

การใช้ประโยชน์เศษวัสดุก่อสร้างในคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

The Utilization of Construction Waste in Hollow Non-Load-Bearing Concrete Masonry Unit

ชูเกียรติ ชูสกุล¹ และ ขวัญชีวา หยงสตาร์^{2*}

Chookiat Choosakul¹ and Khwanchiwa Yongsata^{2*}

Received: 12 August 2020, Revised: 22 February 2021, Accepted: 14 May 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์นำเศษวัสดุก่อสร้างมาผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยใช้เศษคอนกรีตแทนที่ทราย และเศษกระเบื้องเซรามิกแทนที่หินปูน ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมเท่ากับ 1:5 ทดสอบคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มพช. 779/2548 และ มอก.58/2533 ผลการศึกษาพบว่าค่าความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) เศษคอนกรีตมีค่าต่ำกว่าทราย และเศษกระเบื้องเซรามิกมีค่าต่ำกว่าหินปูน พิจารณาคูณสมบัติของคอนกรีตบล็อกพบว่าเมื่ออัตราส่วนการแทนที่เพิ่มขึ้นทำให้หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกลดลง และความสามารถในการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ในด้านค่ากำลังต้านทานแรงอัดพบว่าคอนกรีตบล็อกที่อัตราส่วนร้อยละ 50 มีความเหมาะสมที่สุดโดยผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มพช. 779-2548 และ มอก.58-2533 ที่อายุ 28 วัน มีค่าเท่ากับ 2.53 เมกะพาสกาล

คำสำคัญ: คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก, วัสดุผสม, เศษวัสดุก่อสร้าง, กำลังต้านทานแรงอัด

¹ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช 80210

¹ College of Industrial Technology and Management, Rajamangala University of Srivijaya, Khanom, Nakornsrihammarat 80210, Thailand.

² คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

² Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Srivijaya, Sikao, Trang 92150, Thailand.

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): khwanchiwa.y@rmuts.ac.th

ABSTRACT

The objective of this study was to reuse construction waste for hollow non-load-bearing concrete masonry unit production. In this study, concrete fragments and ceramic tile fragments were replaced by sand and crushed dust, respectively. The percentages for replacement were 0, 25, 50, 75, and 100 by weight, and ratio of cement to total mass was 1:5. The finished concrete blocks were evaluated in order to compare with Thai Community Product Standards (TCPS) 779/2548 and Thai Industrial Standards Institute (TIS) 58/2533. The results of the study showed that the specific gravity of concrete fragments and ceramic tile fragments were lower than those of sand and crushed dust, respectively. Based on concrete block characteristic, adding more sand and crushed dust can decrease the weight of concrete block and increase water absorption capacity. For compressive strength of concrete, 50% of replacement was the most appropriate and passed TCPS.779/2548 and TIS.58/2533 at 28 days with 2.53 Megapascal (MPa).

Key words: hollow non-load-bearing concrete masonry unit, aggregate, construction waste, compressive strength

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมก่อสร้างมีการขยายตัวเป็นอย่างมาก อันเนื่องมาจากการขยายตัวของโครงการก่อสร้าง อีกทั้งเกิดจากนโยบายของภาครัฐซึ่งส่งผลให้ปริมาณเศษวัสดุก่อสร้างมีปริมาณเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีอาคาร หรือ โครงสร้างที่มีการรื้อถอน ทำให้เกิดเศษวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเพิ่มภาระด้านต้นทุนต่อโครงการก่อสร้างด้านการจัดการเศษวัสดุก่อสร้างที่เกิดขึ้น ที่จริงแล้วเศษวัสดุก่อสร้างประเภทนี้หากได้มีการจัดการที่เหมาะสมบางส่วนก็จะสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น

ขยะจากการก่อสร้าง และรื้อถอนในประเทศไทย เฉพาะในพื้นที่กรุงเทพมหานคร การก่อสร้างอาคารส่วนใหญ่จะสร้างขึ้นโดยการทุบรื้อหรือปรับปรุงพื้นที่ที่มีอาคารเดิมอยู่แล้ว ทำให้มีของเสียจากเศษวัสดุเหลือใช้ที่เป็นมูลฝอยจากการก่อสร้าง และรื้อถอนสิ่งปลูกสร้างเฉลี่ย 5.81 ตันต่อพื้นที่ขออนุญาตก่อสร้าง 100 ตารางเมตร หรือมีปริมาณขยะ

จากเศษวัสดุก่อสร้างเฉลี่ย 3,173 ตันต่อวัน ซึ่งถือเป็นปริมาณขยะจำนวนมาก (Environment Department, 2014) นับเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ และต้องการแนวทางแก้ไขอย่างเร่งด่วน

กระบวนการปรับนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) คือ การนำของเสียหรือเศษวัสดุมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์อีกครั้ง (Reclamation) เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดเศษวัสดุที่เกิดขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มากกว่าการนำเศษวัสดุมาจัดการภายหลัง (United State Environment Protection Agency [USEPA], 2017) โดยกระบวนการนี้สามารถนำมาใช้ได้เพื่อลดเศษวัสดุก่อสร้างจากแหล่งกำเนิดได้

