

คอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง

จริญญา เจริญเนตรกุล¹ ประชุม คำพุด^{2*} เปรมณัช ชุมพร้อม¹ และอรุณ ลูกจันทร์¹
charoon.c@rmutsv.ac.th¹, prachoom_k@rmutt.ac.th^{2*}, premmanat.c@rmutsv.ac.th¹,
arun.l@rmutsv.ac.th¹

¹ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

² หน่วยวิจัยวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received: December 16, 2023 Revised: March 2, 2024 Accepted: April 22, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรงมาผสมเป็นมวลรวมหยาบในการผลิตคอนกรีตพูน เปรียบเทียบสมบัติด้านต่าง ๆ ของคอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรงในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด การไหลผ่านของน้ำ และการซัดสีของคอนกรีต โดยปรับเปลี่ยนปริมาณของซีเมนต์เพสต์ที่เป็นวัสดุเชื่อมประสานที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 40, 42, 44, 46 และ 48 ของน้ำหนักเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง ให้ทราบถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของซีเมนต์เพสต์ทำให้คอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรงมีกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น แต่การซัดสีของคอนกรีต การไหลผ่านของน้ำ มีค่าลดลง พบว่าที่ CB-44 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ผสมซีเมนต์เพสต์ร้อยละ 44 ของน้ำหนักเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรงสามารถรับกำลังอัดได้ 138.47 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่าการไหลผ่านของน้ำอยู่ที่ 1.03 เซนติเมตรต่อวินาที และการซัดสีของคอนกรีตเพียง 5.00 กรัม มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานคอนกรีตพูนกับโครงการที่เป็นลานจอดรถยนต์ส่วนบุคคลได้

คำสำคัญ: คอนกรีตพูน เศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง การไหลผ่านของน้ำ การซัดสีของคอนกรีต

Porous Concrete Mixed with Crumbs of Prestressed Concrete Pile

Charoon Charoennetkul¹, Prachoom Khamput^{2*}, Premmanat Chumprom¹ and Arun Lukjan¹
charoon.c@rmutsv.ac.th¹, prachoom_k@rmutt.ac.th^{2*}, premmanat.c@rmutsv.ac.th¹,
arun.l@rmutsv.ac.th¹

¹ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya

² Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received: December 16, 2023 Revised: March 2, 2024 Accepted: April 22, 2024

Abstract

The purpose of this project is to study the use of crumbs of prestressed concrete pile to mix into coarse aggregates in the production of porous concrete to compare various properties by modifying the volume of cement paste that was binding materials in the ratio of 40, 42, 44, 46 and 48 percent of the prestressed pile weight to know the suitable ratio for use. The result of the properties of porous concrete mixed with crumbs of prestressed pile is a coarse aggregate material was found that when the volume of cement paste was increased get porous concrete mixed with crumbs of prestressed pile has compression was increased but the attrition of concrete and water flow was decreased which found that CB-44, which is the ratio of cement paste 44 percent of the weight of prestressed concrete pile and able to handle a maximum compressive strength of 138.47 kilograms per square centimeter. The water flow test is 1.03 centimeters per second and the resulting test of attrition of concrete was 5.00 grams. Suitable for use in perforated concrete projects that are private car parks.

Keywords: Porous concrete, Crumbs of prestressed concrete pile, Water flow, Attrition of concrete

1. บทนำ

คอนกรีตพรุน (Porous Concrete) คือ คอนกรีตมวลเบาชนิดหนึ่งที่มีลักษณะพิเศษจากคอนกรีตทั่วไป คือภายในเนื้อคอนกรีต มีรูพรุนและโพรงที่ต่อเนื่องปริมาณมาก ซึ่งยอมให้อากาศหรือน้ำไหลผ่านได้ คอนกรีตพรุนมีน้ำหนักที่เบาและกำลังต่ำกว่าคอนกรีตทั่วไป ในต่างประเทศ เช่น อังกฤษ อเมริกา และญี่ปุ่น มีการนำคอนกรีตพรุน มาใช้งานก่อสร้างมากกว่า 40 ปี [1] ลักษณะทั่วไปของคอนกรีตพรุนคือ คอนกรีตที่ไม่มีมวลรวมละเอียด หรือมีในปริมาณเล็กน้อย จะอยู่ในส่วนผสมของเพสต์ โดยเพสต์นี้จะทำหน้าที่เชื่อมประสานมวลรวมหยาบ เข้าไว้ด้วยกัน ดังนั้นคอนกรีตพรุนจึงประกอบด้วย 3 ส่วน โดยส่วนแรกคือ มวลรวมหยาบที่มีขนาดไม่ต่อเนื่อง (Open Grade) หรือขนาดเดียว (Single Grade) ได้แก่ หิน กรวด มวลรวมรีไซเคิล หรือวัสดุอื่น ๆ มีปริมาณร้อยละ 60-70 โดยปริมาตร ส่วนที่สอง คือส่วนที่เป็นเพสต์ทำหน้าที่เป็นวัสดุเชื่อมประสานมวลรวมหยาบเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วยปูนซีเมนต์ และน้ำเป็นหลัก แต่อาจมีส่วนผสมเพิ่ม เช่น สารลดน้ำพิเศษ สารผสมเพิ่ม (Admixture) หรือวัสดุผสมเพิ่ม (Additive) เข้าไปเล็กน้อย คอนกรีตพรุน มีปริมาณเพสต์ 15-25 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร และส่วนสุดท้าย คือโพรงช่องว่าง (Pore Size) ของคอนกรีตพรุนที่ยอมให้น้ำไหลผ่านได้

