

การศึกษาวิธีเพิ่มความสามารถทนไฟให้แก่พื้นคอนกรีตอัดแรง ดึงภายหลัง ชนิดยึดเหนี่ยว

A Study of Fire-endurance Improvement Methods for Bonded Post-Tension Concrete Slabs

ชัชชาติ สิทธิพันธุ์, พุศศักดิ์ เพียรสุสม และ บัณฑิต คมกริขราวกุล

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนอังรีดูนังต์ ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร. 02-218-6470 โทรสาร 02-251-7304

E-mail: fceest@eng.chula.ac.th, fcepps@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาวิธีเพิ่มความสามารถทนไฟให้แก่ แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง ดึงภายหลัง ชนิดยึดเหนี่ยว ใช้ตัวอย่างทดสอบขนาด 2.8x1.5 ม.หนา 12 ซม. ทั้งสิ้น 5 ตัวอย่าง ในแต่ละชั้นตัวอย่างมีการฝังท่อร้อยลวดที่มีลวดเกลียวอัดแรงและวัสดุเกราที่อยู่ใน การทดสอบทำโดยการติดตั้งชั้นตัวอย่างที่ด้านบนของเดาเผา และให้ผิว ด้านล่างของตัวอย่างทดสอบสัมผัสอุณหภูมิตามมาตรฐาน ASTM E119 ผลการศึกษาพบว่า การลดระยะห่างเหล็กเสริมจาก 40 เป็น 20 ซม. ไม่มีผลต่อความสามารถทนไฟของแผ่นพื้น การเพิ่มความหนาของคอนกรีต หุ้มท่อร้อยลวดจาก 3.2 ซม. เป็น 5.6 ซม. ช่วยเพิ่มความสามารถทนไฟได้ ดีที่สุด การปรับปรุงส่วนผสมของวัสดุเกราท์ ช่วยเพิ่มความสามารถทนไฟได้เล็กน้อย การทาสีทนไฟที่ผิวด้านล่างของแผ่นพื้นสามารถชะลอ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิลวดเกลียวอัดแรง ได้ในช่วง 2 ชั่วโมง และการติด แผ่นยิปซัมที่ผิวล่างของแผ่นพื้นอาจทำให้เกิดการวิบัติของแผ่นพื้นอย่าง กระทันหัน เนื่องมาจากการหลุดร่อนชนิดการระเบิดออกของผิว คอนกรีตหลังการหลุดร่อนของแผ่นยิปซัม

ABSTRACT :

This paper present the results of research that investigates different methods to improve fire-endurance of bonded post-tensioned concrete slabs. Five 2.8m x 1.5m reinforced concrete slabs with 12cm thickness were used as the specimens of the study. Conduits with prestressing tendon and grouting cement were embedded in each specimen. Finding from the experimental program of this study can be summarized as follow : 1) the spacing of reinforcing steel did not significantly affect the fire endurance of the specimen; 2) increasing concrete cover for conduits significantly increased fire endurance of the specimen; 3) different materials use in grouting cement had little effect in increasing fire endurance; 4) Intumescent coating delayed the temperature increase of prestressing tendon during the first 2 hour-period and 5) installation of gypsum boards could lead to sudden failure

of the specimen caused by explosive spalling of concrete after detachment of gypsum boards.

1. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อศึกษาแนวทางการปรับปรุงความสามารถทนไฟ ขององค์อาคารชนิดแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง ดึงภายหลัง ชนิดยึดเหนี่ยว รายละเอียดมี ดังนี้

1. เพื่อตรวจสอบแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง ดึงภายหลัง ชนิดยึดเหนี่ยว ที่มีระยะหุ้มท่อร้อยลวดน้อยที่สุด ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน สำหรับอาคารคอนกรีตอัดแรง(มาตรฐาน ว.ส.ท. 1009-34) ว่าสามารถทนไฟตามข้อกำหนดที่ระบุในกฎกระทรวงฉบับที่ 48(พ.ศ.2540) หรือไม่

2. ศึกษาผลการปรับปรุงความสามารถทนไฟให้ องค์อาคารชนิดพื้นคอนกรีตอัดแรงดึงภายหลังชนิดยึดเหนี่ยวให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยพิจารณา

- (ก) การลดระยะห่างของเหล็กเสริมปกติ
- (ข) การเพิ่มระยะคอนกรีตหุ้มท่อร้อยลวด
- (ค) การปรับปรุงวัสดุเกราท์
- (ง) การติดตั้งแผ่นยิปซัมที่ผิวล่างของแผ่นพื้น
- (จ) การทาสีทนไฟที่ผิวล่างของแผ่นพื้น

2. การดำเนินการวิจัย

2.1 ตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบที่ใช้ศึกษาการเพิ่มความสามารถทนไฟ ให้แก่พื้นคอนกรีตอัดแรง ดึงภายหลัง ชนิดยึดเหนี่ยว แบ่งตามปัจจัยที่ศึกษา ออกได้ 5 ตัวอย่าง ดังนี้

