คุณสมบัติของคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

จักกฤษณ์ ศรีละคุณ[1] ทรงพล ทรงแสงฤทธิ์[2] ปริญญา จินดาประเสริฐ[3] พัชรพล โพธิ์ศรี[4*]
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น[1 2 4*]
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น[3]
อีเมล์ : Patcharapol.po@rmuti.ac.th[4*]

วันที่รับบทความ 24 มีนาคม 2568
วันแก้ไขบทความ 13 พฤษภาคม 2568
วันตอบรับบทความ 23 พฤษภาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่มีมวลรวมรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นส่วนผสม เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมงานก่อสร้างที่ต้องรับกำลังอัดได้รวดเร็ว โดยมีส่วนผสม คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ สารลดน้ำพิเศษ ทรายแม่น้ำ มวลรวมธรรมชาติ มวลรวมรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป คัดขนาด 4.75 ถึง 19.0 มม. เพื่อใช้เป็นมวลรวมคอนกรีตรีไซเคิล โดยนำไปแทนที่มวลรวมหยาบธรรมชาติในปริมาณร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักมวลรวมหยาบธรรมชาติ บ่มตัวอย่างในน้ำที่อุณหภูมิห้อง ทำการทดสอบกำลังอัด เมื่ออายุครบ 24 ชั่วโมง และ 28 วัน และทำการทดสอบการดูดซึมน้ำ ปริมาณโพรงอากาศ กำลังรับแรงดัด และโมดูลัสยืดหยุ่น ที่อายุ 28 วัน ผลการศึกษาพบว่า กำลังอัดที่อายุ 24 ชั่วโมง มีค่า 203-285 ksc และ 28 วัน มีค่า 375-455 ksc การดูดซึมน้ำมีค่า 2.85-6.17 % ปริมาณโพรงอากาศมีค่า 6.64-13.46 % กำลังรับแรงดัดมีค่า 72.5-89.0 ksc และโมดูลัสยืดหยุ่นมีค่า 25.51-28.19 GPa เมื่อใช้มวลรวมรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นส่วนผสม แทนที่มวลรวมหยาบธรรมชาติร้อยละ 25 โดยน้ำหนักมวลรวมหยาบธรรมชาติ กำลังอัดเมื่ออายุครบ 24 ชั่วโมง มีค่า 245.2 ksc และ 28 วัน มีค่า 409.7 ksc ซึ่งส่วนผสมที่ได้เหมาะสมสำหรับผลิตเป็นโครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูป แผ่นพื้น เสา ผนังรับแรง ตามมาตรฐาน มอก.848-2546

.

คำสำคัญ : คอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็ว มวลรวมหยาบรีไซเคิล โมดูลัสยืดหยุ่น แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ

Properties of high early strength concrete containing coarse recycled aggregate from precast concrete slabs

Jarkgrid Srilakun[1] Songphol Songsaengrit[2] Prinya Chindaprasirt[3] Patcharapol Posi[4*]
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus[1,2,4*]
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University[3]
E – mail : Patcharapol.po@rmuti.ac.th[4*]

Received 24 March 2568
Revised 13 May 2568
Accepted 23 May 2568

Abstract

This research studied the properties of concrete containing recycled aggregate from precast concrete slabs as the mixture to be used as basic information in the construction industry that needs to receive high early compressive strength. The mixture is Portland cement, supper plasticizer, river sand, natural coarse aggregate, recycled aggregate from precast concrete slabs, graded from 4.75 to 19.0 mm to be used as recycle concrete aggregate (RA). The RA was used to replace the natural coarse aggregate by 0, 25, 50, 75 and100 % by weight. Incubate the sample in water at room temperature and test the compressive strength at the age of 24 hours and 28 days. And the water absorption, porosity, flexural strength and modulus of elasticity were tested at 28 days. The results of compressive strength at the age of 24 hours between 203-285 ksc and 28 days between 375-455 ksc. And the water absorption between 2.85-6.17 %, porosity between 6.64-13.46 %, flexural strength between 72.5-89.0 ksc and modulus of elasticity between 25.51-28.19 GPa were obtained. When using recycled aggregate from precast concrete slabs as a mixture, replacing 25 percent by weight of natural coarse aggregate, the compressive strength at 24 hours is 245.2 ksc and at 28 days is 409.7 ksc, which is an appropriate mixture for producing precast concrete structures, slabs, columns, load-bearing walls according to TIS 848-2546 standards

Keywords: high early strength concrete, coarse recycled aggregate, modulus of elasticity, precast concrete slabs

