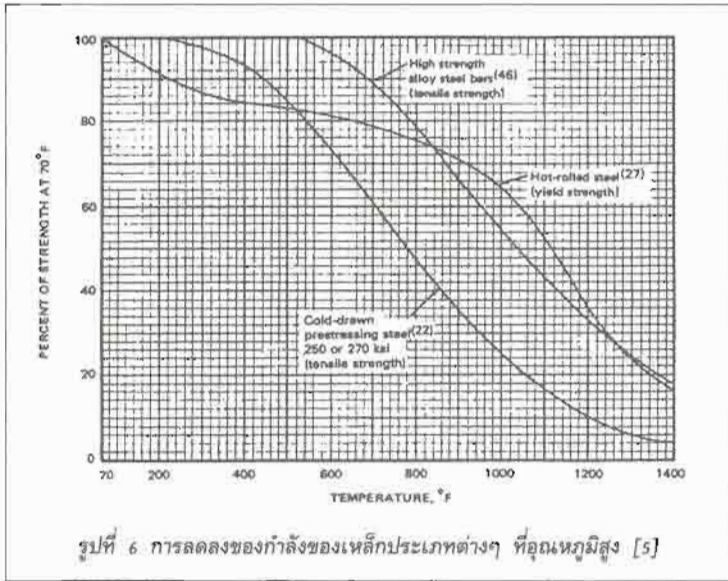
พฤติกรรมของเหล็กที่อุณหภูมิสูง

เหล็กเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีค่าการนำความร้อนสูง ทำให้การเพิ่มอุณหภูมิของเหล็กที่สัมผัสกับแหล่งความร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็ว เหล็กเสริมที่ใช้ในงานก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและคอนกรีตอัดแรงมี 3 ประเภทหลัก คือ

- 1) Hot Rolled Steel : หรือเหล็กเส้นปกติในคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป
 - 2) Cold Drawn Prestressing Steel
 - 3) High Strength Alloy Bar
- ซึ่งกำลังของเหล็กแต่ละประเภท เมื่อเทียบกับอุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิต่างๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 6
- นอกจากกำลังรับแรงดึงแล้ว ค่า Modulus of Elasticity ของเหล็ก ก็จะลดลงเหลือประมาณ 90% ที่ 320 °C, 85% ที่ 430 °C และ 72% ที่ 540 °C
- จากข้อมูลดังกล่าว จะเห็นได้ว่า เหล็กมีกำลังลดลงอย่าง



รูปที่ 5 กำลังที่ลดลงและสีที่เปลี่ยนไปของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ [4]



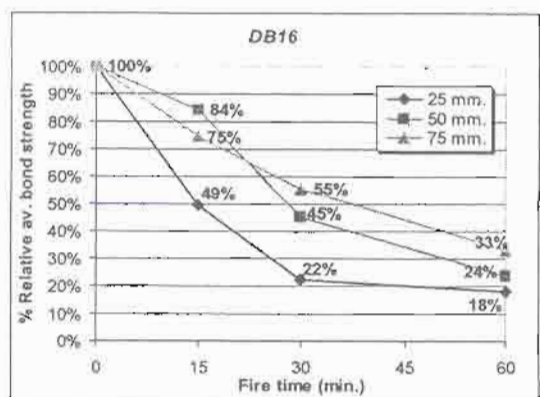
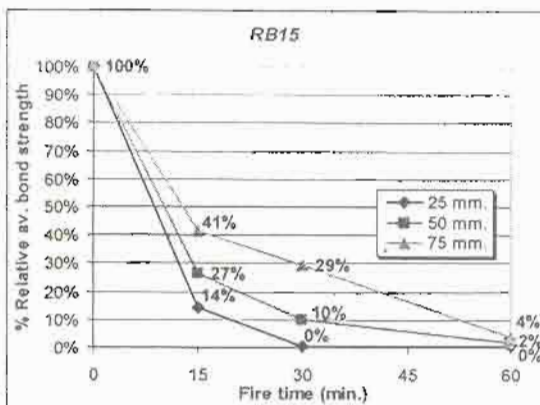
รวดเร็วที่อุณหภูมิสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับ ลวดอัดแรง ดังนั้น ในการออกแบบโครงสร้างต้อง มีการป้องกันไม่ให้เหล็กเสริม หรือลวดอัดแรง สัมผัสกับความร้อนหรือเปลวไฟโดยตรง โดยใช้ คอนกรีตที่มีความหนาที่เหมาะสม ทำหน้าที่เป็น ฉนวนกันความร้อนให้กับเหล็ก

อย่างไรก็ตาม เมื่ออุณหภูมิของเหล็ก กลับคืนสู่ปกติ กำลังส่วนใหญ่ของเหล็กก็กลับคืน มาด้วย ซึ่งแตกต่างจากคอนกรีตที่การลดลงของ กำลังในคอนกรีตจะเกิดขึ้นอย่างถาวร