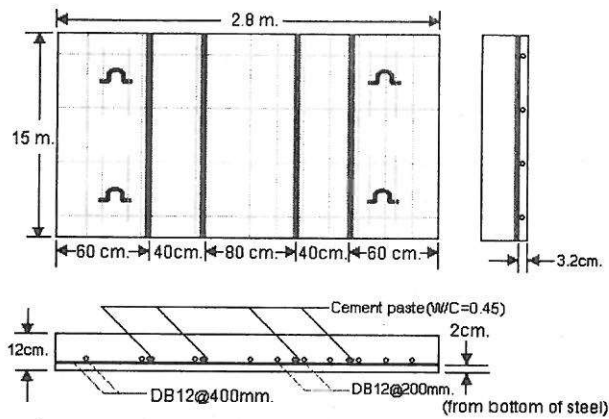
(ก) การศึกษาผลของระยะห่างเหล็กเสริม ที่มีต่อการหลุดร่อนของคอนกรีตหลังถูกเพลิงไหม้ โดยระยะห่างของเหล็กเสริมที่ใช้ คือ 20 ซม. และ 40 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 1

(ข) การศึกษาผลของระยะคอนกรีตหุ้มท่อร้อยลวด ที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิลวดเกลียวอัดแรง โดยระยะคอนกรีตหุ้มท่อร้อยลวดที่ใช้ คือ 3.2 ซม. และ 5.6 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 2

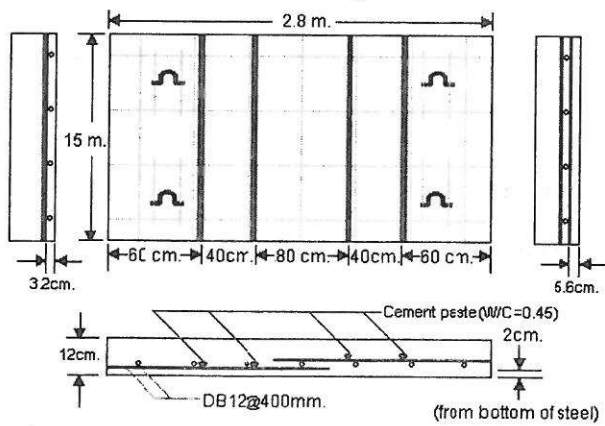
(ค) การปรับปรุงวัสดุเกรทให้มีความต้านทานการนำความร้อนลดลง โดยการเติมวัสดุผสมเพิ่มที่มีราคาถูกและสามารถจัดหาได้ภายในประเทศ วัสดุผสมเพิ่มที่ใช้ ได้แก่ เถ้าลอย ฝุ่นหินปูน และเพอร์ไลท์ ดังแสดงในรูปที่ 3

(ง) การติดตั้งแผ่นยิปซัมทนไฟที่ผิวล่างของแผ่นพื้น ความหนาของแผ่นยิปซัมทนไฟที่ใช้ได้แก่ 15 มม. และ 30 มม. ดังแสดงในรูปที่ 4

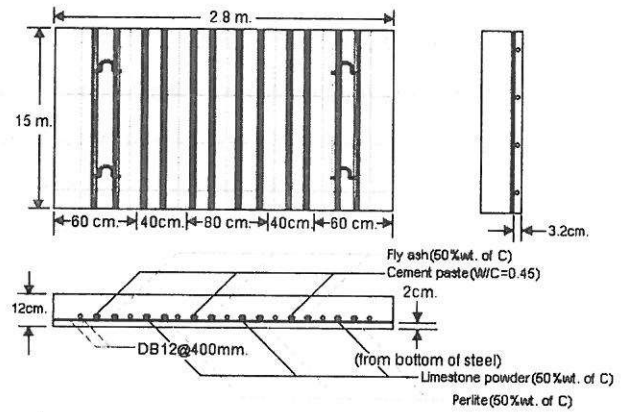
(จ) การทาสีทนไฟที่ผิวล่างของแผ่นพื้น ความหนาของสีทนไฟที่ใช้ คือ 1200 ไมครอน และ 2400 ไมครอน ดังแสดงในรูปที่ 5



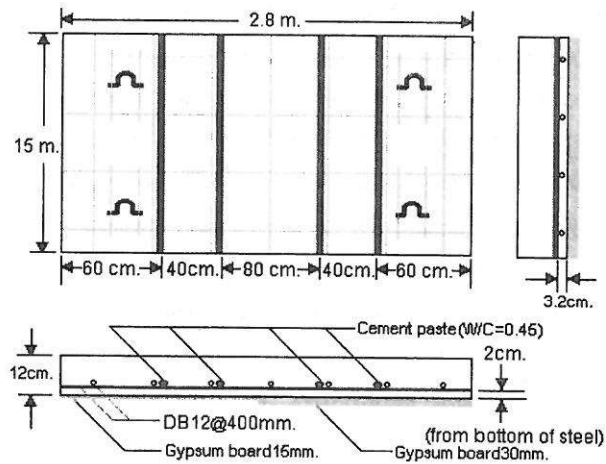
รูปที่ 1 ตำแหน่งของเหล็กเสริมและท่อร้อยลวดเกลียวอัดแรงของแผ่นพื้นที่ 1 (การศึกษาผลของระยะห่างเหล็กเสริม)



