การศึกษาประสิทธิภาพของคอนกรีตที่ผสมขวดน้ำพลาสติกใช้แล้ว
The Study of Efficiency of Producing Concrete Mix by Used Plastic Water Bottles

จรัล รัตนโชตินันท์[1]
Jaran Ratanachotinun[1]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
[1]Civil Engineering Technology, Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University
Received: November 18, 2019
Revised: July 16, 2020
Accepted: July 22, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพของคอนกรีตที่ผสมขวดน้ำพลาสติกใช้แล้วทดแทนมวลรวมหยาบทั้งหมดเพื่องานก่อสร้าง โดยอัตราส่วนของปริมาณพลาสติกที่ใช้ในการผสมคอนกรีตตัวอย่างมีค่าร้อยละ 5, 10, 15 และ17 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จากการทดสอบพบว่า ปริมาณพลาสติกที่ผสมในคอนกรีตเพื่อทดแทนมวลรวมหยาบมีผลต่อความสามารถรับกำลังอัดของคอนกรีตที่ลดลง ค่าอัตราส่วนของพลาสติกผสมในคอนกรีตที่ให้กำลังอัดมากที่สุด คือ 5% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์โดยค่ากำลังอัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 225 กิโลกรัมต่อตร.ซม ที่อายุการบ่ม 28 วัน และค่าอัตราส่วนของพลาสติกผสมในคอนกรีตที่ให้กำลังอัดน้อยที่สุด คือ 17% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ โดยค่ากำลังอัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 117 กิโลกรัมต่อตร.ซม ที่อายุการบ่ม 28 วัน ความสามารถการผสมและขึ้นรูปของคอนกรีตขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของพลาสติกที่ผสมในคอนกรีตไม่ควรเกิน 15 % โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ การเลือกใช้งานคอนกรีตผสมพลาสติกสามารถพิจารณาค่าการรับกำลังอัดที่ทดสอบได้ให้เหมาะสมกับการรับกำลังอัดของประเภทงานก่อสร้างที่ไม่ต้องการการรับกำลังอัดสูงมาก ต้นทุนของคอนกรีตผสมขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้วจะมีมูลค่าที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับความสามารถการรับกำลังอัดที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตแบบปกติ และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจากการลดขั้นตอนการกำจัดขยะขวดน้ำพลาสติก

คำสำคัญ: คอนกรีตผสมขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้ว, ต้นทุนของคอนกรีต, ขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้ว

Abstract

This research has studied the effectiveness of concrete that mixes discarded and used plastic water bottles, and then substitutes the total coarse mass (rock) for construction by the ratio of the plastic volume used in the sample concrete mixture with a value of 5, 10, 15 and 17 percent by the weight of cement. The result found that the amount of plastic in concrete to replace the coarse aggregate affects the lower compressive strength of concrete. The ratio of 5% mixed plastics water bottles by the weight of cement, with a maximum compression capacity is 225 kiss after 28 days of curing and a minimum compression capacity is 117 ksc after 28 days of curing for the ratio of 17% mixed plastics water bottles by the weight of the cement. The mixing and forming ability of concrete depends on the ratio of the plastic water bottles mixture in the concrete, which should not exceed 15% of the weight of the cement. The use of concrete mixed plastic water bottles can determine the compressive strength when it is tested according to the compressive strength of the type of construction that does not require a very high compressive strength. The cost of making concrete when mixing plastic water bottles increases due to higher compressive strength but reduces plastic bottle removal process for environmental conservation.

Keywords: concrete mixed used plastic water bottles, cost of concrete, used plastic water bottles

