คุณสมบัติกำลัง ความต้านทานคลอไรด์และความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติกโลหะ

Strength properties, chloride resistance and surface electrical resistivity of concrete reinforced with metalized plastic fiber

บุษยกานต์ แก้วแก่นฟ้า[1] กนกวรรณ ทองพยุง[2] อัญชนา กิจจานนท์[3] ลีน่า ปรัก[4] ธิดาพร เชื้อสวัสดิ์[5] ทวีชัย สำราญวานิช[6,*]

[1, 2, 3, 5, 6] *ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี*
[4] *ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี*
**Corresponding author; E-mail address: twc@.buu.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้มุ่งศึกษาการใช้ขยะพลาสติกโลหะเป็นเส้นใยในคอนกรีต โดยใช้ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกเป็นวัสดุประสานหลักและใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.40 ทำการศึกษาปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 โดยปริมาตรของคอนกรีต และความยาวเส้นใย 20 mm และ 40 mm โดยที่ความกว้างเส้นใย 2 mm ทำการหล่อตัวอย่างคอนกรีตเพื่อทดสอบกำลังอัด กำลังดึงแบบผ่าซีกและกำลังดัดที่ระยะเวลาบ่มน้ำ 7 28 และ 56 วัน และทดสอบความต้านทานคลอไรด์แบบแพร่ทั้งหมดและความต้านทานไฟฟ้าที่ผิว จากผลการศึกษาพบว่า การใช้เส้นใยพลาสติกโลหะทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดลดลงเมื่อเทียบกับคอนกรีตควบคุมที่ไม่ผสมเส้นใยพลาสติกโลหะ คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 0.5 มีกำลังดึงแบบผ่าซีกและกำลังดัดมากที่สุด ในขณะที่คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0 มีการแทรกซึมคลอไรด์แบบแพร่ทั้งหมดต่ำที่สุดและความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวสูงที่สุด

คำสำคัญ: คอนกรีต, เส้นใยพลาสติกโลหะ, กำลัง, ความต้านทานคลอไรด์, ความต้านทานไฟฟ้าที่ผิว

Abstract

This paper aims to study the use of metalized plastic waste as fiber in concrete. Hydraulic cement was used as the main binder and water to binder ratio of 0.40 was kept for all mixtures. The metalized plastic fiber at contents of 0.5, 1.0 and 1.5% by volume of concrete and the length of fiber of 20 and 40 mm were studied. The width of the fiber was 2 mm. The concrete samples were cast for testing the compressive strength, splitting tensile strength and flexural strength of concrete at 7, 28, and 56 days of water curing time. The bulk chloride diffusion and surface electrical resistivity of concrete were also investigated. From the study, it was found that the use of metalized plastic fiber resulted in a decrease in compressive strength compared to control concrete without metalized plastic fiber. Concrete with metalized plastic fiber at a content of 0.5% had the highest splitting tensile strength and flexural strength. While, concrete with metalized plastic fiber at a content of 1.0% had the lowest chloride penetration and the highest surface electrical resistivity.

Keywords: concrete, metalized plastic fiber, strength, chloride resistance, surface electrical resistivity

1. บทนำ

คอนกรีตเป็นวัสดุที่นิยมใช้ในงานก่อสร้างมากที่สุดเนื่องจากมีคุณสมบัติเชิงกลที่สำคัญคือสามารถรับกำลังอัดได้ดี ในขณะที่สามารถรับกำลังดึงได้ต่ำมากและมีความเปราะ ดังนั้นหากต้องการเพิ่มกำลังดึงและความเหนียวคอนกรีตจึงมีการเสริมเส้นใย (Fiber) ลงในส่วนผสมคอนกรีต ซึ่งเส้นใยจะช่วยรับแรงดึงและลดการแตกร้าวของคอนกรีตได้ ทั้งนี้ชนิดของเส้นใยที่นิยมใช้ในงานคอนกรีตมากที่สุดคือ เส้นใยเหล็ก (Steel fiber) เนื่องจากมีความแข็งแรงและมีราคาไม่แพง จึงเป็นที่นิยมใช้ โดยเฉพาะการเสริมในพื้นคอนกรีตโรงงานที่ต้องรับน้ำหนักบรรทุกสูงและไม่ต้องการให้เกิดรอยแตกร้าว โดยเส้นใยเหล็กช่วยเพิ่มทั้งกำลังดัดและความเหนียวของคอนกรีตเมื่อเทียบกับคอนกรีตไม่ผสมเส้นใย [1] นอกจากนี้ยังพบว่า คอนกรีตเสริมเหล็กที่ผสมเส้นใยเหล็กมีกำลังดัดสูงกว่าคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ผสมเส้นใยเหล็กภายหลังเผชิญสิ่งแวดล้อมคลอไรด์อีกด้วย [2] สำหรับเส้นใยอาระมิด (Aramid fiber) เป็นเส้นใยสังเคราะห์ที่แข็งแรงและทนต่อความร้อนและการกระแทก มีรายงานวิจัยว่าการใช้เส้นใยอะรามิดสามารถช่วยเพิ่มความต้านทานคลอไรด์และความต้านทานไฟฟ้าของคอนกรีตเมื่อเทียบกับคอนกรีตไม่ผสมเส้นใย [3]