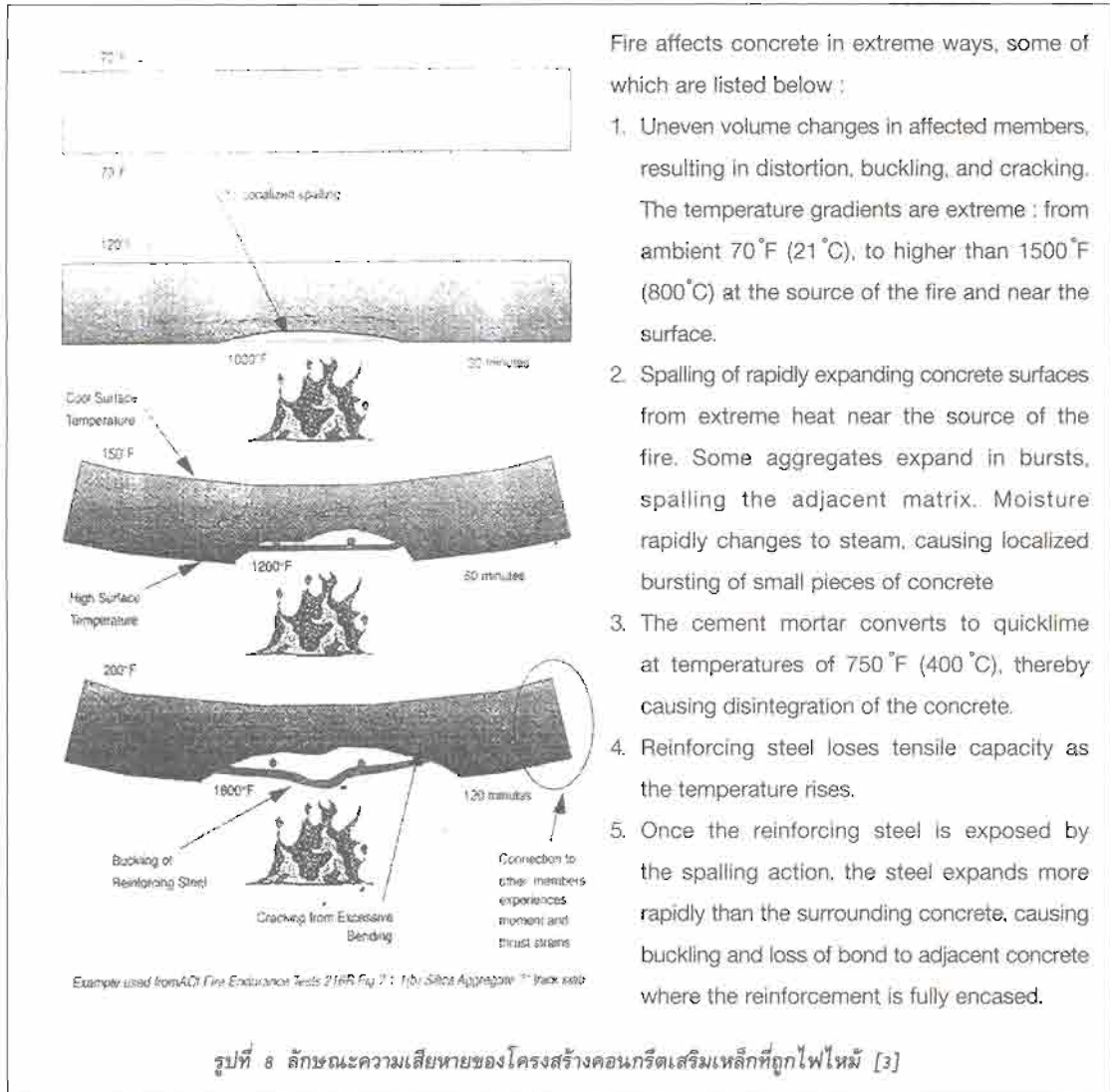
นอกเหนือจากกำลังรับแรงดึงแล้ว คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างคือ แรงยึดเหนี่ยว ระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม ซึ่งผลการทดสอบ

ตารางที่ 1 กำลังของเหล็กประเภทต่างๆ ที่อุณหภูมิสูง [5]

อุณหภูมิ องศาเซลเซียส	% ของกำลังรับแรงดึงเมื่อเทียบกับกำลังที่อุณหภูมิห้อง		
	Hot-rolled steel	Cold drawn prestressing	High strength alloy bar
20	100%	100%	100%
100	102%	97%	98%
200	115%	94%	102%
300	112%	80%	97%
400	82%	55%	82%
500	55%	34%	60%
600	30%	16%	38%
700	20%	8%	20%



รูปที่ 7 การลดลงของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม [1]



รูปที่ 8 ลักษณะความเสียหายของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกไฟไหม้ [3]

Fire affects concrete in extreme ways, some of which are listed below :

1. Uneven volume changes in affected members, resulting in distortion, buckling, and cracking. The temperature gradients are extreme : from ambient 70°F (21°C), to higher than 1500°F (800°C) at the source of the fire and near the surface.
2. Spalling of rapidly expanding concrete surfaces from extreme heat near the source of the fire. Some aggregates expand in bursts, spalling the adjacent matrix. Moisture rapidly changes to steam, causing localized bursting of small pieces of concrete
3. The cement mortar converts to quicklime at temperatures of 750°F (400°C), thereby causing disintegration of the concrete.
4. Reinforcing steel loses tensile capacity as the temperature rises.
5. Once the reinforcing steel is exposed by the spalling action, the steel expands more rapidly than the surrounding concrete, causing buckling and loss of bond to adjacent concrete where the reinforcement is fully encased.

