ISSN 3027-6357 (Print)
ISSN 3027-6365 (Online)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Homepage : *http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj*
ปีที่ 32 ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม-สิงหาคม 2567) หน้า [98-108]

การพัฒนากำลังดึงของของคอนกรีตโดยใช้เส้นใยพลาสติกรีไซเคิล

Use of Recycled Plastic Waste Fiber to Improve the Tensile Strength of Concrete

สิริชัย เพชร์รุ่ง, เซาฟีร์ ดือราแม*, อภิวิชญ์ ทองรักษา, อภัย เบ็ญจพงศ์
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ กรุงเทพมหานคร 10120
Sirichai Pethrung, Saofee Dueramae*, Apiwish Thongraksa, Apai Benchaphong
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Krungthep, Bangkok 10120

Received 11 January 2024; Received in revised 2 April 2024; Accepted 19 April 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เส้นใยพลาสติกรีไซเคิลเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต โดยใช้เส้นใยสังเคราะห์จากการรีไซเคิลพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มม. มีความยาว 30 และ 60 มม. และใช้ในปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1.0 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ศึกษาสมบัติเชิงกลด้านกำลังรับแรงอัดที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ส่วนกำลังรับแรงดึงแบบผ่าซีกทำการทดสอบที่อายุ 7 และ 28 วัน เปรียบเทียบสมบัติทางกลของคอนกรีตที่ใช้เส้นใยรีไซเคิลและคอนกรีตควบคุมที่ไม่มีการเสริมเส้นใย จากผลการทดสอบพบว่าการใช้เส้นใยในปริมาณร้อยละ 0.5 มีค่ากำลังอัดสูงกว่าร้อยละ 1.0 เล็กน้อยทั้งเส้นใยที่มีความยาว 30 และ 60 มม. ส่วนผลการทดสอบกำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีต พบว่าการใช้เส้นใยพลาสติกรีไซเคิลที่มีความยาว 60 มม. มีค่ากำลังดึงแบบผ่าซีกสูงกว่าการใช้เส้นใยพลาสติกรีไซเคิลที่มีความยาว 30 มม. เมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 0.5 แต่เส้นใยพลาสติกรีไซเคิลที่มีความยาว 30 มม. มีค่ากำลังดึงแบบผ่าซีกสูงกว่าเส้นใยพลาสติกรีไซเคิลที่มีความยาว 60 มม. เมื่อใช้เส้นใยในปริมาณร้อยละ 1.0 จากผลการทดสอบเห็นได้ชัดเจนว่าคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกรีไซเคิลมีอัตราส่วนร้อยละกำลังดึงผ่าซีกต่อกำลังอัดของคอนกรีตที่สูงกว่าคอนกรีตควบคุม โดยคอนกรีตที่ใช้เส้นใยพลาสติกรีไซเคิลมีร้อยละของกำลังดึงต่อกำลังอัดเท่ากับ 14.2 ถึง 15.5 ในขณะที่คอนกรีตธรรมดามีค่าร้อยละของกำลังดึงต่อกำลังอัดเท่ากับ 11.2 ถึง 11.5

คำสำคัญ: เส้นใยพลาสติดรีไซเคิล; กำลังอัด; กำลังดึง; คอนกรีตเสริมเส้นใย

***ผู้รับผิดชอบบทความ:** saofee.d@mail.rmutk.ac.th

Science32-N4.indd 98 8/8/2567 BE 15:03

Abstract

This research aims to study the effect of recycled plastic fibers as fiber reinforcement in concrete. The recycled plastic fibers were made from polypropylene type (PP), with a diameter of 1 mm and length of 30 and 60 mm, used at rates of 0.5 and 1.0% by weight of cement. The mechanical properties in terms of compressive strength were tested at 7, 14 and 28 days. The splitting tensile strength was also investigated at 7 and 28 days to compare the mechanical properties of concrete mixed with recycled plastic fibers and normal concrete without fiber reinforcement. The test result found that the use of recycled plastic fibers at 0.5% by weight of cement had slightly higher compressive strength than that of 1% by weight, for both fiber length of 30 mm and 60 mm. For the tensile strength of concrete, it was indicated that using recycled plastic fibers at a length of 60 mm enhanced splitting tensile strength better than at 30 mm at 0.5% by weight, while the splitting tensile strength of concrete using recycled plastic fibers at a length of 30 mm was better than at 60 mm at 1% by weight. The result clearly showed that the ratio of splitting tensile strength to compressive strength of recycled plastic fiber concrete was higher than that of conventional concrete. Recycled plastic fiber concrete had a ratio of tensile strength to compressive strength of 14.2 to 15.5, while conventional concrete had a ratio of tensile strength to compressive strength of 11.2 to 11.5.