บทนำ

คอนกรีต เป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันอย่างมากในงานวิศวกรรมโยธาและการก่อสร้างงานระบบโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ เช่น อาคาร ถนน เป็นต้น องค์ประกอบของคอนกรีตจะประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต เมื่อนำมาผสมกันจะแปรสภาพเป็นของแข็งและมีความแข็งแรงในการรับน้ำหนักโดยเฉพาะแรงกด งานก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมโยธาจะใช้คอนกรีตเป็นองค์ประกอบในการออกแบบและก่อสร้างมากที่สุด โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างประเทศไทย อาทิ โครงการก่อสร้างถนน โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าที่กำหนดไว้อย่างมากมาย ต้นทุนทางด้านวัสดุที่ใช้ในการผสมคอนกรีตก็จะมีต้นทุนที่สูงขึ้นตามประสิทธิภาพในการออกแบบการรับน้ำหนักในแต่ละโครงการที่กำหนดไว้นั้นเอง การลดวัสดุส่วนผสมของคอนกรีตโดยที่ยังได้ประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ก็จะช่วยประหยัดต้นทุนของคอนกรีตก่อสร้างได้ จากปัญหาการใช้ขวดน้ำพลาสติกและเกิดเป็นขยะจำนวนมากโดยเฉพาะในประเทศไทย ส่งผลกระทบต่อสภาพสิ่งแวดล้อมและต้นทุนในการกำจัดขยะเหล่านี้ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำขวดน้ำพลาสติกกลับมาใช้ในงานก่อสร้าง อาทิ การดัดแปลงรูปวัสดุขยะขวดน้ำดื่มพลาสติกเพื่อใช้ในงานออกแบบที่กรองแสงลานจอดรถ โดย กัลยา ตันติยาสวัสดิกุล (Tantiyaswasdikul, 2010) ได้นำขยะบรรจุภัณฑ์พลาสติกประเภทขวดน้ำดื่มมาออกแบบเป็นตัวกรองแสงบริเวณที่จอดรถกลางแจ้ง (covered parking) โดยใช้หลักการทางทฤษฎีการออกแบบสถาปัตยกรรมการศึกษาอัตราส่วนพลาสติกพอลิโพรไพลีนในอิฐมวลเบาต่อค่าความแข็งแรงอัดและสภาพนำ ความร้อน โดย นวรัตน์ นิธิสุวรรณรักษา (Nitisuwanraksa, 2016) เป็นการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการแทนที่ทรายด้วยพลาสติกพอลิโพรไพลีนในการผลิตอิฐมวลเบา การวิเคราะห์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

โดย วิหาร ดีปัญญา และกิตติพงษ์ สุวีโร (Deepunya & Suveero, 2015) มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางพาราผสมเศษขยะพลาสติกเอทธิลีนไวนิลอะซิเตท (พลาสติกอีวีเอ) จากโรงงานอุตสาหกรรม และงานวิจัยของ อมรรัตน์ สุริยวิจิตรเศรณี และคณะ (Suriyawichitseranee, Seangatith & Apichatvullop, 2000) ได้ศึกษาการใช้เส้นพลาสติกที่ใช้แล้วแบบสั้นผสมในคอนกรีต โดยนำพลาสติก PET และ HDPE มาเสริมคอนกรีตเพื่อให้ได้กำลังรับแรงดัดเพิ่มขึ้น และลดการแตกร้าว โดยใช้เส้นพลาสติก PET และ HDPE ที่ใช้แล้วแบบสั้นผสมในคอนกรีต ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ รูปร่างเส้นพลาสติกตรงและซิกแซก และปริมาณเส้นพลาสติกที่เสริมในคอนกรีต พบว่า การเสริมเส้นพลาสติกให้กำลังรับแรงอัดและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นลดลงเมื่อปริมาณเส้นพลาสติกมากขึ้น แต่จะช่วยให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงดัดเพิ่มขึ้น การใช้เศษวัสดุอื่นๆ ผสมในผลิตภัณฑ์ทางก่อสร้าง อาทิ การศึกษาสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมกระเบื้องเซรามิคที่ใช้แล้วเสริมเส้นใยเหล็กที่เหลือทิ้งจากการกลึง โดย นันทชัย ชูศิลป์ และคณะ (ChuSilp, Boonrasi, Kwanyeen, Krirat & Saereal, 2013) การผลิตอิฐทางเท้าโดยใช้ขยะพลาสติกเป็นส่วนผสมร่วม โดย สมนึก ธัญญาวินิชกุล และเอกพรรณ ธัญญาวินิชกุล (Thayavinichchakul & Thayavinichchakul, 2016) เป็นการผสมถุงขยะพลาสติกที่ได้จากการใช้ความร้อนหลอมและแปรรูปให้เป็นเม็ดพลาสติกเพื่อผสมในการผลิตอิฐทางเท้า ซึ่งในขั้นตอนการให้ความร้อนถุงพลาสติกนี้จะปล่อยสารพิษที่ส่งผลต่อสภาพสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ จากการรายงานของ ศุลีพร แสงกระจ่าง และคณะ (Sangrajrang, Ploysawang & Promhithatron, 2013) ในด้านผลกระทบของพลาสติกต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ได้อธิบายว่า การให้ความร้อนเพื่อหลอมเหลวกับพลาสติกชนิด Polyethylene ที่นิยมใช้ผลิตขวดพลาสติกและถุงพลาสติก จะปลดปล่อย Styrene ที่ส่งผลเป็นพิษต่อการระคายเคืองผิวหนังและทำลายระบบทางเดินหายใจ ผลกระทบแบบเรื้อรังจะส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำลายระบบการทรงตัว ความจำเสื่อม สมาธิสั้นและเป็นสารก่อเกิดโรคมะเร็ง รวมทั้งการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อภาวะโลกร้อน ดังนั้นถ้าหากผู้แปรรูปขยะถุงพลาสติกนี้ไม่มีความรู้และความชำนาญเพียงพออาจส่งผลเสียทั้งต่อตัวเองและสภาพแวดล้อมได้ ขั้นตอนที่เหมาะสมในการนำขยะพลาสติกนำมาใช้ในส่วนผสมวัสดุก่อสร้างควรใช้ขั้นตอนการแปรรูปที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่น้อยที่สุดและต้นทุนการแปรรูปที่ต่ำ และการศึกษาพฤติกรรมและวิเคราะห์การรับน้ำหนักของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ผสม PET โดย Mohammed (2017) โดยนำพลาสติกประเภท PET ย่อยเป็นขนาดเล็กเพื่อใช้แทนมวลรวมละเอียดหรือทรายในการผสมคอนกรีต จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มีการศึกษาใช้พลาสติกทดแทนมวลรวมหยาบทั้งหมดในการผสมคอนกรีตและการกำจัดพลาสติกไม่ใช้แล้วที่มีขั้นตอนซึ่งส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมจึงเป็นที่มาของการศึกษานี้