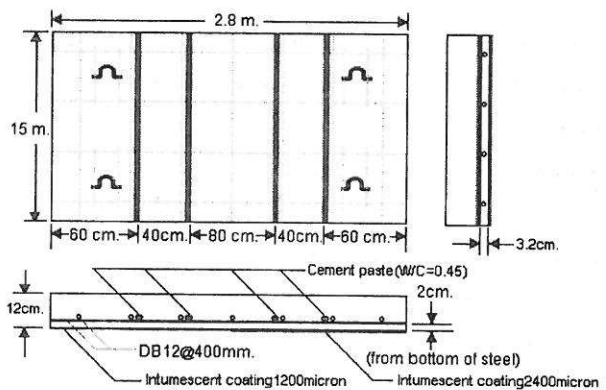
รูปที่ 2 ตำแหน่งของเหล็กเสริมและท่อร้อยลวดเกลียวอัดแรงของแผ่นพื้นที่ 2 (การศึกษาผลของระยะคอนกรีตหุ้มท่อร้อยลวด)



รูปที่ 3 ตำแหน่งของเหล็กเสริมและท่อร้อยลวดเกลียวอัดแรงของแผ่นพื้นที่ 3 (การปรับปรุงวัสดุเกรท)



รูปที่ 4 ตำแหน่งของเหล็กเสริมและท่อร้อยลวดเกลียวอัดแรงของแผ่นพื้นที่ 4 (การติดตั้งแผ่นยิปซัมทนไฟที่ผิวล่างของแผ่นพื้น)



รูปที่ 5 ตำแหน่งของเหล็กเสริมและท่อร้อยลวดเกลียวอัดแรงของแผ่นพื้นที่ 5 (การทาสีทนไฟที่ผิวล่างของแผ่นพื้น)

2.2 การดำเนินการทดสอบ

การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิในตัวอย่างทดสอบและการควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผา ดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM E119-95a ข้อมูลที่เก็บในขณะที่ดำเนินการทดสอบ ได้แก่ อุณหภูมิบนผิวด้านที่ไม่สัมผัสเปลวไฟ อุณหภูมิหลอดแก๊สอัดแรง อุณหภูมิเหล็กเสริมปกติ อุณหภูมิคอนกรีตที่ระดับ 3 ซม. 6 ซม. และ 9 ซม. จากผิวล่างของแผ่นพื้น ภายหลังเสร็จสิ้นการทดสอบ บันทึกลักษณะการหลุดร่อนของคอนกรีตที่ผิวล่างของแผ่นพื้น

2.3 การศึกษาเวลาที่ลวดแก๊สอัดแรงวิบัติ เนื่องจากอค์คิภัย

การศึกษาเวลาที่ลวดแก๊สอัดแรงวิบัติ มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาเวลาที่ลวดแก๊สอัดแรงวิบัติ เนื่องจากผลของอค์คิภัย ในขณะที่หน่วยแรงภายในแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงอยู่ที่สภาวะประลัย และสภาวะการใช้งานปกติ โดยเวลาที่ลวดแก๊สอัดแรงวิบัติ ในขณะที่แผ่นพื้นมีหน่วยแรงภายในสูงที่สุดที่สภาวะการใช้งาน คือ ค่าความสามารถทนไฟของแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงนั้น

2.4 การคำนวณอุณหภูมิภายในของแผ่นพื้น

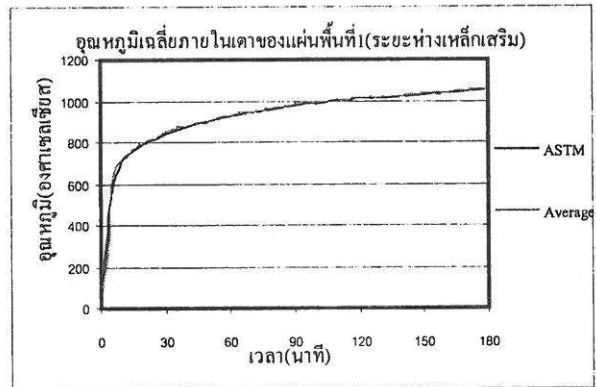
การคำนวณอุณหภูมิภายในของแผ่นพื้นด้วยทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน 1 มิติ ภายใต้อุณหภูมิไม่คงที่ มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบว่า ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน 1 มิติ ให้ผลเชิงอนุรักษ์ สำหรับการคำนวณอุณหภูมิภายในขององค์อาคารคอนกรีตอัดแรง หรือไม่