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบจากการย่อยเศษคอนกรีตสามารถพัฒนากำลังต้านทานแรงอัดให้มีค่าเทียบเท่าคอนกรีตควบคุมได้ที่อายุ 28 วัน (Rattanachu *et al.*, 2015) มอร์ตาร์ปูนฉาบจะมีกำลังต้านทานแรงอัดสูงสุดเมื่อแทนที่ทรายด้วยคอนกรีตเก่าบดละเอียดที่มีขนาดเล็ก

อนุภาคเฉลี่ยในช่วง 0.149-0.297 มม. (Wongsa-nga and Sathonsaowaphak, 2018) เศษเซรามิกผสมในคอนกรีต ทำให้กำลังต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้น ซึ่งอัตราส่วนที่ทำให้กำลังต้านทานแรงอัดสูงสุดคือ เศษเซรามิกแทนที่ทรายร้อยละ 2.5 และแทนที่หินร้อยละ 10 ซึ่งมีกำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ยมากกว่าตัวอย่างคอนกรีตควบคุม (Amnuaypomlert, 2017) และคอนกรีตผสมมวลรวมหยาบเซรามิกมีลักษณะความแข็งแรงเทียบเคียงได้กับคอนกรีตทั่วไป (Senthamarai and Manoharan, 2005) อีกทั้งผลการวิจัยของ Boonseela *et al.* (2019) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเศษคอนกรีตที่เหลือใช้จากการรื้อถอนงานก่อสร้างในชุมชนสามารถเพิ่มมูลค่าและแปรรูปแผ่นคอนกรีตปูทางเดินสำหรับใช้ในครัวเรือนได้โดยรับน้ำหนักไม่มากนัก

ด้วยปัญหาดังกล่าวข้างต้น และผลจากการนำเศษวัสดุก่อสร้างไปใช้ในงานคอนกรีตด้านต่างๆ จึงมีแนวคิดศึกษาการใช้ประโยชน์มวลรวมจากเศษวัสดุก่อสร้างมาผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของคอนกรีตบล็อกให้มีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 58-2533 (TIS, 1990) อีกทั้งเป็นการลดปัญหาการกองวัสดุเหลือทิ้งจากงานก่อสร้างที่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตรา SCG โดยมีคุณสมบัติตาม มอก. 15 เล่ม 1 (TIS, 2004) มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 3.12

- มวลรวม (ทราย และหินฝุ่น) จากโรงงานผลิตคอนกรีตบล็อกในอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

- เศษคอนกรีต จากการทุบอาคารเก่าในวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ ซึ่งมีค่ากำลังอัดประลัย (F_c') ตามรายการออกแบบ 240

กก./ชม.² (ทรงกระบอก) นำมาทุบและคัดแยกวัสดุแปลกปลอมอื่นๆ คัดแยกขนาดโดยร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ค้างตะแกรงเบอร์ 200

- เศษกระเบื้องเซรามิก รวบรวมจากร้านค้าวัสดุก่อสร้างในอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช นำมาทุบและบดด้วยวิธีการตอกด้วยค้อนให้มีขนาดใกล้เคียงกับหินฝุ่น

2. อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก

การศึกษาครั้งนี้ในการออกแบบอัตราส่วนส่วนผสมคอนกรีตบล็อกใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : ทราย : หินฝุ่น เท่ากับ 1 : 2 : 3 โดยน้ำหนัก (Boonseela *et al.*, 2019) ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) คงที่เท่ากับ 0.62 ซึ่งได้จากการทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ตาร์ตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials (ASTM) ASTM C230 (ASTM, 2005) แทนที่ทรายด้วยเศษคอนกรีต และแทนที่หินฝุ่นด้วยเศษกระเบื้องเซรามิก ในอัตราส่วนร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกดังแสดงในตารางที่ 1 โดยใช้แบบหล่อคอนกรีตบล็อกพิมพ์กลวง (Hollow Block) ขนาดที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ $70 \times 190 \times 390$ มม. ขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องไฮโดรลิก เมื่ออัดขึ้นรูปแล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบ จากนั้นนำคอนกรีตบล็อกไปบ่มในสภาพอากาศปกติ โดยไม่มีการบ่มด้วยน้ำเพื่อให้เหมือนกับสภาพการผลิตจริง ก่อนที่จะนำไปทดสอบตามระยะเวลาที่ต้องการศึกษา 7, 14 และ 28 วัน

3. ขั้นตอนการทดสอบ

การศึกษาสมบัติทางกายภาพมวลรวม (ทราย, หินฝุ่น, เศษคอนกรีต และเศษกระเบื้องเซรามิก) โดยทำการทดสอบดังนี้

1) ทดสอบความถ่วงจำเพาะโดยใช้มวลรวมตัวอย่างที่อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated

Surface Dry, SSD) และการดูดซึมน้ำของมวลรวม

ตาม ASTM C128 (ASTM, 2001a)