การศึกษานี้ได้พิจารณาตัวแปร คือ มวลรวมหยาบหรือหิน ที่เป็นส่วนประกอบในการออกแบบคอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างซึ่งมีต้นทุนวัสดุประมาณ 500 บาทต่อลูกบาศก์เมตรหรือร้อยละ 20 ของต้นทุนรวมของคอนกรีต (ราคาโดยประมาณ 2,500 บาทต่อลูกบาศก์เมตร) ดังนั้นจึงมีผลประโยชน์อย่างมากหากมีการลดปริมาณมวลรวมหยาบโดยทดแทนด้วยขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้วและการพัฒนาวิธีการนำไปใช้งานจริง การลดต้นทุนคอนกรีตในงานก่อสร้างและวิธีการกำจัดขยะจากขวดพลาสติกที่ใช้แล้วโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้งาน การนำขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้วไปกำจัดโดยวิธีการผสมในคอนกรีตก่อสร้างสำหรับงานวิศวกรรมโยธาจะสามารถช่วยลดปริมาณขยะจากขวดน้ำพลาสติกและต้นทุนการกำจัดขยะ รวมทั้งต้นทุนของวัสดุส่วนผสมในคอนกรีต คอนกรีตที่มีส่วนผสมของขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้วนี้จะเป็นคอนกรีตต้นทุนต่ำที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างและเป็นการใช้กำจัดขยะจากขวดน้ำพลาสติกในชุมชนอีกทางหนึ่งด้วย จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขวดน้ำพลาสติกใช้แล้วผสมในคอนกรีตสำหรับใช้กับงานก่อสร้าง การทดสอบประสิทธิภาพการรับน้ำหนักของคอนกรีตที่มีส่วนผสมจากขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้วให้เหมาะสมกับประเภทงานก่อสร้าง และการประหยัดต้นทุนการกำจัดขยะจากขวดน้ำพลาสติกโดยนำไปผสมในคอนกรีตแทน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้วทดแทนมวลรวมหยาบทั้งหมด