ที่ห้องทดสอบอัตราการทนไฟของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยพบว่า (รูปที่ 7)

- ค่ากำลังยึดเหนี่ยวจะลดลงอย่างรวดเร็ว ตามระยะเวลาของการเผาไฟ
- ระยะหุ้มเหล็กเสริมมีส่วนในการช่วยรักษาค่ากำลังยึดเหนี่ยวระหว่างเกิดไฟไหม้
- เหล็กข้ออ้อยจะมีอัตราการลดลงของค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวน้อยกว่าเหล็กกลมที่ระยะเวลาการเผาไฟเท่ากัน

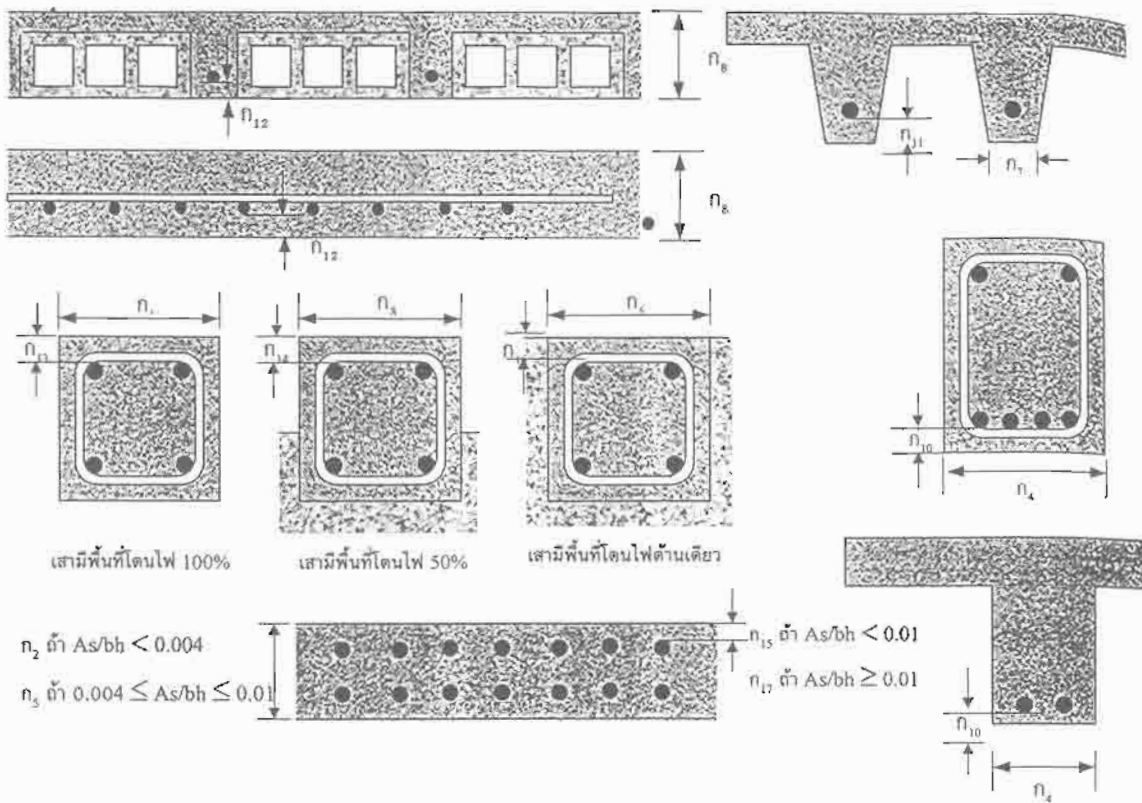
พฤติกรรมของโครงสร้างคอนกรีตที่ถูกเพลิงไหม้

จากข้อมูลพื้นฐานของคอนกรีตกับเหล็กที่อุณหภูมิสูงนั้น จะพบว่าจุดอ่อนของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและคอนกรีตอัดแรงนั้น อยู่ที่เหล็กเสริม และลวด

อัดแรง ดังนั้น หลักการพื้นฐานในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ให้สามารถทนไฟได้นั้น คือ การใช้คอนกรีตเป็นฉนวนป้องกันความร้อนให้กับเหล็กเสริม โดยกำหนดระยะหุ้มเหล็กน้อยที่สุด และขนาดเล็กที่สุดสำหรับโครงสร้างแบบต่างๆ ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2

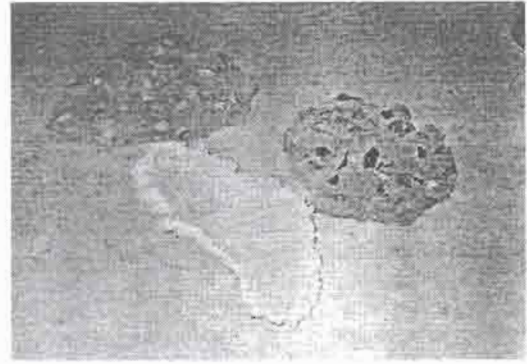
ความเสียหายของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกไฟไหม้นั้น สรุปแสดงขั้นตอนความเสียหายไว้ในรูปที่ 8 โดยลักษณะความเสียหายที่อาจเกิดกับโครงสร้างมีดังต่อไปนี้

