การเปรียบเทียบอัตราการทนไฟของชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงดัด ในโดเมนอุณหภูมิและโดเมนกำลัง

Comparison of fire resistance ratings for flexural reinforced concrete members in temperature domain and strength domain

นายดล ฤกษ์เกษม[1] นายธนภัทร ทรงพุฒิ[2] และ ศ.ดร. ธัญวัฒน์ โพธิศิริ[3]

[1,2,3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

การออกแบบโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กป้องกันอัคคีภัย สามารถพิจารณาได้ใน 3 โดเมน ได้แก่ โดเมนเวลา โดเมนอุณหภูมิ และโดเมนกำลัง ซึ่งโดเมนเวลาอาศัยผลการทดสอบอัตราทนไฟมาตรฐานซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการทดสอบค่อนข้างสูง ในขณะที่โดเมนอุณหภูมิ อาศัยการคำนวณการกระจายอุณหภูมิภายในหน้าตัดชิ้นส่วนโครงสร้าง เพื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของเหล็กเสริมหลักกับค่าอุณหภูมิวิกฤติของเหล็กเสริม และสำหรับโดเมนกำลัง อาศัยการวิเคราะห์สมรรถภาพรองรับน้ำหนักบรรทุกที่เปลี่ยนแปลงในภาวะเพลิงไหม้ ซึ่งมีวิธีการคำนวณที่ยุ่งยากและซับซ้อน จึงเป็นที่มาของโครงงานที่ต้องการให้การออกแบบมีประสิทธิภาพมากขึ้นในแง่ของการประหยัดเวลาในการออกแบบและค่าใช้จ่าย ผ่านการศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการออกแบบด้วยโดเมนอุณหภูมิ ซึ่งอ้างอิงผลการออกแบบในโดเมนกำลัง โดยใช้ชิ้นส่วนโครงสร้างรับแรงดัดประเภทคานที่มีฐานรองรับแบบธรรมดาเป็นกรณีศึกษา และพิจารณาปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการออกแบบ ได้แก่ อัตราส่วนน้ำหนักบรรทุก และระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม เป็นตัวแปรศึกษา

จากการศึกษาพบว่าจากกรณีศึกษาคานที่ต้องมีอัตราทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง สามารถใช้การออกแบบในโดเมนอุณหภูมิเพื่อความปลอดภัยด้านอัคคีภัยได้ โดยใช้ระยะหุ้มคอนกรีตเหล็กเสริมน้อยสุด 50 มิลลิเมตร ที่อัตราส่วนน้ำหนักบรรทุก 0.3 และ 0.5

Abstract

Designing a reinforced concrete (RC) structure for fire protection proposed can be considered in three methods, time domain, temperature domain, and strength domain. In the time domain, a fire resistance rate (FRR) is referred from a standard fire resistance test which costs enormous expense. Meanwhile, in the temperature domain use the calculation of distributed temperature across the cross-section to compare the maximum temperature of reinforced steel with the critical temperature. At last, the strength domain uses the calculation, decreasing moment capacity due to the behavior of RC structures subjected to fire scenario, which is complex and magnificent of time is taken. This paper is focusing on improving the RC fire protection designing method, reducing cost and time, by selecting a suitable condition for designing RC structures with temperature domain. In this case, a simply supported beam with a single reinforcement is being evaluated for the fire resistance rate, covering as studied variables.

From the study, the temperature domain can be used to design RC structures for fire protection with FRR for at least 2 hours by having a minimum concrete covering 50 mm and at load ratios of 0.3 and 0.5

1. คำนำ

โครงงานวิศวกรรมโยธาเรื่อง การเปรียบเทียบอัตราการทนไฟของชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงดัดในโดเมนอุณหภูมิและโดเมนกำลัง เป็นการศึกษาความสามารถในการรับแรงดัดของชิ้นส่วนคานคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้ภาวะเพลิงไหม้ และเปรียบเทียบอัตราการทนไฟของทั้ง 2 โดเมน เนื่องจากการเกิดเพลิงไหม้ในอาคารขนาดใหญ่เกิดจากอุบัติเหตุ หรือจากการลอบวางเพลิง ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน การดำเนินชีวิตของผู้ใช้อาคาร สำหรับวิศวกรโยธา เพลิงไหม้ เป็นภาระของโครงสร้างชนิดหนึ่ง ซึ่งต้องคำนึงถึงในการก่อสร้างเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้งาน (Serviceability Design) เนื่องจากความเสียหายของอาคารนั้นอาจเกิดจากโครงสร้างหลักเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้ต้องมีการศึกษาสมบัติเชิงกลของคอนกรีตและเหล็กเสริมในภาวะเพลิงไหม้ รวมถึงการวิเคราะห์อัตราการทนไฟของคานคอนกรีตเสริมเหล็กในโดเมนอุณหภูมิและ