2) ทดสอบหน่วยน้ำหนัก และช่องว่างของ
มวลรวม ตาม ASTM C29 (ASTM, 2001b)

3) ทดสอบขนาดกะของมวลรวม ตาม

ASTM C136 (ASTM, 2001c)

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก

ตัวอย่าง	อัตราส่วนผสม (กก./ม. ³)					
	ซีเมนต์	ทราย	เศษคอนกรีต	หินฟูน	เศษกระเบื้อง	น้ำ
Control	330	660	0	990	0	205
CW-25	330	495	165	743	247	205
CW-50	330	330	330	495	495	205
CW-75	330	165	495	247	743	205
CW-100	330	0	660	0	990	205

หมายเหตุ: Control คือ คอนกรีตบล็อกควบคุม

CW-25 คือ คอนกรีตบล็อกผสมเศษวัสดุก่อสร้างแทนที่มวลรวมร้อยละ 25

การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และทางกลของ
คอนกรีตบล็อก โดยทดสอบดังนี้

1) ทดสอบหาค่ากำลังต้านทานแรงอัดของ
คอนกรีตบล็อกตัวอย่างตาม มอก.109-2517 (TIS,
1974) ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน

2) ทดสอบหาความหนาแน่นของคอนกรีต
บล็อกตัวอย่างตาม ASTM C138 (ASTM, 2011a) ที่
อายุ 28 วัน

3) ทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีต
บล็อกตัวอย่างตาม มอก.109-2517 (TIS, 1974) ที่อายุ
28 วัน

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. สมบัติทางกายภาพของมวลรวม

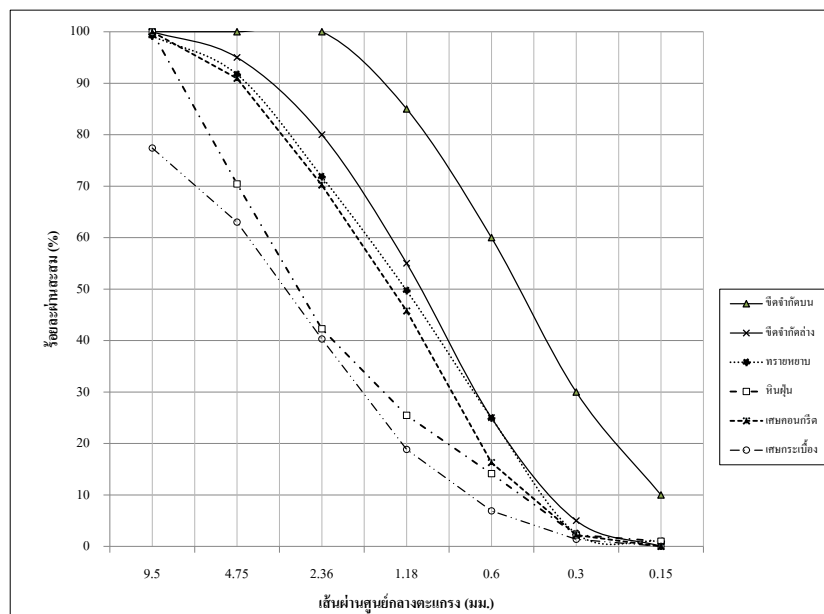
สมบัติทางกายภาพของวัสดุมวลรวมสำหรับ
ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพของมวลรวม

วัสดุ	ค่าความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.)	ค่าการดูดซึมน้ำ (%)	หน่วยน้ำหนัก (กก./ม. ³)	โมดูลัสความละเอียด (F.M.)
ทราย	2.58	0.75	1,634	2.60
หินฟูน	2.72	1.10	2,065	3.45
เศษคอนกรีต	2.14	5.83	1,590	2.75
เศษกระเบื้องเซรามิก	2.29	5.75	1,471	3.92

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะ อิมัควัฒน (ถ.พ.) ของทราย และหินฝุ่นเท่ากับ 2.58 และ 2.72 ตามลำดับโดยมีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐานของมวลรวมละเอียดทั่วไป เศษคอนกรีตมีค่า ถ.พ. เท่ากับ 2.14 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Al-Bukhaiti *et al.* (2018) และเศษกระเบื้องเซรามิกมีค่า ถ.พ. เท่ากับ 2.29 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khamput (2018) ค่าการดูดซึมน้ำของหินฝุ่น เศษคอนกรีต และ เศษกระเบื้องเซรามิก มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.10, 5.73 และ 5.75 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่ามวลรวมทางธรรมชาติในท้องถิ่นที่โดยทั่วไปอยู่ในช่วงร้อยละ 0.5-1 (Chindaprasirt and Jaturapitakkul, 2013) โดยพบว่ามวลรวมจากเศษวัสดุก่อสร้างมีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่ามวลรวมธรรมชาติ เนื่องจากมีปริมาณซีเมนต์เพสต์เก่าหรือมอร์ตาร์เกาะอยู่ที่ผิวจึงทำให้มีการดูดซึมน้ำมากขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Treepong and Thep Wong (2020) ในส่วนค่าหน่วยน้ำหนักของ ทราย และหินฝุ่นเท่ากับ 1,634 และ 2,065 กก./ม.³

