

คอนกรีตบล็อกแบบถอดประกอบที่มีส่วนผสมของผงถ่านที่ได้จากการเผาไม้กระถินณรงค์

Modular Concrete Blocks Incorporating Charcoal Powder Derived from Leucaena Wood

วีระศักดิ์ ละอองจันทร์¹, สุขุม ลิปิเลิศ¹, กุลยา สาริชีวิน¹ และ สมพิศ ตันตวรนาท^{1,*}

Werasak Raongjant, Sukhom Lipiloet, Kullaya Saricheewin and Sompit Tantavoranart

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

¹ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering

Rajamangala University of Technology Thanyaburi

* E-mail: sompit.ta@en.mutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักแบบถอดประกอบที่มีส่วนผสมของผงถ่านซึ่งเป็นการใช้ผงถ่านที่เกิดจากการเผาไม้กระถินณรงค์ สำหรับการดูดซับสิ่งปนเปื้อนจากน้ำผิวดินที่มีการปนเปื้อนน้ำเสีย เนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานที่กำหนดไว้อย่างชัดเจนสำหรับขนาดบล็อกที่ใช้ จึงใช้การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.58-2560 เป็นเกณฑ์มาตรฐาน โดยอัตราส่วนผสมอ้างอิงของคอนกรีตบล็อก คือ ปูนซีเมนต์ : หิน : น้ำ เท่ากับ 1 : 0.5 : 1 โดยน้ำหนัก และนำถ่านที่ร่อนแล้วมาเป็นส่วนผสมเพิ่มเติมในอัตราส่วนต่าง ๆ ได้แก่ 0.10 0.125 0.15 0.20 และ 0.25 ต่อน้ำหนักปูนซีเมนต์ การขึ้นรูปตัวอย่างทำเป็นรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร เพื่อทดสอบหาค่าความต้านแรงอัด ความหนาแน่น ค่าการดูดกลืนน้ำ ผลการทดสอบพบว่าทั้ง 5 อัตราส่วน มีค่าความต้านทานแรงอัดอยู่ระหว่าง 5.19-8.57 เมกะพาสคัล หลังจากนั้นนำมาขึ้นรูปเป็นคอนกรีตบล็อกแบบถอดประกอบ ขนาด 15 x 25 x 10 เซนติเมตร นำไปแช่น้ำเพื่อดูดซับสิ่งสกปรกจากน้ำเสียเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าซีโอดี (Chemical oxygen demand, COD) และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total dissolved solids, TDS) ผลการทดลองพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 7.54-8.10 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ส่วนซีโอดี และของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าคอนกรีตบล็อกแบบถอดประกอบที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์มีน้ำหนักเบา และสามารถดูดซับสิ่งปนเปื้อนในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาคอนกรีตบล็อกต่อไปได้

คำสำคัญ: กำลังรับแรงอัด การดูดซับสิ่งปนเปื้อนจากน้ำเสีย ค่าซีโอดี ค่าของแข็งละลายน้ำ

Abstract

This research focuses on the development of non-load-bearing modular concrete blocks incorporating charcoal powder derived from the combustion of *Leucaena* wood for the adsorption of contaminants from surface water polluted by wastewater. Due to the lack of specific standards for the block dimensions used, the study applies the properties testing of non-load-bearing concrete blocks based on the Thai Industrial Standard TIS 58-2560 as a reference guideline. The reference mix ratio of the concrete blocks is cement: sand: water at 1:0.5:1 by weight. The sieved charcoal was added as an additional component in varying proportions of 0.10, 0.125, 0.15, 0.20, and 0.25 by weight of cement. Samples were molded into cubes of 5 x 5 x 5 cm to test for compressive strength, density, and water absorption. The test results showed that the compressive strength for all five proportions ranged between 5.19 and 8.57 MPa. Subsequently, the concrete was formed into modular concrete blocks with dimensions of 15 x 25 x 10 cm, which were immersed in water for 7 days to adsorb impurities from wastewater. The pH, Chemical Oxygen Demand (COD), and Total Dissolved Solids (TDS) were analyzed. The results showed that the pH values ranged from 7.54 to 8.10, meeting the surface water quality standards, while the COD and TDS values decreased with increasing proportions of *Leucaena* charcoal powder. Therefore, it can be concluded that the modular concrete blocks incorporating *Leucaena* charcoal powder are lightweight and effective for adsorbing contaminants from water, providing a promising direction for further development of concrete blocks.

Keywords: Compressive Strength, Adsorption of Contaminants from Wastewater, Chemical Oxygen Demand, Total Dissolved Solids

1. บทนำ

ในปัจจุบัน การพัฒนาและเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจอย่างมากในวงการวิศวกรรมศาสตร์ คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความแข็งแรง ทนทาน และสามารถขึ้นรูปเป็นบล็อกที่เหมาะสมกับการก่อสร้างในรูปแบบต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาคอนกรีตบล็อกให้มีคุณสมบัติที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การมีน้ำหนักเบาและสามารถดูดซับมลพิษได้ เป็นความท้าทายที่นักวิจัยพยายามตอบสนองเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม

ไม้กระถินณรงค์ เป็นวัสดุที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากสามารถให้พลังงานความร้อนได้สูง เมื่อนำมาเผาเป็นถ่านจะได้ถ่านที่มีคุณภาพดี มีความแข็งแรง ไม่แตกหักง่าย ปราศจากควัน และติดไฟได้ง่าย ผงถ่านที่ได้จากการเผาไม้กระถินณรงค์ ซึ่งเป็นวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาที่ควบคุมอุณหภูมิในช่วง 400-900 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดวัสดุที่มีรูพรุน มีน้ำหนักเบา และมีคุณสมบัติในการดูดซับที่ดี ซึ่งนอกจากจะใช้เป็นเชื้อเพลิงแล้ว ยังมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นวัสดุดูดซับได้อีกด้วย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาคอนกรีตบล็อกแบบถอดประกอบที่มีส่วนผสมของผงถ่านจากไม้กระถินณรงค์ ซึ่งคาดหวังว่าจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติพิเศษของคอนกรีตบล็อกให้สามารถดูดซับมลพิษบางชนิดในน้ำได้ และมีน้ำหนักเบา ซึ่งไม่เพียงแต่จะทำให้บล็อกคอนกรีตสามารถใช้ในการก่อสร้างที่ต้องการลดน้ำหนักโครงสร้างได้เท่านั้น แต่ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการคุณภาพน้ำอีกด้วย การวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาหาอัตราส่วนผสมที่