จากงานวิจัย บล็อกปูถนนคอนกรีตพรุน พบว่าการใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 หรือ ร้อยละ 22 โดยน้ำหนักหิน และส่วนผสมที่มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) 0.40 ซีเมนต์เพสต์จะเคลือบผิวมวลรวมได้ดี เหมาะที่นำมาผลิตขึ้นรูปบล็อกปูถนนคอนกรีตพรุน [2] ในส่วนของการศึกษาบล็อกคอนกรีตพรุนที่มีส่วนผสมของซีเมนต์ น้ำ หินกรวด และกะลาปาล์ม น้ำมัน พบว่าบล็อกคอนกรีตพรุนมีกำลังต้านทานแรงอัด อัตราการซึมผ่านของน้ำ และความหนาแน่นตามมาตรฐาน ACI522R-10 โดยค่าการนำความร้อนและความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของกะลาปาล์มลดลง ในขณะที่ค่าการดูดซึมน้ำและความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของกะลาปาล์ม [3]

เสาะเข็ม ทำหน้าที่ในถายน้ำหนักของตัวอาคารลงสู่ดิน จากการเก็บข้อมูลปี 2564 พบว่าการจำหน่ายเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรงเฉลี่ยปีละประมาณ 1,036,402 ต้น มีหัวเสาะเข็มที่ถูกตัดทิ้งคิดเป็นร้อยละ 15 – 30 ของจำนวนเสาะเข็มโดยปริมาตร ซึ่งหัวเสาะเข็มที่ถูกตัดทิ้งเหล่านี้ส่วนใหญ่ก็จะถูกฝังกลบในบริเวณก่อสร้าง อาจจะมีผลกระทบต่ออาการชอมแซมหรือต่อเติมอาคารในภายหลัง

คณะวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเศษเสาะเข็มที่เหลือใช้มาประยุกต์ใช้และพัฒนาทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยนำเศษหัวเสาะเข็มที่ถูกตัดทิ้งมาย่อยแล้วผสมกับซีเมนต์เพสต์ ผลิตเป็นคอนกรีตพรุนผสมเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง ทดสอบกำลังรับแรงอัด การไหลผ่านของน้ำ การขัดสีของคอนกรีต เพื่อวิเคราะห์นำไปประยุกต์ใช้กับงานจริงให้เกิดประโยชน์สูงสุด เป็นการนำวัสดุก่อสร้างที่เหลือใช้ ลดการทำลายป่า เป็นการรักษาสีสิ่งแวดล้อมอีกทาง

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษเสาะเข็มมาใช้ในงานคอนกรีตพรุน

2.2 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ กำลังอัด ค่าการไหลผ่าน และการสูญเสียน้ำหนักจากการขัดสีของคอนกรีตพรุน

2.3 เพื่อพิจารณาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

3. วิธีการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเริ่มจาก การออกแบบส่วนผสม การทดสอบคอนกรีตพรุนผสมเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง โดยการนำเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรงผสมกับซีเมนต์เพสต์ในปริมาณร้อยละ 40, 42, 44, 46 และ 48 โดยน้ำหนักของเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง ควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.40 หล่อขึ้นรูปโดยใช้แบบหล่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร นำไปทดสอบกำลังรับแรงอัด การไหลผ่านของน้ำที่อายุ 28 วัน และแบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด

15x15x15 เซนติเมตร นำไปทดสอบการสูญเสีย น้ำหนักจากการขัดสีของคอนกรีต โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

3.1 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตพูน

นำเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรงมาย่อย ร่อน ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 และค้ำงบนตะแกรงเบอร์ 3/8 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และน้ำสะอาด โดยใช้น้ำประปา