ในปัจจุบันปัญหาขยะพลาสติก (Plastic waste) ถือเป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทย [4-5] หนึ่งในขยะพลาสติกที่เป็นปัญหาก็คือ ขยะพลาสติกประเภท Metalized ซึ่งเป็นฟิล์มพลาสติกที่ผ่านกระบวนการฉาบด้วยโลหะอลูมิเนียม (Aluminum) เพื่อใช้ทำเป็นซองบรรจุภัณฑ์ มีสีสันแวววาว กันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี โดยมีทั้งประเภท Metalized polyethylene terephthalate และ Metalized polypropylene เพื่อในแทนการ Laminated กับ Aluminum foil ของซองขนม (Snack foods) เป็นต้น พลาสติกชนิด Metalized มีคุณสมบัติที่ยืดหยุ่น ทนต่อแรงกระแทกหรือการฉีกขาดได้ดี ทนกรดและด่าง ป้องกันความชื้นได้ ในปัจจุบันเริ่มมีภาคเอกชนในประเทศไทยที่ทำการแปรรูปเศษพลาสติกโลหะ โดยนำมาผสมกับส่วนผสมโพลิเมอร์เพื่อผลิตไม้เทียมสำหรับใช้ทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ รวมทั้งทำเป็นไม้แบบสำหรับในงานก่อสร้างด้วย อย่างไรก็ตามการจัดการขยะพลาสติกในประเทศไทยยังต้องการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ อีก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการนำขยะพลาสติกโลหะมาใช้เป็นเส้นใยเสริมแรงในส่วนผสมคอนกรีต โดยทำการศึกษาคุณสมบัติกำลัง ได้แก่ กำลังอัด กำลังดึงแบบผ่าซีกและกำลังดัด และคุณสมบัติด้านความคงทน ได้แก่ ความต้านทานคลอไรด์และความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีต เพื่อให้ทราบคุณสมบัติพื้นฐานสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้

ใช้ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกประเภท GU (General Use) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2594-2556 [6] เป็นวัสดุประสานหลัก องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์แสดงในตารางที่ 1 ใช้ทรายบกเป็นมวลรวมละเอียดและใช้หินปูนเป็นมวลรวมหยาบ ใช้เศษขยะพลาสติกโลหะ (Metalized plastic waste) ที่ได้จากซองบรรจุภัณฑ์ขนม นำมาตัดทำเป็นเส้นใยพลาสติกโลหะ (Metalized plastic fiber) จำนวน 2 ขนาดคือ เส้นใยขนาดความยาว 20 มิลิเมตร ความกว้าง 2 มิลลิเมตร และเส้นใยขนาดความยาว 40 มิลลิเมตร ความกว้าง 2 มิลลิเมตร รายละเอียดตัวอย่างเส้นใยแสดงในรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ส่วนความหนาของเส้นใยเหมือนกันตามความหนาของซองบรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์

ออกไซด์	ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
SiO_2	13.63
Al_2O_3	2.67
Fe_2O_3	3.31
CaO	66.21
MgO	1.12
Na_2O	0.31
K_2O	0.35
SO_3	1.91
TiO_2	-
P_2O_5	-
LOI	6.78
คุณสมบัติทางกายภาพ	
ความถ่วงจำเพาะ	3.14
พื้นที่ผิวจำเพาะ (m^2/kg)	2,543

รูปที่ 1 เส้นใยพลาสติกโลหะขนาดความยาวและความหนา 20x2 มิลลิเมตร

รูปที่ 2 เส้นใยพลาสติกโลหะขนาดความยาวและความหนา 40x2 มิลลิเมตร

2.2 การเตรียมตัวอย่างคอนกรีต

ทำการผสมคอนกรีตตามส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ดังแสดงในตารางที่ 2 ใช้เส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 โดยปริมาตรของคอนกรีต ทำการหล่อตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 10 x 10 x 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร และตัวอย่างทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ความสูง 20 เซนติเมตร จากนั้นถอดแบบตัวอย่างคอนกรีตภายหลังการผสมและหล่อตัวอย่างแล้ว 1 วัน แล้วทำการบ่มตัวอย่างในน้ำต่อดังรูปที่ 3 จนตัวอย่างมีอายุครบตามที่กำหนด จึงนำตัวอย่างคอนกรีตขึ้นมาทำการทดสอบกำลังอัด กำลังดึงแบบผ่าซีก กำลังดัด และทดสอบความต้านทานคลอไรด์และความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีตต่อไป