ตามลำดับ เศษคอนกรีตมีค่าหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1,590 กก./ม.³ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหน่วยน้ำหนักของ ทรายร้อยละ 3 ทั้งนี้เนื่องจากซีเมนต์เพสต์ หรือมอร์ตาร์จากเศษคอนกรีตเดิมมีความพรุน (Rattanachu *et al.*, 2015) เศษกระเบื้องเซรามิกมีค่าหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1,471 กก./ม.³ มีค่าน้อยกว่าหินฝุ่นประมาณ ร้อยละ 29 ซึ่งเมื่อนำเศษคอนกรีต และเศษกระเบื้องเซรามิกมาใช้แทนที่มวลรวมในปริมาตรที่เท่ากัน จะส่งผลให้คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักลดลง พิจารณาค่า โมดูลัสความละเอียด (F.M.) พบว่าทราย หินฝุ่น เศษคอนกรีต และเศษกระเบื้องเซรามิกมีค่าเท่ากับ 2.60, 3.45, 2.75 และ 3.92 ตามลำดับ ทราย หินฝุ่นและเศษคอนกรีตมีค่า F.M. อยู่ในเกณฑ์ของมวลรวมที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป (2.15-3.45) ส่วนเศษกระเบื้องเซรามิกมีค่าสูง ซึ่งแสดงว่าเศษกระเบื้องเซรามิกมีขนาดค่อนข้างใหญ่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Higashiyama *et al.* (2012)



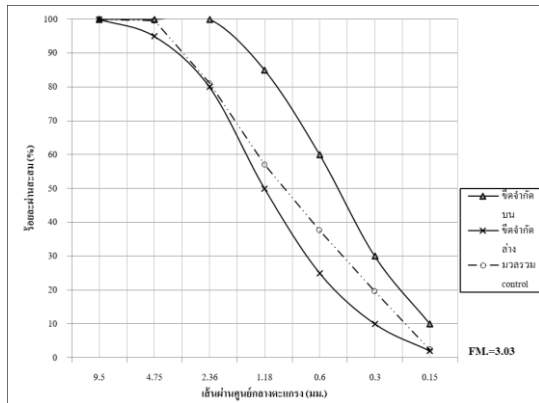
ภาพที่ 1 วิเคราะห์ขนาดคละของมวลรวม

ในส่วนของคุณภาพของทั้งทราย หินฝุ่น เศษคอนกรีต และเศษกระเบื้องเซรามิก ไม่เป็นไป

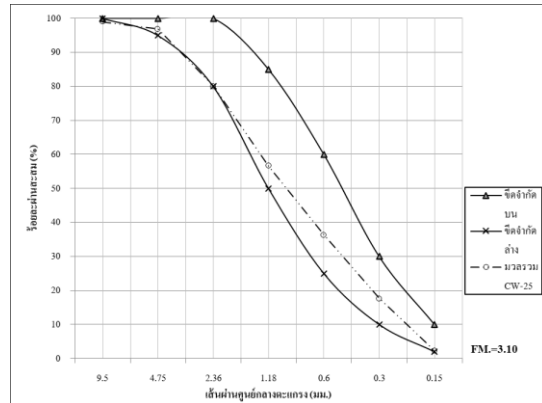
ตาม ASTM C33 (ASTM, 2011b) ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับค่า F.M. พิจารณาจากเส้นกราฟ

และความโค้งงอ สรุปได้ว่า ทราบมีการกระจายตัวที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ (Uniform Grading) ส่วนหินฝุ่น เศษคอนกรีตและเศษกระเบื้องเซรามิกมีการกระจายตัวแบบขาดช่วง (Gap Grading) กล่าวคือประกอบด้วยขนาดใดขนาดหนึ่งในสัดส่วนที่มากเกินไป แต่หากเมื่อนำมวลรวมทั้ง 4 ชนิดมารวมกัน (Combined

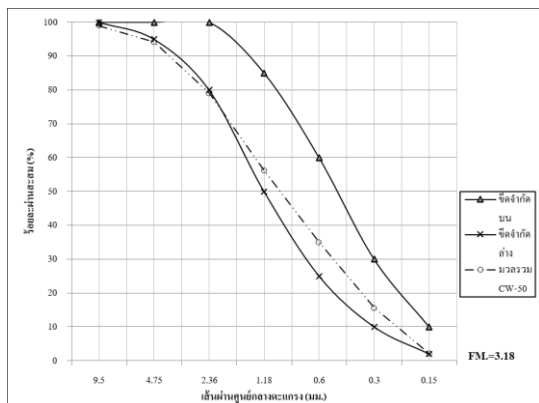
Aggregate) ในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้มวลรวมมีขนาดผละที่ดี ช่องว่างระหว่างมวลรวมมีปริมาณน้อยลง ลดการแยกตัว (Segregation) ของเนื้อคอนกรีตได้ (Choosakul, 2016) โดยผลการวิเคราะห์ขนาดผละของมวลรวมทั้ง 5 อัตราส่วนการผสมดังแสดงในภาพที่ 2