โดเมนกำลัง เพื่อศึกษาข้อจำกัด และความสัมพันธ์ของการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อความปลอดภัยด้านอัคคีภัยในโดเมนอุณหภูมิและโดเมนกำลัง และเป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีการออกแบบดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งให้เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาด้านวิศวกรรมสำหรับบุคคลที่มีความสนใจในด้านนี้

2. การวิเคราะห์อัตราการทนไฟของคานคอนกรีตเสริมเหล็กในโดเมนอุณหภูมิและโดเมนกำลัง

ในการวิเคราะห์อัตราการทนไฟของคานคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้ภาวะเพลิงไหม้ เริ่มจากการกำหนดขนาดหน้าตัดคานผ่านตัวแปรต่างๆ อาทิเช่น ความกว้างคาน ความลึกคาน และจำนวนเหล็กเสริมรับแรงดึง แล้วทำการวิเคราะห์การกระจายของอุณหภูมิบนหน้าตัดที่ระยะเวลาเพลิงไหม้ t เพื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของเหล็กเสริมหลักกับค่าอุณหภูมิวิกฤติของเหล็กเสริมตามที่กำหนดตามมาตรฐาน ASTM E119 (ASTM 2010) สำหรับอัตราการทนไฟในโดเมนอุณหภูมิ (FRR_T) และคำนวณค่าความต้านโมเมนต์ดัดที่ลดลงเพื่อเปรียบเทียบกับโมเมนต์ดัดสูงสุดจากน้ำหนักบรรทุกจรในภาวะเพลิงไหม้ สำหรับอัตราการทนไฟในโดเมนกำลัง (FRR_S)

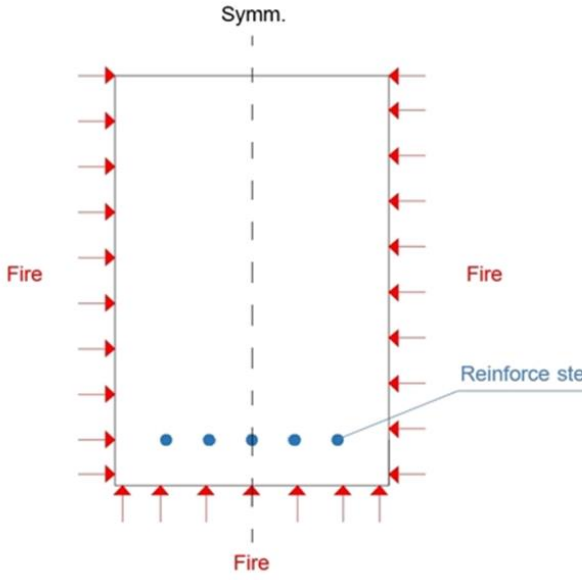
2.1 การประมาณค่าอุณหภูมิภายในหน้าตัดคาน

การวิเคราะห์การกระจายของอุณหภูมิบนหน้าตัดชิ้นส่วนจะอาศัยสมการ Wickström โดยมีสมมติฐานดังนี้