รูปที่ 3 การบ่มตัวอย่างคอนกรีต

ตารางที่ 2 ส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้

Mix id.	Mix proportion of concrete (kg/m^3)						
	Binder	Water	Aggregates		Fiber		
	GU		Sand (SSD)	Rock (SSD)	Fiber content (% by volume)	Fiber size (mm x mm)	Weight (kg/m^3)
C-MP0	435	174	776	1,025	0.0	20x2	-
C-MP0.5	435	174	776	1,025	0.5	20x2	4.5
C-MP1	435	174	776	1,025	1.0	20x2	9.4
C-MP1.5	435	174	776	1,025	1.5	20x2	13.6
C-MP1-L40	435	174	776	1,025	1.0	20x2	9.1

หมายเหตุ: ความหมายของสัญลักษณ์มีดังนี้
C คือ คอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกประเภท GU
MPxx คือ การเสริมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ xx โดยปริมาตรของคอนกรีต
Lxx คือ ความยาวเส้นใย xx mm

2.3 วิธีการทดสอบ

2.3.1 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

ทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตตามมาตรฐาน BS EN 1881-116 [7]

2.3.2 การทดสอบกำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีต

ทดสอบกำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C496 [8]

2.3.3 การทดสอบกำลังดัดของคอนกรีต

ทดสอบกำลังดัดของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C78 [9]

2.3.4 การทดสอบการแทรกซึมคลอไรด์แบบแพร่ทั้งหมด

ทดสอบการแทรกซึมคลอไรด์แบบแพร่ทั้งหมดตาม ASTM C1556 [10] โดยนำตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกที่บ่มตัวอย่างในน้ำจนตัวอย่างมีอายุ 27 วัน ขึ้นมา ทำการเคลือบผิวหน้าที่ด้านล่างและด้านข้างของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกด้วยอีพ็อกซี่ ทิ้งไว้ให้อีพ็อกซี่แห้งและแข็งตัว จากนั้นนำตัวอย่างคอนกรีตไปแช่ในสารละลายเกลือคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5.0 เป็นระยะเวลา 28 วัน จากนั้นนำตัวอย่างไปขึ้นมาตัดจากผิวด้านเปลือยที่ไม่เคลือบอิพ็อกซี่เป็นชิ้น แต่ละชิ้นตัดที่ระยะทุกๆ 1 เซนติเมตร แล้วนำไปบดเป็นผงร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 แล้วทดสอบหาปริมาณคลอไรด์ทั้งหมดในแต่ละชิ้นตามมาตรฐาน ASTM C1152/C1152M-03 [11] ต่อไป

2.3.5 การทดสอบการต้านทานไฟฟ้าที่ผิว

นำตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ความสูง 20 เซนติเมตร ภายหลังบ่มตัวอย่างในน้ำเป็นเวลา 28 และ 56 วัน มาทดสอบความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีตตามมาตรฐาน AASHTO-TP95 [12]

3. ผลการทดลองและอภิปราย

3.1 กำลังอัดของคอนกรีต

3.1.1 ผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะ

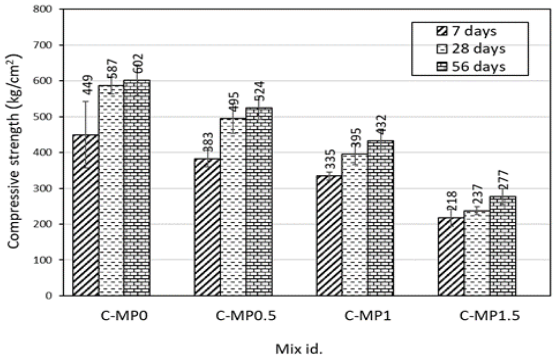
จากรูปที่ 4 แสดงผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะต่อกำลังอัดของคอนกรีตพบว่า กำลังอัดลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะมากขึ้น อาจเนื่องจากการเกิดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตจากการใส่เส้นใยพลาสติกโลหะปริมาณมากขึ้นในส่วนผสม จึงทำให้กำลังอัดกำลังอัดคอนกรีตลดลง [13, 14]