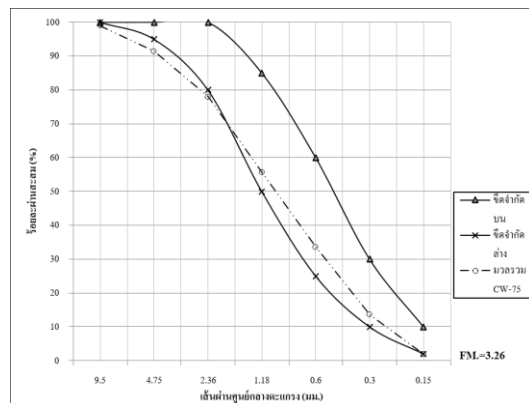
(ก) Control



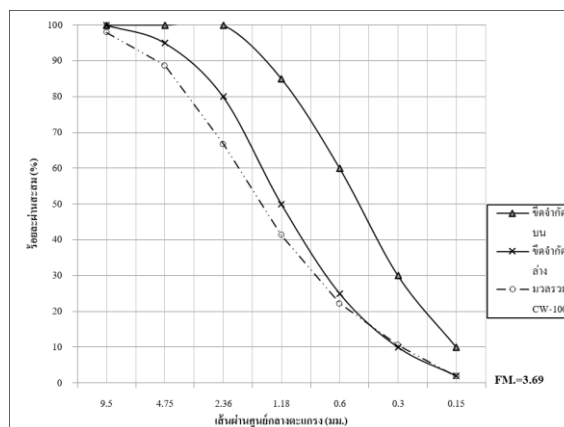
(ข) CW-25



(ค) CW-50



(ง) CW-75



(จ) CW-100

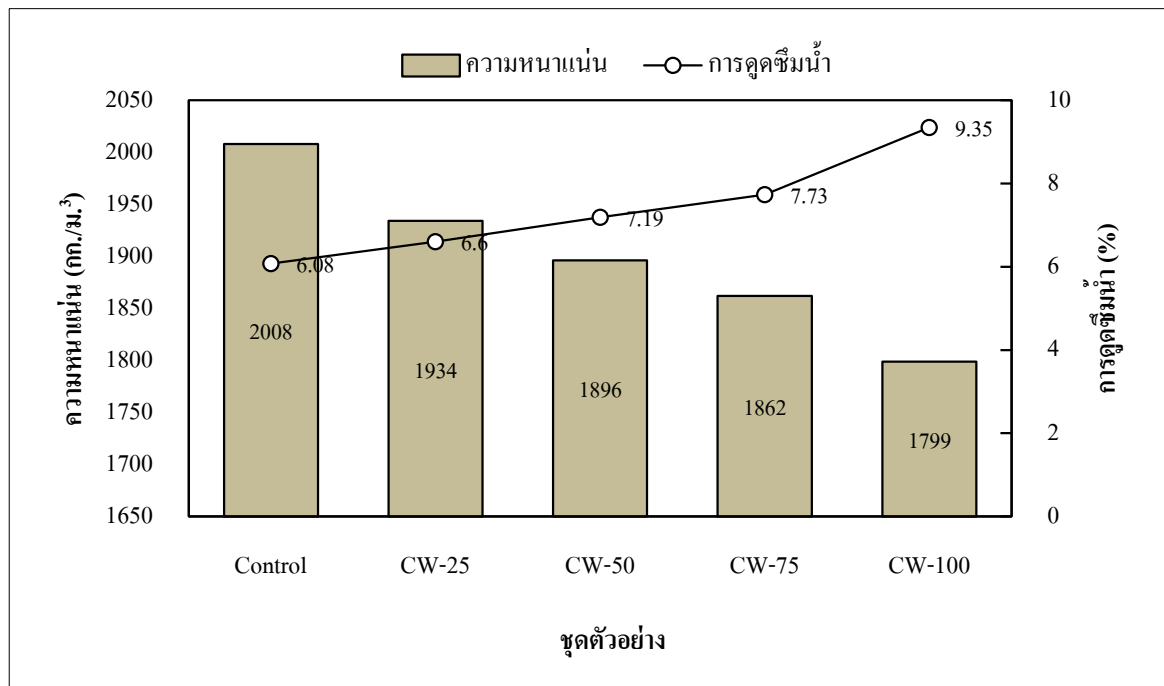
ภาพที่ 2 วิเคราะห์ขนาดผละของมวลรวมที่อัตราส่วนต่างๆ

จากภาพที่ 2 พบว่าขนาดคละของมวลรวม ควบคุม และมวลรวมผสมเศษวัสดุก่อสร้างร้อยละ 25 เป็นไปตาม ASTM C33 ดังแสดงในภาพที่ 2(ก) และ 2(ข) ส่วนอีก 3 อัตราส่วนไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ดังกล่าว ซึ่งขนาดคละที่ดีจะช่วยให้วัสดุเรียงกันแน่น มีช่องว่างน้อย ช่วยให้ทำงานได้ง่าย และ ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้จะลดลง (Chindaprasirt and Jaturapitakkul, 2013) พิจารณาค่า F.M. พบว่า สอดคล้อง