เหมาะสมของผงถ่านในคอนกรีตบล็อก เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างและการจัดการสิ่งแวดล้อมในอนาคต อันเป็นการนำทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ช่วยลดต้นทุนในการผลิต ลดปัญหาเรื่องภาวะโลกร้อน ลดมลพิษทางน้ำ และสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน อันเป็นการตอบโจทย์ทั้งทางด้านการหาวัสดุทดแทนมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้างและการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมควบคู่กันไป

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการนำผงถ่านจากไม้กระถินณรงค์มาเป็นส่วนผสมเพิ่มในการทำคอนกรีตบล็อกแบบถอดประกอบ ศึกษาคุณสมบัติการรับแรงอัด ความหนาแน่น คุณสมบัติพื้นฐานในการดูดซับน้ำเสียของคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมจากผงถ่านไม้กระถินณรงค์ โดยทำการทดสอบพารามิเตอร์ด้านสิ่งแวดล้อมจำนวน 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ซีโอดี (COD) และของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) คอนกรีตบล็อกแบบถอดประกอบในบทความวิจัยนี้ ไม่มีมาตรฐานรองรับในด้านขนาดบล็อกโดยเฉพาะ การใช้มาตรฐานคอนกรีตบล็อกเป็นแบบไม่รับน้ำหนัก (Hollow non-Load-bearing concrete masonry unit) (Kumar, M., & Gupta, T, 2023), (Manni, E., & Rimoldi, P., 2006) ได้นำมาใช้เป็นแนวทางในการประเมินคุณสมบัติด้านความหนาแน่นและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อก

การทดสอบคุณสมบัติด้านความหนาแน่นของคอนกรีต นำตัวอย่างชั่งน้ำหนัก (M) บันทึกค่าน้ำหนัก วัดขนาดของตัวอย่างทดสอบ กว้าง×ยาว×สูง เพื่อหาปริมาตร (V) และคำนวณหาค่าความหนาแน่น โดยใช้สมการ ดังต่อไปนี้

$$\rho = \frac{m_d \times 1000}{m_s - m_i} \quad (1)$$

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่น เป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

m_s คือ มวลชิ้นทดสอบเมื่ออิมมิดด้วยน้ำ เป็นกิโลกรัม

m_d คือ มวลชิ้นทดสอบเมื่ออบแห้ง เป็นกิโลกรัม

m_i คือ มวลชิ้นทดสอบเมื่อชั่งในน้ำ เป็นกิโลกรัม

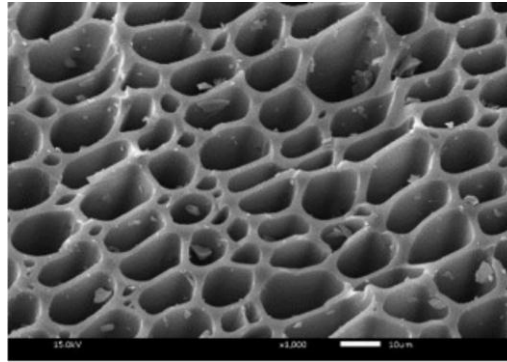
การทดสอบการดูดกลืนน้ำของคอนกรีต นำตัวอย่างทดสอบ เข้าตู้อบความร้อนเพื่อไล่ความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบ (W_2) นำตัวอย่างทดสอบแช่ในภาชนะที่ใส่น้ำสะอาดให้มิดตัวอย่างทดสอบ เป็นเวลา 1, 3 และ 24 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดให้นำตัวอย่างทดสอบออกจากน้ำและทำการเช็ดให้แห้งหมด นำไปชั่งน้ำหนัก (W_1) บันทึกค่าน้ำหนักและคำนวณหาการดูดกลืนน้ำโดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละการดูดกลืนน้ำ} = \left[\frac{W_1 - W_2}{W_2} \right] \quad (2)$$

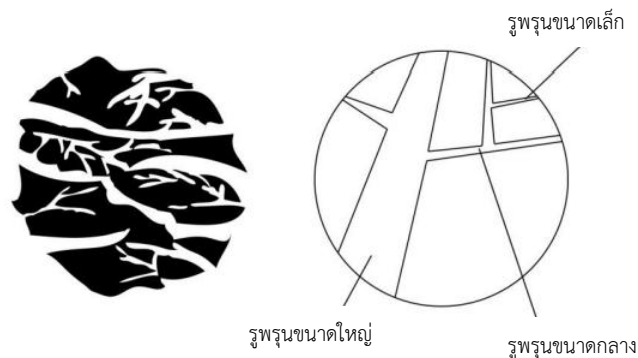
โดยที่ W_1 = น้ำหนักของตัวอย่างทดสอบหลังจากการแช่น้ำ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของตัวอย่างทดสอบหลังอบลมร้อนไล่ความชื้น (กรัม)