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1) ชุดทดสอบการขัดสีของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C 944-99 [4] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชุดทดสอบการขัดสี

2) ชุดทดสอบการไหลผ่านของน้ำ [5] ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชุดทดสอบการไหลผ่านของน้ำ

3) ชุดทดสอบกำลังอัดตามมาตรฐาน ASTM C39 [6] ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องทดสอบกำลังอัด

4) อุปกรณ์อื่น ๆ เช่นเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียด 0.01 กรัม เครื่องมือวัดความยาวที่มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

3.2 ขั้นตอนการศึกษา

3.2.1 อัตราส่วนผสมคอนกรีตพูน

ใช้ในการทดสอบใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 40, 42, 44, 46 และ 48 ของน้ำหนักมวลรวมหยาบ (เศษเสาะเข็มอัดแรง) และควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ร้อยละ 0.40 ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมคอนกรีตพูนสำหรับหล่อคอนกรีตรูปทรงกระบอก

| ส่วนผสม | มวลรวมหยาบ (กรัม) | ปูนซีเมนต์ (กรัม) | น้ำ (กรัม) |
|---------|-------------------|-------------------|------------|
| CB-40 | 19,200 | 7,680 | 3,072 |
| CB-42 | 19,200 | 8,064 | 3,226 |
| CB-44 | 19,200 | 8,448 | 3,379 |
| CB-46 | 19,200 | 8,832 | 3,533 |
| CB-48 | 19,200 | 9,216 | 3,686 |

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมคอนกรีตพูนสำหรับหล่อคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์

| ส่วนผสม | มวลรวมหยาบ (กรัม) | ปูนซีเมนต์ (กรัม) | น้ำ (กรัม) |
|---------|-------------------|-------------------|------------|
| CB-40 | 16,500 | 6,600 | 2,640 |
| CB-42 | 16,500 | 6,930 | 2,772 |
| CB-44 | 16,500 | 7,260 | 2,904 |
| CB-46 | 16,500 | 7,590 | 3,036 |
| CB-48 | 16,500 | 7,920 | 3,168 |

หมายเหตุ : CB คือคอนกรีตพูนผสมเศษเสาะเข็มอัดแรงขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 ค้ำงบนตะแกรงเบอร์ 3/8

3.2.2 หล่อตัวอย่างคอนกรีตพรุน

ใช้เศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรงนำมาย่อย ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 ค้างบนตะแกรงเบอร์ 3/8 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุประสาน ทดสอบหาสมบัติเบื้องต้น และหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม เพื่อนำไปใช้งานจริง ซึ่งมีวิธีหล่อดังนี้

1) นำเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง มาย่อยและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 ค้างบนตะแกรงเบอร์ 3/8 เป็นมวลรวมหยาบ ดังรูปที่ 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และน้ำสะอาดตามอัตราส่วนที่ออกแบบ



รูปที่ 4 เศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง

2) นำเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง ปูนซีเมนต์ และน้ำที่เตรียมไว้ตามอัตราส่วน มาผสมรวมกัน โดยใช้เครื่องผสมคอนกรีต เทส่วนผสมจนเต็มแบบหล่อคอนกรีต กระทบทุบคอนกรีตให้แน่น แล้วใช้เกรียงเหล็กแต่งผิวด้านบนของตัวอย่างคอนกรีตพรุน เพื่อให้ขอบด้านบนของตัวอย่างคอนกรีตพรุนให้เรียบสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 5 บ่มทิ้งไว้ในแบบ 24 ชั่วโมง



รูปที่ 5 เทคอนกรีตพรุนลงในแบบหล่อคอนกรีต

3) หลังจากครบ 24 ชั่วโมง ถอดแบบ หล่อคอนกรีตด้านข้างออกเพื่อนำตัวอย่างคอนกรีตพรุนออกจากแบบหล่อนำแช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน เพื่อรักษาความชื้นของคอนกรีตพรุนให้มีความชื้นมากพอที่จะทำปฏิกิริยาไฮเดรชันกับปูนซีเมนต์

4) เมื่อแช่น้ำคอนกรีตพรุนครบ 7 วัน นำคอนกรีตพรุนมาห่อด้วยฟิล์มยืดเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นในเนื้อคอนกรีตดังรูปที่ 6 แล้วนำมาบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7, 14 และ 28 วัน