Keyword: Recycled plastic fibers; Compressive strength; Tensile strength; Fiber reinforced concrete

Science32-N4.indd 99 8/8/2567 BE 15:03

1. บทนำ

คอนกรีตเป็นวัสดุพื้นฐานหลักที่ใช้ในงานก่อสร้างโดยทั่วไป เนื่องจากมีความแข็งแรง ทนทาน สะดวกในด้านการใช้งาน สามารถกำหนดขนาดรูปร่างได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน อีกทั้งยังมีความเหมาะสมทางด้านราคา คอนกรีตเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการรับกำลังอัดที่สูง แต่เป็นที่ทราบกันดีว่าคอนกรีตจัดเป็นวัสดุที่มีความเปราะ มีความสามารถในการยืดต่ำ สามารถรับแรงดึงได้น้อย หรือกล่าวคือ สามารถรับกำลังดึงต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติด้านกำลังอัด โดยการรับกำลังดึงของคอนกรีตโดยทั่ว ๆ ไปจะมีค่าประมาณร้อยละ 7 ถึง 11 ของกำลังอัดเท่านั้น [1] อย่างไรก็ตามเพื่อพัฒนาศักยภาพในการรับแรงดึงของคอนกรีต ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเส้นใยชนิดต่าง ๆ มาใช้สำหรับเสริมกำลังของคอนกรีต เพื่อให้คอนกรีตมีความเหนียวและเพิ่มประสิทธิภาพในการรับแรงดึงได้มากขึ้น ซึ่งเส้นใยจะถูกใช้ผสมกับส่วนผสมของคอนกรีตและกระจายอยู่ภายในโครงสร้างของเนื้อซีเมนต์เพสต์ กลายเป็นวัสดุคอมโพสิทที่เรียกว่า คอนกรีตเสริมเส้นใย ซึ่งเส้นใยดังกล่าวที่อยู่ภายในเนื้อคอนกรีตจะช่วยยึดรั้งโครงสร้างคอนกรีตเมื่อมีแรงดึงเกิดขึ้นภายในโครงสร้าง โดยอาศัยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวของเส้นใยและเนื้อซีเมนต์เพสต์ ทำให้คอนกรีตมีความสามารถในการรับแรงดึงได้สูงขึ้นและทำให้คอนกรีตมีความเหนียวมากขึ้น [2] เส้นใยที่ถูกใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีตมีหลายประเภท เช่น เส้นใยประเภทเหล็ก (Steel fiber) เส้นใยแก้ว (Glass fiber) และเส้นใยพลาสติก (Plastic fiber) เป็นต้น [3-5] จากงานวิจัยที่ผ่านมา [2-5] พบว่าการเส้นใยชนิดต่าง ๆ ส่งผลต่อสมบัติของคอนกรีตที่เปลี่ยนไป โดยเฉพาะในด้านการพัฒนากำลังดึงของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพด้านการรับกำลังดึงของคอนกรีตเมื่อมีการใส่เส้นใยลงในส่วนผสมขึ้นอยู่กับทั้งชนิดของเส้นใย ความยาวและปริมาณในการใช้งาน

อย่างไรก็ตามแม้การใช้เส้นใยในการเสริมกำลังของคอนกรีตทำให้ประสิทธิภาพในการรับกำลังดึงเพิ่มขึ้น แต่การผลิตคอนกรีตก็ต้องมีค่าใช้จ่ายที่มากขึ้น จากมูลค่าของเส้นใยที่ใช้สำหรับผลิตคอนกรีตเสริมเส้นใยที่ใช้กันตามท้องตลาดมีราคาสูง หากสามารถพัฒนาวัสดุอื่น ๆ ที่มีมูลค่าต่ำหรือได้จากวัสดุรีไซเคิลจะสามารถลดต้นทุนของการผลิตคอนกรีตเสริมเส้นใยลงได้ เช่น สายรัดพลาสติกเหลือทิ้ง ซึ่งผลิตจากพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene) โดยสายรัดพลาสติกดังกล่าวเป็นวัสดุที่สามารถรับแรงดึงได้สูง มีความยืดหยุ่นพอสมควร อาจมีศักยภาพและนำมาประยุกต์ใช้เป็นเส้นใยสำหรับผลิตคอนกรีตได้ หากนำมาประยุกต์ใช้เป็นเส้นใยสำหรับผสมคอนกรีตได้นอกจากจะเป็นการลดต้นทุนในการผลิตคอนกรีตเสริมเส้นใยลง ยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์และเป็นการลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากขยะพลาสติก งานวิจัยนี้จึงนำสายรัดพลาสติกเหลือทิ้งมาดัดแปลงเป็นเส้นใยสำหรับใช้ในงานคอนกรีต โดยทำการศึกษาผลความยาวและปริมาณของเส้นใยที่ทำจากสายรัดพลาสติกรีไซเคิลสำหรับใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต โดยใช้เส้นใยที่มีความยาวประมาณ 30 มิลลิเมตร และ 60 มิลลิเมตร และแทนที่ในปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ทำการทดสอบสมบัติทางกลของคอนกรีตในด้านการรับกำลังอัดและการรับกำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีตเปรียบเทียบกับคอนกรีตทั่วไปที่ไม่มีการผสมเส้นใย