3. ผลการทดสอบ

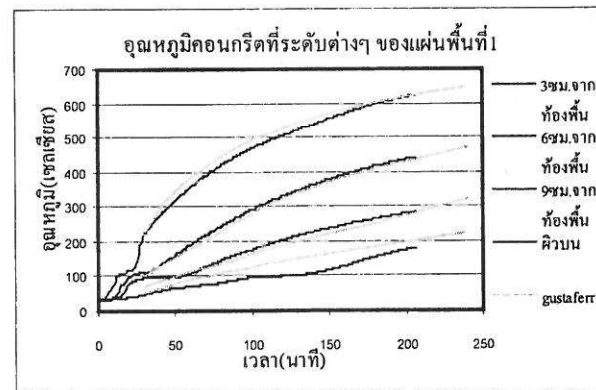
3.1 การศึกษาผลของระยะห่างเหล็กเสริมปกติ

การดำเนินการควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผา แสดงดังรูปที่ 6 พบว่ามีความคลาดเคลื่อนจากมาตรฐาน ASTM E119 น้อยมากภายในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ การวัดค่าอุณหภูมิบนผิวด้านที่ไม่สัมผัสเปลวไฟและอุณหภูมิคอนกรีตที่ระดับ 3 ซม. 6 ซม. และ 9 ซม. จากผิวล่างของแผ่นพื้น ได้ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลบนแท่งมอร์ดีมาตรฐานขนาด 1.5x1.5 ซม. จำนวน 5 แท่ง โดยตำแหน่งการวางแท่งมอร์ดีดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM E119 คือ วางที่ตำแหน่งกึ่งกลางแผ่นพื้น 1 แท่งและ 4 แท่งบนตำแหน่งกึ่งกลางของพื้นที่ ที่ได้จากการแบ่งแผ่นพื้นออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน อุณหภูมิที่ผิวบนและคอนกรีตที่ระดับต่าง ๆ บริเวณกึ่งกลางแผ่นพื้นแสดงดังรูปที่ 7 การวัดค่าอุณหภูมิของเหล็กเสริมปกติ ทำโดยการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลบนเหล็กเสริมด้านสั้นจำนวน 5 เส้นโดยอุณหภูมิของเหล็กเสริมแสดงดังรูปที่ 8 ในการวัดค่าอุณหภูมิของลวดแก๊สอัดแรงใช้เทอร์โม-คัปเปิล เดว้ ต่อท่อร้อยลวด 1 ท่อ โดยอุณหภูมิของลวดแก๊สอัดแรงจากท่อร้อยลวดทั้ง 4 ท่อแสดงดังรูปที่ 9 การหลุดร่อนของคอนกรีตภายหลังจากการทดสอบเป็นแบบ การหลุดลอกบริเวณผิว

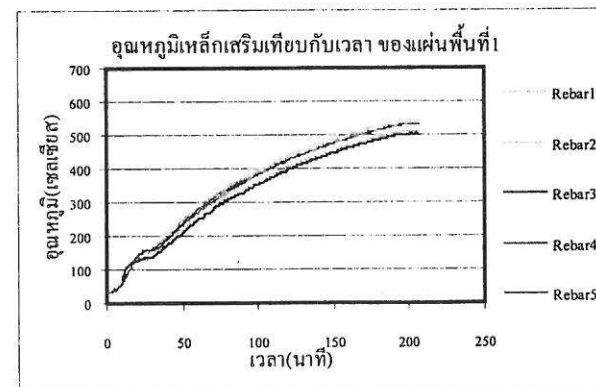
คอนกรีต(Sloughing off) จากการทดสอบพบว่า การลดระยะห่างของเหล็กเสริมปกติจาก 40 เป็น 20 ซม. ไม่มีผลต่อความสามารถทนไฟและการหลุดร่อนของคอนกรีต



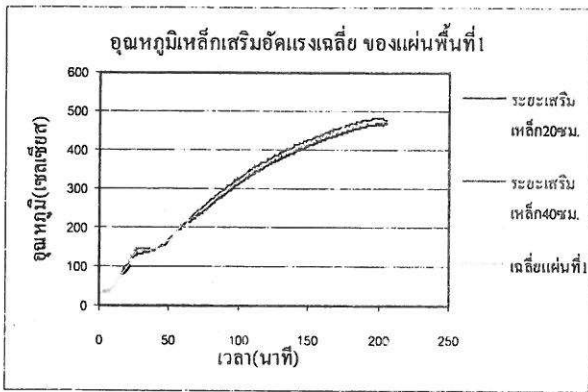
รูปที่ 6 อุณหภูมิภายในเตาของแผ่นพื้นที่ 1 (การศึกษาผลของระยะห่างเหล็กเสริม)



รูปที่ 7 อุณหภูมิคอนกรีตที่ระดับต่าง ๆ ของแผ่นพื้นที่ 1



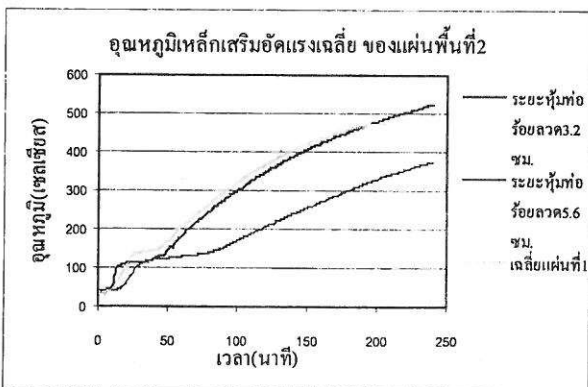
รูปที่ 8 อุณหภูมิเหล็กเสริมของแผ่นพื้นที่ 1