- 1) การเกิด Spalling ในคอนกรีตส่วนที่โดนไฟอย่างรุนแรง อันเนื่องมาจากการขยายตัวของคอนกรีตเอง และความดันของไอน้ำที่มีอยู่ในเนื้อคอนกรีต อาจทำให้เกิดการระเบิดออกของชิ้นส่วนของคอนกรีตบริเวณผิว

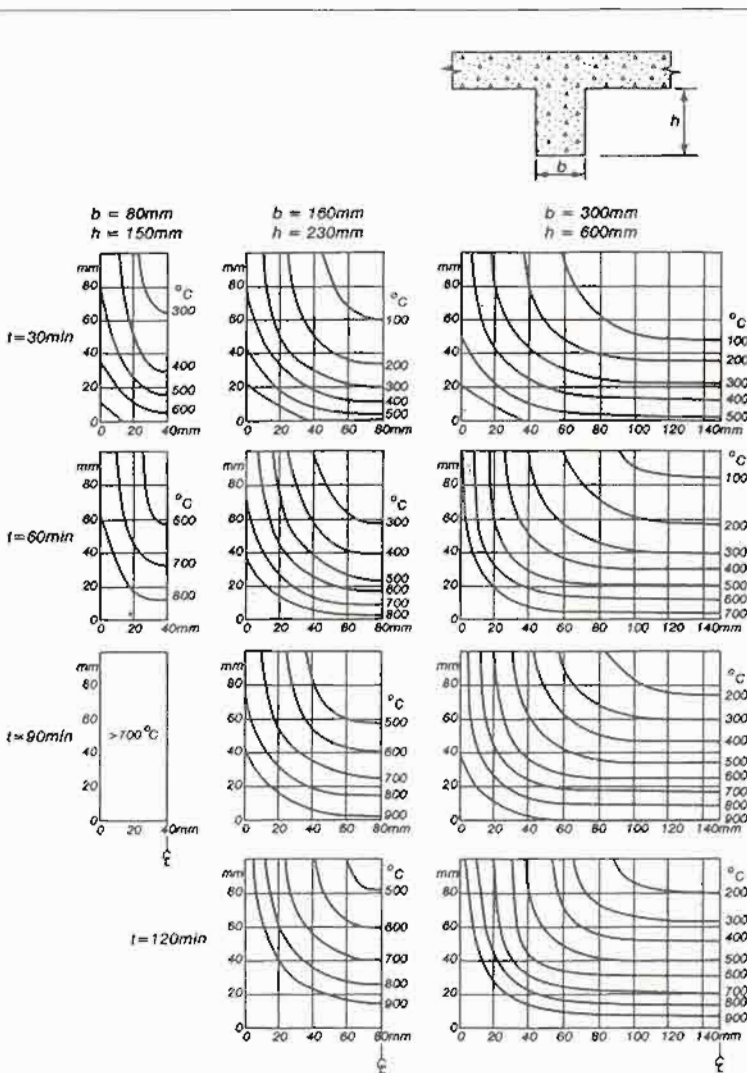


ตารางที่ 2 ระยะหุ้มคอนกรีตและความหนาของชั้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็ก [6]

อัตรากรทอนไฟ	ระยะน้อยที่สุดเป็นมิลลิเมตร สำหรับอัตรากรทอนไฟที่กำหนด					
	1/2 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	1.5 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง
n_1	150	200	250	300	400	450
n_2	150	150	175	ไม่น้อยกว่า		
n_3	125	160	200	200	300	350
n_4 ด้านช่วงเดียว	80	120	150	200	240	280
n_5 ด้านต่อเนื่อง	80	80	120	150	200	240
n_6	100	120	140	160	200	240
n_7	75	75	100	100	150	180
n_8 ด้านช่วงเดียว	75	90	110	125	150	180
n_9 ด้านต่อเนื่อง	75	80	90	110	125	150
n_{10}	75	95	110	125	150	170
n_{11}	70	90	105	115	135	150
n_{12} ด้านช่วงเดียว	20	30	40	50	70	80
n_{13} ด้านต่อเนื่อง	20	20	35	50	60	70
n_{14} ด้านช่วงเดียว	15	25	35	45	55	65
n_{15} ด้านต่อเนื่อง	15	20	25	35	45	55
n_{16} ด้านช่วงเดียว	15	20	25	35	45	55
n_{17} ด้านต่อเนื่อง	15	20	20	25	35	45
n_{18}	20	25	25	25	30	35
n_{19}	25	25	25	25	25	25
n_{20}	20	25	25	25	25	25
n_{21}	15	15	25	25	25	25



รูปที่ 9 ลักษณะคอนกรีตที่เกิดการ Spalling เมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิสูงอย่างกะทันหัน