3.1.2 ผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะ

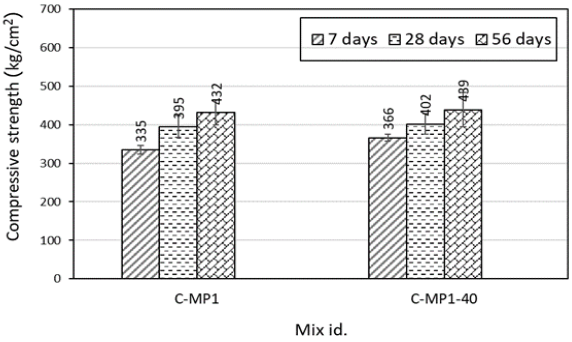
จากรูปที่ 5 แสดงผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะต่อกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้ปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0 เท่ากันพบว่า คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะความยาว 40 mm มีกำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะความยาว 20 mm เนื่องจากเส้นใยพลาสติกโลหะที่มีความยาวมากกว่า มีส่วนช่วยต้านทานการแตกร้าวของคอนกรีตได้มากกว่า และมีพื้นที่ผิวยึดรั้งกับเนื้อคอนกรีตได้มากขึ้นจึงช่วยให้เกิดการกระจายแรงในเนื้อคอนกรีตได้ทั่วถึงมากกว่า [14]

3.1.3 ผลกระทบของระยะเวลาบ่มน้ำ

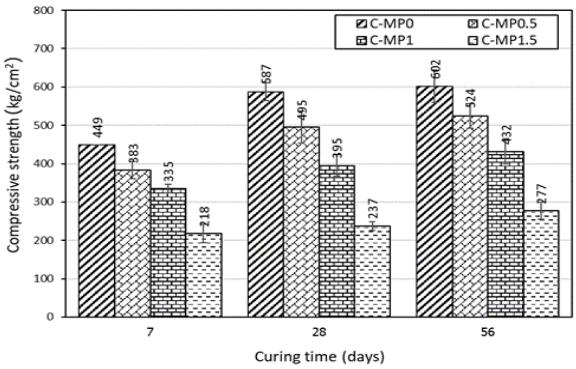
จากรูปที่ 6 แสดงผลกระทบของระยะเวลาบ่มน้ำที่ 7 28 และ 56 วัน ต่อกำลังอัดของคอนกรีตพบว่า กำลังอัดของคอนกรีตที่ไม่ผสมเส้นใยพลาสติกโลหะและคอนกรีตที่ผสมเส้นใยพลาสติกโลหะมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มน้ำนานขึ้น เนื่องจากระยะเวลาการบ่มน้ำเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการทำปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (อาจจากทั้งปฏิกิริยาไฮเดรชั่นและปฏิกิริยาปอซโซลานิก) เพิ่มขึ้นทำให้มีค่ากำลังอัดสูงขึ้นตามระยะเวลาการบ่มน้ำที่นานขึ้น และพบว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเส้นใยพลาสติกโลหะมีกำลังอัดมากที่สุดทุกระยะเวลาบ่มน้ำ



รูปที่ 4 ผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะต่อกำลังอัดของคอนกรีต



รูปที่ 5 ผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะต่อกำลังอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0



รูปที่ 6 ผลกระทบของระยะเวลาการบ่มน้ำต่อกำลังอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะ

3.2 กำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีต

3.2.1 ผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะ

จากรูปที่ 7 แสดงผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะต่อกำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีตพบว่า คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 0.5 มีค่ากำลังดึงแบบผ่าซีกมากที่สุด เนื่องจากเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 0.5 ช่วยรับแรงดึงในคอนกรีตได้และไม่ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเส้นใยกับเนื้อคอนกรีตมากเกินไป จึงรับกำลังดึงได้มากกว่าที่ปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะอื่น [14]

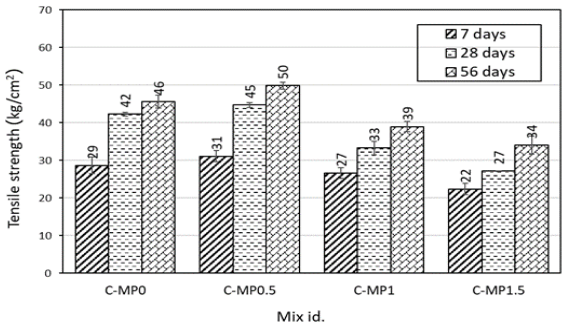
3.2.2 ผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะ

จากรูปที่ 8 แสดงผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะต่อกำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีตที่ใช้ปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0 เท่ากันพบว่า คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะที่ความยาว 40 mm มีกำลังดึงแบบผ่าซีก

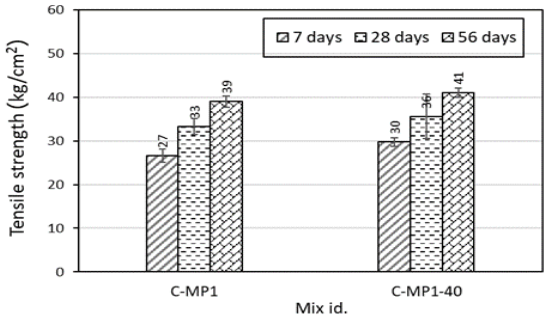
มากกว่าคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะที่ความยาว 20 mm เนื่องจากคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะที่ความยาว 40 mm มีพื้นที่ผิวยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและเนื้อคอนกรีตมากกว่าความยาว 20 mm จึงส่งผลทำให้มีกำลังดึงแบบผ่าซีกมากกว่า [13, 14]

3.2.3 ผลกระทบของระยะเวลาบ่มน้ำ

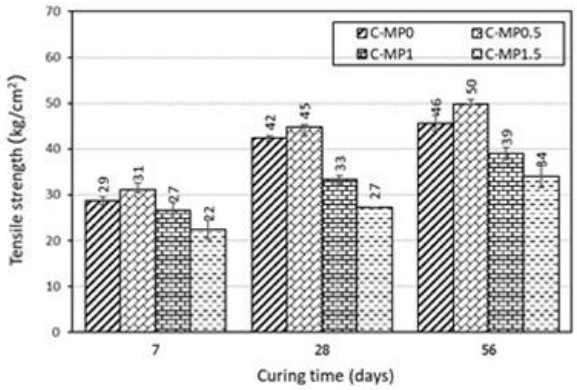
จากรูปที่ 9 แสดงผลกระทบของระยะเวลาบ่มน้ำที่ 7 28 และ 56 วัน ต่อกำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีตพบว่า กำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีตที่ไม่ผสมเส้นใยพลาสติกโลหะและคอนกรีตที่ผสมเส้นใยพลาสติกโลหะมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มน้ำนานขึ้น เนื่องจากระยะเวลาการบ่มน้ำเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการทำปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกเพิ่มขึ้น ทำให้มีกำลังดึงแบบผ่าซีกสูงขึ้น และพบว่าคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 0.5 มีกำลังดึงแบบผ่าซีกมากที่สุดทุกระยะเวลาบ่มน้ำ



รูปที่ 7 ผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะต่อกำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีต



รูปที่ 8 ผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะต่อกำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0



รูปที่ 9 ผลกระทบของระยะเวลาการบ่มน้ำต่อกำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีต

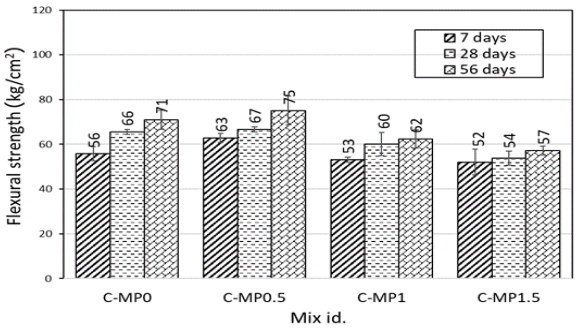
3.3 กำลังดัดของคอนกรีต

3.3.1 ผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะ

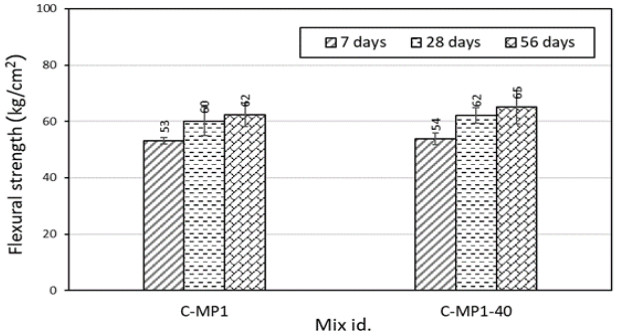
จากรูปที่ 10 แสดงผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะต่อกำลังดัดของคอนกรีตพบว่า คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 0.5 มีค่ากำลังดัดมากที่สุด เนื่องจากเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 0.5 ช่วยยึดรั้งรอยแตกร้าวขนาดเล็กตรงบริเวณด้านล่างคานที่รับแรงดึงได้ดีและไม่ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเส้นใยกับเนื้อคอนกรีตมากเกินไป จึงช่วยเพิ่มกำลังดัดและการดูดซับพลังงานของคานมากกว่าที่ปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะอื่น โดยเมื่อปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะมากขึ้นทำให้ค่ากำลังดัดลดลง อาจเนื่องจากเกิดช่องว่างระว่างเส้นใยพลาสติกโลหะกับเนื้อคอนกรีต [14]