รูปที่ 9 อุณหภูมิเหล็กเสริมอัดแรงเฉลี่ยของแผ่นพื้นที่ 1

3.2 การศึกษาผลของระยะคอนกรีตหุ้มท่อร้อยลวด

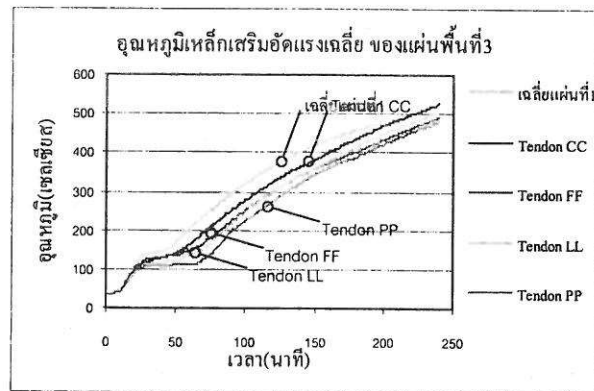
ผลการควบคุมอุณหภูมิภายในเตา อุณหภูมิเหล็กเสริมปกติ อุณหภูมิบนผิวด้านที่ไม่สัมผัสเปลวไฟ และอุณหภูมิคอนกรีตที่ระดับ 3 ซม. 6 ซม. และ 9 ซม. จากผิวล่างของแผ่นพื้น มีค่าใกล้เคียงกับแผ่นพื้นที่ 1 (ศึกษาผลของระยะห่างเหล็กเสริมปกติ) สำหรับระยะคอนกรีตหุ้มท่อร้อยลวดที่ศึกษา คือ 3.2 ซม. และ 5.6 ซม. โดยใช้ท่อร้อยลวดจำนวน 2 ท่อ ต่อระยะคอนกรีตหุ้มท่อร้อยลวด 1 ค่า รูปที่ 10 แสดงอุณหภูมิของลวดเกลียวอัดแรงในท่อร้อยลวดทั้ง 4 ท่อ จากการทดสอบพบว่า การใช้ระยะคอนกรีตหุ้มท่อร้อยลวด 5.6 ซม. จะทำให้ค่าอุณหภูมิลวดเกลียวอัดแรงมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤติของลวดเกลียวอัดแรง(425องศาเซลเซียส) ตลอดช่วงเวลา 4 ชั่วโมง การหลุดร่อนของคอนกรีตเป็นชนิดการหลุดลอกบริเวณผิวคอนกรีต



รูปที่ 10 อุณหภูมิเหล็กเสริมอัดแรงเฉลี่ยของแผ่นพื้นที่ 2 (การศึกษาผลของระยะคอนกรีตหุ้มท่อร้อยลวด)

3.3 การปรับปรุงวัสดุเกรท ให้มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลง

วัสดุผสมเพิ่มที่ใช้ในการปรับปรุงวัสดุเกรท ได้แก่ เถ้าลอย (FF) ฝุ่นหินปูน(LL) และเพอร์ไลต์(PP) ปริมาณวัสดุผสมเพิ่มที่ใช้ คือ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นปริมาณวัสดุผสมเพิ่มที่ทำให้วัสดุเกรทที่ผสมฝุ่นหินปูน มีค่าเวลาการไหลผ่านกรวยการไหลเป็น 12 เท่าของวัสดุเกรทปกติ และกำลังต้านทานแรงอัดที่ 28 วัน ของวัสดุเกรทที่ผสมเพอร์ไลต์ มีค่าน้อยกว่าวัสดุเกรทปกติ 3 เท่า ในการวัดค่าอุณหภูมิลวดเกลียวอัดแรงใช้ท่อร้อยลวดทั้งสิ้น 12 ท่อและใช้ระยะคอนกรีตหุ้มท่อร้อยลวด 3.2 ซม. โดยแบ่งเป็นวัสดุเกรทปกติ(CC) จำนวน 3 ท่อและวัสดุเกรทที่ผสมวัสดุผสมเพิ่มอย่างละ 3 ท่อ รูปที่ 11 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของลวดเกลียวอัดแรงในวัสดุเกรทแต่ละชนิด จากผลการทดสอบ พบว่า การปรับปรุงวัสดุเกรท ช่วยเพิ่มความสามารถทนไฟได้เล็กน้อย โดยเพอร์ไลต์เป็นวัสดุผสมเพิ่ม ที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลงมากที่สุด ส่วนผลการควบคุมอุณหภูมิภายในเตา อุณหภูมิเหล็กเสริม และอุณหภูมิคอนกรีตที่ระดับ 3 ซม. จากผิวล่างของแผ่นพื้น มีค่าใกล้เคียงกับแผ่นพื้นที่ 1 ส่วนค่าอุณหภูมิบนผิวด้านที่ไม่สัมผัสเปลวไฟ และค่าอุณหภูมิคอนกรีตที่ระดับ 6 ซม. และ 9 ซม. มีค่าต่ำกว่าแผ่นพื้นที่ 1 เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนลวดเกลียวอัดแรงที่มากกว่า ช่วยระบายความร้อนออกทางด้านข้างของตัวอย่างทดสอบ การหลุดร่อนของคอนกรีตเป็นชนิดการหลุดลอกบริเวณผิวคอนกรีต