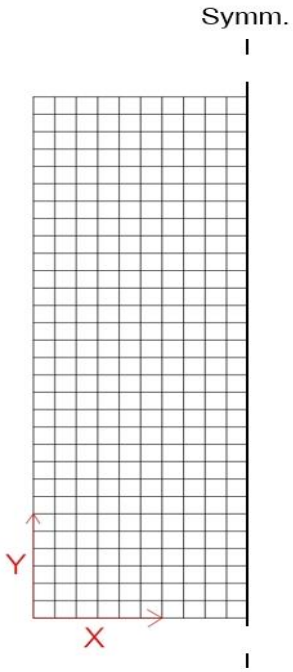
i. พิจารณาให้หน้าตัดคานประกอบด้วยวัสดุคอนกรีตเท่านั้นและมีสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุคงที่ตลอดระยะเวลาเพลิงไหม้

ii. การวิเคราะห์ส่วนเพิ่มของอุณหภูมิคอนกรีตในลักษณะการไหลถ่ายความร้อนแกนคู่ (biaxial heat flow)

iii. กำหนดให้หน้าตัดคานมีผิวสัมผัสความร้อนเนื่องจากเพลิงไหม้ 3 ด้าน ได้แก่ ผิวด้านข้างทั้ง 2 ด้าน และผิวด้านล่าง



รูปที่ 2.1.1 ตัวอย่างหน้าตัดคานภายใต้ภาวะเพลิงไหม้



รูปที่ 2.1.2 โมเดลจำลองหน้าตัดคานเพื่อใช้ในการคำนวณค่าอุณหภูมิของคอนกรีต

สำหรับการคำนวณการกระจายอุณหภูมิด้วยวิธี Wickström สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ (1) ถึง (6) ดังนี้

$$\Delta T_{c,xy} = (\eta_w \left(\eta_x+\eta_y-2\eta_x\eta_y\right)+\eta_x\eta_y)\Delta T_{fi} \quad (1)$$

$\Delta T_{c,xy}$ คือ ส่วนเพิ่มของอุณหภูมิในลักษณะการไหลถ่ายความร้อนแกนคู่ (Biaxial Heat Flow) โดยนิยามตัวแปร η_w และนิยาม η_x (หรือ η_y โดยแทนค่า x ด้วย y) ตามสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ

$$\eta_w = 1-0.0616t^{-0.88} \quad (2)$$

$$\eta_x = 0.18\ln u_x-0.81 \quad (3)$$

$$u_x = \frac{\varsigma}{\varsigma_c}\frac{t}{x^2} \quad (4)$$

$\varsigma = \frac{\lambda_c}{\rho_c c_{p,c}}$ คือ สภาพแพร่ความร้อนคอนกรีต (m^2/s)

ς_c คือ สภาพแพร่ความร้อนอ้างอิง มีค่าเท่ากับ 0.417×10^{-6} (m^2/s)

x หรือ y คือ ความลึกจากผิวคอนกรีตที่สัมผัสความร้อน (m) โดยต้องเป็นไปตามเงื่อนไขดังสมการ (5

$$x \geq 2H_{cx}-3.6\sqrt{0.0015t} \quad (5)$$

โดยที่ H_{cx} คือ ความลึกของหน้าตัดชิ้นส่วน (m)

หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของสมการจะไม่สามารถคำนวณส่วนเพิ่มของอุณหภูมิตามสมการได้ แต่จะให้สมมติฐานว่าอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง

x (หรือ y) ที่พิจารณานั้นมีค่าเท่ากับอุณหภูมิของคอนกรีตที่บริเวณผิวที่สัมผัสความร้อน $(\Delta T_{c,fi})$ ซึ่งคำนวณตามสมการ

$$\Delta T_{c,fi} = \eta_w \Delta T_{fi} \quad (6)$$

การคำนวณค่าอุณหภูมิของคอนกรีตที่ระยะเวลาเพลิงไหม้ t สามารถนำส่วนเพิ่มของอุณหภูมิคอนกรีตที่ได้จากสมการที่ (1) ถึง (6) บวกเพิ่มกับอุณหภูมิของคอนกรีตเริ่มต้น ซึ่งในการศึกษานี้พิจารณาให้เท่ากับค่าอุณหภูมิคอนกรีตปรกติ 20 องศาเซลเซียส และสำหรับการประมาณค่าอุณหภูมิของเหล็กเสริมสามารถใช้วิธีการคำนวณเดียวกัน โดยแทนค่าพิกัดระยะลึก x (m) และ y (m) จากผิวสัมผัสความร้อนที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของเหล็กเสริมที่ต้องการทราบค่าอุณหภูมิ