3.3.2 ผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะ

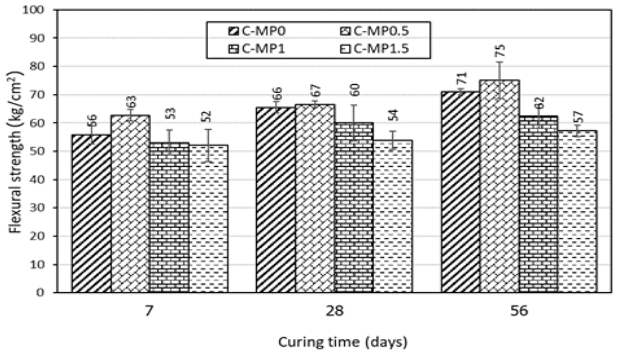
จากรูปที่ 11 แสดงผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะต่อกำลังดัดของคอนกรีตที่ใช้ปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1 เท่ากันพบว่า คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะความยาว 40 mm มีกำลังดัดสูงกว่าคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะความยาว 20 mm เนื่องจากคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะที่ความยาว 40 mm มีความสามารถยึดประสานรอยแตกร้าวคอนกรีตได้มากกว่าความยาว 20 mm จึงส่งผลทำให้มีกำลังดัดมากกว่า [14]



รูปที่ 10 ผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะต่อกำลังดัดของคอนกรีต



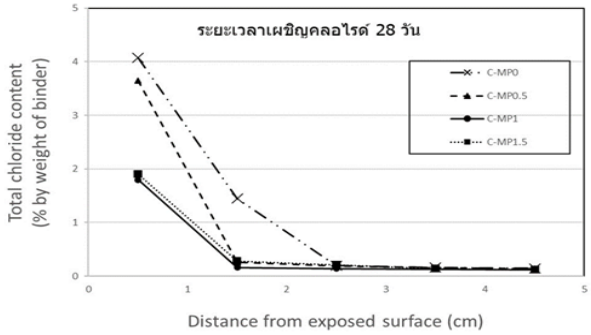
รูปที่ 11 ผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะต่อกำลังดัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0



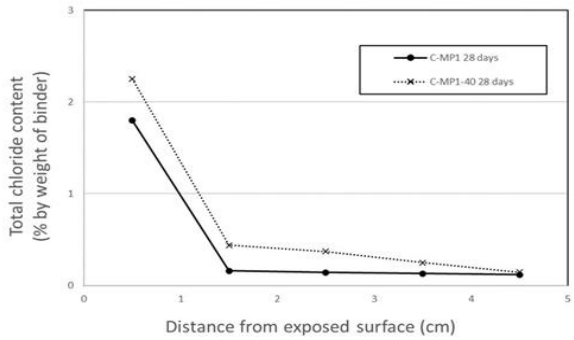
รูปที่ 12 ผลกระทบของระยะเวลาการบ่มน้ำต่อกำลังดัดของคอนกรีต

3.3.3 ผลกระทบของระยะเวลาบ่มน้ำ

จากรูปที่ 12 แสดงผลกระทบของระยะเวลาบ่มน้ำที่ 7 28 และ 56 วัน ต่อกำลังดัดของคอนกรีตพบว่า กำลังดัดของคอนกรีตที่ไม่ผสมเส้นใยพลาสติกโลหะและคอนกรีตที่ผสมเส้นใยพลาสติกโลหะมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มน้ำนานขึ้น เนื่องจากระยะเวลาการบ่มน้ำเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการทำปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกเพิ่มขึ้น ทำให้มีค่ากำลังดัดสูงขึ้น และพบว่าคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 0.5 มีกำลังดึงแบบผ่าซีกมากที่สุดที่ทุกระยะเวลาบ่มน้ำ



รูปที่ 13 ผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะต่อการแทรกซึมคลอไรด์แบบแพร่ทั้งหมดของคอนกรีต



รูปที่ 14 ผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะต่อการแทรกซึมคลอไรด์แบบแพร่ทั้งหมดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0