2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้งานจริงและก่อสร้างของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้วสำหรับประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย คือ พื้นที่ทำวิจัยเป็นห้องทดสอบวัสดุทางวิศวกรรมโยธา สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา อาคาร12 ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม กรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างทดสอบเป็นคอนกรีตตัวอย่างทดสอบสำหรับทดสอบประสิทธิภาพการรับแรงของคอนกรีตที่ผสมขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้วเป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบคอนกรีต การทำก้อนตัวอย่างการทดสอบกำหนดไว้ 2 ประเภท คือ คอนกรีตแบบปกติและคอนกรีตที่ผสมขวดน้ำพลาสติก ตัวอย่างคอนกรีตแบบปกติมีอัตราส่วนผสมของคอนกรีตใช้เท่ากับ 1:2:4 (ปูนซีเมนต์:ทราย:หิน) และออกแบบค่ากำลังของคอนกรีตเท่ากับ 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ปูนซีเมนต์ในการทดสอบเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ดังแสดงในภาพ 1 มวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดสำหรับการทดสอบดังแสดงในภาพ 2 และ W/C=0.60 เป็นค่ากำหนดสำหรับการทดสอบ อายุบ่มของคอนกรีตมีระยะเวลา 7 14 และ28 วัน จำนวน 9 ตัวอย่าง ตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมขวดน้ำพลาสติกและไม่ผสมมวลรวมหยาบหรือหินจะกำหนดสัดส่วนของขวดน้ำพลาสติกร้อยละ 5 10 15 และ 17 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยขวดพลาสติกหรือ PETE สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ขวดพลาสติกน้ำดื่มชนิดใส ขนาด 1.25 ลิตร 1.5 ลิตร และ 2 ลิตร โดยทำการย่อยหรือตัดให้มีขนาดประมาณ 1x1 ซม. ตามแสดงในภาพ 3 จำนวนตัวอย่างสำหรับทดสอบกำหนดไว้ตัวอย่างรูปลูกบาศก์จำนวน 36 ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบทั้งหมดเท่ากับ 45 ตัวอย่าง การย่อยขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้วสำหรับผสมในคอนกรีตจะมีรูปร่างเป็นสีเหลี่ยมแบนหรือเรียกว่ามวลรวมก้อนแบน (flaky) มีขนาดประมาณ 10 มิลลิเมตร ตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบหาความสามารถการรับแรงอัดของคอนกรีตเป็นคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 ซม. โดยใช้แบบหล่อตัวอย่างทรงลูกบาศก์ตามมาตรฐาน ASTM C 192 ดังแสดงในภาพ 4 การเก็บรวบรวมข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพการรับน้ำหนักคอนกรีตที่ผสมขวดน้ำพลาสติกที่ใช้ แล้วเป็นไปตามหลักการวิศวกรรมโยธาและข้อกำหนดของ มอก. รวมทั้งมาตรฐาน ACI 318 ที่กำหนดมาตรฐานการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน โดยเครื่องทดสอบการรับกำลังของคอนกรีตดังแสดงในภาพ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลเป็นข้อมูลที่สำรวจได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับกำลังของคอนกรีตที่ผสมขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้ว ที่สัดส่วนการผสมต่าง ๆ เพื่อความเหมาะสมกับการรับกำลังในแต่ละประเภทงานก่อสร้างและการใช้งานได้จริงในด้านวิศวกรรมโยธาในอนาคต การประเมินความเป็นไปได้ในการใช้งานจริงสำหรับพื้นที่ชุมชนเพื่อคอนกรีตก่อสร้างที่ต้นทุนต่ำและการกำจัดขยะที่มาจากขวดน้ำพลาสติกที่แล้ว การวิเคราะห์ต้นทุนของคอนกรีตที่ผสมขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้ว กลุ่มเป้าหมายที่คาดหมายสามารถนำไปใช้งานได้จริง คือ บุคคลทั่วไปที่สนใจนำไปใช้ก่อสร้างงานก่อสร้างขนาดเล็กเพื่อการประหยัดพลังงานและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

ภาพ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

ภาพ 2 มวลรวมหยาบและมวลรวมอะเอียดสำหรับการทดสอบ

ภาพ 3 ขวดพลาสติก PET ที่ถูกตัดขนาดประมาณ 1*1 ซม.

ภาพ 4 แบบหล่อตัวอย่างทรงลูกบาศก์

ภาพ 5 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine--UTM

การทดสอบสมบัติทางด้านความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของมวลรวมจะทดสอบวัสดุมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดที่ใช้ในการวิจัยโดยหาค่าความถ่วงจำเพาะรวม ความถ่วงจำเพาะปรากฏ และการดูดซึมน้ำ โดยมีมาตรฐานการทดสอบตาม ASTM C127 Standard Test Method for Density, Relative Density (specific gravity), and Absorption Aggregate การหาค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมละเอียด โดยมีมาตรฐานการทดสอบตาม ASTM C128 Standard Test Method for Density, Relative Density (specific gravity), and Absorption of Fine Aggregate