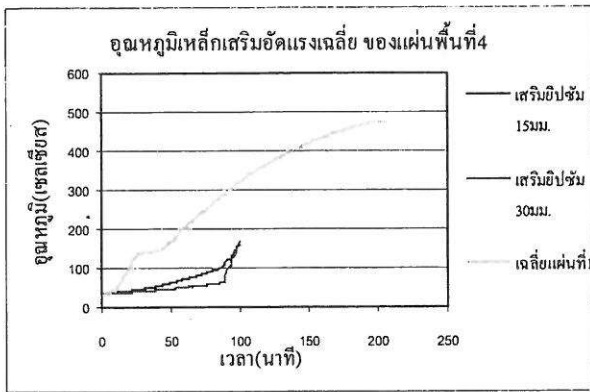


รูปที่ 11 อุณหภูมิเหล็กเสริมอัดแรงเฉลี่ยของแผ่นพื้นที่ 3 (การปรับปรุงวัสดุเกรท)

3.4 การติดตั้งแผ่นยับยั้งทนไฟที่ผิวล่างของแผ่นพื้น

ตัวอย่างทดสอบที่นำมาติดตั้งแผ่นยับยั้งทนไฟจะคล้ายกับแผ่นพื้นที่ 1 แต่ใช้ระยะห่างเหล็กเสริมคั้งที่ คือ 40 ซม. ความหนาของแผ่นยับยั้งทนไฟที่ใช้ คือ 15 มม. และ 30 มม. จากการทดสอบพบว่า แผ่นยับยั้งทั้งสองความหนาเริ่มหลุดร่อนที่เวลา 45 นาที การหลุดร่อน

ของแผ่นยิปซัมเกิดจากรอยแตกเล็ก ๆ หลังการระเหยของน้ำผลึกในยิปซัม เมื่อรอยแตกมีจำนวนมากขึ้นจนแผ่นยิปซัมไม่สามารถรับน้ำหนักตัวเองได้ แผ่นยิปซัมที่หลุดร่อนออกมาจึงมีขนาดใหญ่

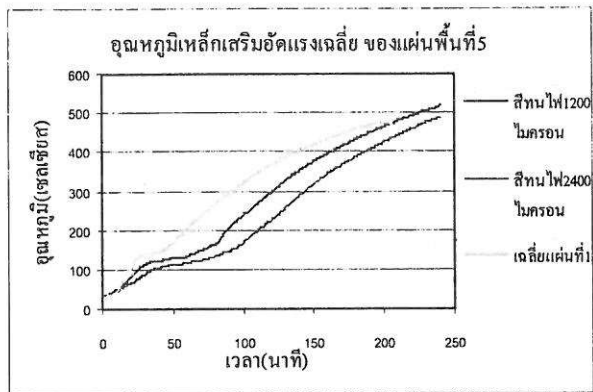


รูปที่ 12 อุณหภูมิเหล็กเสริมอัดแรงเฉลี่ยของแผ่นพื้นที่ 4 (การติดตั้งแผ่นยิปซัมทนไฟที่ผิวล่างของแผ่นพื้น)

หลังจากที่แผ่นยิปซัมหลุดร่อน พบว่าคอนกรีตบริเวณผิวล่างของแผ่นพื้นเกิดการระเบิดออกจนเผยให้เห็นเหล็กเสริม อุณหภูมิเหล็กเสริม อุณหภูมิลวดเกลียวอัดแรง อุณหภูมิบนผิวค้ำที่ไม่สัมผัสเปลวไฟ และอุณหภูมิคอนกรีตทุกระดับ ก่อนที่แผ่นยิปซัมจะหลุดร่อนมีค่าเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิห้องเพียงเล็กน้อย และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากที่แผ่นยิปซัมหลุด รูปที่ 12 แสดงอุณหภูมิลวดเกลียวอัดแรงที่เสริมแผ่นยิปซัม 15 มม. และ 30 มม. ที่ผิวล่างของแผ่นพื้น การหลุดร่อนของคอนกรีตที่เกิดเป็นชนิดการระเบิดออกของผิวคอนกรีต (Explosive spalling)

3.5 การทาสีทนไฟที่ผิวล่างของแผ่นพื้น

ตัวอย่างทดสอบมีรายละเอียดการวางเหล็กเสริมและท่อร้อยลวด เหมือนกับแผ่นพื้นที่ 4 แต่ทาสีทนไฟที่ผิวล่างของแผ่นพื้น ความหนาของสีทนไฟที่ใช้ คือ 1200 ไมครอน และ 2400 ไมครอน จากการทดสอบพบว่า อุณหภูมิของตัวอย่างทดสอบมีค่าต่ำกว่าแผ่นพื้นที่ 1 ในช่วง 2 ชั่วโมงแรก แล้วอุณหภูมิของตัวอย่างทดสอบจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกับแผ่นพื้นที่ 1 รูปที่ 13 แสดงอุณหภูมิลวดเกลียวอัดแรงที่ทาสีทนไฟ 1200 และ 2400 ไมครอนที่ผิวล่างของแผ่นพื้น พบว่าอุณหภูมิลวดเกลียวอัดแรงจะลดลงเมื่อความหนาของสีทนไฟเพิ่มขึ้น แต่อัตราการลดลงของอุณหภูมิลวดเกลียวอัดแรงไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาสีทนไฟที่เพิ่มขึ้น การหลุดร่อนของคอนกรีตเป็นชนิดการหลุดลอกบริเวณผิวคอนกรีต