ในส่วนของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ มีลักษณะโครงสร้างอณูฐานวิทยา (morphology) และรูปร่างลักษณะพื้นผิวเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ดังรูปที่ 1 จะเห็นว่าผงถ่านไม่มีรูพรุนจำนวนมากและมีขนาดเล็กใหญ่ไม่สม่ำเสมอ มีอนุภาคขนาดเล็กปนอยู่จำนวนมากทั้งบริเวณผิวและในรูพรุน ขนาดรูพรุนอยู่ในช่วง 0.5-20 ไมโครเมตร ประกอบด้วยรูพรุนขนาดต่าง ๆ กระจายบนคาร์บอน โครงสร้างของรูพรุนมีลักษณะคล้ายกับคาปิลลารี (capillary like) รูพรุนเหล่านี้เป็นผลมาจากการสลายตัวด้วยความร้อน (Pyrolysis) ซึ่งเป็นกระบวนการเผาไหม้ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและอากาศหรือจำกัดอากาศให้เขาไปเผาไหม้น้อยที่สุด



รูปที่ 1 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผองถ่านไม้กระถิน กำลังขยาย 1,000 เท่า
ที่มา: อโณทัย โกวิทย์วิวัฒน์ และคณะ, 2562



รูปที่ 2 แบบจำลองโครงสร้างภายในของถ่าน
ที่มา: พิทักษ์ อยู่มี, 2558.

ส่วนที่สำคัญลำดับต่อไปคือการวิเคราะห์ซีโอดีในน้ำเสีย (Chemical Oxygen Demand, COD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ไปเพื่อกระบวนการออกซิเดชันของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์ได้ (oxidizable inorganic matter) ที่มีอยู่ในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่กำหนดให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยคำนวณหา COD_{Mn} (มิลลิกรัมต่อลิตร) จากสูตรต่อไปนี้

$$COD_{Mn} = (a - b) \times f \times \frac{1000}{V} \times 0.2 \quad (3)$$

โดยที่ COD_{Mn} = ค่าซีโอดีในน้ำเสีย โดยวิธี $KMnO_4$ ที่อุณหภูมิ $100^\circ C$ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

a = ปริมาตรของสารละลาย $KMnO_4$ ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

b = ปริมาตรของสารละลาย $KMnO_4$ ที่ใช้ในการไตเตรทกับ Blank (มิลลิลิตร)

f = เฟคเตอร์ของสารละลาย $KMnO_4$ ที่ได้จากการ standardization กับ $Na_2C_2O_4$

v = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

0.2 = มิลลิกรัมสมมูลย์ของออกซิเจนต่อสารละลายมาตรฐาน $KMnO_4$ 1 มิลลิลิตร

งานวิจัยที่ผ่านมา อาทร ชูพลสัต์ และคณะ (2556) ทำโครงการวิจัยเรื่อง บล็อกประสานจากขยะคอนกรีต เป็นงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเหมาะสมของบล็อกประสานเพื่อใช้ในการก่อสร้าง เมื่อเทียบกับบล็อกประสานทั่วไป ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อฟูนหินเท่ากับ 1:5 1:7 และ 1:8 โดยน้ำหนัก ทดสอบกำลังอัดที่ระยะเวลา 3 วัน 7 วัน และ 28 วัน เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับกำลังอัดที่ระยะเวลาต่าง ๆ ผลของงานวิจัยบล็อกประสานจากขยะคอนกรีต โดยวิธีผลิตใช้วัสดุสองชนิดคือ ดินลูกรัง และหินปูน ลักษณะทั่วไปและมีมิติค่าเฉลี่ยของขนาดบล็อกประสาน ดินลูกรัง และบล็อกประสานหินปูนเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสานที่อายุ 28 วัน มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร ภายนอกไม่มีรอยร้าวและแตกหัก ค่าความหนาแน่นและการดูดกลืนน้ำที่อายุ 28 วัน บล็อกประสานหินปูนมีค่าความหนาแน่นแห้งเท่ากับ 1641.42 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดกลืนน้ำเท่ากับ 184.07 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร บล็อกประสานดินลูกรังมีค่าความหนาแน่นแห้งเท่ากับ 1906.84 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดกลืนน้ำเท่ากับ 229.56 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าอยู่ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสาน มพข.602-2547 ความต้านทานแรงดัดที่อายุ 28 วัน บล็อกประสานดินลูกรังมีค่าเท่ากับ 27 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร บล็อกประสานหินปูนมีค่าเท่ากับ 8.32 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ศราวุธ ปฏินัญญาศักดิ์ (2560) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักโดยมีส่วนผสมเพิ่มของเถ้าลอย ขนาดผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักมีความกว้าง 70 มิลลิเมตร ความยาว 390 มิลลิเมตร ความสูง 190 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 58-2530 อ้างจาก ASTM C129-80 Standard Specification for Hollow Non-Load Bearing Concrete Masonry Unites. ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อหินปูนและทราย เท่ากับ 1 : 8 และศึกษาหาส่วนผสมที่เหมาะสมและต้นทุนต่ำ โดยการแทนที่ปูนด้วยเถ้าลอยถ่านหินและแทนที่หินปูนด้วยทราย จากการทดสอบพบว่า กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าลดลงตามปริมาณเถ้าลอยที่ผสมเพิ่มเข้าไปแทนที่ปูนซีเมนต์ อย่างไรก็ตาม ทุกอัตราส่วนผสมให้กำลังรับแรงอัดสูงกว่ากำลังรับแรงอัดที่ต้องการตามมาตรฐาน มอก. 58-2533

ฐิติกรรณ์ เชื้อเมืองพาน และคณะ (2565) ได้ทำการพัฒนาบล็อกคอนกรีตพูนที่น้ำซึมผ่านได้สำหรับปูพื้นทางเดินเท้า เพื่อแก้ปัญหาหน้าท่วมขังและเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับพื้นที่ บล็อกคอนกรีตพูนมีส่วนผสมของซีเมนต์ น้ำ หินกรวด และกะลาปาล์มน้ำมันถูกผลิตในอัตราส่วนต่าง ๆ และนำไปทดสอบคุณสมบัติด้านกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต อัตราการซึมผ่านของน้ำ การนำความร้อน การดูดซึมน้ำ ปริมาณความชื้น และความหนาแน่น ผลการทดสอบพบว่าบล็อกคอนกรีตพูนมีค่ากำลังต้านทานแรงอัด อัตราการซึมผ่านของน้ำและความหนาแน่นตามมาตรฐาน ACI522R-10 โดยค่าการนำความร้อนและความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของกะลาปาล์มลดลง ในขณะที่ค่าการดูดซึมน้ำและความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของกะลาปาล์มเพิ่มขึ้น