ผลการวิจัย

คุณสมบัติของวัสดุ

วัสดุที่นำมาใช้ในการทดสอบเพื่อการสร้างคอนกรีตตัวอย่างมีการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

1. มวลรวมละเอียดหรือทรายหยาบที่ใช้ในการทดสอบนี้ มีค่าความถ่วงจำเพาะรวมเฉลี่ยเท่ากับ 2.54 ความถ่วงจำเพาะปรากฏเฉลี่ยเท่ากับ 2.58 และค่าอัตราการดูดซึมน้ำเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.61

2. มวลรวมหยาบหรือหินที่ใช้ในการทดสอบนี้ มีค่าความถ่วงจำเพาะรวมเฉลี่ยเท่ากับ 2.71 ความถ่วงจำเพาะปรากฏเฉลี่ยเท่ากับ 2.75 และค่าอัตราการดูดซึมน้ำเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.41

3. การใช้ขวดพลาสติกที่ใช้แล้วทดแทนมวลรวมหยาบในคอนกรีต ความหนาแน่นของขวดน้ำพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1350 กก/ลบ.ม การวิเคราะห์ปริมาณพลาสติกสูงสุดที่สามารถผสมในคอนกรีตเพื่อทดแทนมวลรวมหยาบและสัดส่วนระหว่างพลาสติกที่ใช้แล้วกับหิน จากการทดสอบโดยการทดลองสุ่มปริมาณพลาสติกทดสอบ พบว่า ปริมาณพลาสติกที่ทดแทนมวลรวมหยาบแล้วคอนกรีตยังสามารถขึ้นรูปได้มีสัดส่วนที่สูงสุดร้อยละ 17 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ เนื่องจากผลการทดลองพบว่าปริมาณพลาสติกที่ทดแทนมวลรวมหยาบที่สัดส่วนร้อยละ 20 19 และ 18 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ไม่สามารถที่จะผสมคอนกรีตเพื่อการใช้งานก่อสร้างได้ ปริมาณพลาสติกที่มาก

หรือไม่เหมาะสมจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการเทและขึ้นรูปคอนกรีต ดังแสดงในภาพ 6 โดยปริมาณพลาสติกที่เหมาะสมในการทดแทนมวลรวมหยาบหรือหินเพื่อการผสมในคอนกรีตและมีความสามารถในการเทและขึ้นรูปได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1:13 โดยน้ำหนัก

จากการทดสอบการรับกำลังอัดของคอนกรีตแบบปกติไม่ผสมพลาสติกได้ทำการทดสอบที่ช่วงอายุการบ่มคอนกรีตที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน ACI 318 ที่กำหนดมาตรฐานการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 4.1 และผลการทดสอบการรับกำลังอัดของคอนกรีตผสมพลาสติกโดยไม่ผสมหินในอัตราส่วน 5% 10% 15% 17% ต่อน้ำหนักปูนซีเมนต์ ได้ทำการทดสอบที่ช่วงอายุการบ่มของคอนกรีตที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 1 ถึง 5

ภาพ 6 คอนกรีตที่มีส่วนผสมของพลาสติกโดยทดแทนมวลรวมหยาบที่มากเกินไป

ตาราง 1

ผลการทดสอบการรับกำลังอัดของคอนกรีตแบบปกติที่อายุการบ่ม 7, 14 และ 28 วัน

อายุการบ่ม	น้ำหนักตัวอย่าง (กก.)	ความหนาแน่น (กก./ม3) (กก.)	แรงอัด (กก.)	กำลังอัดประลัย (กก./ซม2)	กำลังอัดเฉลี่ย (กก./ซม2)
7 วัน	8.17	2340.79	40830	181.5	198.26
	8.17	2420.74	44230	196.6	
	8.14	2348.70	48750	216.7	
14 วัน	8.26	2415.10	50990	226.6	216.2
	8.17	2357.56	47110	209.4	
	8.35	2409.92	47840	212.6	
	7.92	2362.63	54338	241.5	
28 วัน	8.00	2325.00	50850	226.0	235.5
	7.87	2301.07	53775	239.0	