2. วิธีการศึกษา

2.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้เส้นใยที่ทำจากการรีไซเคิลจากสายรัดพลาสติกเหลือทิ้ง ชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene strap) โดยนำมาทำให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร และมีความยาวประมาณ 30 มิลลิเมตร และ 60 มิลลิเมตร ซึ่งเส้นใยที่ได้มีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นกลม ผิวที่มีความขรุขระ โดยลักษณะของเส้นใยที่ใช้ในการศึกษานี้แสดงดัง Table 1 และ Figure 1

Science32-N4.indd 100 8/8/2567 BE 15:03

Table 1 Fiber Characteristics

Name	Material	Shape	Length (mm.)	Section	Diameter (mm.)	Aspect Ratio
PF30	PP-Plastic		30	Circle	1	30
PF60	PP-Plastic		60	Circle	1	60

Figure 1 Recycle plastic fiber.

2.2 ส่วนผสมคอนกรีต

อัตราส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัยแสดงดังตารางที่ 2 โดยส่วนผสมของคอนกรีตใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ มวลรวมหยาบ (หินปูนย่อย) และมวลรวมละเอียด (ทรายแม่น้ำ) ในอัตราส่วนที่เท่ากันทุกส่วนผสม ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.55 คอนกรีตที่ศึกษามีส่วนผสมของเส้นใยจากการรีไซเคิลสายรัดพลาสติกที่มีความยาว 30 มิลลิเมตร และ 60 มิลลิเมตร (คอนกรีต CPF30 และ CPF60) และผสมในอัตราส่วนผสมร้อยละ 0.5 และ 1 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ เปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุม (CT) ที่ไม่มีเส้นใยในส่วนผสม

2.3 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 39 [6] โดยใช้ตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ทำการทดสอบที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน โดยแต่ละอายุการทดสอบใช้ตัวอย่างคอนกรีต 3 ตัวอย่างเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.4 การทดสอบกำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีต

การทดสอบดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีตทำการทดสอบที่อายุ 7 และ 28 วัน ทดสอบมาตรฐาน ASTM C 496 [7] ซึ่งใช้ตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร โดย

Science32-N4.indd 101 8/8/2567 BE 15:03

Table 2 Mix proportion of concrete

Samples	Mix Proportion (kg/m^3)					W/C Ratio
	OPC	Natural sand	Lime stone	Recycle plastic fiber	Water	
CT	355	718	1095	0	195	0.55
CPF30-0.5	355	718	1095	1.78	195	0.55
CPF30-1	355	718	1095	3.55	195	0.55
CPF60-0.5	355	718	1095	1.78	195	0.55
CPF60-1	355	718	1095	3.55	195	0.55

การทดสอบจะวางคอนกรีตแนวนอนเพื่อรับแรงกดตามแกน แรงอัดที่ส่งผ่านทำให้เกิดแรงดึงขึ้นซึ่งเกือบคงที่ตลอดหน้าตัด จากนั้นนำมาคำนวณหาค่ากำลังรับแรงดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีต ดังสมการที่ (1)

$$SP = \frac{2P}{\pi dL} \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้

SP = กำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีต (ksc)

P = แรงกดสูงสุด (kg)

d = เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)

L = ความยาว (cm)