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานการวิจัยคอนกรีตบล็อกแบบถอดประกอบที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

2.1 การเตรียมวัสดุ โดยการเตรียมผงจากถ่านไม้กระถินณรงค์ นำมาผ่านกระบวนการบดและทำการร่อนผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (ช่องเปิดของตะแกรง 4.75 มิลลิเมตร) และค้ำเบอร์ 200 (ช่องเปิดของตะแกรง 0.075 มิลลิเมตร)



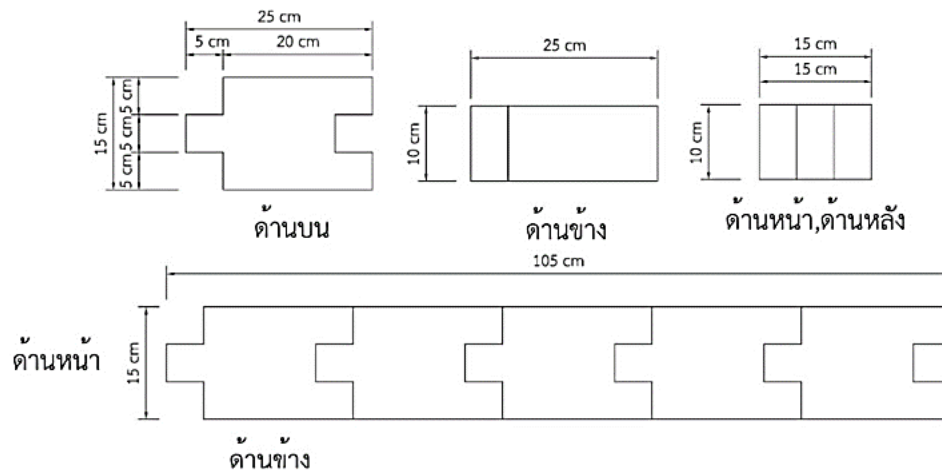
รูปที่ 3 ผงถ่านไม้กระถินณรงค์

2.2 การทดลองหาส่วนผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างผงถ่านไม้กระถินณรงค์ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 และทราย เพื่อทดสอบหาอัตราส่วนผสมที่มีค่าความต้านทานแรงอัดที่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 58-2560 โดยมีส่วนผสมอ้างอิงคือ ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ = 1: 0.5: 1 โดยน้ำหนัก และทำการใส่ผงถ่านไม้กระถินณรงค์เพิ่ม 0.1, 0.125, 0.15, 0.20 และ 0.25 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ในแต่ละอัตราส่วนผสม โดยแต่ละอัตราส่วนผสมตัวอย่าง ขึ้นรูปเป็นรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร อัตราส่วนผสมละ 3 ตัวอย่าง ทำการปาดผิวหน้าให้เรียบ ใช้พลาสติกห่อหุ้มเพื่อป้องกันน้ำระเหยโดยทั้งคอนกรีตไว้ในแบบหล่อ 48 ชั่วโมง จากนั้นถอดแบบออก นำตัวอย่างไปแช่น้ำ ทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน



รูปที่ 4 การบ่มคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ด้วยการแช่น้ำ

2.3 การผลิตขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกแบบถอดประกอบ ซึ่งในประเทศไทยนั้นยังไม่มีมาตรฐานที่รองรับตามขนาดที่กำหนด โดยคอนกรีตบล็อกแบบถอดประกอบมีขนาด 15x25x10 เซนติเมตร ทำการปาดผิวหน้าให้เรียบ ใช้พลาสติกห่อหุ้มเพื่อป้องกันน้ำระเหยโดยทิ้งคอนกรีตไว้ในแบบหล่อ 48 ชั่วโมง จากนั้นถอดแบบออก และนำตัวอย่างไปบ่มด้วยการแช่น้ำตามอายุบ่มที่กำหนด แล้วจึงนำไปหาค่าการดูดซับสิ่งสกปรกในน้ำต่อไป



รูปที่ 5 ขนาดของแบบคอนกรีตบล็อกแบบถอดประกอบที่ทำมาโดยเฉพาะ



รูปที่ 6 การขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกแบบถอดประกอบที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ในบล็อกหลัก

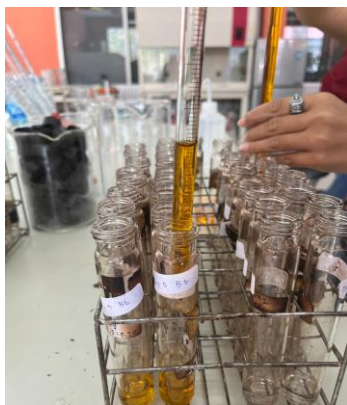
2.4 นำคอนกรีตบล็อกแบบถอดประกอบที่ผลิตขึ้นรูปแล้วไปแช่ในน้ำเสีย เพื่อทดสอบการดูดซับสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสีย โดยทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์จำนวน 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าซีโอดี (Chemical oxygen demand, COD) และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total dissolved solids, TDS) โดยเก็บตัวอย่างน้ำมาทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นระยะเวลา 7 วัน



รูปที่ 7 การเตรียมคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ก่อนนำไปดูดซับสิ่งสกปรกในน้ำ



รูปที่ 8 การทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)



- 1) ใส่สารละลายโปแทสเซียมไดโครเมต
- 2) นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า
- 3) การไทเทรตด้วยสารละลาย FAS