ตาราง 2

ผลการทดสอบการรับกำลังอัดของคอนกรีตผสมพลาสติก 5%

อายุการบ่ม	น้ำหนักตัวอย่าง (กก.)	ความหนาแน่น (กก./ม3)	แรงอัด (กก.)	กำลังอัดประลัย (กก./ซม2)	กำลังอัดเฉลี่ย (กก./ซม2)
7 วัน	7.49	2077.77	46970	208.7	199.37
	7.57	2113.96	40240	178.8	
	7.70	2042.16	47400	210.6	
14 วัน	7.54	2091.73	48900	217.3	
	7.58	2117.20	39500	175.5	201.33
	7.71	2166.85	47520	211.2	
	7.42	2141.14	48390	215.1	
28 วัน	7.58	2172.92	50920	226.3	225.1
	7.40	2163.65	52600	233.8	

ตาราง 3

ผลการทดสอบการรับกำลังอัดของคอนกรีตผสมพลาสติก 10%

อายุการบ่ม	น้ำหนักตัวอย่าง (กก.)	ความหนาแน่น (กก./ม3)	แรงอัด (กก.)	กำลังอัดประลัย (กก./ซม2)	กำลังอัดเฉลี่ย (กก./ซม2)
7 วัน	7.34	2024.21	30390	135.1	138.10
	7.36	2015.79	32750	145.1	
	7.45	2108.09	30080	133.7	
14 วัน	7.20	2010.89	31090	144.8	
	7.21	2000.69	32530	144.6	144.97
	7.18	1928.82	32730	145.5	
	7.26	2000.80	34230	152.1	
28 วัน	7.44	1998.25	33030	156.8	153.33
	7.19	1956.02	34000	151.1	

ตาราง 4

ผลการทดสอบการรับกำลังอัดของคอนกรีตผสมพลาสติก 15%

อายุการบ่ม	น้ำหนักตัวอย่าง (กก.)	ความหนาแน่น (กก./ม3)	แรงอัด (กก.)	กำลังอัดประลัย (กก./ซม2)	กำลังอัดเฉลี่ย (กก./ซม2)
7 วัน	7.31	2209.93	25660	114.1	134.93
	7.29	2145.88	32500	144.9	
	7.42	2155.22	32810	145.8	
14 วัน	7.10	1957.20	30398	135.1	
	7.09	1966.80	29003	128.9	143.13
	7.42	2155.13	37210	165.4	
	7.64	2133.23	32830	145.9	
28 วัน	7.30	2134.78	32200	145.7	150.86
	7.40	2135.27	36800	163.56	

ตาราง 5

ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมพลาสติก 17%

อายุการบ่ม	น้ำหนักตัวอย่าง (กก.)	ความหนาแน่น (กก./ม3)	แรงอัด (กก.)	กำลังอัดประลัย (กก./ซม2)	กำลังอัดเฉลี่ย (กก./ซม2)
7 วัน	7.59	2147.53	21910	97.39	95.1
	7.38	2172.19	23490	104.4	
	7.71	2181.66	18790	83.51	
14 วัน	7.26	2067.67	22973	102.1	
	7.23	2072.40	24795	110.2	105.87
	7.41	2152.51	23693	105.3	
	7.36	2068.56	24200	107.5	
28 วัน	7.27	2016.82	25403	112.9	117.21
	7.08	2084.07	29530	131.24	

ก. คอนกรีตแบบปกติ

ข. คอนกรีตที่ผสมพลาสติก

ภาพ 7 เปรียบเทียบความเสียหายของคอนกรีตแบบปกติกับคอนกรีตที่ผสมพลาสติก

ลักษณะการเสียหายของคอนกรีต

ลักษณะการเสียหายเนื่องจากการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตจะเกิดการเสียหายรูปทรงดังแสดงในภาพ 7 จากลักษณะการเสียหายของคอนกรีตที่ไม่ผสมพลาสติกเนื่องจากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมพลาสติกจะมีลักษณะการแตกออกเป็นชิ้นขนาดใหญ่ ดังแสดงในภาพ 7 การเสียหายของคอนกรีตที่ผสมพลาสติก จากรูปลักษณะการเสียหายจะสังเกตเห็นได้ว่าลักษณะการเสียหายแตกออกเป็นชิ้นเล็กและยุบลงมากกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมพลาสติก แต่ก็ยังคงรูปทรงเดิมอยู่ เพราะพลาสติกที่ผสมลงไปในคอนกรีตจะช่วยพยุงไม่ให้คอนกรีตนั้นเกิดการเสียรูป ซึ่งคอนกรีตแบบปกติเมื่อรับแรงอัดก็จะแตกละเอียดออกเป็นชิ้น ๆ และไม่คงรูปทรงเดิม แต่เมื่อนำพลาสติกผสมลงไปจะทำให้เกิดการประสานกันได้ดีขึ้นในคอนกรีต