3. ผลการทดสอบ

3.1 กำลังอัดของคอนกรีต

ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตแสดงดัง Table 3 ผลการทดสอบพบว่า คอนกรีตควบคุม (CT concrete) มีค่ากำลังอัด เท่ากับ 245.2, 311.5, 344.5 กก/ซม^2 ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ ในขณะที่คอนกรีตกลุ่มที่มีการเสริมด้วยเส้นใยพลาสติกรีไซเคิลสามารถรับกำลังอัดได้ดีกว่าคอนกรีตควบคุมที่ไม่มีการเสริมด้วยเส้นใย โดยที่อายุ 7 วัน กลุ่มของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของเส้นใย (CPF concrete) มีค่ากำลังอัดอยู่ระหว่าง 301.2-319.7 กก/ซม^2 จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 301.2-319.7 กก/ซม^2 และ 341.2-344.7 กก/ซม^2 ที่อายุ 14 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ ผลของการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตแสดงดัง Figure 2 จากผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตเห็นได้ว่าการใช้เส้นใยพลาสติกรีไซเคิล ส่งผลให้คอนกรีตมีความสามารถรับกำลังอัดของคอนกรีตได้ดีขึ้นโดยเฉพาะในช่วงอายุต้นได้ดีหากเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมด้วยเส้นใย เนื่องจากเส้นใยที่อยู่ภายในคอนกรีตสามารถกระจายแรงเค้นและทำให้กระบวนการขยายตัวของรอยร้าวมีความช้าลงในขณะรับแรงอัด ส่งผลให้คอนกรีตมีกำลังอัดเพิ่มขึ้น [8] ผลการทดสอบมีแนวโน้มเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Anandan, S. and Alsubih, M. [9] ที่พบว่าการเพิ่มเส้นใยชนิดพลาสติกลงในส่วนผสมคอนกรีตส่งผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น โดยขณะคอนกรีตรับกำลังอัด คอนกรีตทั่วไปที่ไม่มีการเสริมเส้นใยจะเกิดการวิบัติแบบทันทีทันใดแสดงให้เห็นถึงความเปราะของคอนกรีต ต่างจากคอนกรีตที่มีการเสริมด้วยเส้นใย ซึ่งจะมีการยึดรั้งของเส้นใยกับซีเมนต์เพสต์ทำให้สามารถกระจายความเครียดที่เกิดขึ้นภายในคอนกรีตขณะรับกำลังและคอนกรีตจะมีความสามารถในการรับกำลังเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาผลของความยาวของเส้นใยต่อกำลังอัดของคอนกรีต พบว่า การใช้เส้นใยพลาสติกรีไซเคิลใน

Science32-N4.indd 102 8/8/2567 BE 15:03

ปริมาณร้อยละ 0.5 สามารถพัฒนากำลังอัดได้ดีกว่าการใช้ในปริมาณร้อยละ 1.0 เล็กน้อยทั้งเส้นใยที่มีความยาว 30 และ 60 มม. เมื่อเปรียบเทียบผลกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เนื่องจากการเพิ่มเส้นใยในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้คอนกรีตมีความไม่เป็นเนื้อเดียวกันสูงขึ้น โดยเส้นใยอาจแทรกตัวหรือขัดขวางการเชื่อมโยงของโครงสร้างทางจุลภาคจากการทำปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์เมื่อมีอายุมากขึ้น ซึ่งปริมาณของผลผลิตจากปฏิกิริยาไฮเดรชันและการเชื่อมโยงกันของโครงสร้างส่งผลต่อการรับกำลังโดยเฉพาะในด้านกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต [10, 11]

3.2 กำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีต

ผลการทดสอบกำลังดึงแบบผ่าซีกแสดงดัง Table 4 พบว่า กำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีตควบคุมที่ไม่ได้มีการเสริมเส้นใยมีค่าเท่ากับ 28.3 กก/ซม^2 ที่อายุ 7 วัน และมีค่าเท่ากับ 38.8 กก/ซม^2 ที่อายุ 28 วัน สำหรับคอนกรีตที่มีการใช้เส้นใยพลาสติกรีไซเคิลที่มีความยาว 30 มม. มีค่ากำลังดึงแบบผ่าซีกอยู่ระหว่าง 40.2-43.13 กก/ซม^2 ที่อายุ 7 วัน และมีค่าอยู่ระหว่าง 51.9-52.8 กก/ซม^2 ที่อายุ 28 วัน ส่วนคอนกรีตที่มีการใช้เส้นใยพลาสติกรีไซเคิลที่มีความยาว 60 มม. มีค่ากำลังดึงแบบผ่าซีกอยู่ระหว่าง 40.2-40.5 กก/ซม^2 ที่อายุ 7 วัน และมีค่าอยู่

Table 3 Compressive strength of concrete

Samples	Compressive strength (ksc)		
	7 Days	14 Days	28 Days
CT	245.2	311.5	344.5
CPF30-0.5	269.8	311.0	341.8
CPF30-1	298.1	319.7	341.2
CPF60-0.5	290.0	317.3	351.8
CPF60-1	281.8	301.2	344.7