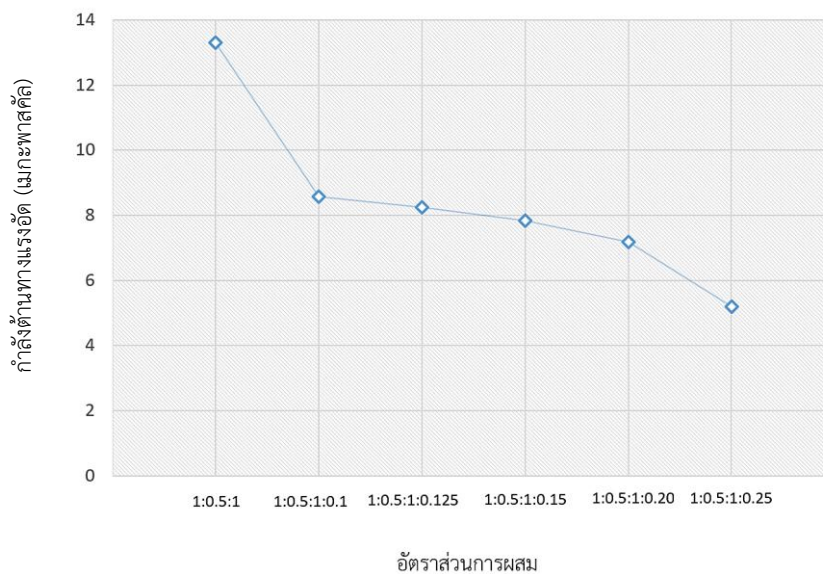
รูปที่ 9 กระบวนการวิเคราะห์หาค่าซีไอดี

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการทดสอบหาขนาดมวลคละของผงถ่านด้วยตะแกรงมาตรฐาน (Sieve Analysis) ผงถ่านไม้กระถินณรงค์ที่ใช้ในงานวิจัยผ่านกระบวนการบด ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ที่มีขนาดช่องเปิด 4.75 มิลลิเมตรและค้ำบนตะแกรงเบอร์ 200 ที่มีขนาดช่องเปิด 0.075 มิลลิเมตร พิจารณาได้ว่าผงถ่านที่ใช้เป็นเม็ดละเอียด ขนาดของผงถ่านมีค่าอยู่ในช่วง 4.75-0.075 มิลลิเมตร มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.69 และจากโครงสร้างอณูฐานวิทยา (morphology) ของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ที่มีรูพรุนมาก ทำให้มีพื้นที่ผิวสูง จึงเหมาะแก่การนำมาใช้ในการผสมเป็นคอนกรีตบล็อกเพื่อทำการดูดซับค่าปนเปื้อนของน้ำเสียได้ดี

3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต

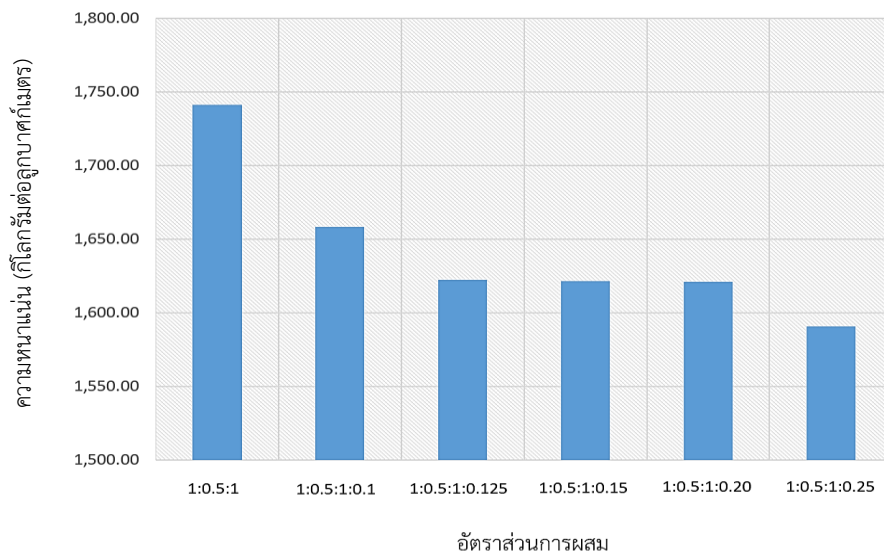
การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต จากการทดสอบเมื่อผสมผงถ่านไม้กระถินณรงค์ลงในคอนกรีตที่ระยะบ่ม 28 วัน ในอัตราส่วนอ้างอิงคือ ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ = 1: 0.5: 1 โดยน้ำหนัก จะมีค่ากำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ยที่ 13.311 เมกะพาสคัล และเมื่อทำการใส่ผงถ่านไม้กระถินณรงค์เพิ่ม 0.1, 0.125, 0.15, 0.20 และ 0.25 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ในแต่ละอัตราส่วนผสม จะมีค่ากำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ยเป็น 8.57, 8.26, 7.84, 7.18 และ 5.19 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 10 พบว่าปริมาณของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตลดน้อยลง เมื่อเทียบกับตัวอย่างทดสอบอ้างอิงที่ไม่ได้ใส่ผงถ่านไม้กระถินณรงค์ซึ่งมีค่ากำลังต้านทานแรงอัดสูงที่สุด