การวิเคราะห์ต้นทุนของคอนกรีตผสมขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้ว

จากการทดสอบพบว่า สัดส่วนของคอนกรีตที่ผสมพลาสติกต่อปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถแสดงได้ตามตาราง 6 สัดส่วนของพลาสติกที่ผสมเพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อปริมาตรปูนซีเมนต์และทรายที่ใช้ลดน้อยรวมทั้งค่าการรับกำลังอัดสูงสุดที่ลดลงด้วย การอ้างอิงข้อมูลจาก Peri et al. (2012) ได้อธิบายต้นทุนการกำจัดขยะที่เป็นขวดพลาสติกหรือ PET มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยประมาณ 5 บาทต่อ 1 กิโลกรัม ดังนั้นสามารถคำนวณต้นทุนของคอนกรีตที่ผสมพลาสติกได้ตามแสดงในตาราง 6 และการนำขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้วมาย่อยเป็นส่วนผสมในคอนกรีตนี้ ยังไม่สร้างผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมทางอากาศโดยเปรียบเทียบกับงานวิจัยการผลิตอิฐทางเท้าโดยใช้ขยะพลาสติกเป็นส่วนผสมร่วมโดย สมนึก ธัญญาวินิชกุล และเอกพรรณ ธัญญาวินิชกุล (Thayavinichchakul & Thayavinichchakul, 2016) ที่ผสมถุงขยะพลาสติกที่ได้จากการใช้ความร้อนหลอมและแปรรูปให้เป็นเม็ดพลาสติกเพื่อผสมในการผลิตอิฐทางเท้าโดยขั้นตอนการย่อยพลาสติกเกิดอากาศพิษ

ตาราง 6

การเปรียบเทียบระหว่างสัดส่วนผสมของคอนกรีตที่ผสมพลาสติกต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร กำลังอัดสูงสุดและต้นทุนเฉลี่ย

PET (%)	0	5	10	15	17
ปูนซีเมนต์ (kg)	300	1322	1016	638	549
ทราย (kg)	624	2714	2082	1310	1196
หิน (kg)	1296	0	0	0	0
PET (kg)	0	66	102	95	93
กำลังอัด (ksc)	235.5	225.1	153.33	150.86	117.21
ต้นทุนเฉลี่ยเบื้องต้น(บาท/ลบ.ม.)	2500	4680	3670	2416	2140
ต้นทุนกำจัดพลาสติกเฉลี่ย(บาท)	0	330	510	475	465
ต้นทุนเฉลี่ย(บาท/ลบม)	2500	4350	3160	1941	1675

สรุปผลและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติด้านกำลังแรงอัดโดยใช้ตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15x15x15 ซม. (มาตรฐานฐานใช้ ASTM C 192) จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 45 ตัวอย่างแบ่งเป็นตัวอย่างคอนกรีตแบบปกติที่ไม่ผสมพลาสติก 9 ตัวอย่าง และตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมขวดน้ำพลาสติกโดยไม่ผสมหินเลยมีจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 36 ตัวอย่าง โดยอัตราส่วนของปริมาณพลาสติกที่ใช้ในการผสมคอนกรีตตัวอย่าง คือ 5% 10% 15% 17% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จากการทดสอบพบว่า ขั้นตอนของการผสมคอนกรีตที่ผสมขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้ว ไม่ควรเทพลาสติกลงไปเลยทั้งหมด เพราะจะทำให้พลาสติกจับตัวกันเป็นก้อน ไม่คละกัน ควรใส่พลาสติกลงไปทีละส่วนเพื่อการจับตัวที่ดีของคอนกรีต