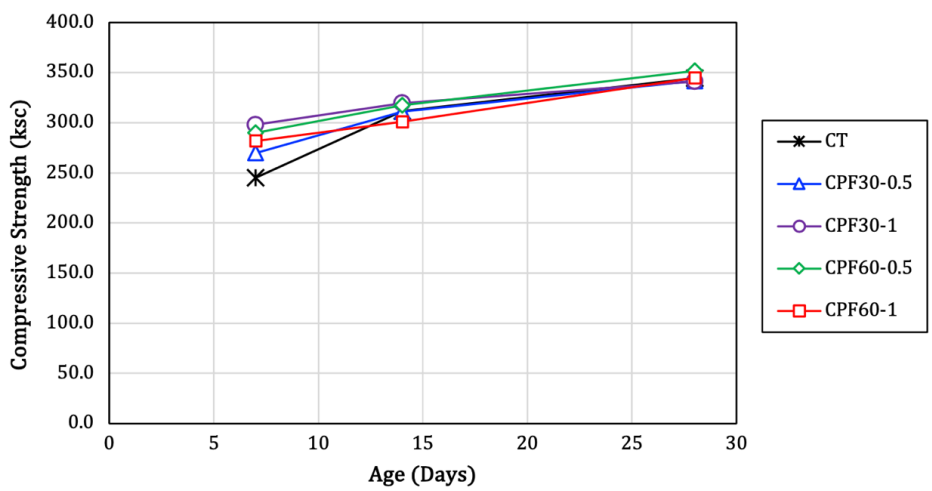

Figure 2 Compressive strength of concrete

Science32-N4.indd 103 8/8/2567 BE 15:03

ระหว่าง 49.0-53.9 ที่อายุ 28 วัน จากผลการทดสอบเห็นได้ชัดเจนว่าการใช้เส้นใยพลาสติกรีไซเคิลเป็นส่วนผสมของคอนกรีตสามารถเพิ่มความสามารถในการรับกำลังดึงของคอนกรีตได้อย่างมาก ทั้งการใช้เส้นใยที่มีความยาว 30 และ 60 มม. โดยสามารถเพิ่มกำลังดึงได้ถึงร้อยละ 126-152 เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังดึงของคอนกรีตทั่วไปที่ไม่มีการเสริมเส้นใย หากพิจารณาผลของความยาวของเส้นใยและปริมาณการใช้เส้นใยในส่วนผสมของคอนกรีต จากผลการทดสอบเห็นได้ว่า การใช้เส้นใยที่มีความยาว 30 มม. ในปริมาณร้อยละ 1 สามารถพัฒนากำลังดึงได้ดีกว่าการใช้เส้นใยในปริมาณร้อยละ 0.5 ในขณะเดียวกันหากใช้เส้นใยที่มีความยาว 60 มม. พบว่าการใช้ในปริมาณร้อยละ 0.5 สามารถพัฒนากำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีตที่ดีกว่าร้อยละ 1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณโดยรวมของเส้นใยในส่วนผสมของคอนกรีตมีผลต่อการพัฒนากำลังดึงของคอนกรีตอย่างมีนัยสำคัญ จากของวิจัย Islam and Ahmed [12] ซึ่งพบว่าการใช้เส้นใยในปริมาณมากเกินไปส่งผลต่อการเกิดช่องว่างหรือรูพรุนภายในโครงสร้างทางจุลภาคของซีเมนต์มากขึ้น ส่งให้คอนกรีตมีความสามารถในการรับกำลังลดลง สอดคล้องการงานวิจัยของ Das, C.S. et. al. [13] การใช้เส้นใยในปริมาณที่มากอาจส่งผลต่อการกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอของเส้นใยภายในเนื้อคอนกรีต ซึ่งการกระจุกตัวกันของเส้นใยภายในเนื้อคอนกรีตทำให้กลายเป็นจุดที่มีความอ่อนแอ ส่งผลให้เกิดรอยร้าวได้ง่ายขึ้นเมื่อรับกำลัง

Table 4 Splitting tensile strength of concrete

Samples	Splitting tensile strength (ksc) – Normalize spitting tensile strength (%)			
	7 Days		28 Days	
CT	28.3	– **100**	38.8	– **100**
CPF30-0.5	40.2	– **142**	51.9	– **134**
CPF30-1	43.1	– **152**	52.8	– **136**
CPF60-0.5	40.5	– **143**	53.9	– **139**
CPF60-1	40.2	– **142**	49.0	– **126**

