อัตราการทนไฟของคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใย
Fire Resistance of Concrete Beam Reinforced with FRP Bars

ณัฐนุช พูนปาน[1]
ชนะชัย ทองโฉม[2]
[1]นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
natthanuch.poon@dome.tu.ac.th
[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
Tchanach@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ประยุกต์หลักการวิเคราะห์อุณหภูมิในสภาวะชั่วครู่แบบไร้เชิงเส้น 2 มิติเพื่อศึกษาการกระจายอุณหภูมิของคานคอนกรีตแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วโดยการศึกษาเป็นการศึกษาผ่านแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรม ANSYS ในแบบจำลองใช้คุณสมบัติเชิงความร้อน ประกอบด้วย สภาพการนำความร้อน ความร้อนจำเพาะ และความหนาแน่น อ้างอิงจากมาตรฐาน EN-1992-1-2 งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการทนไฟของโครงสร้างคานคอนกรีตแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วที่สัมผัสความร้อนตามมาตรฐาน ISO 834 ภายใต้เกณฑ์อุณหภูมิวิกฤติ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบอัตราการทนไฟภายใต้เกณฑ์อุณหภูมิวิกฤติของโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วที่สภาพการนำความร้อนที่ต่างๆ ความร้อนจำเพาะที่ค่าความชื้นที่ 0% 1.5% 3% และที่ระยะหุ้ม 20 30 40 50 60 70 80 90 และ100 (มม.) จากผลการวิเคราะห์พบว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้ที่สภาพการนำความร้อนที่ขอบเขตล่างมีอัตราการทนไฟมากกว่าที่ขอบเขตบน ที่คานคอนกรีตเสริมเหล็กมีอัตราการทนไฟมากกว่าคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยและที่ระยะหุ้มคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าอัตราการทนไฟเพิ่มขึ้นสูงกว่าโดยระยะหุ้มคอนกรีตมีผลต่ออัตราการทนไฟมากที่สุด

คำสำคัญ: การวิเคราะห์อุณหภูมิ, อัตราการทนไฟ, คาน, แท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว, ไฟไหม้

Abstract

This paper applied the principle of nonlinear 2D transient temperature analysis to study the temperature distribution of glass fiber reinforced polymer concrete beams. The ANSYS program in the model uses thermal properties including thermal conductivity. specific heat and density Based on EN-1992-1-2, this research aims to study the fire resistance of glass fiber reinforced polymer concrete beam structures exposed to heat in accordance with ISO 834 under the critical temperature criteria. In this research, the fire resistance rate under the critical temperature criteria of glass fiber reinforced polymer rod concrete beam structure was

investigated at various thermal conductivity conditions. Specific heat at 0%, 1.5%, 3% and at cladding distances 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 (mm). The lower bound has a higher fire resistance than the upper bound. The reinforced concrete beam had higher fire resistance than the fiber reinforced concrete beam, and at the increased length of the cladding, the fire resistance value was higher. most fire resistant

Keywords: Temperature analysis, fire resistance time, Beam ,GFRP ,fire.

บทนำ

การใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นไปอย่างแพร่หลายในประเทศไทยเพราะการใช้คอนกรีตเสริมเหล็กทำให้โครงสร้างมีความมั่นคงแข็งแรง รวมถึงราคาถูก หาซื้อง่ายตามท้องตลาด แต่เมื่อเวลาผ่านไปโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กอาจเกิดการเสื่อมสภาพโดยมีปัจจัยประกอบไปด้วย เช่น การออกแบบที่ไม่เหมาะสม การควบคุมการก่อสร้างที่ขาดประสิทธิภาพ การเสื่อมสภาพของโครงสร้างตามอายุการใช้งาน การเสื่อมสภาพเนื่องจากสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงการใช้วัสดุที่ไม่ได้คุณภาพ เป็นต้น โดยปัจจัยดังกล่าวที่เกิดขึ้นส่งผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตทำให้ เกิดการซึมผ่านของอากาศและความชื้นจากสภาพแวดล้อม ซึ่งก่อให้เกิดสนิมในเหล็กเสริมได้ เมื่อเหล็กเสริมในคอนกรีตได้เริ่มเกิดสนิมขึ้นแล้ว จะทำให้เพิ่มปริมาตรมากขึ้น กำลังหน้าตัดของเหล็กเสริมลดลง การสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต และเกิดรอยแตกร้าวหลุดล่อนออกของคอนกรีตที่หุ้มผิวเหล็กเสริมโดยส่งผลให้ให้โครงสร้างขาดความมั่นคงแข็งแรงและมีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกลดลง อัตราการพัฒนาการเกิดสนิมในเหล็กเสริมคอนกรีตจะมีปริมาตรมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความรุนแรงของสภาวะแวดล้อมรอบอาคาร ซึ่งทำให้โครงสร้างเกิดความเสียหายได้