3.4 การแทรกซึมคลอไรด์แบบแพร่ทั้งหมดของคอนกรีต

3.4.1 ผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะ

จากรูปที่ 13 แสดงผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะต่อการแทรกซึมคลอไรด์ในคอนกรีตพบว่า การผสมเส้นใยพลาสติกโลหะทำให้การแทรกซึมคลอไรด์ในคอนกรีตลดลงเมื่อเทียบกับคอนกรีตควบคุมซึ่งไม่ผสมเส้นใยพลาสติกโลหะ และการแทรกซึมคลอไรด์มีค่าน้อยที่สุดในคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0 อาจเนื่องจาก ทำให้โพรงช่องว่างในคอนกรีตมีน้อยลง ทำให้การแพร่ของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีตได้ยากขึ้น

3.4.2 ผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะ

จากรูปที่ 14 แสดงผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะต่อการแทรกซึมคลอไรด์ของคอนกรีตที่ใช้ปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0 เท่ากันพบว่า การใช้เส้นใยพลาสติกโลหะความยาว 20 mm มีการแทรกซึมคลอไรด์น้อยกว่าที่ความยาว 40 mm อาจเนื่องเส้นใยความยาว 20 mm ช่วยลดโพรงช่องว่างได้ดีกว่าเส้นใยความยาว 40 mm ทำให้เกิดการแพร่ของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีตได้น้อยลง

3.5 ความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีต

3.5.1 ผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะ

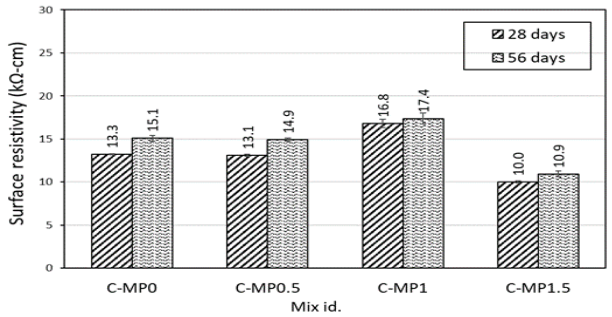
จากรูปที่ 15 แสดงผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะต่อความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีตพบว่า คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะที่ร้อยละ 1.0 มีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวมากที่สุด อาจเนื่องจากคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0 ทำให้โพรงช่องว่างในคอนกรีตมีน้อยที่สุด

3.5.2 ผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะ

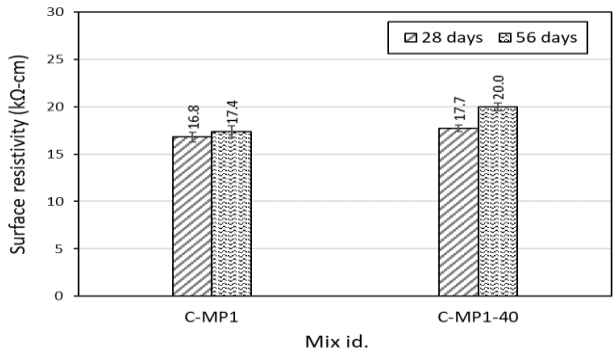
จากรูปที่ 16 แสดงผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะต่อความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีตที่ใช้ปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0 เท่ากันพบว่า ความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะที่มีความยาว 20 mm มีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวมากกว่าความยาว 40 mm อาจเนื่องเส้นใยความยาว 20 mm ช่วยลดโพรงช่องว่างได้ดีกว่าเส้นใยความยาว 40 mm

3.5.3 ผลกระทบของระยะเวลาบ่มน้ำ

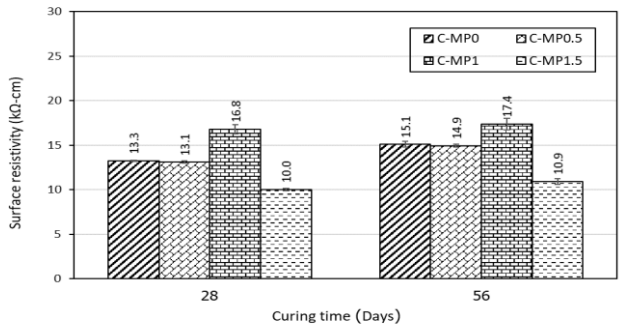
จากรูปที่ 17 แสดงผลกระทบของระยะเวลาบ่มน้ำที่ 7 28 และ 56 วัน ต่อความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีตพบว่า ความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีตที่ไม่ผสมเส้นใยพลาสติกโลหะและคอนกรีตที่ผสมเส้นใยพลาสติกโลหะมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มน้ำนานขึ้น เนื่องจากระยะเวลาการบ่มน้ำเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการทำปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกเพิ่มขึ้น ทำให้มีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวสูงขึ้น และพบว่าคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0 มีความต้านทานไฟฟ้ามากที่สุดที่ทุกระยะเวลาบ่มน้ำ