รูปที่ 10 ตัวอย่างการกระจายอุณหภูมิในแกนคอนกรีต ที่ได้รับความร้อนตามอุณหภูมิไฟมาตรฐานที่ระยะเวลาต่างๆ [2]

(รูปที่ 9) ซึ่งจะมีผลที่สำคัญต่อความสามารถในการป้องกันไฟให้เหล็กเสริม และอาจทำให้เหล็กเสริมสัมผัสกับเปลวไฟหรือความร้อนโดยตรง เนื่องจากคอนกรีตส่วนที่หุ้มเสริมเกิดการ Spalling และหลุดร่อนออกไป

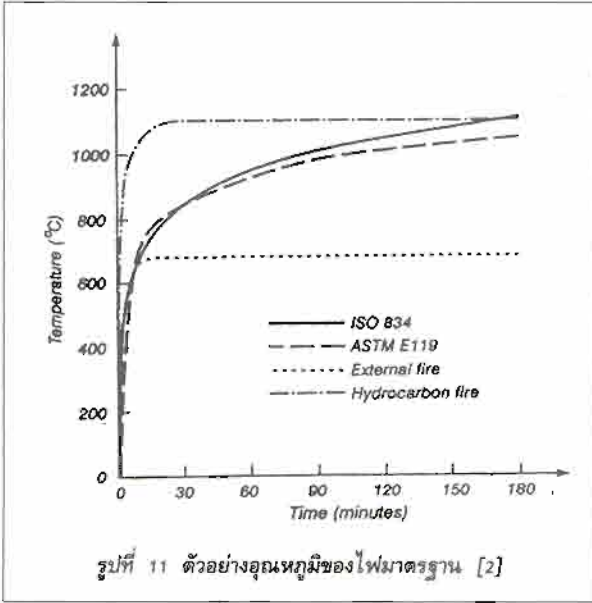
2) Cement Paste เปลี่ยนเป็น Quicklime ที่อุณหภูมิ 400°C ทำให้เนื้อคอนกรีตเกิดการเสียสภาพ

3) เหล็กเสริมเกิดการสูญเสียกำลังเมื่ออุณหภูมิขึ้นสูง

4) การที่เหล็กมีอุณหภูมิสูงมาก อาจทำให้เกิดการขยายตัว และสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวกับคอนกรีต รวมทั้งอาจทำให้เกิดความเสียหายเนื่องจากการเกิด Buckling ขึ้น

สำหรับความเสียหายของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเนื่องจากไฟไหม้นั้น นอกจากความเสียหายที่มีต่อกำลังของเหล็กและวัสดุโดยตรงนั้น ยังอาจมีความเสียหายในทางอ้อมที่อาจมีผลต่อพฤติกรรมของโครงสร้างในรูปแบบอื่น เช่น

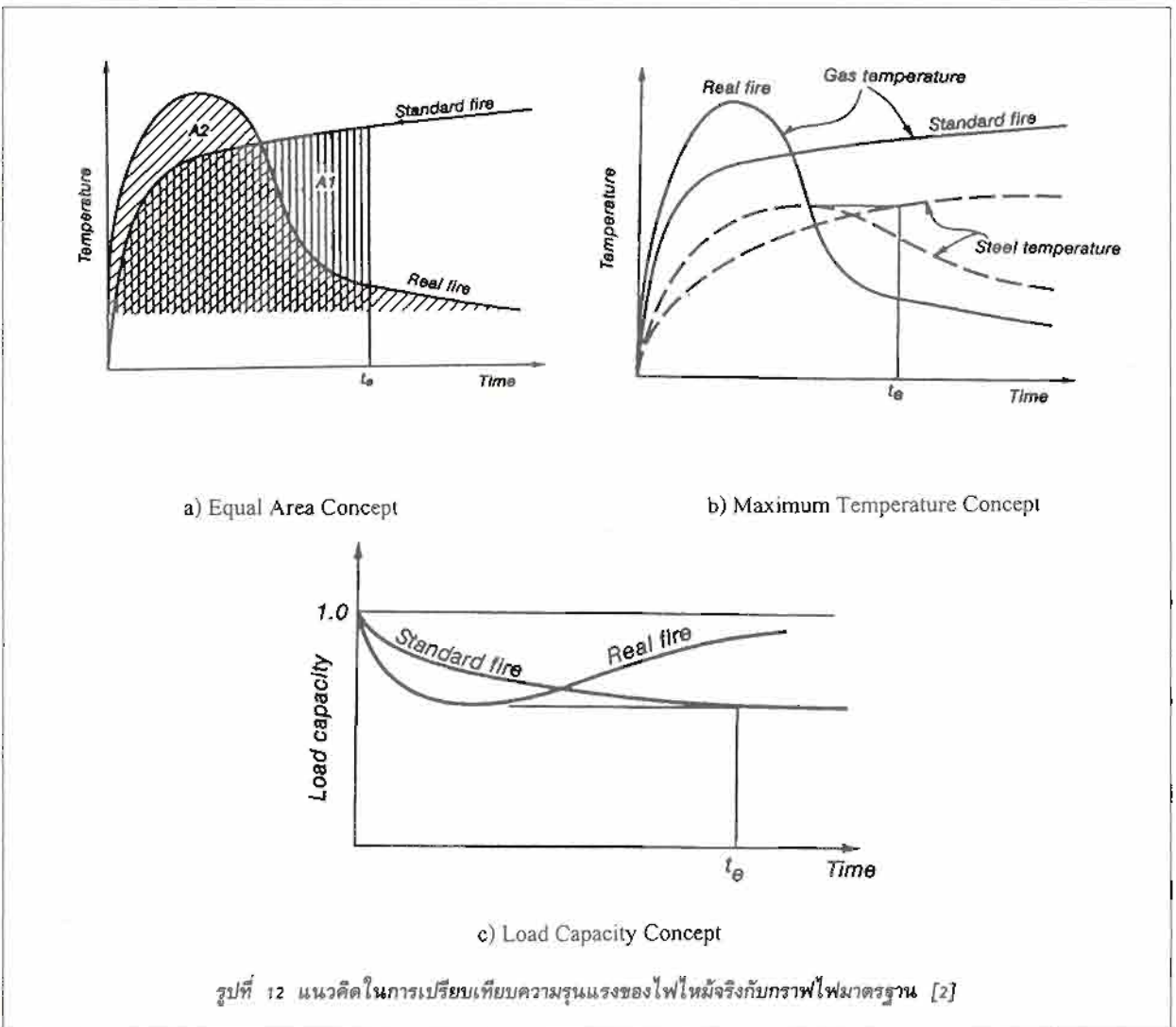
- การยึดหด หรือ การแอ่นตัวของโครงสร้างที่อุณหภูมิสูง อาจทำให้เกิดแรงกระทำเพิ่มกับโครงสร้างในกรณีที่โครงสร้างมีการยึดรั้งไม่ให้อาณาจักรการยึดหด หรือ แอ่นตัวได้อย่างอิสระ ซึ่งแรง