รูปที่ 10 ค่ากำลังต้านทานแรงอัดที่ 28 วันของตัวอย่างทดสอบในอัตราส่วนผสมต่างๆ

3.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านความหนาแน่นของคอนกรีต

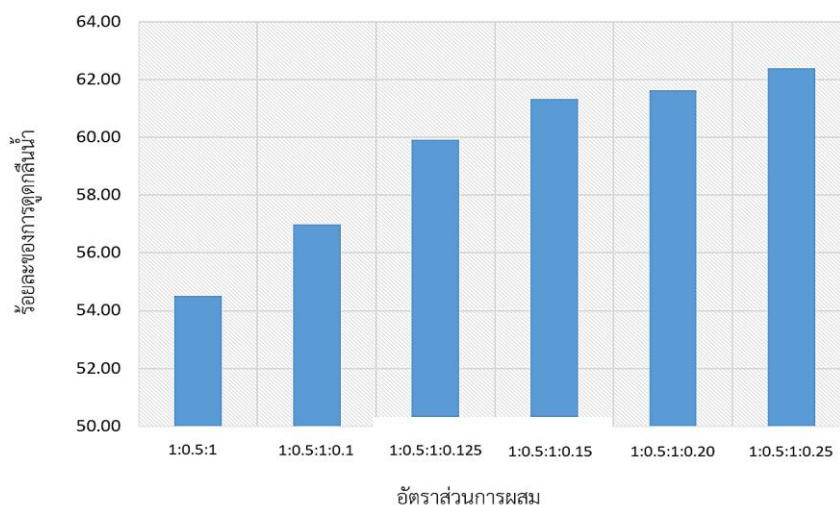
ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านความหนาแน่นของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ ในอัตราส่วนอ้างอิงคือ ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ = 1: 0.5: 1 โดยน้ำหนัก มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1,741.30 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ 0.1, 0.125, 0.15, 0.20 และ 0.25 ต่อน้ำหนักปูนซีเมนต์ ในแต่ละอัตราส่วนผสม พบว่ามีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1,658.20, 1,622.32, 1,621.59, 1,620.88 และ 1,590.90 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 11 จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของบล็อกคอนกรีตผสมผงถ่านไม้กระถินณรงค์จะลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนโดยน้ำหนักของผงถ่านไม้กระถินณรงค์และค่าความหนาแน่นอยู่ในประเภ้น้ำหนักเบา ซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่า 1,680 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



รูปที่ 11 ค่าความหนาแน่นของบล็อกคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ในอัตราส่วนผสมต่างๆ

3.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านการดูดกลืนน้ำของคอนกรีต

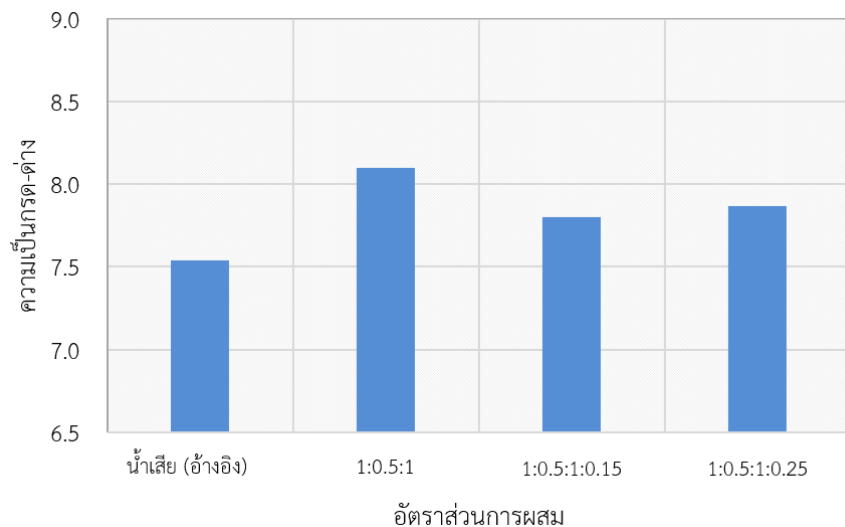
จากรูปที่ 12 แสดงผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของบล็อกคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ในอัตราส่วนผสมต่างๆ โดยอัตราส่วนอ้างอิงคือ ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ = 1: 0.5: 1 โดยน้ำหนัก มีค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำเฉลี่ย 54.522 เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ 0.1, 0.125, 0.15, 0.20 และ 0.25 ต่อน้ำหนักปูนซีเมนต์ในแต่ละอัตราส่วนผสม พบว่ามีค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 56.98, 59.93, 61.34, 61.63 และ 62.39 ตามลำดับ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกคอนกรีตผสมผงถ่านไม้กระถินณรงค์จะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของการผสมโดยน้ำหนักของผงถ่านไม้กระถินณรงค์เพิ่มขึ้น และทุกอัตราส่วนผสมมีร้อยละการดูดกลืนน้ำอยู่ระหว่างค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ใน มอก.58-2560 คืออยู่ระหว่างร้อยละ 50-75 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากลักษณะสีฐานของผงถ่านไม้ที่มีรูพรุนจำนวนมากและมีขนาดเล็กใหญ่ไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้มีช่องว่างสำหรับการดูดกลืนน้ำที่มากขึ้น



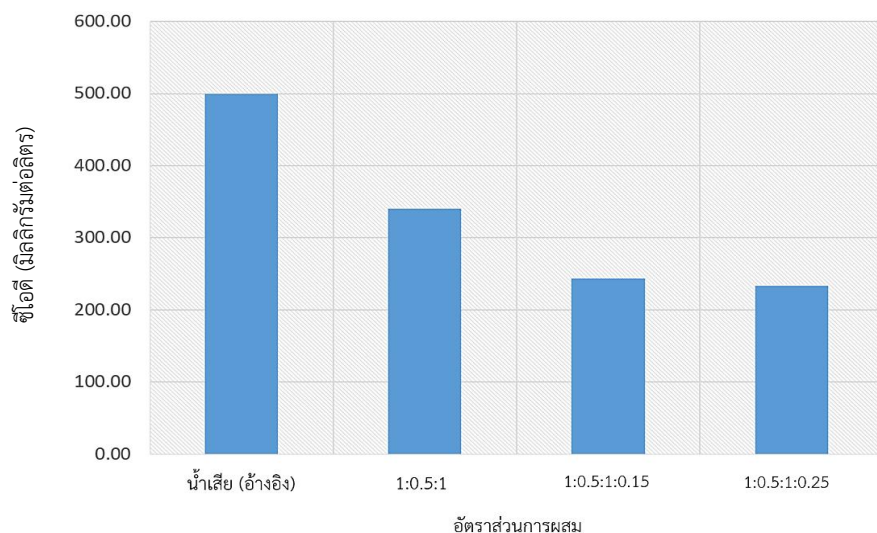
รูปที่ 12 ค่าการดูดกลืนน้ำของบล็อกคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ในอัตราส่วนผสมต่างๆ