ความสามารถรับกำลังอัดของคอนกรีตตัวอย่างที่ผสมพลาสติกแสดงให้เห็นว่าส่วนผสมของพลาสติกมีผลต่อความสามารถรับกำลังอัดของคอนกรีตที่ลดลง ค่าอัตราส่วนของพลาสติกผสมในคอนกรีตที่ให้กำลังอัดมากที่สุด คือ 5% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์โดยค่ากำลังอัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 225 กิโลกรัมต่อตร.ซม ที่อายุการบ่ม 28 วัน และค่าอัตราส่วนของพลาสติกผสมในคอนกรีตที่ให้กำลังอัดน้อยที่สุด คือ 17% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์โดยค่ากำลังอัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 117 กิโลกรัมต่อตร.ซม ที่อายุการบ่ม 28 วัน ความสามารถการผสมและขึ้นรูปของคอนกรีตขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของพลาสติกที่ผสมในคอนกรีตไม่ควรเกิน 15 % โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ โดยอัตราส่วนของพลาสติกที่ผสมในคอนกรีตมากกว่า 15 % คอนกรีตจะไม่จับตัวและไม่สามารถหล่อคอนกรีตได้ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการรับกำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของพลาสติกที่ผสมในคอนกรีต การใช้คอนกรีตผสมพลาสติกควรใช้กับงานก่อสร้างที่ไม่ได้กำหนดค่าการรับกำลังอัดสูงมาก อาทิเช่น งานทางเท้า งานรั้ว งานสนาม งานคอนกรีตหยาบ เป็นต้น ทั้งนี้การเลือกใช้งานคอนกรีตผสมพลาสติกสามารถพิจารณาค่าการรับกำลังอัดที่ทดสอบได้ให้เหมาะสมกับการรับกำลังอัดของประเภทงานก่อสร้าง ต้นทุนของคอนกรีตผสมขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้วจะมีมูลค่าที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตแบบปกติในระดับความสามารถการรับกำลังอัดที่สูงขึ้นแต่ต้นทุนของคอนกรีตผสมขวดน้ำพลาสติกใช้แล้วจะถูกกว่าคอนกรีตแบบปกติโดยที่มีความสามารถรับกำลังอัดที่ต่ำ ข้อดีการเลือกใช้คอนกรีตผสมขวดน้ำพลาสติกใช้แล้ว คือ การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจากการลดขั้นตอน

การกำจัดขยะพลาสติกที่สร้างมลพิษและขวดน้ำพลาสติกก็มีระยะเวลาการย่อยสลายที่นานมากเป็นร้อยปี ดังนั้น การใช้งานคอนกรีตผสมขวดน้ำพลาสติกใช้แล้วจึงมีความเหมาะสมในด้านวิศวกรรมโยธาและช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมของโลก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยได้รับการสนับสนุนจากทุนวิจัยงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

References

ChuSilp, N., Boonrasi, P., Kwanyeen, S., Krirat, T., & Saereal, P., (2013). Mechanical properties of concrete mixed with reused ceramic tiles reinforced with steel fiber from milling processed. *RMUTP Research Journal Special Issue The 5th Rajamangala University of Technology National Conference* (pp. 664-674). Bangkok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. https://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/1512/IRD_58_29.pdf?sequence=1. (in Thai)

Deepunya, W., & Suveero, K., (2015). *Para-rubber floor tiles mixed with Plastic wastes from the factories. Budget research subsidies annual revenue budget 2015* (Research report). Bangkok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. http://repository.rmutp.ac.th/handle/123456789/2083. (in Thai)

Mohammed, A. A. (2017). Flexural behavior and analysis of reinforced concrete beams made of recycled PET waste concrete. *Construction and Building Materials, 155*, 593–604. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.096

Nitisuwanraksa, N. (2016). Effects of polypropylene plastic ratio in autoclaved aerated concrete on compressive strength and thermal conductivity. *Kasem Bundit Engineering Journal, 6*(1), 174-181. (in Thai)

Peri, G., Traverso, M., Finkbeiner, M., & Rizzo, G. (2012). The cost of green roofs disposal in a life cycle perspective: Covering the gap. *Energy, 48*(1), 406-414. doi: 10.1016/j.energy.2012.02.045

Sangrajrang, S., Ploysawang, P., & Promhithatron, P. (2013). Impact of plastics on human health and environment. *Thai Journal Toxicology. 28*(1), 39-50. (in Thai)

Suriyawichitseranee, A, Seangatith, S, & Apichatvullop, A. (2000) Inverstigation of the use of recycled short plastic wires in concrete. *Proceedings of the 11th National Convention on Civil Engineering*. Phuket: Civil Engineering. (in Thai)

Tantiyaswasdikul, K. (2010). Transformation of waste plastic bottles into covered parking. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 7*(2), 159-172. (in Thai)

Thayavinichchakul, S., & Thayavinichchakul, A., (2016). *The brick pavement production using waste plastic as ingredients together. budget research subsidies annual revenue budget 2015* (Research report). Bangkok: Chandrakasem Rajabhat University. (in Thai)