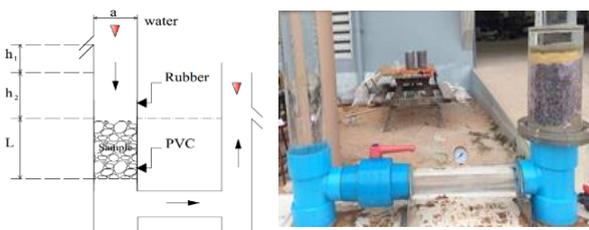
รูปที่ 6 คอนกรีตพรุนที่ห่อด้วยฟิล์ม

3.3.3 การทดสอบสมบัติ

นำตัวอย่างคอนกรีตพรุนมาทดสอบกำลังอัด การไหลผ่านของน้ำ และน้ำหนักรที่สูญเสียดจากการซัดสี โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุน ตามมาตรฐาน ASTM C3. [6] โดยทำการทดสอบที่อายุ 7 วัน 14 วัน และที่อายุ 28 วัน

2) ทดสอบการไหลผ่านของน้ำผ่านคอนกรีตพรุน [5] ตามรูปที่ 7 และคำนวณหาค่าการไหลผ่านของน้ำดังสมการที่ 1



รูปที่ 7 ชุดทดสอบการไหลผ่านของน้ำ

$$k = \left(\frac{aL}{At}\right) \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad (1)$$

โดยที่ k = ค่าการไหลผ่านของน้ำ (เซนติเมตรต่อวินาที)

a = พื้นที่หน้าตัดของท่อเครื่องมือทดสอบ (ตารางเซนติเมตร)

A = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่าง (ตารางเซนติเมตร)

L = ความสูงตัวอย่าง (เซนติเมตร)

t = ระยะเวลาในการทดลอง (วินาที)

h_1, h_2 = ระดับน้ำขึ้นต้นและขั้นสุดท้าย (เซนติเมตร)

3) ทดสอบการขัดสีของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C 944-99 โดยมีชุดทดสอบดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ชุดทดสอบการขัดสีของคอนกรีต

4. ผลและวิจารณ์ผล

จากการศึกษากรรมวิธีการผลิต ออกแบบ ส่วนผสม การทดสอบสมบัติของคอนกรีตพูนแล้ววิเคราะห์การนำไปใช้ประโยชน์ โดยกำหนดให้อัตราส่วนที่ใช้ในการทดสอบมี 5 อัตราส่วน คือ CB-40, CB-42, CB-44, CB-46 และ CB-48 ได้ผลการทดสอบดังนี้

4.1 สมบัติของเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรงที่ผ่านการย่อยใช้เป็นวัสดุทดแทนมวลรวมหยาบ

1) เสาะเข็มขนาด $0.30 \times 0.30 \times 10.00$ เมตร และมีค่ากำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 350 กก./ซม.²

2) ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) มีค่าเท่ากับ 2.36

3) เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (Percent Absorption) มีค่าเท่ากับ 3.61 %

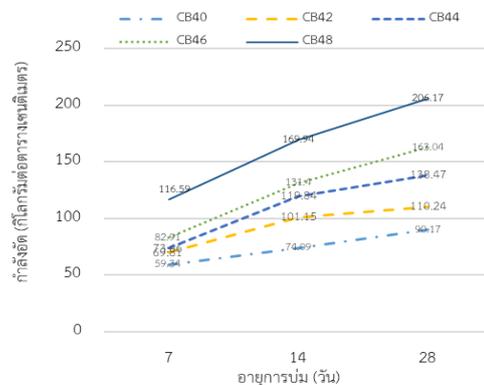
4) โมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) มีค่าเท่ากับ 6.94

5) เปอร์เซ็นต์การสึกกร่อน (Percent Abrasion) มีค่าเท่ากับ 40.01% โดยทดสอบหาค่าความต้านทานการสึกกร่อนด้วยเครื่องทดสอบลอสแอนเจลีส (Abrasion Test by Los Angeles Machine) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการสึกกร่อนตามมาตรฐานของวัสดุมวลรวมหยาบ ที่นำมาเป็นส่วนผสมคอนกรีตพูน ซึ่งกำหนดให้มีค่าการสึกกร่อนไม่เกิน 50% แสดงว่าเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง ที่ได้จากการย่อยเสาะเข็มเป็นมวลรวมหยาบที่ดีในการผลิตคอนกรีต

4.2. ผลการทดสอบสมบัติของคอนกรีตพูนผสมเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง

จากการทดลองนำเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรงมาใช้เป็นมวลรวมหยาบแทนวัสดุธรรมชาติในการผลิตคอนกรีตพูน และนำคอนกรีตพูนผสมเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง มาทดสอบสมบัติ ได้ผลการทดสอบดังนี้

1) กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพูนผสมเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง ที่อายุ 7 14 และ 28 วัน มีผลการทดสอบ ดังรูปที่ 9