ดังกล่าวอาจมีขนาดพอเพียงที่จะทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างได้

- การแอ่นตัวของโครงสร้าง เนื่องจากค่า Modulus of Elasticity (E) ของคอนกรีตจะลดลงอย่างมากที่อุณหภูมิสูง จึงอาจทำให้โครงสร้างมีความแข็ง (Stiffness) ที่ลดลง ทำให้โครงสร้างมีการแอ่นตัวที่สูงขึ้น โดยเฉพาะในกรณีของการแอ่นตัวระยะยาว เนื่องจากค่าความล้าของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากค่า E ของคอนกรีตที่ลดลง

- การเกิดการรุกรานของเหล็กเสริม เนื่องจากคอนกรีตที่ถูกความร้อนสูงจะมีการเสียสภาพอย่างถาวร ทำให้คุณสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำหรือสารเคมีลดลง และในระยะยาวอาจเป็นสาเหตุสำคัญทำให้การรุกรานของเหล็กเสริมเกิดขึ้นได้เร็วกว่าปกติ โดยเฉพาะในโครงสร้างที่อยู่ใน



สภาพแวดล้อมที่อาจเกิดการลุกไหม้ได้ง่าย เช่น บริเวณที่สัมผัส น้ำทะเล เป็นต้น

ในการวิเคราะห์ความเสียหายของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจากไฟไหม้ นั้น สิ่งที่สำคัญคือ อุณหภูมิสูงสุดที่แต่ละส่วนของโครงสร้างได้รับ ทั้งนี้อุณหภูมิที่สูงที่สุดจะอยู่ที่ผิวนอกของโครงสร้างที่สัมผัสกับความร้อนหรือไฟโดยตรง และอุณหภูมิภายในชั้นคอนกรีตจะลดลงตามลักษณะของชั้นส่วนของโครงสร้าง ขนาดพื้นที่ของบริเวณที่สัมผัสความร้อนและความรุนแรงของแหล่งให้ความร้อน

ดังนั้น แนวทางในการวิเคราะห์ความเสียหาย หรือความต้านทานไฟของโครงสร้างเหล็กนั้น ก็คือ การวิเคราะห์ว่าการแผ่กระจายของอุณหภูมิในเนื้อคอนกรีต และที่เหล็กเสริมเป็นอย่างไรที่อุณหภูมิต่างๆ แล้วก็ใช้คุณสมบัติพื้นฐานของคอนกรีตและเหล็กที่อุณหภูมิสูงนั้นเป็นตัวประกอบการประเมินกำลังของโครงสร้างที่เปลี่ยนไป

รูปที่ 10 แสดงถึงการวิเคราะห์การแผ่กระจายของอุณหภูมิในคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีขนาดต่างๆ กัน และสัมผัสกับอุณหภูมิภายนอกตามอุณหภูมิไฟมาตรฐาน โดยใช้วิธี Finite Element ในการวิเคราะห์ปัญหาการถ่ายเทความร้อนในสองมิติ จากลักษณะการวิเคราะห์ดังกล่าว ทำให้วิศวกรสามารถประเมินอุณหภูมิของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ตำแหน่งเวลาต่างๆ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์นี้อยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่า คอนกรีตได้สัมผัสกับอุณหภูมิภายนอกตามอุณหภูมิไฟมาตรฐาน (Standard Fire Curve) ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าว อาจมีความแตกต่างจากอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากไฟไหม้จริงมากก็ได้