ในปัจจุบันได้มีการใช้วัสดุทางเลือกเพื่อทดแทนเหล็กเสริมอาจสามารถป้องกันการเกิดสนิมได้ โดยวัสดุที่นำมาใช้คือแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยหรือ Fiber Reinforced Polymer (FRP) โดยทั่วไปนิยมใช้เส้นใย (Fiber) ที่กำลังแรงดึงและค่าโมดูลัสสูงเป็นวัสดุหลักในการรับแรง ตัวอย่างเส้นใยที่นำมาใช้ได้แก่ เส้นใยแก้ว (Glass Fiber) เส้นใยคาร์บอน (Carbon Fiber) เส้นใยบะซอลท์ (Basalt Fiber) และเส้นใยอะรามิด (Aramid Fiber) จึงทำให้วัสดุ FRP มีคุณสมบัติเด่นหลายประการสามารถนำมาใช้ในงานได้หลากหลาย ทั้งในงานอุตสาหกรรมโยธา งานตกแต่ง อุตสาหกรรมเคมี และ สิ่งแวดล้อม เป็นต้น โดยลักษณะเด่นของ FRP คือ มีน้ำหนักเบา สะดวกในการติดตั้ง มีความต้านทานการกัดก่อนและทนต่อสารเคมีสูง ไม่นำความร้อนและกระแสไฟฟ้า ต้องการการบำรุงรักษาน้อยและมีความทนทานสูงและมีน้ำหนักเบากว่าเล็กถึง 4 เท่า

การเกิดอัคคีภัยเป็นสิ่งที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้เป็นอันตรายสูงต่อการบาดเจ็บทางร่างกายและความเสียหายต่อวัตถุและทรัพย์สิน ดังนั้นในการออกแบบของโครงสร้างที่มีอัตราการทนไฟที่เหมาะสมจะทำให้เมื่อเกิดอัคคีภัยผู้ใช้อาคารสามารถมีเวลาอพยพเพื่อลดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาอัตราการทนไฟของโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วที่เป็นวัสดุทางเลือกจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราการทนไฟคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยด้วยแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์โดยโปรแกรม ANSYS เพื่อทำนายอัตราการทนไฟของโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใย

2. เพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรประกอบไปด้วย สภาพการนำความร้อน (ขอบเขตบน ขอบเขตล่าง) ความร้อนจำเพาะ (ค่าความชื้น 0% 1.5% 3%) และระยะหุ้ม 20 30 40 50 60 70 80 90 และ100 (มม.) ที่มีผลต่ออัตราการทนไฟภายในหน้าตัด

ขอบเขตการวิจัย

1. อัตราการทนไฟคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยและคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นอัตราการทนไฟภายใต้อุณหภูมิวิกฤติ (Critical temperature) โดยอุณหภูมิวิกฤติของแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใย คือ 300 °C Kodur และคณะ(2013) และอุณหภูมิวิกฤติของเหล็กเสริม คือ 593 °C ASTM E119 (ASTM 2010)

2. การวิเคราะห์อุณหภูมิภายใต้มาตรฐาน ISO834 (ISO 1999) ของคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วแบบ 2 มิติอย่างง่ายด้วยโปรแกรม ANSYS โดยคุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้คือ EN1992-1-2

3. ขอบเขตระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานวิจัยอยู่ระหว่างเดือนตุลาคม 2564 - ธันวาคม 2564