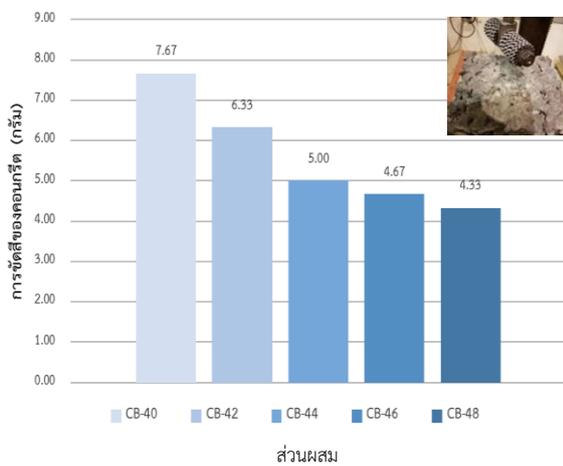


รูปที่ 9 กำลังรับแรงอัดคอนกรีตพูนผสมเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรงที่มีอายุ 7, 14 และ 28 วัน

จากรูปที่ 9 ค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีตพรุนผสมเศษเสาชี้มนคอนกรีตอัดแรง ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน พบว่าค่ากำลังอัดจะเพิ่มขึ้นตามอายุที่มากขึ้น เพราะเมื่อทำการบ่มคอนกรีตในน้ำจะทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องและสมบูรณ์ และเมื่อพิจารณาผลกระทบของปริมาณซีเมนต์ต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุน พบว่าการเพิ่มปริมาณของซีเมนต์ที่มากขึ้นก็จะทำให้กำลังอัดสูงขึ้นด้วย

2) ผลการทดสอบการซัดสีของคอนกรีต

จากผลการทดสอบการซัดสีของคอนกรีตพรุนผสมผสมเศษเสาชี้มนคอนกรีตอัดแรง ที่อายุ 28 วัน มีผลการทดสอบ ดังรูปที่ 10



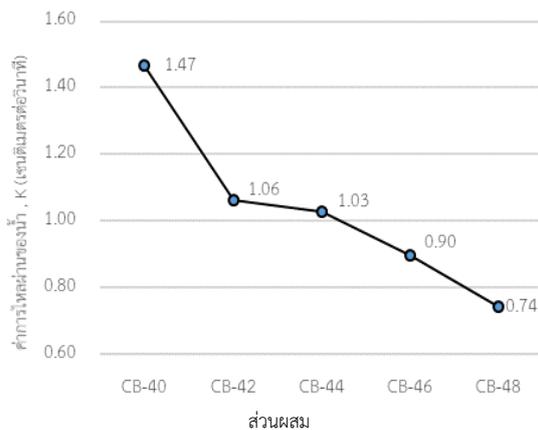
รูปที่ 10 การซัดสีของคอนกรีตพรุนผสมเศษเสาชี้มนคอนกรีตอัดแรง

จากรูปที่ 10 ผลการทดสอบการซัดสีของคอนกรีตพรุนผสมเศษเสาชี้มนคอนกรีตอัดแรง มีค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการซัดสีอยู่ระหว่าง 4.33 – 7.67 กรัม โดยค่าการสูญเสียน้ำหนักจะแปรผันตามปริมาณของซีเมนต์เพสต์ที่ใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสานคือ CB-40, CB-42, CB-44, CB-46 และ CB-48 มีค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการซัดสีเท่ากับ 7.67, 6.33, 5.00, 4.67 และ 4.33 กรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของซีเมนต์เพสต์ จะทำให้คอนกรีตพรุนผสมเศษเสาชี้มนคอนกรีตอัดแรงมีค่าการสูญเสียน้ำหนักจากการซัดสีลดลง เนื่องจากซีเมนต์เพสต์และเศษเสาชี้มนคอนกรีตอัดแรง มีการผสมกันมากขึ้น จากตัวอย่าง

CB-48 ทำให้ทราบว่า น้ำหนักที่สูญเสียจากการซัดสีที่ได้ทำการทดสอบจะเป็นส่วนของซีเมนต์เพสต์ที่มีการหลุดลอกออกไปจากก้อนตัวอย่างคอนกรีตพรุนมากกว่าเศษเสาชี้มนที่เป็นมวลรวมหยาบในก้อนตัวอย่าง ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมซีเมนต์เพสต์ที่ต่างกัน ซีเมนต์เพสต์ที่มีอัตราส่วนผสมต่ำ จะทำให้เศษเสาชี้มนคอนกรีตอัดแรงที่เป็นมวลรวมหยาบมีการหลุดลอกออกมากกว่าส่วนที่เป็นซีเมนต์เพสต์