ความรุนแรงของไฟไหม้ (Fire Severity)

ความรุนแรงของไฟไหม้ นั้น จะเป็นตัวบ่งถึงความรุนแรงของไฟในการทำความเสียหายให้กับโครงสร้าง แต่ความรุนแรงของไฟไหม้แต่ละครั้งนั้นมีความแตกต่างกันมาก เนื่องจากความแตกต่างในตัวแปรที่ควบคุมการลุกไหม้ของไฟ เช่น ปริมาณเชื้อเพลิง ประเภทของเชื้อเพลิง ปริมาณออกซิเจนในพื้นที่ ลักษณะพื้นที่และปริมาตรของบริเวณที่เกิดไฟไหม้ จึงทำให้มีการใช้แนวคิดในการกำหนดอุณหภูมิของไฟมาตรฐาน (Standard Fire Curve) ขึ้น เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบพฤติกรรมของโครงสร้าง และเป็นแบบจำลองไฟมาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดอัตราการไหม้ของโครงสร้างแบบต่างๆ เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน และสามารถเปรียบเทียบ

กันได้ ตัวอย่างของอุณหภูมิไฟมาตรฐานตามมาตรฐาน ASTM E 119 และ ISO 834 แสดงไว้ในรูปที่ 11

ในการกำหนดอัตราการไหม้ของโครงสร้างหรืออุปกรณ์อื่นนั้น จะยึดอุณหภูมิไฟมาตรฐานเป็นแนวทางในการทดสอบ เช่น อัตราการไหม้ไฟ 1 ชั่วโมง หมายความว่า สามารถทนไฟไหม้ตามอุณหภูมิมาตรฐานได้ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม ความรุนแรงของไฟที่เกิดขึ้นจริงในเหตุการณ์ไฟไหม้ นั้นจะแตกต่างจากไฟไหม้ตามแบบจำลองมาตรฐาน ดังนั้น จึงต้องมีแนวทางในการเปรียบเทียบความรุนแรงของไฟไหม้จริงกับอุณหภูมิมาตรฐานไว้ โดยมีแนวคิดในการเปรียบเทียบความรุนแรงได้ 3 วิธี คือ (รูปที่ 12)

1) Equal Area Concept

เป็นการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟของความสัมพัทธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา อาจเหมาะสมในกรณีที่กราฟของไฟจริงกับไฟมาตรฐานมีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่จะไม่เหมาะสมกรณีที่รูปร่างของกราฟต่างกันมาก

2) Maximum Temperature Concept

เป็นการเปรียบเทียบจากอุณหภูมิสูงสุดของโครงสร้างในจุดที่พิจารณา โดยเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสูงสุดที่ได้จากไฟไหม้จริงเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่อุณหภูมิเดียวกันนี้จะเกิดขึ้นสำหรับโครงสร้างแบบเดียวกันในไฟมาตรฐาน

3) Minimum Load Capacity Concept

เป็นการเปรียบเทียบระหว่างกำลังรับแรงต่ำที่สุดของโครงสร้างที่เกิดจากไฟไหม้จริงกับระยะเวลาที่ความเสียหายเท่ากันนี้จะเกิดขึ้นกับโครงสร้างที่ทดสอบด้วยไฟมาตรฐาน สำหรับรายละเอียดในการคำนวณแต่ละประเภทนั้น เป็นหน้าที่ของวิศวกรผู้รับผิดชอบที่จะต้องตัดสินใจอัตราการไหม้ไฟที่เหมาะสม โดยอาจพิจารณาจากมาตรฐาน หรือใช้การคำนวณเข้าช่วย

แนวทางการประเมินความเสียหายจากไฟไหม้

โครงสร้างที่ได้รับความเสียหายจากไฟไหม้แต่ยังไม่พังทลายนั้น ก่อนที่จะมีการใช้งานต่อไปต้องได้รับการประเมินถึงสภาพความเสียหายจากวิศวกรผู้รับผิดชอบก่อน สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกไฟไหม้ นั้น มีแนวทางในการประเมินความเสียหายดังนี้

1) ทำการคำนวณที่เหมาะสม

โครงสร้างที่ถูกไฟไหม้ นั้น โครงสร้างอาจอยู่ในสภาพที่ไม่เสถียรหรือใกล้จุดวิกฤติ ดังนั้นก่อนที่จะเข้าทำการ

ตรวจสอบ ซ่อมแซมนั้น ควรมีการทำค้ำยันในจุดที่น่าจะได้รับความเสียหายและมีผลต่อกำลังโครงสร้างได้

2) ประเมินความรุนแรงของไฟไหม้

วิศวกรต้องทำการประเมินความรุนแรงของไฟไหม้ว่าไฟไหม้รุนแรงมากน้อยเท่าไร ระยะเวลาที่ไฟไหม้นานแค่ไหน ส่วนของโครงสร้างที่ได้รับผลกระทบอยู่ในส่วนใดบ้าง โดยอาจใช้แนวทางต่อไปนี้ในการประเมิน