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระเบียบวิธีวิจัย

ทำการวิเคราะห์แบบจำลองคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยและคอนกรีตเสริมเหล็กแบบ 2 มิติอย่างง่ายด้วยโปรแกรม ANSYSเพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรประกอบไปด้วย สภาพการนำความร้อนที่ขอบเขตบน ขอบเขตล่าง ความร้อนจำเพาะที่ค่าความชื้น 0% 1.5% 3% และระยะหุ้มที่มีผลต่ออัตราการทนไฟภายในหน้าตัดภายใต้อุณหภูมิวิกฤติ (Critical temperature)

2. ขั้นตอนการวิจัย

2.1 ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Abbasi และHogg(2006) ดำเนินการทดสอบไฟบนคานคอนกรีตสองคานขนาด (350 × 400 มม.) เสริมด้วยเหล็กเส้น GFRP พารามิเตอร์ที่พิจารณาในการทดสอบรวมถึงประเภทเรซิน (เทอร์โมเซตและเทอร์โมพลาสติก)ขนาดเหล็กเส้น และแรงเฉือนในการทดสอบไฟบนคานคอนกรีตทั้งสองแสดงการตอบสนองการโก่งตัวของคานทั้งสองเกิดการล้มเหลวเนื่องจากการ หลุดร่อนของเหล็กเส้น FRP รอบๆคอนกรีต โดยคานที่เสริมด้วยเหล็ก เทอร์โมเซต FRP สามารถทนไฟได้ 128 นาทีในขณะที่ คานที่เสริมด้วยเหล็กเทอร์โมพลาสติก FRP สามารถทนไฟได้ 94 นาที ดังนั้นงานวิจัยนี้สรุปว่าระยะหุ้มคอนกรีตที่เพียงพอมีผลต่อความสามารถทนไฟของคานคอนกรีตที่มีเหล็กเส้นเสริม GFRP

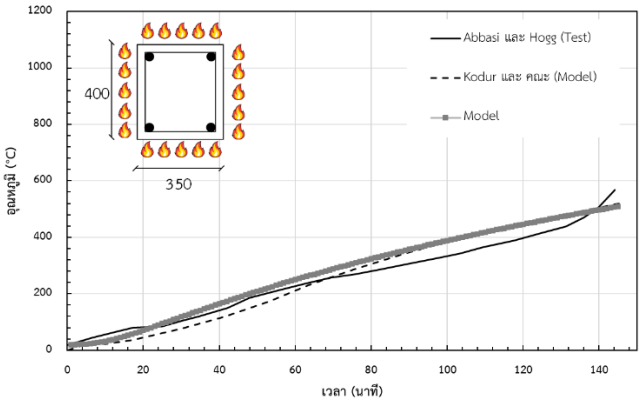
Kodur และคณะ(2013) ได้ดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม ANSYS โดยทำการศึกษาคานทั้งหมด 5 กลุ่ม มีหน้าตัด 305×533 มม. ยาว 6.01 ม. ทำการเสริม เหล็กเส้น GFRP และ CFRP เหล็กรับแรงอัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มม. จำนวน 2 แท่ง การวิเคราะห์คานรับน้ำหนักแบบกระจายตัวสม่ำเสมอ 50% ของอุณหภูมิห้องโดยทำการทดสอบทั้งหมด 5 กลุ่ม โดยผลที่ได้จากการทดสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถทนไฟได้มากกว่าคานคอนกรีตเสริมด้วยพอลิเมอร์ ระยะหุ้มเหล็กมีผลต่อการต้านทางไฟโดยระยะหุ้มที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 13 มม.จะสามารถต้านทานไฟได้เพิ่มมากขึ้น 5 นาที การยึดเหนี่ยวของคาตตามแนวแกนทำให้ความต้านทานไฟของคานสูงขึ้น 5-30 นาที คานคอนกรีตที่เสริมด้วยพอลิเมอร์ CFRP และ GFRP ที่ติดตั้งฉนวนความร้อนสามารถทนไฟได้ 150 นาที