3) ผลการไหลผ่านน้ำของคอนกรีตพรุน

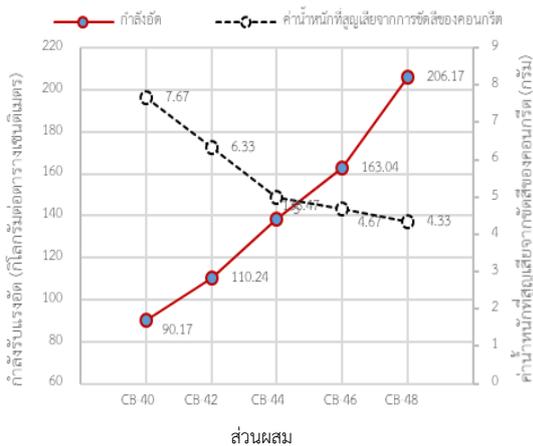
จากผลการทดสอบการไหลผ่านน้ำของคอนกรีตพรุนผสมเศษเสาชี้มนคอนกรีตอัดแรง ที่อายุ 28 วัน แสดงได้ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ค่าการไหลผ่านน้ำของคอนกรีตพรุนผสมเศษเสาชี้มนคอนกรีตอัดแรง

จากรูปที่ 11 ผลการทดสอบการไหลผ่านน้ำของคอนกรีตพรุนผสมเศษเสาชี้มนคอนกรีตอัดแรง มีค่าการไหลผ่านของน้ำอยู่ระหว่าง 0.74 – 1.47 เซนติเมตรต่อวินาที โดยค่าการไหลผ่านของน้ำจะแปรผันตามปริมาณของซีเมนต์เพสต์ที่ใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสาน คือ CB-40, CB-42, CB-44, CB-46 และ CB-48 มีค่าการไหลผ่านของน้ำเท่ากับ 1.47, 1.06, 1.03, 0.90 และ 0.74 เซนติเมตรต่อวินาทีตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณซีเมนต์มากขึ้นจะทำให้คอนกรีตพรุนผสมเศษเสาชี้มนคอนกรีตอัดแรงมีค่าการไหลผ่านของน้ำลดลงเนื่องจากซีเมนต์เพสต์และเศษเสาชี้มนคอนกรีตอัดแรงมีการผสมกันมากขึ้นและทำให้ช่องว่างมีปริมาณน้อยลง

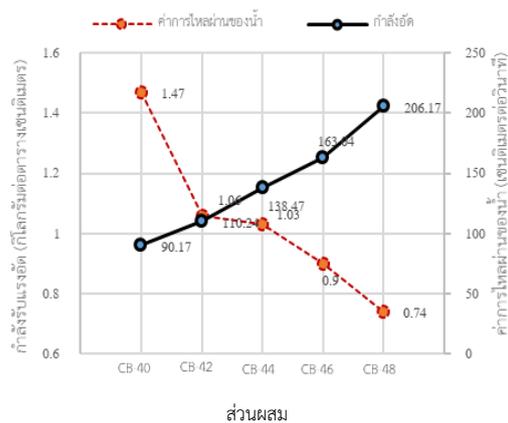
4) การเปรียบเทียบระหว่างค่ากำลังอัดคอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรงและค่าการขีดสีของคอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง จากผลการเปรียบเทียบระหว่างค่ากำลังอัดคอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง ที่อายุ 28 วัน และการขีดสีของคอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง ที่อายุ 28 วัน มีผลการทดสอบ ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดกับค่าการขีดสีของคอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง

จากรูปที่ 12 ผลการเปรียบเทียบระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดและค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขีดสีของคอนกรีตพูน พบว่าเมื่อกำลังรับแรงอัดมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขีดสีของคอนกรีตมีปริมาณลดลงและมีค่าแปรผันตามปริมาณของซีเมนต์เพสต์ที่ใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสานคือ เมื่อปริมาณซีเมนต์เพสต์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มมากขึ้น แต่ค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขีดสีจะมีค่าลดลงตามลำดับ

5) การเปรียบเทียบระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง ที่อายุ 28 วัน และค่าการไหลผ่านของน้ำคอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง ที่อายุ 28 วัน มีผลการทดสอบดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดกับค่าการไหลผ่านของน้ำ