กับขนาดคละ โดยมวลรวมของ CW-100 จะมีความ หยาบมากที่สุด ดังนั้นคอนกรีตที่ผสมมวลรวมที่มีความ หยาบสูงจะทำให้คอนกรีตมีความกระด้างสูง และความต้านทานต่อการเสียดสีต่ำ

2. ผลการทดสอบสมบัติของคอนกรีตบล็อก

1) ค่าความหนาแน่น และค่าการดูดซึมน้ำ ของคอนกรีตบล็อก



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่น และค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกกับอัตราส่วนของเศษ วัสดุก่อสร้าง

ค่าความหนาแน่น และค่าการดูดซึมน้ำของ คอนกรีตบล็อกที่อายุบ่ม 28 วัน ตามภาพที่ 3 พบว่า แนวโน้มความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลดลง ตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของเศษวัสดุก่อสร้าง (คอนกรีตบล็อกทั่วไปมีความหนาแน่น 1,700-2,100 กก./ม.³) สอดคล้องกับขนาดคละหรือการกระจายตัว ที่เหมาะสมของมวลรวม รวมทั้งสาเหตุจากเศษวัสดุ ก่อสร้างมีค่า ถ.พ. และมีค่าหน่วยน้ำหนักต่ำกว่ามวล รวมปกติ ดังนั้นเมื่อขึ้นรูปเป็นก้อนคอนกรีตบล็อกที่

เท่ากัน จึงมีผลทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีต บล็อกลดลง โครงสร้างของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเศษ วัสดุก่อสร้างมากขึ้นจึงเกิดช่องว่างอากาศมากขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลดลงเมื่อ อัตราส่วนการแทนที่ของเศษวัสดุก่อสร้างเพิ่มขึ้น ตามลำดับ โดยความหนาแน่นลดลงเฉลี่ยร้อยละ 3 ต่อการเพิ่มขึ้นของเศษวัสดุก่อสร้างร้อยละ 25 ส่วน ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกพบว่าเมื่อเพิ่มร้อย ละของการแทนที่มวลรวมด้วยเศษวัสดุก่อสร้างค่า

การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้ก็เนื่องจากเศษวัสดุก่อสร้างมีค่าการดูดซึมน้ำที่สูงกว่ามวลรวมปกติเมื่อนำไปผสมเป็นมวลรวมในคอนกรีตบล็อกจึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกสูงขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rattanachu *et al.* (2015) และ Khamput (2017) โดยค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเศษวัสดุก่อสร้างทุกอัตราส่วนการผสมอยู่ภายในเกณฑ์ มอก. 58-2533 (TIS, 1990) กำหนดไว้คือไม่เกินร้อยละ 25

2) ค่ากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อก

ผลการทดสอบค่ากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าค่ากำลังต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มของคอนกรีตบล็อก กล่าวคือ คอนกรีตบล็อกจะพัฒนาค่ากำลังต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้นตามปฏิกิริยาไฮเดรชันที่เกิดขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ของปฏิกิริยานี้จะได้สารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อม

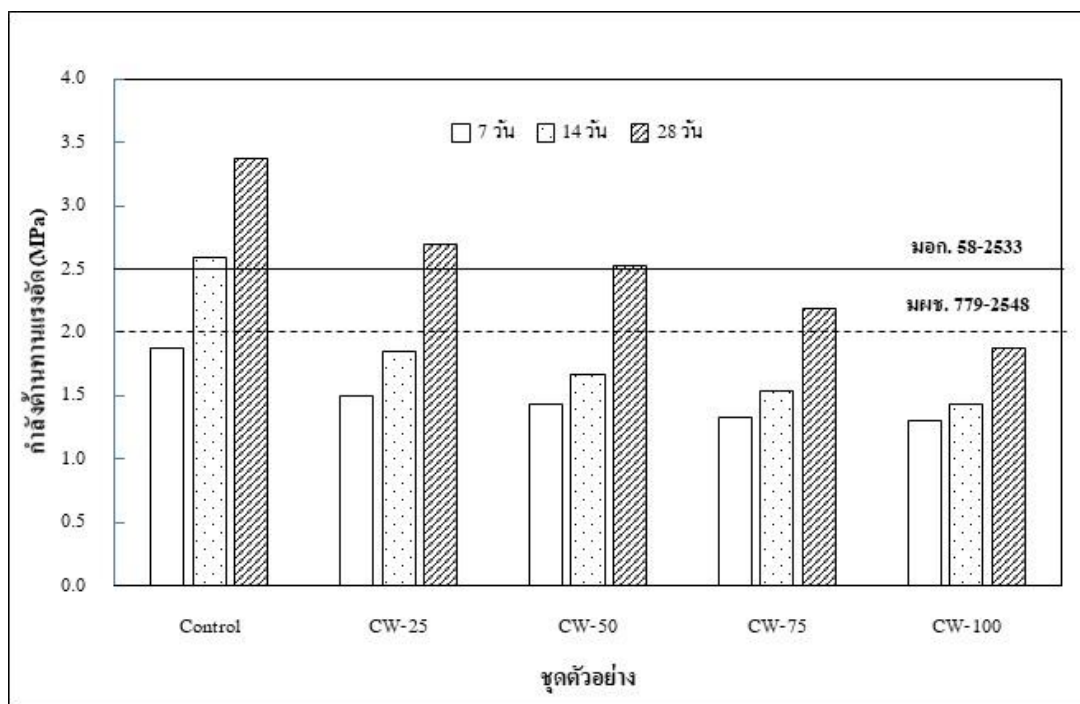
ประสานในคอนกรีตบล็อก และ C-S-H จะมากเพิ่มขึ้นเมื่อคอนกรีตบล็อกมีอายุการบ่มมากขึ้น (Chindaprasirt and Jaturapitakkul, 2013) ค่ากำลังต้านทานแรงอัดมีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่น โดยเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเศษวัสดุก่อสร้างแทนที่มวลรวมจะส่งผลให้กำลังต้านทานแรงอัดมีค่าลดลงตามปริมาณที่เพิ่มขึ้นของเศษวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากเศษวัสดุก่อสร้างมีค่า ถ.พ. และหน่วยน้ำหนักต่ำกว่ามวลรวมปกติ รวมถึงเศษคอนกรีตมีมอร์ตาร์ติดอยู่ที่ผิวซึ่งมีความพรุนสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wagih *et al.* (2013) และเศษกระเบื้องเซรามิกมีความพรุนสูง มีผิวเรียบ และมีรูปร่างเป็นเหลี่ยมมุมสูงกว่ามวลรวมปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Senthamarai and Manoharan (2005) อีกทั้งการดูดซึมน้ำของเศษวัสดุก่อสร้างที่มีค่าสูง ทำให้ปริมาณน้ำในคอนกรีตหายไป ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์และส่งผลต่อกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต (Sukontasukkul, 2013)