2.3 ตรวจสอบแบบจำลองกับผลการทดสอบในอดีต

ทำการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์เทียบกับแบบจะลองไฟไนต์เอลิเมนต์ในอดีต Kodurและคณะ (2013) ที่มีคุณสมบัติของวัสดุขนาดของคานเช่นเดียวกับแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ตาม Abbasi และ Hogg (2006) โดยคานคอนกรีตที่เสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วมีความสูง 400 มม. ความกว้าง 350 มม. โดยทำการเปรียบเทียบที่แท่ง GFRP ของคานคอนกรีตที่ตำแหน่งระยะหุ้ม 50 มม. เปรียบเทียบอุณหภูมิวิกฤติของแท่ง GFRP ที่อุณหภูมิ 300°C โดยทำการสร้างแบบจำลองแบบ 2 มิติ โดยกำหนดไฟเข้าทั้งหมด 4 สำหรับการวิเคราะห์อุณหภูมิในโปรแกรม ANSYS มีการใช้ความหนาแน่นของคอนกรีตตาม EN1992-1-2 ของคอนกรีตอุณหภูมิห้องเริ่มต้นคือ 20°C ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ISO834

2.2 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิ

จากภาพที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิของแบบจำลองที่ตำแหน่งแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วโดยอุณหภูมิสูงสุดของผลที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับผลการทดสอบ Abbasi และ Hogg(2006) และแบบจำลอง Kodurและคณะ โดยมีอุณหภูมิสูงสุดของผลการทดสอบ Abbasi และ Hogg(2006) และแบบจำลอง Kodurและคณะ คือ 568.1°C และ 519.45°C ตามลำดับและ อุณหภูมิสูงสุดของแบบจำลองคือ 509.3 °C โดยมีอัตราส่วนอุณหภูมิสูงสุดคือ 1.115 และ 1.01 ดังนั้นแบบจำลองมีความเหมาะสมต่อการทำนายอุณหภูมิภายในหน้าตัดคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว



ภาพที่ 1 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ Kodur และคณะ (2013)

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 คุณสมบัติเชิงความร้อนของคอนกรีต

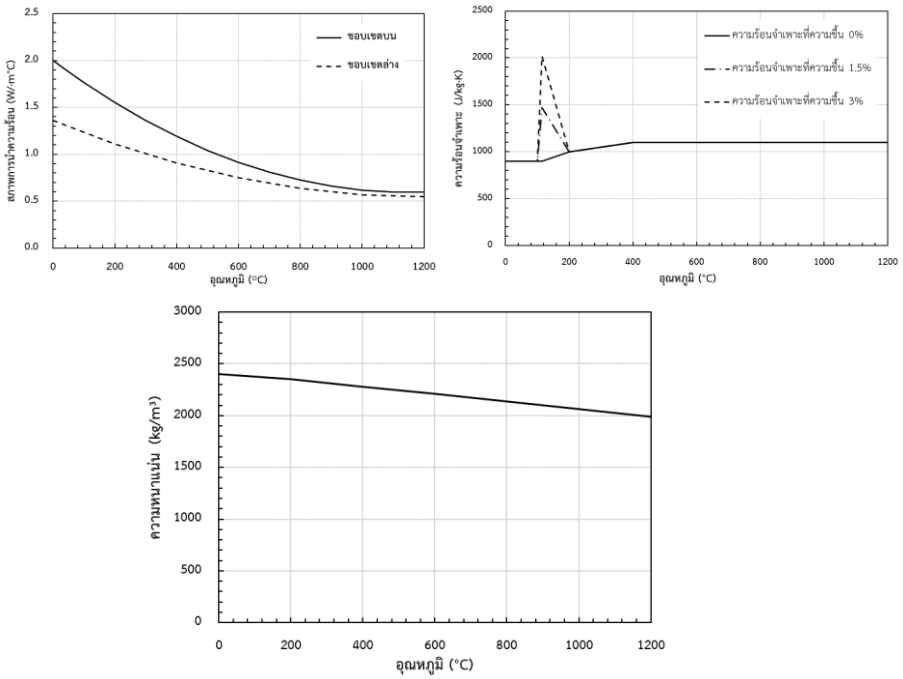
สำหรับการวิเคราะห์นี้จะอ้างอิงคุณสมบัติเชิงความร้อนของคอนกรีตปกติจากมาตรฐาน EN 1992-1-2 ได้แก่ ความร้อนจำเพาะ คุณสมบัติการนำความร้อน และความหนาแน่น ของคอนกรีตที่อยู่ภายใต้อุณหภูมิสูง คุณสมบัติการนำความร้อนของคอนกรีตกำลังปรกติได้มีการนำเสนอให้ใช้ค่าที่อยู่ระหว่างช่วงขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่าง ในช่วงอุณหภูมิ 30-1200°C ดังภาพที่ 2