- สอบถามจากผู้ที่อยู่ในเหตุการณ์ถึงระยะเวลาตำแหน่งของเหตุเพลิงไหม้
- ตรวจสอบชนิด และปริมาณของเชื้อเพลิงที่เกิดไฟไหม้ เพื่อนำไปคำนวณ Fire Load และประเมินอุณหภูมิที่ผิวของโครงสร้างคอนกรีตขณะเกิดเพลิงไหม้
- ตรวจสอบสภาพโดยทั่วไป เช่น สีของคอนกรีต การหลอมของวัสดุอื่นที่อยู่ใกล้เคียง เพื่อใช้เป็นแนวทางการประมาณอุณหภูมิขณะเกิดเพลิงไหม้

3) ทำการวัดคุณสมบัติพื้นฐานของคอนกรีตและเหล็ก

เป็นการเก็บข้อมูลของคุณสมบัติของคอนกรีตและเหล็ก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาค่าล้าที่เหลือของโครงสร้าง โดยการเก็บข้อมูลอาจทำได้โดย

- การวัดกำลังของคอนกรีตแบบไม่ทำลาย เช่น Schmidt Hammer
- การวัดกำลังของคอนกรีตโดยใช้วิธีเจาะ (Coring)
- การทดสอบตัวอย่างของเหล็กเสริม

4) ทำการ Mapping พื้นที่เสียหายและขอบเขตความเสียหายทั้งหมด

เป็นการบันทึกรายละเอียดของความเสียหายในโครงสร้างส่วนต่างๆ เพื่อให้เป็นภาพรวมของความเสียหายและใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

5) ทำการประเมินพฤติกรรมของโครงสร้าง : Strength and Serviceability

เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินพฤติกรรมของโครงสร้าง โดยประเมินทั้งในส่วนหลักสองด้าน คือ

- ด้านกำลังของโครงสร้าง (Strength) เพื่อประมาณกำลังของโครงสร้างที่ยังคงเหลืออยู่ โดยพิจารณาจากกำลังของวัสดุที่ลดลงในส่วนที่ได้รับผลกระทบจากไฟไหม้ ซึ่งอาจได้มาจากการวิเคราะห์หาค่าล้าที่เหลือจากอุณหภูมิสูงสุดที่โครงสร้างได้รับ หรือจากผลการทดสอบกำลังของโครงสร้างจริงตามข้อ 3

- ด้านการใช้งานของโครงสร้าง (Serviceability)

เพื่อประมาณพฤติกรรมของโครงสร้างในสภาพการใช้งาน เช่น การแอ่นตัว การแอ่นตัวในระยะยาว การป้องกันการผกร่อนของเหล็กเสริม

6) เสนอแนวทางในการซ่อมและเสริมกำลัง

จากการประเมินพฤติกรรมของโครงสร้างวิศวกรต้องทำการเสนอแนวทางในการซ่อมแซมโครงสร้าง รวมทั้งการเสริมกำลังในกรณีที่โครงสร้างเดิมไม่สามารถรับน้ำหนักในการใช้งานได้ โดยขั้นตอนในการซ่อมแซมนั้นมีโดยสรุปดังนี้

- เลือกวัสดุซ่อมที่เหมาะสม โดยวัสดุที่ใช้จะเป็นวัสดุซ่อมที่เหมาะสม ทั้งด้านกำลังแรงยึดเหนี่ยว วิธีการ Apply ที่เหมาะสมสำหรับสภาพการใช้งาน
- การเตรียมหรือคอนกรีตส่วนที่ได้รับ ความเสียหาย ออกและเตรียมผิว ต้องทำการรื้อคอนกรีตที่เสียสภาพไฟไหม้ออกให้หมด และทำความสะอาดผิวคอนกรีตส่วนที่เหลือ เพื่อให้สามารถยึดเกาะกับวัสดุซ่อมได้อย่างดี
- ทำความสะอาดเหล็กเสริม หรือเปลี่ยนเหล็กเสริมที่ได้รับ ความเสียหายมาก

ทำความสะอาดเหล็กเสริมเดิมเพื่อให้สามารถพัฒนาแรงยึดเกาะกับวัสดุซ่อมได้ ในกรณีที่เหล็กเสริมมีความเสียหายจากไฟไหม้ เช่น การเสียสภาพ โกงงอ อาจต้องมีการเปลี่ยนหรือใส่เหล็กเสริมเพิ่ม

• ใส่วัสดุซ่อม

เป็นการนำวัสดุซ่อมใส่แทนคอนกรีตที่รื้อออกไป โดยใช้วิธีที่เหมาะสมกับสภาพงาน เช่น ฉาบด้วยมือ ใช้แรงอัด ใช้แบบ Spray เป็นต้น

• การเสริมกำลัง

ในบางกรณีอาจต้องมีการเสริมกำลังเพิ่มให้โครงสร้าง ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ External Reinforcement เช่น แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ ระบบอัดแรง หรือการทำขนาดของชิ้นส่วนให้ใหญ่ขึ้น อย่างไรก็ตาม ต้องคำนึงถึงการป้องกันไฟให้กับระบบที่ใช้ในการเสริมกำลังเพิ่มด้วย

➤ **อ่านต่อฉบับหน้า**