(a) CT concrete without fiber (b) Concrete with fiber

Figure 3 Failure characteristics of concrete after testing tensile

Science32-N4.indd 104 8/8/2567 BE 15:03

นอกจากนั้นหากสังเกตลักษณะการวิบัติของคอนกรีตเนื่องจากแรงดึงแสดงดัง Figure 3 เห็นได้ว่าคอนกรีตควบคุมมีการวิบัติแบบผ่าซีก โดยตัวอย่างของแท่งคอนกรีตแยกออกจากกันทันทีเมื่อเกิดการวิบัติ เนื่องจากคอนกรีตทั่วไปมีความเปราะ เมื่อมีแรงดึงเกิดขึ้น คอนกรีตจะเกิดร้อยร้าวและมีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้คอนกรีตเกิดการวิบัติแบบผ่าแยกแบบทันทีทันใด ส่วนกลุ่มของคอนกรีตที่มีการเสริมด้วยเส้นใยพลาสติกรีไซเคิล เห็นได้ว่าเส้นใยส่งผลต่อการยึดรั้งกันภายในเนื้อคอนกรีตเมื่อต้องรับแรงดึง และเส้นใยที่อยู่ในส่วนผสมของคอนกรีตช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านการแตกร้าว ส่งผลให้ตัวอย่างไม่เกิดการแยกออกจากกันหลังการวิบัติของตัวอย่างคอนกรีตและทำให้คอนกรีตสามารถรับกำลังดึงประลัยได้สูงขึ้น [14, 15]

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึงแบบผ่าซีกและกำลังอัดของคอนกรีต

จาก Figure 4 แสดงให้เห็นกำลังดึงผ่าซีกและอัตราส่วนของกำลังดึงผ่าซีกต่อกำลังอัดของคอนกรีต จากผลการทดสอบเห็นได้ว่า คอนกรีต CT ที่ไม่มีการผสมเส้นใยมีค่าร้อยละกำลังดึงผ่าซีกต่อกำลังอัดของคอนกรีตเท่ากับร้อยละ 11.5 และ 11.2 ที่อายุ 7 และ 28 วัน ซึ่งผลการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีตทั่วไป คือค่ากำลังดึงผ่าซีกประมาณร้อยละ 10 ของกำลังอัด เนื่องจากโดยทั่วไปคอนกรีตเป็นวัสดุที่ถือเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการรับแรงดึงที่ต่ำ [1, 16] อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มของคอนกรีตที่มีการใช้เส้นใยพลาสติกไซเคิลสามารถพัฒนากำลังดึงของคอนกรีตได้สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีต CT ที่ไม่มีการเสริมเส้นใย ซึ่งคอนกรีตกลุ่มที่มีการใช้เส้นใยสามารถทำให้คอนกรีตมีค่าร้อยละของกำลังดึงผ่าซีกต่อกำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้น โดยร้อยละของกำลังดึงผ่าซีกต่อกำลังอัดของคอนกรีต CPF30-0.5, CPF30-1, CPF0-0.5 และ CPF60-1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 14.9-15.2, 14.4-15.5, 14.0-15.3 และ 14.2-14.2 ตามลำดับ

เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังดึงผ่าซีกและรากที่สองของกำลังอัดคอนกรีตดังแสดงใน Figure 5 พบว่าค่ากำลังดึงผ่าซีกของคอนกรีตควบคุมสามารถทำนายค่าได้โดยใช้สมการ $SP = 3.5901\sqrt{fc} - 27.886$ ขณะที่กลุ่มของคอนกรีตที่มีการแทนที่ด้วยเส้นใยพลาสติกรีไซเคิลมีค่ากำลังรับแรงดึงที่สูงกว่า