ความร้อนจำเพาะของคอนกรีตปรกติจะแปรผันตามค่าความชื้นในคอนกรีตและอุณหภูมิ สำหรับคอนกรีตในภาวะแห้ง (ความชื้น 0%) ในช่วงอุณหภูมิ 30-1200°C ได้เสนอดังสมการที่ (1.3) ทั้งนี้การพิจารณาปริมาณความชื้นในคอนกรีตมาตรฐาน EN 1994-1-2 กำหนดให้ใช้ค่าความร้อนจำเพาะ $C_{p,c}^{peak}$ ดังแสดงในตารางที่ 1 ที่ช่วงอุณหภูมิ 100 – 115 ° C และพิจารณาการลดค่าความร้อนจำเพาะแบบเชิงเส้นในช่วงอุณหภูมิ 115 - 200 ° C ดังภาพที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้น (%)	$C_{p,c}^{peak}$ $(J/kg-K)$
0	900
1.5	1470
3	2020

ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตจะมีการแปรผันตามอุณหภูมิโดยมีค่าลดลงเนื่องจากการสูญเสียน้ำภายในของตัวคอนกรีต ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างการนำความร้อน ความร้อนจำเพาะ ความหนาแน่น ของคอนกรีตและอุณหภูมิ

3.2 อัตราการทนไฟ (Fire resistance)

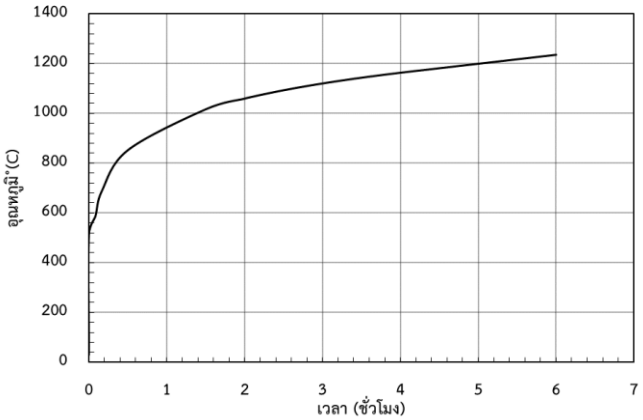
โดยในงานวิจัยนี้การทดสอบอัตราการทนไฟมาตรฐานนั้นใช้อัตราการทนไฟเป็นเวลาที่อุณหภูมิวิกฤติ

(1) อุณหภูมิค่าวิกฤตของเหล็กเสริม คือ 593 °C (ASTM E119)

(2) อุณหภูมิค่าวิกฤตของแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว คือ 300 °C (Kodur และคณะ)

3.3 กราฟไฟสำหรับวิเคราะห์อุณหภูมิ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการทดสอบการหาอัตราการทนไฟอ้างอิงจากกราฟไฟมาตรฐาน ได้แก่ ISO 834 ดังภาพที่ 3



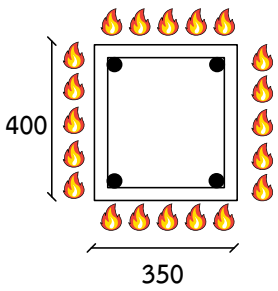
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาตามมาตรฐาน ISO834

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาอัตราการทนไฟคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยด้วยแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ 2 มิติ อย่างง่ายโดยโปรแกรม ANSYSจะได้ค่าของผลกระทบของตัวแปรประกอบไปด้วย สภาพการนำความร้อนที่ขอบเขตบน ขอบเขตล่าง ความร้อนจำเพาะที่ค่าความชื้น 0% 1.5% 3% และระยะหุ้มที่มีผลต่ออัตราการทนไฟภายในหน้าตัด

ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างแบบจำลอง 2 มิติอย่างง่ายด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม ANSYS เพื่อตรวจสอบอัตราการทนไฟภายใต้เกณฑ์อุณหภูมิวิกฤติ 300 °C ของคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วมีความสูง 400 มม. ความกว้าง 350 มม. โดยมีไฟเข้าทั้งหมด 4 ด้านดังภาพที่ 4 ใช้คุณสมบัติของคอนกรีตตาม EN-1992-1-2 สภาพการนำความร้อน ที่ขอบเขตบน ขอบเขตล่าง ความร้อนจำเพาะ ที่ค่าความชื้น 0% 1.5% 3% ความหนาแน่น และที่ระยะหุ้ม 20 30 40 50 60 70 80 90 และ100 (มม.) ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 30 °C ดังตารางที่ 2



ภาพที่ 4 หน้าตัดคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (หน่วย : มม.)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์อัตราการทนไฟคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว

กรณี	ระยะหุ้ม (mm)	สภาพการนำความร้อน	ความร้อนจำเพาะ (ค่าความชื้น)	อัตราการทนไฟ (นาที)	
				อุณหภูมิวิกฤติ GFRP (300°C)	อุณหภูมิวิกฤติ Steel (593°C)
1	50	ขอบเขตบน	0%	58	149
2	50	ขอบเขตล่าง	0%	72	180
3	50	ขอบเขตล่าง	1.50%	76	185
4	50	ขอบเขตล่าง	3%	80	191
5	20	ขอบเขตล่าง	0%	27	-
6	30	ขอบเขตล่าง	0%	40	-
7	40	ขอบเขตล่าง	0%	55	-
8	60	ขอบเขตล่าง	0%	90	-
9	70	ขอบเขตล่าง	0%	111	-
10	80	ขอบเขตล่าง	0%	133	-
11	90	ขอบเขตล่าง	0%	156	-
12	100	ขอบเขตล่าง	0%	181	-

ผลกระทบของสภาพการนำความร้อนที่ขอบเขตบนและขอบเขตล่างกับอัตราการทนไฟ

จากการวิเคราะห์แบบจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS เพื่อเปรียบเทียบค่า สภาพการนำความร้อนที่ขอบเขตบน ขอบเขตล่าง ความร้อนจำเพาะที่ค่าความชื้น 0% และ ระยะหุ้ม 50 มม. ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 30 °C ของคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วที่ขอบเขตบนและขอบเขตล่างมีอัตราการทนไฟ 58 นาที และ 72 นาที คานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ขอบเขตบนและขอบเขตล่างมีอัตราการทนไฟ 149 นาที มีและ 180 นาทีดังภาพที่ 5 ดังนั้นจากการวิเคราะห์แบบจำลองที่สภาพการนำความร้อนที่ขอบเขตล่างมีอัตราการทนไฟมากกว่าที่ขอบเขตบนและที่คานคอนกรีตเสริมเหล็กมีอัตราการทนไฟมากกว่าคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว

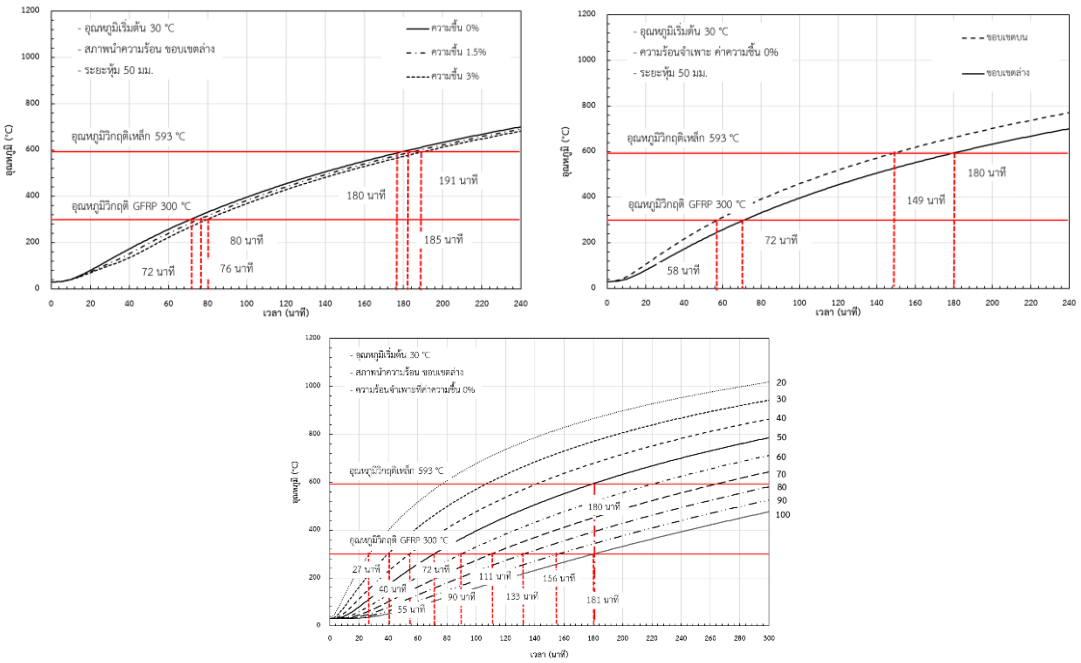
ผลกระทบของความร้อนจำเพาะที่ค่าความชื้นกับอัตราการทนไฟ