3.4 ผลการศึกษาเปรียบเทียบการดูดซับสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียของคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์

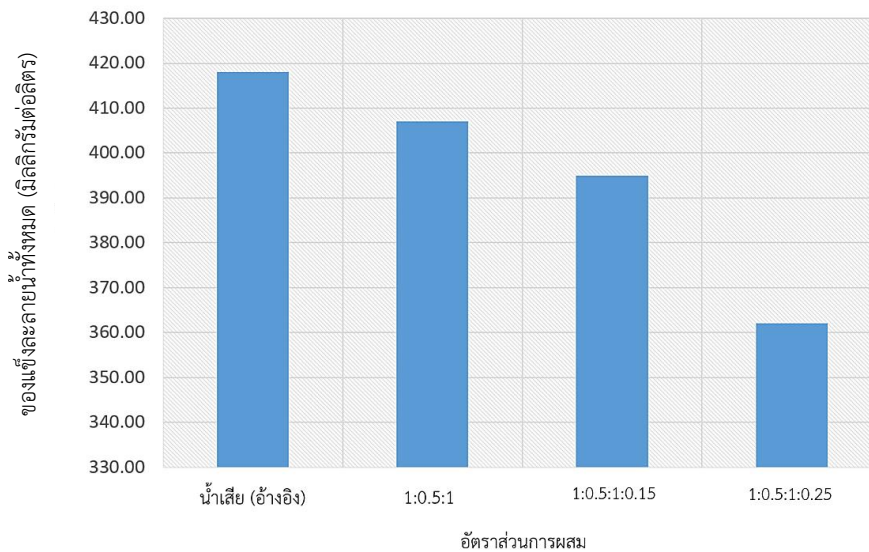
การเปรียบเทียบการดูดซับสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสีย ศึกษาโดยนำคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ในอัตราส่วนผสมอ้างอิงคือ ปูนซีเมนต์: ทราย: น้ำ = 1: 0.5: 1 โดยน้ำหนัก เลือกใช้อัตราส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ 0.15 และ 0.25 ต่อน้ำหนักปูนซีเมนต์ มาทำการศึกษาเปรียบเทียบ โดยใช้ตัวอย่างทดสอบในแต่ละการทดสอบ 5 ตัวอย่างทดสอบ ทำการแช่ลงในน้ำเสีย แล้วทำการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าซีไอดี และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงดังรูปที่ 13-15 ตามลำดับ



รูปที่ 13 การเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำ เมื่อมีการแช่บล็อกคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 7 วัน



รูปที่ 14 การเปรียบเทียบค่าซีไอดีของตัวอย่างน้ำ เมื่อมีการแช่บล็อกคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 7 วัน



รูปที่ 15 การเปรียบเทียบค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ของตัวอย่างน้ำ เมื่อมีการแช่บล็อกคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 7 วัน

จากผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสีย (อ้างอิง) และเมื่อทำการแช่คอนกรีตบล็อกในแต่ละอัตราส่วนผสมลงในน้ำเสีย พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในรูปที่ 13 มีค่าอยู่ในช่วง 7.54-8.10 โดยชุดการทดสอบที่มีการแช่บล็อกคอนกรีตทุกอัตราส่วนผสมจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นกว่าน้ำเสียอ้างอิง ทั้งนี้เนื่องจากปูนซีเมนต์และผงถ่านไม้กระถินณรงค์เป็นวัสดุที่มีความเป็นกรด-ด่าง สูง ดังนั้นจึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเพิ่มสูงขึ้น ซึ่ง พรบ.ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน กำหนดไว้ว่าควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5-9 ดังนั้นคุณภาพน้ำของการทดสอบจึงมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน

จากรูปที่ 14 และรูปที่ 15 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าซีไอดี และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของตัวอย่างน้ำเมื่อมีการแช่บล็อกคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 7 วัน ซึ่งพบว่าค่าซีไอดี และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ ทั้งนี้เนื่องจากผงถ่านมีคาร์บอนคงตัวสูง ย่อยสลายได้ช้า ลักษณะทางกายภาพมีประจุไฟฟ้าและความพรุนสูง สามารถกักเก็บน้ำและเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ (พินิจภณ ปทุยะ และคณะ, 2560) ซึ่งจุลินทรีย์นี้จะทำหน้าที่ในการช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งเป็นของเสียที่ถูกดูดซับเข้ามาทำให้ความสกปรกในน้ำลดลงได้ ทั้งนี้ผลสารที่มีความเข้มข้นมากกว่าก็สามารถแพร่เข้ามาโพรงหรือรูพรุนของถ่านได้อีก และจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในรูพรุนก็จะทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อไป จึงทำให้มีความสามารถในการดูดซับ และบำบัดสารปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสียได้เพิ่มมากขึ้น โดยที่อัตราส่วนผสม 1: 0.5: 1, 1: 0.5: 1: 0.15 และ 1: 0.5: 1: 0.25 โดยน้ำหนัก มีความสามารถในการลดค่าซีไอดีได้สูงกว่าน้ำเสียอ้างอิงประมาณร้อยละ 34, 52 และ 55 ตามลำดับ