2.2 *การวิเคราะห์อัตราทนไฟของคานคอนกรีตเสริมเหล็กในโดเมนอุณหภูมิ*

สำหรับแนวทางการวิเคราะห์ชิ้นส่วนโครงสร้างรับแรงดัดภายใต้สภาวะเพลิงไหม้ในโดเมนอุณหภูมิอ้างอิงรูปที่ 2.1.2 อาศัยการคำนวณการกระจายของอุณหภูมิบนหน้าตัดของชิ้นส่วนที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องจากเพลิงไหม้ด้วยวิธี Wickström (Wickström 1986) [3] ตามหัวข้อที่ 2.1 และเปรียบเทียบอุณหภูมิของเหล็กเสริมที่ได้จากวิธี Wickström ณ ที่เวลาเพลิงไหม้ต่าง ๆ (t) กับอุณหภูมิวิกฤติของเหล็กเสริม (Critical Temperature of Reinforced Steel, t_c) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 593 องศาเซลเซียส (°C) [6] โดยเวลาเพลิงไหม้ (t) ที่ค่าอุณหภูมิของเหล็กเสริมที่สูงที่สุดมากกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิวิกฤติจะเรียกว่า อัตราการทนไฟ (Fire Resistance Rate, FRR) ภายใต้โดเมนอุณหภูมิ

2.3 *การคำนวณความต้านทานโมเมนต์ดัดของคานในภาวะเพลิงไหม้*

2.3.1 สมบัติเชิงกลของคอนกรีตและเหล็กเสริมในภาวะเพลิงไหม้

ในการวิเคราะห์ความต้านทานโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ลดลงในสภาวะเพลิงไหม้ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการออกแบบโครงสร้างในโดเมนกำลัง จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลสมบัติเชิงกลของคอนกรีตและเหล็กเสริมที่แปรเปลี่ยนตามค่าอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น โดยคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิอ้างอิงตามมาตรฐาน EN 1992-1-2 สำหรับเหล็กเสริม และ EN 1992-1-2 , EN 1994-1-2 สำหรับคอนกรีต

2.3.2 การคำนวณความต้านทานโมเมนต์ของคานในภาวะเพลิงไหม้

สำหรับการคำนวณความต้านทานโมเมนต์ดัดของหน้าตัดคานที่ระยะเวลาเพลิงไหม้ t จะเริ่มต้นโดยกำหนดค่าความโค้ง (k) จากนั้นคำนวณค่าระยะลึกของแกนสะเทิน $(\bar{y}_{fi})$ ที่ส่งผลให้เกิดภาวะสมดุลของหน้าตัด แล้วจึงคำนวณความเครียดและหน่วยแรงภายในหน้าตัด ณ ตำแหน่งความลึก (y) จากค่าระยะลึกแกนสะเทินที่กำหนดตามสมการ (7)

$$\varepsilon_{c,y} = \varepsilon_{s,y} = k\left(\bar{y}_{fi} - y\right) \quad (7)$$

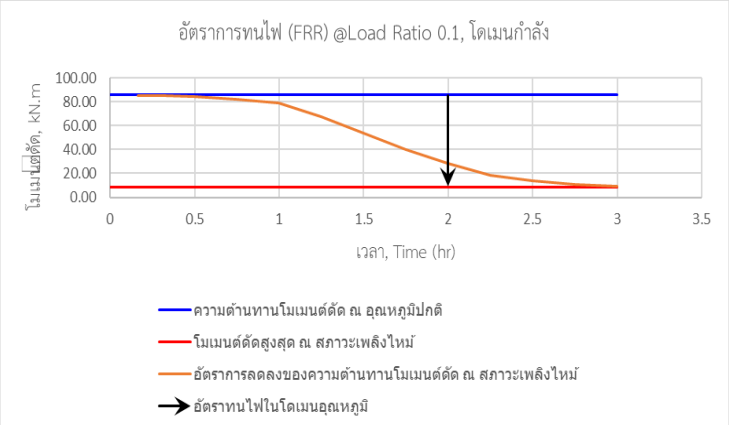
$\varepsilon_{c,y}$ และ $\varepsilon_{s,y}$ คือ ความเครียดของคอนกรีตและเหล็กเสริม