จากการวิเคราะห์แบบจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS เพื่อเปรียบเทียบค่า สภาพการนำความร้อนที่ขอบเขตล่าง ความร้อนจำเพาะที่ค่าความชื้น 0% 1.5% 3% ระยะหุ้ม 50 มม. ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 30 °C ของคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วที่ค่าความชื้น 0% 1.5% 3% มีอัตราการทนไฟ 72 นาที 76 นาที และ 80 นาที ตามลำดับ และคานคอนกรีตเสริมเหล็กมีอัตราการทนไฟ 180 นาที 185 นาที และ 191 นาที ตามลำดับดังภาพที่ 6 ดังนั้นจากการวิเคราะห์แบบจำลองที่ความร้อนจำเพาะที่ค่าความชื้น 0% 1.5% 3% มีอัตราการทนไฟที่เพิ่มมากขึ้นตามความชื้นที่เพิ่มมากขึ้น แต่ค่าที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยไม่ส่งผลต่ออัตการ

ทนไฟที่เกิดขึ้น และที่คานคอนกรีตเสริมเหล็กมีอัตราการทนไฟมากกว่าคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว

ผลกระทบของระยะหุ้มกับอัตราการทนไฟ

จากการวิเคราะห์แบบจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS เพื่อเปรียบเทียบค่า สภาพการนำความร้อนที่ขอบเขตล่าง ความร้อนจำเพาะที่ค่าความชื้น 0% และ ระยะหุ้ม 20 30 40 50 60 70 80 90 100 (มม.) ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 30 ℃ ของคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วมีอัตราการทนไฟ 27 นาที 40 นาที 55 นาที 72 นาที 90 นาที 111 นาที 133 นาที 156 นาที และ181 นาที ตามลำดับ คานคอนกรีตเสริมเหล็กมีอัตราการทนไฟที่ 180 นาทีที่ระยะหุ้ม 50 มม.ดังภาพที่ 7 ดังนั้นจากการวิเคราะห์แบบจำลองที่ระยะหุ้มมีอัตราการทนไฟที่เพิ่มมากขึ้นตามระยะหุ้มที่เพิ่มมากขึ้นและที่คานคอนกรีตเสริมเหล็กมีอัตราการทนไฟมากกว่าคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์แสดงอุณหภูมิกับเวลาที่อุณหภูมิ 30 ℃

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เสนอการวิเคราะห์อุณหภูมิจากแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 2 มิติของโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วภายใต้เพลิงไหม้โดยแบบจำลองใช้คุณสมบัติเชิงความร้อนประกอบด้วยสภาพการนำความร้อน ความร้อนจำเพาะ และความหนาแน่นอ้างอิงจากมาตรฐาน EN-1992-1-2อจากการศึกษาพบว่า แบบจำลองโครงสร้างคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วภายใต้เพลิงไหม้มีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับผลการทดสอบในอดีต และจากการวิเคราะห์แบบจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS

เพื่อเปรียบเทียบค่า ที่สภาพการนำความร้อนที่ขอบเขตบน ขอบเขตล่าง ความร้อนจำเพาะที่ค่าความชื้น 0%,1.5%,3%,10% และที่ระยะหุ้ม 20 30 40 50 60 70 80 90 100 (มม.) ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 30 °C ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีดังนี้