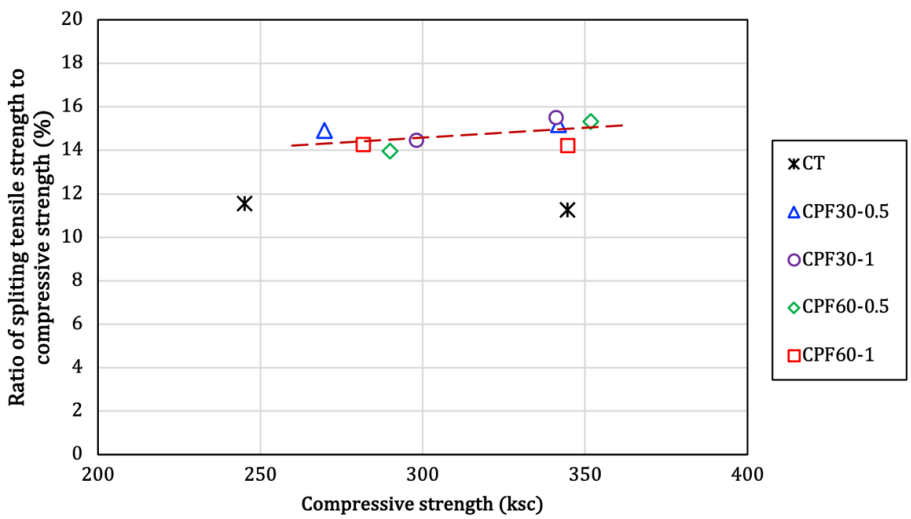

Figure 4 Ratios of splitting tensile strength to compressive strength of concrete

Science32-N4.indd 105 8/8/2567 BE 15:03

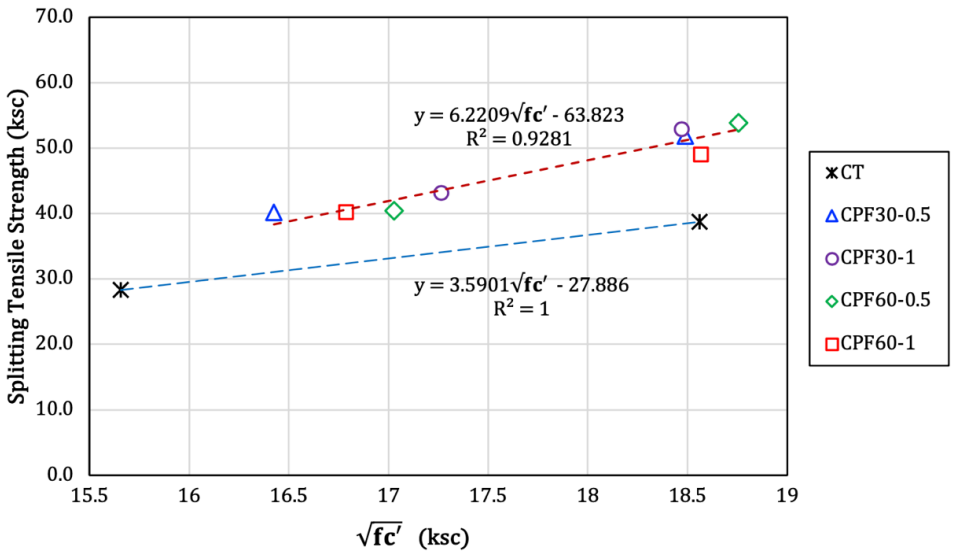

Figure 5 Relationship between square root compressive strength and splitting tensile strength of concrete

คอนกรีตที่ไม่มีเส้นใยในส่วนผสมอย่างเห็นได้ชัด และสามารถทำนายค่าได้โดยใช้สมการ SP = 6.2209$\sqrt{fc}$ - 63.823

4. สรุปผล

4.1 คอนกรีตที่เสริมด้วยเส้นใยพลาสติกรีไซเคิลการใช้เส้นใยที่มีความยาว 30 และ 60 มม. มีค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วัน อยู่ระหว่าง 341.2 ถึง 341.8 กก/ซม^2 และ 344.7 ถึง 351.8 กก/ซม^2 ตามลำดับ ขณะที่คอนกรีตควบคุมมีค่าเท่ากับ 344.5 กก/ซม^2 โดยการใช้เส้นใยในปริมาณร้อยละ 0.5 มีค่ากำลังอัดสูงกว่าร้อยละ 1.0 เล็กน้อยทั้งเส้นใยที่มีความยาว 30 และ 60 มม.

4.2 การใช้เส้นใยพลาสติกรีไซเคิลที่มีความยาว 60 มม มีค่ากำลังดึงแบบผ่าซีกสูงกว่าการใช้เส้นใยพลาสติกรีไซเคิลที่มีความยาว 30 มม เมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 0.5 ในทางกลับกันเมื่อใช้เส้นใยในปริมาณร้อยละ 1.0 เส้นใย พบว่า เส้นใยพลาสติกรีไซเคิลที่มีความยาว 30 มม. มีค่ากำลังดึงแบบผ่าซีกสูงกว่าเส้นใยพลาสติกรีไซเคิลที่มีความยาว 60 มม.