4. สรุปผล

การพัฒนาบล็อกคอนกรีตโดยผสมผงถ่านไม้กระถินณรงค์ ซึ่งเป็นส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเด่นทางด้านการดูดซึมและน้ำหนักรวม โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทรายต่อน้ำที่ 1: 0.5: 1 โดยน้ำหนัก และเมื่อเพิ่มส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ 0.1, 0.125, 0.15, 0.20 และ 0.25 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ ได้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อทรายต่อน้ำต่อผงไม้กระถินณรงค์โดยน้ำหนักเป็น 1:0.5:1:0.1, 1:0.5:1:0.125, 1:0.5:1:0.15, 1:0.5:1:0.2 และ 1:0.5:1:0.25 ตามลำดับ สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

1) กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต พบว่าการใส่ผงถ่านไม้กระถินณรงค์เข้าไปเป็นวัสดุผสมเพิ่มในคอนกรีตจะแปรผกผันกับค่าการรับแรงอัดของคอนกรีต โดยใส่ผงถ่านไม้กระถินณรงค์ที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการรับแรงอัดของคอนกรีตลดลงตามลำดับ ซึ่งในค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมผงถ่านไม้กระถินณรงค์ 6 อัตราส่วน (อายุบ่ม 28 วัน) มีค่าการรับแรงอัดเฉลี่ยเกินกว่า 2.50 เมกะพาสคัล ทุกอัตราส่วนผสม

2) ความหนาแน่นของคอนกรีต พบว่าความหนาแน่นของบล็อกคอนกรีตผสมผงถ่านไม้กระถินณรงค์จะลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนโดยน้ำหนักของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ อันเนื่องมาจากโครงสร้างพื้นฐานของถ่านไม้ที่มีรูพรุนจำนวนมาก

3) การดูดกลืนน้ำ การใส่ผงถ่านไม้กระถินณรงค์เข้าไปเป็นวัสดุผสมเพิ่มในคอนกรีตจะแปรผันตรงกับค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีต โดยการใส่ผงถ่านไม้กระถินณรงค์เพิ่มในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตเพิ่มขึ้นตามลำดับ ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.58-2560 ค่าร้อยละของการดูดกลืนน้ำของบล็อกคอนกรีตเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 50-75 โดยอัตราส่วนทั้ง 6 อัตราส่วน ผ่านมาตรฐานที่กำหนดไว้ การที่มีการร้อยละการดูดกลืนน้ำสูงเป็นผลอันเนื่องมาจาก ลักษณะพื้นฐานของผงถ่านไม้กระถินณรงค์เป็นวัสดุที่มีรูพรุนจำนวนมากและมีขนาดเล็กใหญ่ไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้ร้อยละการดูดกลืนน้ำสูง

4) การดูดซับสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสีย พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าอยู่ในช่วง 7.54-8.10 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ว่าควรมีค่าอยู่ในช่วง 5-9 ส่วนค่าซีไอดี และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของผงถ่านไม้กระถินณรงค์ โดยใช้อัตราส่วนผสม 1: 0.5: 1, 1: 0.5: 1: 0.15 และ 1: 0.5: 1: 0.25 โดยน้ำหนัก มีความสามารถในการลดค่าซีไอดีได้สูงกว่าน้ำเสียอ้างอิงประมาณร้อยละ 34, 52 และ 55 ตามลำดับ

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการใช้ผงถ่านไม้กระถินณรงค์ในอัตราส่วนที่สูงขึ้นจะทำให้ น้ำหนักบล็อกลดลง เป็นประโยชน์ในด้านการลดน้ำหนักของโครงสร้างและการดูดซับสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสีย แต่จะทำให้กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตลดน้อยลง สามารถที่จะนำเป็นแนวทางในการพัฒนาบล็อกแบบถอดประกอบเพื่อใช้งานก่อสร้างได้จริงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ฐิติกรรณ์ เชื้อเมืองพาน, ณัฏฐ์ ศรีธารานนท์, และโสภา วิศิษฐ์ศักดิ์. (2565). การพัฒนาบล็อกปูพื้นทางเดินเท้าคอนกรีตพรุน

จากหินกรวดและกะลาปาล์มน้ำมัน. วารสารสิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างวินิจฉัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 21(1), 69–82.

พิทักษ์ อยู่มี. (2558). การเตรียมถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวสูงจากผงถ่านไม้โดยการก่อกัมมันต์ทางเคมีแบบแห้ง. วารสาร

วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 43(4), 788–798.

พินิจภณ ปิตุยะ, และอนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์. (2560). การพัฒนาและฟื้นฟูดินทรายในเขตงานฝายด้วยถ่านชีวภาพ. วารสาร

วิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 12(3), 27–38.

- ศราวุธ ปฏินัญญาคัตต์. (2560). การพัฒนาคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักโดยมีส่วนผสมของเถ้าลอย [วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี]. สืบค้นจาก
<http://sutir.sut.ac.th:8080/sutreport/bitstream/123456789/8007/2/Fulltext.pdf>
- อาทร ชูพลสัต์ย์. (2556). บล็อกประสานจากขยะคอนกรีต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์. สืบค้นจาก
https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve_DOI=10.14457/RMUTR.res.2013.10
- อโณทัย โกวิทย์วิวัฒน์, พันธวัศ สัมพันธ์พานิช, และพินิจภณ ปิตุยะ. (2562). ไม่กระถิ่นเหลือใช้ มวลชีวภาพ สำหรับการ
ฟื้นฟูดินปนเปื้อน. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 23(4), 1–9.
- Kumar, M., & Gupta, T. (2023). **Landslide mitigation using stone concrete blocks in retaining wall**
[Doctoral dissertation, Jaypee University of Information Technology, Solan, HP].
- Manni, E., & Rimoldi, P. (2006). A complex segmental concrete block retaining wall structure for the
reconstruction of a historical bridge. **Proceedings of the 8th International Conference on
Geosynthetics**, Yokohama, Japan. Retrieved from International Geosynthetics Society.