1. จากการวิเคราะห์ผลกระทบของสภาพการนำความร้อนที่ขอบเขตบนขอบเขตล่างกับอัตราการทนไฟของแบบจำลองคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วที่ขอบเขตบนมีอัตราการทนไฟมากกว่าที่ขอบเขตบนและที่คานคอนกรีตเสริมเหล็กมีอัตราการทนไฟมากกว่าคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วดังนั้นขอบเขตมีผลเล็กน้อยต่ออัตราการทนไฟ

2. จากการวิเคราะห์ผลกระทบของความร้อนจำเพาะที่ค่าความชื้นกับอัตราการทนไฟของแบบจำลองคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วอัตราการทนไฟที่เพิ่มมากขึ้นตามความชื้นที่เพิ่มมากขึ้น แต่ค่าที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยไม่ส่งผลต่ออัตการทนไฟที่เกิดขึ้น และที่คานคอนกรีตเสริมเหล็กมีอัตราการทนไฟมากกว่าคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วดังนั้นความชื้นไม่มีผลต่ออัตราการทนไฟ

3. จากการวิเคราะห์ผลกระทบของระยะหุ้มกับอัตราการทนไฟของแบบจำลองคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว มีอัตราการทนไฟที่เพิ่มมากขึ้นตามระยะหุ้มที่เพิ่มมากขึ้นโดยค่าของอัตราการทนไฟที่เหมาะสมของคานตามกฎกระทรวงคือ 180 นาที (3 ชั่วโมง)ดังนั้นระยะหุ้มของคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วที่เหมาะสมคือ 100 มม. ซึ่งมากกว่าระยะหุ้มของเหล็กที่ 50 มม. เพราะคานคอนกรีตเสริมเหล็กมีอัตราการทนไฟมากกว่าคานคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วดังนั้นระยะหุ้มมีผลต่ออัตราการทนไฟ

4.

ข้อเสนอแนะ

ควรจะศึกษาโครงสร้างคอนกรีตเสริมแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วเพิ่มเติมเช่น พื้น และเสา เพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

Abbasi, A., and Hogg, P. J. (2004). Fire testing of concrete beams with fibre reinforced plastic rebar. In Advanced Polymer Composites for Structural Applications in Construction (pp. 445-456). Woodhead Publishing.

Eurocode, E. (2004). 2 : Design of concrete structures-part 1-2: general rules-structural fire design. Brussels: European Concrete Platform.

Hawileh, R. A., & Naser, M. Z. (2012). Thermal-stress analysis of RC beams reinforced with GFRP bars. Composites Part B: Engineering, 43(5), 2135-2142.

Kodur, V. K. R., & Bisby, L. A. (2005). Evaluation of fire endurance of concrete slabs reinforced with fiber-reinforced polymer bars. Journal of structural engineering, 131(1), 34-43.

Rafi, M. M., Nadjai, A., & Ali, F. (2007). Fire resistance of carbon FRP reinforced-concrete beams. Magazine of Concrete Research, 59(4), 245-255.

Sakashita, M., Masuda, Y., Nakamura, K., Tanano, H., Nishida, I., & Hashimoto, T. (1997). Deflection of continuous fiber reinforced concrete beams subjected to loaded heating. In Third International Symposium on Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures (Vol. 2, pp. 51-58).

Yu, B., and Kodur, V. K. R. (2013). Factors governing the fire response of concrete beams reinforced with FRP rebars. Composite Structures, 100, 257-269.

กฎกระทรวงฉบับที่ 60 พุทธศักราช 2549 ที่ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พุทธศักราช 2522 (2549,กรกฎาคม 5).ราชกิจจานุเบกษา หน้า 1-5

ธัญวัฒน์ โพธิศิริ.(2558). การออกแบบโครงสร้างเพื่อความปลอดภัยด้านอัคคีภัย

ทิพวรรณ โหละสุต (บรรณาธิการ),การออกแบบโครงสร้างเพื่อความปลอดภัยด้านอัคคีภัย(2)(หน้า9-87). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เศกสิทธิ์ เทียนทองนุกูล, 2557; การวิเคราะห์การดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเผาไฟเสริม กำลังด้วยแผ่นพอลิเมอร์เส้นใย