รูปที่ 13 อุณหภูมิเหล็กเสริมอัดแรงเฉลี่ยของแผ่นพื้นที่ 5 (การทาสีทนไฟที่ผิวล่างของแผ่นพื้น)

4. การวิเคราะห์ผล

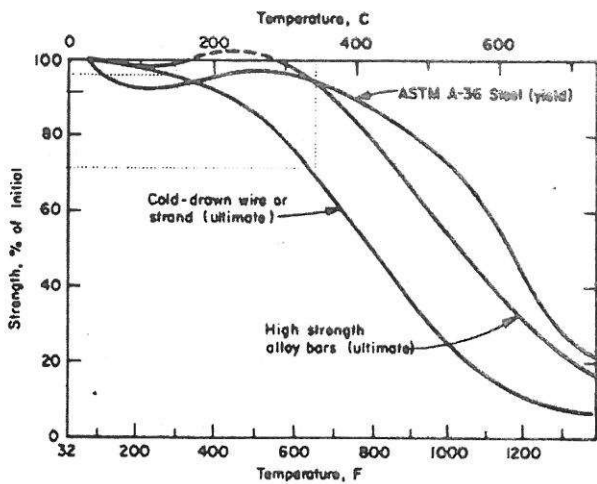
4.1 ค่าเวลาที่น้อยที่สุดของช่วงเวลาที่แผ่นพื้นวิบัติ เนื่องจากผลของอัคคีภัย

ก) ค่าเวลาที่น้อยที่สุด ที่แผ่นพื้นวิบัติ ที่สภาวะประลัย

ค่าเวลาน้อยที่สุด คือ ค่าเวลาที่ลวดเกลียวอัดแรงวิบัติจากผลของอัคคีภัยในขณะที่แผ่นพื้นอยู่ภายใต้น้ำหนักบรรทุกประลัย ที่สภาวะประลัยจะมีการกระจายหน่วยแรงอัดในบริเวณเหนือแกนสะเทินเท่านั้น ดังนั้นการวิบัติจึงขึ้นกับหน่วยแรงดึงประลัยของลวดเกลียวอัดแรงเท่านั้น จากการคำนวณหาค่าหน่วยแรงดึงในลวดเกลียวอัดแรงที่สถานะประลัยของแผ่นพื้นตัวอย่าง พบว่ากำลังต้านทานแรงดึงประลัยจะมีค่าเป็น 95 เปอร์เซ็นต์ของค่าเริ่มต้น จากผลการทดสอบของ ACI[1] ในรูปที่ 14 พบว่า กำลังต้านทานแรงดึงประลัยจะเหลือ 95 เปอร์เซ็นต์ของค่าเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 ค่าเวลาที่แผ่นพื้นที่ 1 ถึง 5 วิบัติ ที่สภาวะประลัย

แผ่นพื้นที่	รายละเอียดของตัวอย่างทดสอบ	ค่าเวลา(นาที)
1 (รูปที่ 9)	ระยะห่างเหล็กเสริม 20 ซม.	45
	ระยะห่างเหล็กเสริม 40 ซม.	44
2 (รูปที่ 10)	ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก 3.2 ซม.	52
	ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก 5.6 ซม.	88
3 (รูปที่ 11)	วัสดุเกราะชนิด CC	55
	วัสดุเกราะชนิด FF	62
	วัสดุเกราะชนิด LL	69
	วัสดุเกราะชนิด PP	79
4 (รูปที่ 12)	แผ่นยิปซัมทนไฟหนา 15 มม.	97
	แผ่นยิปซัมทนไฟหนา 30 มม.	99
5 (รูปที่ 13)	สีทนไฟหนา 1200 ไมครอน	71
	สีทนไฟหนา 2400 ไมครอน	94



รูปที่ 14 อัตราการลดกำลังต้านทานแรงดึงประลัยของ เหล็กเสริมและ ลวดเกลียวอัดแรง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น[2]

ข) ค่าเวลาที่น้อยที่สุด ที่แผ่นพื้นวิบัติ ที่สภาวะใช้งาน

แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงจะวิบัติภายใต้สภาวะใช้งาน เนื่องจากผลของอັคคิภัย เมื่อหน่วยแรงดึงของลวดเกลียวอัดแรงในขณะเผชิญเพลิงไหม้ มีค่า เท่ากับหน่วยแรงดึงที่ยอมให้ทันทีที่ถ่ายแรงเข้าสู่องค์อาคาร(70%กำลังประลัยของเหล็กเสริมอัดแรง) จากรูปที่ 14 พบว่า กำลังต้านทานแรงดึงประลัยของลวดเกลียวอัดแรงจะมีค่าลดลงเหลือ 70 เปอร์เซ็นต์ของค่าเริ่มต้น เมื่อลวดเกลียวอัดแรงมีอุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2 ค่าเวลาที่แผ่นพื้น 1 ถึง 5 วิบัติ ที่สภาวะการใช้งาน