จากรูปที่ 13 ผลการเปรียบเทียบระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดและค่าการไหลผ่านของน้ำของคอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง ที่อายุ 28 วัน พบว่าเมื่อกำลังรับแรงอัดมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการไหลผ่านของน้ำมีปริมาณลดลง และมีค่าแปรผันตามปริมาณของซีเมนต์เพสต์ที่ใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสานคือ เมื่อปริมาณซีเมนต์เพสต์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มมากขึ้นแต่ค่าการไหลผ่านของน้ำจะมีค่าลดลงตามลำดับ

6) การวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้งาน

จากการศึกษาด้านกำลังรับแรงอัด พบว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรงมีค่าแปรผันตามสัดส่วนของซีเมนต์เพสต์ต่อเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง กล่าวคือ ถ้ามีปริมาณซีเมนต์เพสต์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้คอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรงมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงขึ้นเพราะซีเมนต์เพสต์และเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรงผสมกันได้มากขึ้น ในส่วนการขีดสีของคอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง พบว่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขีดสีของคอนกรีต จะมีค่าแปรผันตามสัดส่วน ซีเมนต์เพสต์ต่อเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง กล่าวคือ ถ้ามีปริมาณซีเมนต์เพสต์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้คอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรงมีค่าการสูญเสียน้ำหนักจากการขีดสีลดลง และการไหลผ่านของน้ำของคอนกรีตพูนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง

พบว่าค่าการไหลผ่านของน้ำของคอนกรีตพูนผสมเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง จะมีค่าแปรผันตามสัดส่วนซีเมนต์เพสต์ต่อเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง กล่าวคือ ถ้ามีปริมาณซีเมนต์เพสต์เพิ่มขึ้นจะทำให้คอนกรีตพูนผสมเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง มีค่าการไหลผ่านของน้ำลดลง เนื่องจากซีเมนต์เพสต์และเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรงผสมกันมากขึ้น ทำให้มีช่องว่างระหว่างเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรงลดน้อยลง

จากการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพูนผสมเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง พบว่าตัวอย่างคอนกรีตพูนผสมเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรงที่อายุ 28 วัน ตัวอย่างการทดสอบที่ CB-48 สามารถรับกำลังอัดได้มากที่สุด ถ้าพิจารณาอัตราการสูญเสียน้ำหนักจากการซัดสีของคอนกรีต พบว่าตัวอย่างคอนกรีตพูนผสมเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง ตัวอย่างการทดสอบที่ CB-48 มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด และการไหลผ่านของน้ำของคอนกรีตพูนผสมเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรงพบว่าตัวอย่างคอนกรีตพูนผสมเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง ตัวอย่างการทดสอบที่ CB-40 มีค่าการไหลผ่านของน้ำได้ดีที่สุด

จากผลการทดลองสมบัติเบื้องต้นของคอนกรีตพูนผสมเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรงจะเห็นว่า คอนกรีตพูนผสมเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรงมีค่ากำลังรับแรงอัดที่สูงและค่าต้านทานการซัดสีคอนกรีตมีค่าสูงกว่าคอนกรีตพูนทั่วไป แต่ความสามารถในการไหลผ่านของน้ำค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับคอนกรีตพูนทั่วไป จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในงานที่มีการรับน้ำหนักไม่สูงนัก และระบายน้ำในปริมาณที่ไม่เยอะจนเกินไป เช่น การทำบล็อกทางเดินในสวน พื้นที่สำหรับจัดสวน พื้นที่ซีกข้าง ที่จอดรถยนต์ส่วนบุคคล เมื่อพิจารณาถึงการนำไปใช้งานจริงเพื่อทำเป็นที่จอดรถส่วนบุคคลโดย ACI 522 [1] กล่าวว่าคอนกรีตพูนโดยทั่วไปไม่มีค่าอัตราการไหลผ่านของน้ำอยู่ระหว่าง 0.14-1.22 ซม./วินาที มีกำลังอัดอยู่ระหว่าง 30-307กก./ซม.² และจากพื้นคอนกรีตพูนของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด [7] ได้ให้ค่ากำลังอัดสำหรับพื้นที่หล่อด้วยคอนกรีตพูนคือ 140 กก./ซม.² (ทรงกระบอก) ซึ่งพบว่าที่ CB-44 ที่อายุการบ่ม 28 วัน มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยคือ 138.47 กก./ซม.²