สำหรับหน่วยแรงภายในเหล็กและคอนกรีตที่ตำแหน่ง x และ y ใดๆ จะนำอุณหภูมิจากการคำนวณด้วยวิธี Wickström มาพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิและคำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของเหล็กและคอนกรีตปกติที่อุณหภูมิสูงที่ โดยมีสมมติฐาน คือ คอนกรีตจะใช้อุณหภูมิสูงสุดที่คำนวณได้ต่อระยะความลึกและอุณหภูมิของเหล็กเสริมสูงสุด ณ ระยะเวลาเพลิงไหม้ t ในการพิจารณาคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงของคอนกรีตและเหล็กเสริม เพื่อประเมินอัตราการลดลงของความต้านทานโมเมนต์ดัดภายใต้สภาวะเพลิงไหม้ตามสมการ (8)

$$M_{fi,R_d} = \sum_{i=1}^{n} A_s \sigma_s \left(d - \frac{\bar{y}_{fi}}{2}\right) \quad (8)$$

M_{fi,R_d} คือ ความต้านทานโมเมนต์ดัดที่สภาวะเพลิงไหม้ (kN.m)
A_s คือ พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริม (mm^2)
σ_s คือ หน่วยแรงของเหล็กเสริมที่ระยะเวลาเพลิงไหม้ t (MPa)
d คือ ระยะลึกประสิทธิผลของเหล็กเสริม (mm)
$\bar{y}_{fi}$ คือ ระยะลึกแกนสะเทิน (mm)

จากนั้นจึงเปรียบเทียบความต้านทานโมเมนต์ดัดภายใต้สภาวะเพลิงไหม้กับความต้านทานโมเมนต์ดัดที่อุณหภูมิปกติ ณ อัตราส่วนน้ำหนักบรรทุก (Load Ratio) ซึ่งเท่ากับ $M_{fi,E_d}{}^*/M_{R_d}$ หรือ อัตราส่วนระหว่างโมเมนต์ดัดสูงสุดภายใต้สภาวะเพลิงไหม้ต่อความต้านทานโมเมนต์ดัดที่อุณหภูมิปกติ ซึ่งเวลา ณ ความต้านทานโมเมนต์ดัดภายใต้สภาวะเพลิงไหม้มากกว่าหรือเท่ากับโมเมนต์ดัดสูงสุดภายใต้สภาวะเพลิงไหม้จะเรียกว่า อัตราการทนไฟ (Fire Resistance Rate, FRR) ภายใต้โดเมนกำลัง โดยในการวิจัยนี้จะเปลี่ยนค่าอัตราส่วนน้ำหนักบรรทุกดังนี้ 0.1/0.3/0.5/0.7/0.9 ดังตัวอย่างรูปที่ 2.2.3



รูปที่ 2.2.3 ตัวอย่างความสัมพันธ์การวิเคราะห์หาอัตราทนไฟในโดเมนกำลังจากความต้านทานโมเมนต์ดัดที่ลดลงอันเนื่องมาจากสภาวะเพลิงไหม้

3. ผลการศึกษา

3.1 ผลการคำนวณการกระจายอุณหภูมิบนหน้าตัดคาน

จากบทที่ 2 หัวข้อ 2.1 ได้แสดงการคำนวณการกระจายอุณหภูมิด้วยวิธี Wickström ซึ่งนำไปหาค่าอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ บนหน้าตัดคานที่พิจารณา ณ เวลาเพลิงไหม้ t เพื่อนำผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบระหว่างค่าอุณหภูมิของเหล็กเสริมหลักกับค่าอุณหภูมิวิกฤติของเหล็กเสริมที่กำหนดตามมาตรฐาน ASTM E119 (ASTM 2010) ซึ่งเท่ากับ 593 °C มาวิเคราะห์ค่าอัตราการทนไฟของชิ้นส่วนในโดเมนอุณหภูมิ โดยอ้างอิงจากสมมติฐานที่กล่าวในบทที่ 1 ว่าเมื่อค่าอุณหภูมิเหล็กเสริมหลักมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าอุณหภูมิวิกฤติ จะถือให้โครงสร้างสูญเสียสมรรถภาพรองรับน้ำหนักบรรทุกจากการเสื่อมสภาพของกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริมหลัก หรือเป็นจุดอัตราการทนไฟในโดเมนอุณหภูมิ (FRRT) โดยผลลัพธ์ของการคำนวณการกระจายอุณหภูมิบนหน้าตัดเมื่อเกิดอัตราการทนไฟของแต่ละหน้าตัดแสดงในภาคผนวก ข. ตารางที่ 2.1 ตารางที่ 2.3 ตารางที่ 2.5 และตารางที่ 2.7 ซึ่งสามารถสรุปผลการวิเคราะห์อัตราการทนไฟจากการคำนวณการกระจายอุณหภูมิบนหน้าตัดของแต่ละหน้าตัดในโดเมนอุณหภูมิได้ดัง ตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ **3.1** ผลการเคราะห์อัตราการทนไฟในโดเมนอุณหภูมิ