4.3 คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกรีไซเคิลมีอัตราส่วนร้อยละกำลังดึงผ่าซีกต่อกำลังอัดของคอนกรีตที่สูงกว่าคอนกรีตควบคุมที่ไม่มีการเสริมเส้นใย โดยคอนกรีตที่ใช้เส้นใยพลาสติกรีไซเคิลมีร้อยละของกำลังดึงต่อกำลังอัดเท่ากับ 14.2 ถึง 15.5 ในขณะที่คอนกรีตธรรมดามีค่าร้อยละของกำลังดึงต่อกำลังอัดเท่ากับ 11.2 ถึง 11.5

4.4 คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกรีไซเคิลในทุกส่วนผสมมีค่ากำลังดึงที่สูงกว่าคอนกรีตควบคุมที่ไม่มีการเสริมเส้นใย ซึ่งกำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีตแปรผันกับรากที่สองของกำลังอัด โดยสามารถทำนายค่าได้โดยใช้สมการ ST = 6.2209$\sqrt{fc}$ - 63.823, R^2 = 0.9281

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ รวมทั้งสถานที่สำหรับทำการศึกษาวิจัย นอกจากนั้นขอขอบคุณ คุณพิทักษ์ ลับทิพย์ คุณมัทนา

Science32-N4.indd 106 8/8/2567 BE 15:03

ส่งเสริม และคุณอานนท์ ศรีพิบูลย์ สำหรับการเก็บข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้

6. References

[1] Yazici, H., 2008, The effect of silica fume and high-volume Class C fly ash on mechanical properties, chloride penetration and freeze-thaw resistance of self-compacting concrete, Constr. Build. Mater. 22 (4): 456-462.

[2] Alberti, M. G., Enfedaque, A. and Gálvez, J. C., 2014, On the mechanical properties and fracture behavior of polyolefin fiber-reinforced self-compacting concrete. Constr. Build. Mater. 55: 274-288.

[3] Meesala, C. R., 2019, Influence of different types of fiber on the properties of recycled aggregate concrete. Struct. Concr. 20 (5): 1656-1669.

[4] Sukontasukkul, P., Pongsopha, P., Chindaprasirt, P. and Songpiriyakij, S., 2018, Flexural performance and toughness of hybrid steel and polypropylene fibre reinforced geopolymer. Constr. Build. Mater. 161: 37-44.

[5] Gao, D., Gu, Z., Pang, Y. and Yang, L., 2021, Mechanical properties of recycled fine aggregate concrete incorporating different types of fibers, Constr. Build. Mater. 298: 123732.

[6] ASTM C39, 2021, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens (2021), American Society for Testing and Materials.

[7] ASTM C496, 2017 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens, American Society for Testing and Materials.

[8] Guo, S., Zheng, D., Zhao, L., Lu, Q. and Liu, X., 2022, Mechanical test and constitutive model of recycled plastic fiber reinforced recycled concrete, Constr. Build. Mater. 348: 128578.

[9] Anandan, S. and Alsubih, M., 2021, Mechanical strength characterization of plastic fiber reinforced cement concrete composites, Appl. Sci. 11 (2): 852.

[10] Mello, E., Ribellato, C. and Mohame-delhassan, E., 2014, Improving concrete properties with fibers addition, Int. J. Environ. Eng., 8 (3): 249-254.

[11] Arora, A., Yao, Y., Mobasher, B. and Neithalath, N., 2019, Fundamental insights into the compressive and flexural response of binder-and aggregate-optimized ultra-high performance concrete (UHPC), Cem. Concr. Compos., 98: 1-13.

[12] Islam, M. S. and Ahmed, S. J., 2018, Influence of jute fiber on concrete properties, Constr. Build. Mater., 189: 768-776.

[13] Das, C. S., Dey, T., Dandapat, R., Mukharjee, B. B. and Kumar, J., 2018, Performance evaluation of polypropylene fibre reinforced recycled aggregate concrete. Constr. Build. Mater. 189: 649-659.

[14] Pešić, N., Živanović, S., Garcia, R. and Papastergiou, P., 2016, Mechanical

Science32-N4.indd 107 8/8/2567 BE 15:03

properties of concrete reinforced with recycled HDPE plastic fibres, Constr. Build. Mater. 115: 362-370.

[15] Le, A. T. and Le Hoang, A., 2023, Comparisons of flexural, split tensile, double punch, and direct tension tests on high-performance concrete reinforced with different fiber types. Case Stud. Constr. Mater. 19: e02413.

[16] Afroughsabet, V., Biolzi, L. and Ozbakkaloglu, T., 2017, Influence of double hooked-end steel fibers and slag on mechanical and durability properties of high performance recycled aggregate concrete. Compos. Struct., 181: 273-284.

Science32-N4.indd 108 8/8/2567 BE 15:03