เป็นค่าที่เหมาะสมในการนำไปใช้งาน มีค่าการไหลผ่านของน้ำ 1.03 ซม./วินาที และค่าการซัดสีของคอนกรีต 5 กรัม ที่ไม่เลือก CB-48 ซึ่งมีค่ากำลังอัดสูงถึง 206.17 กก./ซม.² แต่มีค่าการไหลผ่านของน้ำ 0.74 ซม./วินาที ซึ่งถือว่าน้อย จากการสรุปผลการทดสอบที่ได้ จึงเลือก CB-44 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้งานจริง และได้นำอัตราส่วน CB-44 ทำการก่อสร้างที่จอดรถ ทดลองการใช้งานจริง ทดสอบการไหลผ่านของน้ำของที่จอดรถส่วนบุคคล พบว่าสามารถใช้ได้จริงตามที่สรุปไว้ ดังรูปที่ 14, 15 อีกทั้งเมื่อวิเคราะห์จากคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตพูนผสมเศษเสาะเข็มคอนกรีตอัดแรง พบว่ายังสามารถนำไปใช้กับงานถนนที่การจราจรไม่หนาแน่นมาก พื้นสนามเทนนิส ดาดผิวดคลองระบายน้ำ คอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่ไม่ต้องการให้น้ำขัง เป็นต้น นอกจากนี้ความพูนในเนื้อคอนกรีตยังช่วยเพิ่มการดูดซับเสียง ระบายความร้อนได้ดี จึงถือได้ว่าคอนกรีตพูนเป็นคอนกรีตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 14 พื้นคอนกรีตทั่วไปและพื้นคอนกรีตพูน



รูปที่ 15 แปลงทดลองใช้งานจริง

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาทดลองผลิตคอนกรีตพรุนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

5.1 เศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง สามารถนำมาใช้เป็นมวลรวมหยาบในการผลิตคอนกรีตพรุนได้ ทำให้คอนกรีตพรุนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง มีคุณสมบัติสามารถรับแรงอัดได้ดีเมื่อเทียบกับคอนกรีตพรุนทั่วไป และค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขัดสีคอนกรีตมีค่าต่ำ แสดงให้เห็นว่ามีความทนต่อการเกิดการขัดสีของวัสดุ แต่ค่าการไหลผ่านของน้ำมีค่าค่อนข้างต่ำ เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในงานที่ไม่ต้องการรับน้ำหนักมากเท่าคอนกรีตทั่วไป เช่น การทำที่จอดรถส่วนบุคคล เป็นต้น

5.2 คอนกรีตพรุนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง มีสมบัติในการรับกำลังอัดได้สูงกว่าคอนกรีตพรุนทั่วไป เพราะเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง มีช่องว่างภายในน้อย และมีความสามารถในการรับกำลังอัดสูง

5.3 คอนกรีตพรุนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง จะมีค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขัดสีของคอนกรีตน้อยเมื่อเทียบกับคอนกรีตพรุนทั่วไป ซึ่งค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขัดสีของคอนกรีตจะมีค่าลดลงสัมพันธ์กับปริมาณซีเมนต์เพสต์ที่เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อมีการเพิ่มปริมาณซีเมนต์เพสต์ทำให้ช่องว่างในก้อนตัวอย่างลดลงและซีเมนต์เพสต์ผสมกับเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรงมากขึ้น

5.4 คอนกรีตพรุนผสมเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง จะมีการไหลผ่านของน้ำได้ต่ำกว่าคอนกรีตพรุนทั่วไป เนื่องจากเศษเส้าเข็มคอนกรีตอัดแรง มีช่องว่างภายในน้อยและมีคุณสมบัติดูดซึมน้ำน้อยจึงทำให้มีโพรงช่องว่างในก้อนตัวอย่างน้อยกว่าคอนกรีตพรุนทั่วไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และหน่วยวิจัยวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] American Concrete Institute (ACI). ACI 522R-10: Report on Pervious Concrete. ACI Manual of Concrete Practice. Detroit, USA. 2010.
- [2] Hirun, Y.et al. Porous concrete paving block. In Annual Concrete 4. 2009, Ubon Ratchathani: Thailand Concrete Association. 13-18. (in Thai)
- [3] Chuamuangphan T.et al. Development of Permeable Pavement Concrete Block from Gravel and Oil Palm Shells. Journal of Creative environment diagnosis Faculty of Architecture Khon Kaen University 2022;21(1):69-82. (in Thai)
- [4] American Society for Testing and Materials, (ASTM). ASTM C944, Standard Test Method for Abrasion Resistance of Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method.
- [5] Study on the hydraulic conductivity by constant and falling head methods for pervious concrete [Internet]. 2015 [cited 2022 Apr. 16]. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S198341952015000300002>.
- [6] American Society for Testing and Materials, (ASTM). ASTM C39, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- [7] CPAC Porous Concrete [Internet]. 2020 [cited 2024 Feb. 28]. Available from: <https://www.cpacacademy.com/index.php?tpid=0145>.