ขนาดหน้าตัดคาน (มม.)	ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม (มม.)	อัตราทนไฟ (FRR_T, ชั่วโมง)
300 x 450	50	2
340 x 470	70	3.25
400 x 600	50	2.25
440 x 620	70	3.25

3.2 ผลการคำนวณความต้านทานโมเมนต์ดัดของคานในภาวะเพลิงไหม้

จากบทที่ 2 หัวข้อ 2.3.1 ได้แสดงข้อมูลสมบัติเชิงกลของคอนกรีตและเหล็กเสริมที่แปรเปลี่ยนตามค่าอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น เป็นข้อมูลจำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ความต้านทานโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ลดลงในสภาวะเพลิงไหม้ตามหัวข้อ 2.3.2 เพื่อวิเคราะห์อัตราการทนไฟในโดเมนกำลัง (FRR_S) ซึ่งใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อความปลอดภัยด้านอัคคีภัยในโดเมนอุณหภูมิ โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักบรรทุกทั้งหมด 5 ค่า ได้แก่ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสำหรับคานที่มีระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม 50 มม. (หน้าตัด 300x450 มม. และ 400x600 มม.) มีความสัมพันธ์ของอัตราการทนไฟระหว่างโดเมนอุณหภูมิและโดเมนกำลังที่สอดคล้องกัน ณ อัตราส่วนน้ำหนักบรรทุกระหว่าง 0.3 – 0.5 ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข. รูปที่ ข.2 รูปที่ ข.3 รูปที่ ข.12 และรูปที่ ข.13 และหน้าตัดคาน 340x470 มม. ที่มีระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม 70 มม. พบว่ามีความสัมพันธ์ของอัตราการทนไฟระหว่างโดเมนอุณหภูมิและโดเมนกำลังที่สอดคล้องกัน ณ อัตราส่วนน้ำหนักบรรทุกระหว่าง 0.3 – 0.5 เช่นเดียวกับคานที่มีระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม 50 มม. แต่หน้าตัดคาน 440x620 มม. พบว่าความสัมพันธ์ของอัตราการทนไฟระหว่างโดเมนอุณหภูมิและโดเมนกำลังไม่สอดคล้องกัน ณ อัตราส่วนน้ำหนักบรรทุก ในทุก ๆ อัตราส่วน เนื่องจากพฤติกรรมของโครงสร้างเกิดการวิบัติ หรือสูญเสียความแข็งแรงก่อนอัตราการทนไฟที่วิเคราะห์ได้ในโดเมนกำลัง ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข. หัวข้อที่ 2.2 และ 2.4 ทำให้ไม่สามารถออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กในโดเมนอุณหภูมิโดยใช้โดเมนกำลังเป็นวิธีอ้างอิงได้

4. บทสรุป

4.1 สรุปผลการศึกษา

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อความปลอดภัยด้านอัคคีภัยในโดเมนอุณหภูมิและโดเมน โดยใช้ชิ้นส่วนโครงสร้างรับแรงดัดประเภทคานที่มีฐานรองรับแบบธรรมดาเป็นกรณีศึกษา และพิจารณาปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการออกแบบทั้งสองโดเมน ได้แก่ อัตราส่วนน้ำหนักบรรทุก และระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม เป็นตัวแปรศึกษา

ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก อีกทั้งวิเคราะห์ และเปรียบเทียบอัตราการทนไฟในโดเมนอุณหภูมิและโดเมนกำลัง และจากผลการศึกษาข้างต้นที่กล่าวมา ทำให้พบว่าระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อพฤติกรรมของเหล็กเสริมหลัก ณ ภาวะเพลิงไหม้ เนื่องจากช่วยป้องกันความร้อนจากเพลิงไหม้ โดยคานหน้าตัด 300x450 มม. และ 400x600 มม. ที่มีระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม 50 มม. มีอัตราการทนไฟในโดเมนอุณหภูมิ ที่เวลา 2 ชั่วโมง และ 2.25 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่ในส่วนของคานหน้าตัด 340x470 มม. และ 440x620 มม. ที่มีระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม 70 มีอัตราการทนไฟมากกว่า ที่เวลา 3.25 ชั่วโมง ซึ่งการศึกษานี้ยังทำการเปรียบเทียบอัตราการทนไฟจากพิจารณาการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อความปลอดภัยด้านอัคคีภัยในโดเมนอุณหภูมิ โดยอ้างอิงจากอัตราการทนไฟในโดเมนกำลัง และจากผลการศึกษาพบว่า อัตราการทนไฟของหน้าตัดคานที่สอดคล้องในความสัมพันธ์ระหว่างโดเมนอุณหภูมิกับโดเมนกำลังมี 3 หน้าตัด ได้แก่ 300x450 มม. 400x600 มม. และ 440x620 มม. ณ อัตราส่วนน้ำหนักบรรทุก 0.3-0.5 และสำหรับหน้าตัดคาน 340x470 ไม่พบความสัมพันธ์ที่สอดล้องกัน จึงทำให้ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้

4.2 ข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษาโครงงานครั้งนี้ ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ในการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กในภาวะเพลิงไหม้ จากอัตราการทนไฟในโดเมนอุณหภูมิและโดเมนกำลัง หากมีการศึกษาหรือวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงงานนี้ในครั้งต่อไปควรศึกษาปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการออกแบบทั้งสองโดเมน รวมถึงขนาดหน้าตัดคานที่ใช้ในการออกแบบ

ให้ครอบคลุมในทุกด้าน เพื่อชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดของการออกแบบในโดเมนอุณหภูมิและโดเมนกำลัง

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานทางวิศวกรรมโยธาฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความสนับสนุน และความช่วยเหลือจากคณาจารย์และผู้ให้ความช่วยเหลือหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ศาสตราจารย์ ดร.ธัญวัฒน์ โพธิศิริ ผู้ให้ความกรุณาแนะนำแนวทางตั้งแต่เริ่มคิดหัวข้อโครงงาน ให้ความรู้คำแนะนำ ทางด้านเทคนิค ตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความชำนาญและความสามารถในตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาเพื่อให้โครงงานเรื่อง การเปรียบเทียบอัตราการทนไฟของชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงดัดภายใต้โดเมนอุณหภูมิและโดเมนกำลังออกมาให้มีความสมบูรณ์และความถูกต้องที่สุด ตลอดจนคำแนะนำจากคณะกรรมการสอบโครงงานทางวิศวกรรมโยธาทุกท่านให้คำแนะนำเป็นอย่างดีและให้กำลังใจในการทำโครงงานในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. กฎกระทรวง ฉบับที่ 48 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2565. https://www.baanwan.go .th/www/file/law /file7.50.pdf

[2] ศ. ดร. ธัญวัฒน์ โพธิศิริ. (2556). การออกแบบโครงสร้างเพื่อความปลอดภัยด้านอัคคีภัย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] Wickstrom U. (1986). In: A very simple method for estimating temperatures in fire exposed structures, New Technology to Reduce Fire Losses and Costs. London, UK: Elsevier Applied Science;

[4] Banti A. Gedam. (2021). Fire resistance design method for reinforced concrete beams to evaluate fire-resistance rating. สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2565. https://www.sciencedirect.com/ science/article/abs/pii/S2352012421003453

[5] Gao WY, Dai JG, Teng JG, Chen GM. (2013). Finite element modeling of reinforced concrete beams exposed to fire. สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2565. https://www.sciencedirect. com/science/article/pii/S0141029613001405

[6] An American National Standard. Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials. สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2565. https://technokontrol.com/pdf/walls_astm. e119.2000.pdf