ตารางที่ 3 กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อก

ตัวอย่าง	กำลังต้านทานแรงอัด (MPa)(ร้อยละ)		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
Control	1.88 (100)	2.59 (100)	3.37 (100)
CW-25	1.50 (80)	1.85 (71)	2.70 (80)
CW-50	1.44 (77)	1.67 (64)	2.53 (75)
CW-75	1.33 (71)	1.54 (59)	2.19 (65)
CW-100	1.31 (70)	1.44 (56)	1.88 (56)

เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังต้านทานแรงอัดกับ มพข. 779-2548 (TCPS, 2005) และ มอก.58-2533 (TIS, 1990) ซึ่งกำหนดค่ากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกเฉลี่ย 5 ก่อนที่อายุบ่ม 28 วัน ต้องไม่น้อยกว่า 2 และ 2.5 เมกะพาสกาล ตามลำดับ พบว่าคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกผสมเศษ

วัสดุก่อสร้างร้อยละ 25 และ 50 ผ่านทั้งสองเกณฑ์มาตรฐาน โดยคอนกรีตบล็อกผสมเศษวัสดุก่อสร้างร้อยละ 75 ผ่านเฉพาะเกณฑ์ มพข.779-2548 (TCPS, 2005) และคอนกรีตบล็อกผสมเศษวัสดุก่อสร้างร้อยละ 100 ไม่ผ่านทั้งสองเกณฑ์มาตรฐาน ดังปรากฏตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกเปรียบเทียบกับ มผช.779-2548 และ มอก.58-2533

สรุป

ผลการศึกษาการนำเศษวัสดุก่อสร้างประเภทเศษคอนกรีต และเศษกระเบื้องเซรามิกมาแทนที่มวลรวมในการผลิตคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ตาม มอก.58-2533 (TIS, 1990) ในครั้งนี้สรุปได้ว่า เมื่อใช้เศษวัสดุก่อสร้างในส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก ส่งผลให้ค่ากำลังต้านทานแรงอัดลดลง และค่าการดูดซึมน้ำสูงขึ้นเมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อกควบคุม แต่จะมีคุณสมบัติที่ดีคือ ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกจะลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับ มผช. 779-2548 (TCPS, 2005) และ มอก.58-2533 (TIS, 1990) พบว่าคอนกรีตบล็อกผสมอัตราส่วนเศษวัสดุก่อสร้างแทนที่มวลรวมร้อยละ 50 เหมาะสมมากที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ โดยมีกำลังต้านทานแรงอัดที่ 28 วัน เท่ากับ 2.53 เมกะพาสกาล ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1,896 กก./ม.³ และค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 7.19

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ และคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่อนุเคราะห์ให้อุปกรณ์และห้องทดสอบ และขอบคุณ นายยศกร เกิดหนู และนายภาณุวัฒน์ แต่งสวน ทีมงานวิจัยที่ช่วยเก็บข้อมูลการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Al-Bukhaiti, K.M., Hassan, M., Hamzah, A., Zaidi, K. and Ali, A. 2018. Study the Recycling and Use of Construction Waste in Concrete Mixtures in Yemen. **International Journal of Scientific & Engineering Research** 9(3): 1152-1154.
- Amnuaypornlert, S. 2017. A Study of Property Compressive Strength and Bending Strength