แผ่นพื้นที่	รายละเอียดของตัวอย่างทดสอบ	ค่าเวลา(นาที)
1 (รูปที่ 9)	ระยะห่างเหล็กเสริม 20 ซม.	116
	ระยะห่างเหล็กเสริม 40 ซม.	110
2 (รูปที่ 10)	ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก 3.2 ซม.	122
	ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก 5.6 ซม.	217
3 (รูปที่ 11)	วัสดุเกรทซ์ชนิด CC	132
	วัสดุเกรทซ์ชนิด FF	144
	วัสดุเกรทซ์ชนิด LL	143
	วัสดุเกรทซ์ชนิด PP	153
4 (รูปที่ 12)	แผ่นอิฐฉั่มทนไฟหนา 15 มม.	-
	แผ่นอิฐฉั่มทนไฟหนา 30 มม.	-
5 (รูปที่ 13)	สีทนไฟหนา 1200 ไมครอน	137
	สีทนไฟหนา 2400 ไมครอน	163

หมายเหตุ แผ่นพื้นที่ 4 ไม่สามารถหาค่าเวลาน้อยที่สุดของการวิบัติภายใต้สภาวะใช้งานได้ เนื่องจากการทดสอบยุติทันทีเมื่อผิวคอนกรีตเกิดการระเบิดออก ทำให้อุณหภูมิของลวดเกลียวอัดแรงไม่ถึง 350 องศาเซลเซียส

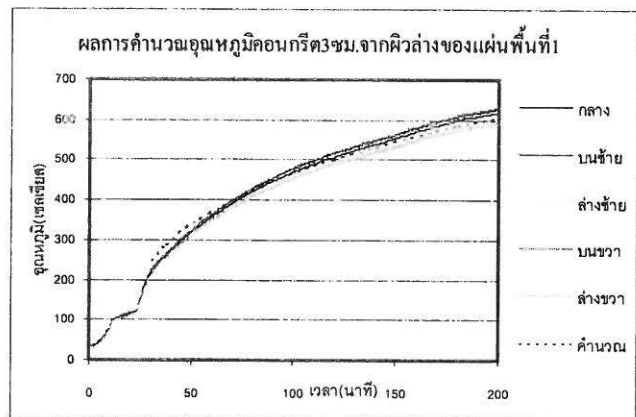
ค) สรุปผลการศึกษา ค่าเวลาที่น้อยที่สุดของช่วงเวลาที่แผ่นพื้นวิบัติ เนื่อง จากผลของอັคคิภัย

จากการศึกษาพบว่า พื้นคอนกรีตอัดแรง ดังภายหลังที่มีระยะ คอนกรีตหุ้มทอ้อยลวดต่ำสุด เมื่อออกแบบตามมาตรฐานสำหรับอาคาร คอนกรีตอัดแรง(ว.ส.ท. 1009-34) มีโอกาสที่ลวดเกลียวอัดแรงเกิดการ วิบัติที่สภาวะการใช้งานปกติ ภายใต้อັคคิภัยได้ การใช้ระยะคอนกรีตหุ้ม ทอ้อยลวด 5.6 ซม. ช่วยเพิ่มความสามารถทนไฟได้ดีที่สุด การใช้สีทน ไฟทาที่ผิวล่างของแผ่นพื้น สามารถลดอุณหภูมิของแผ่นพื้นได้ดีในช่วง เวลา 2 ชั่วโมงแรก และการปรับปรุงวัสดุเกรทซ์ ช่วยลดอุณหภูมิลวด เกลียวอัดแรงได้เล็กน้อย โดยเพอร์ไลต์เป็นวัสดุผสมเพิ่มที่ช่วยลด อุณหภูมิลวดเกลียวอัดแรงได้สูงที่สุด

4.2 การคำนวณอุณหภูมิภายในของแผ่นพื้น ด้วยทฤษฎีการ ถ่ายเทความร้อน 1 มิติ ภายใต้สภาวะอุณหภูมิไม่คงที่

การคำนวณอุณหภูมิของชั้นส่วนต่าง ๆ ภายในแผ่นพื้น ด้วย ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน 1 มิติ แล้วนำผลไปเปรียบเทียบกับผลการ ทดสอบ สรุปพอสังเขปได้ ดังนี้

(ก) การคำนวณอุณหภูมิกอนกรีตที่ระดับ 3 ซม. 6 ซม. และ 9 ซม. จากผิวล่างของแผ่นพื้น ด้วยทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน 1 มิติ ให้ค่า อุณหภูมิใกล้เคียงกับผลจากการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 อุณหภูมิกอนกรีตที่ระดับ 3 ซม. จากผิวล่างของแผ่นพื้นที่ 1 เทียบ กับอุณหภูมิที่ได้จากการการคำนวณด้วยทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

(ข) การคำนวณอุณหภูมิที่ผิวบนของแผ่นพื้น เหล็กเสริม และ ลวดเกลียวอัดแรง ให้ค่ามากกว่าผลจากการทดสอบ ดังนั้นการคำนวณ อุณหภูมิด้วยทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน 1 มิติ ให้ผลเชิงอนุรักษ์ ดังแสดง ในรูปที่ 15

(ค) ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน 1 มิติ มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ ไม่สามารถศึกษาผลของระยะห่างเหล็กเสริม การหาระยะเวลาที่ แผ่นอิฐฉั่มหลุดร่อน เป็นต้น