รูปที่ 15 ผลกระทบของปริมาณเส้นใยพลาสติกโลหะต่อความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีต



รูปที่ 16 ผลกระทบของความยาวเส้นใยพลาสติกโลหะต่อความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0



รูปที่ 17 ผลกระทบของระยะเวลาการบ่มน้ำต่อความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะ

4. สรุปผล

จากผลการศึกษาผลกระทบของเส้นใยพลาสติกโลหะต่อกำลังอัด กำลังดึงแบบผ่าซีก กำลังดัด ความต้านทานคลอไรด์และความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีต สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะมีกำลังอัดลดลงเมื่อเทียบกับคอนกรีตควบคุมที่ไม่ผสมเส้นใยพลาสติกโลหะ แต่คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 0.5 มีกำลังดึงแบบผ่าซีกและกำลังดัดมากที่สุด
2. คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะความยาว 40 mm มีกำลังอัด กำลังดึงแบบผ่าซีกและกำลังดัดมากกว่าคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะความยาว 20 mm
3. คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะร้อยละ 1.0 มีการแทรกซึมคลอไรด์แบบแพร่ทั้งหมดต่ำที่สุดและความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีตมากที่สุด
4. คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะความยาว 40 mm มีการแทรกซึมคลอไรด์แบบแพร่ทั้งหมดน้อยกว่าและความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวมากกว่าคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโลหะความยาว 20 mm

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนการวิจัย จากมหาวิทยาลัยบูรพา “ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ พ.ศ.2565 งบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.)” เลขที่สัญญา ววน 8/2565 และขอขอบคุณหน่วยวิจัยเทคโนโลยีการก่อสร้างและบำรุงรักษาบูรพา (BCONTEC) และศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการก่อสร้างและการจัดการจราจร (CONTRA) มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้การสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ทวีชัย สำราญวานิช สุรสิทธิ์ หมั่นวิชา และอภินันท์ ภูชัน. (2550). พฤติกรรมและวิธีการคำนวณกำลังรับแรงดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ผสมเส้นใย. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ., 30(2), 345-362.

[2] ทวีชัย สำราญวานิช และลีน่า ปรัก. (2564). กำลังดัดและความคงทนของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ผสมเส้นใยเหล็กภายใต้การเผชิญสิ่งแวดล้อมคลอไรด์แบบวัฏจักรเปียกสลับแห้ง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี, 19(2), 33-42.

[3] มานัส พัดจันทร์หอม และทวีชัย สำราญวานิช. (2564). ความต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ ความต้านทานไฟฟ้าและสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเส้นใยอะรามิด. วารสารวิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 32(3), 51-62.

[4] กรมควบคุมมลพิษ. แผนปฏิบัติการด้านการจัดการขยะพลาสติก ระยะที่ 1 (พ.ศ.2563 – 2565) [Online]. 2564. แหล่งที่มา: https://www.pcd.go.th/publication/15038/ [16 ธันวาคม 2564]

[5] กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. มาเรียนรู้ขยะทะเล มหันตภัยร้ายในทะเลไทย ตอนที่ 1 [Online]. 2562. แหล่งที่มา: https://www.dmcr.go.th/detailAll/35501/nws/141 [16 มิถุนายน 2564]

[6] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2594-2556, ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก.

[7] BS EN 1881- 116, Method for determination of compressive strength of concrete cubes.

[8] ASTM C496, Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens.

[9] ASTM C78, Standard test method for flexural strength of concrete (Using simple beam with third-point loading).

[10] ASTM C1556, Standard test method for determining the apparent chloride diffusion coefficient of cementitious mixtures by bulk diffusion.

[11] ASTM C1152/C1152M-03, Standard test method for acid-soluble chloride in mortar and concrete.

[12] AASHTO- TP95, Standard method of test for surface resistivity indication of concrete’s ability to resist chloride ion penetration.

[13] Bhogayata, A. C. and Arora, N. K. (2017). Impact strength, permeability and chemical resistance of concrete reinforced with metalized plastic waste fibers. *Construction and Building Materials*, 161(10), 254-266.

[14] Mohammadhosseini, H., Tahir, M.M. & Sam, A.R.M. (2018). The feasibility of improving impact resistance and strength properties of sustainable concrete composites by adding waste metalized plastic fibres. *Construction and Building Materials*, 169(30), 223-236.