- of Concrete Mixed with Ceramic Fragments. **Kasalongkham Research Journal** 11(3): 279-291. (in Thai)
- ASTM. 2001a. ASTM C128. Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Vol. 04.02, Philadelphia.
- ASTM. 2001b. ASTM C29. Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregates. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Vol. 04.02, Philadelphia.
- ASTM. 2001c. ASTM C136. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Vol. 04.02, Philadelphia.
- ASTM. 2005. ASTM C203. Standard Specification for Flow Table for Use in Test of Hydraulic Cement. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Vol. 04.01, Philadelphia.
- ASTM. 2011a. ASTM C138. Standard Test Method for Density ("Unit Weight"), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Vol. 04.02, Philadelphia.
- ASTM. 2011b. ASTM C33. Standard Specification for Concrete Aggregates. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Vol. 04.02, Philadelphia.
- Boonseela, M., Kheefah, P., Butakhian, P., Geunram, R. and Ritdej, S. 2019. The Recycle Demolished Concrete from Community Construction Sites to be used as Processed Concrete Sheets for Pavement. **Journal of Industrial Technology Buriram Rajabhat University** 9(2): 82-90. (in Thai)
- Chindaprasirt, P. and Jaturapitakkul, C. 2013. **Cement Pozzolan and Concrete**. 7th ed. Thai Concrete Association, Bangkok. (in Thai)
- Choosakul, C. 2016. **Concrete Technology Theory and Practice**. Triple Group Co.,Ltd., Bangkok. (in Thai)
- Environment Department. 2014. **Provide construction waste disposal services Open for free**. Available Source: http://203.155.220.174/modules.php?name=activeshow_mod&file=article&asid=685, November 6, 2014. (in Thai)
- Higashiyama, H., Yagishita, F., Sano, M. and Takahashi, O. 2012. Compressive Strength and Resistance to Chloride Penetration of Mortar using Ceramic Waste as Fine Aggregate. **Construction and Building Materials** (26): 96-101.
- Khampat, P. 2017. Hollow Non-Load-Bearing Concrete Block Products from Fragments of Ceramic Tiles, pp. 79-84. **In Proceedings of the 22nd National Convention on Civil Engineering**. Rajamangala University of Technology Isan, Suranaree University of Technology, The Engineering Institute of Thailand Under H.M. The king's Patronage, Nakhon Ratchasima. (in Thai)

- Khamput, P. 2018. **Research Report on Hollow Non-Load-Bearing Concrete Block Products from Fragments of Ceramic Tiles for Small and Medium Enterprises.** Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai)
- Rattanachu, P., Premruetha, K., Tangchirapat, W. and Jaturapitakkul, C. 2015. Effects of Ground Fly Ash on Compressive Strength and Durability of Recycled Aggregate Concretes. **Princess of Naradhiwas University Journal** 7(1): 92-105. (in Thai)
- Senthamarai, R.M. and Manoharan, P.D. 2005. Concrete with ceramic waste aggregate. **Cement & Concrete Composites** 27(9-10): 910-913.
- Sukontasukkul, P. 2013. **Concrete.** 2nd ed. Wankawee Publishing, Pathumthani. (in Thai)
- TCPS. 2005. TCPS. 779-2005. Thai Industrial Standards Institute, Community Production Standards for Hollow Block Non-Load-Bearing. Ministry of Industry, Bangkok. (in Thai)
- TIS. 1974. TIS. 109-1974. Thai Industrial Standards Institute, Standard for Sampling and Testing Concrete Masonry Unit. Ministry of Industry, Bangkok. (in Thai)
- TIS. 1990. TIS. 58-1990. Thai Industrial Standards Institute, Standards for Hollow Non-Load-Bearing Concrete Masonry Unit. Ministry of Industry, Bangkok. (in Thai)
- TIS. 2004. TIS. 15-2004. Thai Industrial Standards Institute, Portland Part 1 Specification. Ministry of Industry, Bangkok. (in Thai)
- Treepong, K. and Theppong, R. 2020. A Study of Water Permeability on Porous Concrete Using Recycle Coarse Aggregates, pp. MAT13-1-MAT13-7. *In Proceedings of the 25th National Convention on Civil Engineering.* The Engineering Institute of Thailand Under H.M. The king's Patronage, Burapha University, Rambhai Barni Rajabhat University, Kasetsart University, Chonburi. (in Thai)
- United State Environment Protection Agency [USEPA]. 2017. **Waste Minimization Opportunity Assessment Manual.** USEPA, Ohio.
- Wagih, A.M., El-Karmoty, H.Z., Ebid, M. and Okba, S.H. 2013. Recycled construction and demolition concrete waste as aggregate for structural concrete. **Housing and Building National Research Center Journal** 9(3): 193-200.
- Wongsa-nga, S. and Sathonsaowaphak, A. 2018. Optimum Usage of Recycle Concrete with Different Particle Size for Compressive Strength of Mortar Plastering. **Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology)** 10(19): 136-143. (in Thai)