1. บทนำ

การก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยในปัจจุบันนิยมก่อสร้างเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นหลัก และหากจะพูดถึงเทคโนโลยีคอนกรีตที่ช่วยให้สร้างบ้านได้อย่างสะดวกและรวดเร็วมากขึ้น แผ่นพื้นสำเร็จรูปถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของวัสดุสมัยใหม่ ที่ช่วยประหยัดค่าแรงและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง เพราะสามารถนำมาติดตั้งที่หน้างานได้เลย โดยไม่ต้องใช้แบบหล่อ อีกทั้งยังได้มาตรฐานการผลิต เพราะผลิตและหล่อคอนกรีตมาจากโรงงานที่ได้มาตรฐาน และพร้อมติดตั้งที่บริเวณก่อสร้างได้เลย แผ่นพื้นคอนกรีตแบบสำเร็จรูปที่ผลิตมาจากโรงงาน สามารถนำมาใช้งานก่อสร้างได้ทันที ทำให้ช่วยลดระยะเวลาในการก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แต่ในบางครั้งในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นพื้นสำเร็จรูป จะมีผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นที่ผลิตแล้วไม่ได้ตามมาตรฐานในการผลิตแผ่นพื้นสำเร็จรูป เช่น เกิดการแอ่นตัวที่มากเกินไป การแตกร้าว หรือบิ่นที่ขอบของตัวผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่ไม่ได้ผ่านมาตรฐานเหล่านี้จะถูกนำไปทุบทำลายทิ้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งเศษคอนกรีตเหล่านี้โดยปกติแล้วผู้ประกอบการจะนำไปทำเป็นวัสดุถมที่ในพื้นที่ลุ่ม

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นเพื่อเป็นการใช้วัสดุให้คุ้มค่า และเป็นการนำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ จึงได้นำเศษวัสดุคอนกรีตมาหมุนเวียนมาใช้ในการผลิตคอนกรีตอีกครั้ง และทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของ คอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ เพื่อเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้คุ้มค่า โดยการนำแผ่นพื้นคอนกรีตที่ผลิตแล้วไม่ได้ตามมาตรฐานนำมาย่อยให้เป็นเศษคอนกรีตรีไซเคิล และทำการคัดขนาดให้ได้ตามมาตรฐานของมวลรวมหยาบและนำกลับมาใช้งานอีกครั้ง เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตคอนกรีตสำเร็จรูป และเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบรีไซเคิลอย่างยั่งยืนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อได้คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ

2.2 เพื่อได้สูตรผลิตคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ

2.3 เพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบรีไซเคิลเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างอย่างยั่งยืนต่อไป

3. วิธีการวิจัย

3.1 วัสดุ

3.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

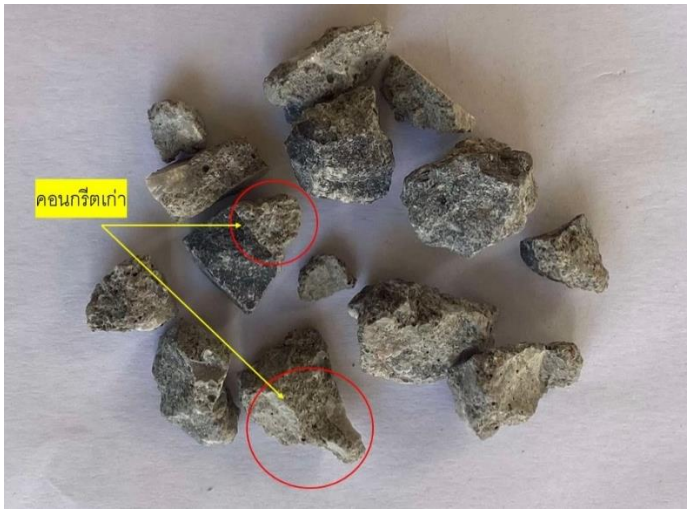
3.1.2 ทรายแม่น้ำ จังหวัดขอนแก่น มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.64 และ ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 0.36

3.1.3 มวลรวมหยาบธรรมชาติ เป็นหินปูนย่อย ขนาด 3/8 นิ้ว มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.71

3.1.4 มวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ ทำการย่อยและคัดขนาด 4.75 ถึง 12.5 มม. มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.43

3.1.5 สารลดน้ำพิเศษ

คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุดังแสดงในตารางที่ 1 หน่วยน้ำหนักของ มวลรวมละเอียด มวลรวมหยาบ และ RA มีค่า 1,698, 1,472 และ 1,314 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ



ก. มวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ

รูปที่ 1 มวลรวมหยาบรีไซเคิล (RA)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ

Property	Fine Agg.	Coarse Agg.	RA
Specific gravity	2.64	2.71	2.43
Median particle size (mm)	0.08 - 4.75	4.75 – 12.50	4.75 – 12.50
Fineness modulus	2.28	7.50	7.48
Unit weight (kg/m^3)	1,698	1,472	1,314
Water absorption (%)	0.36	0.64	6.36

3.2 สัดส่วนผสมและการผสมตัวอย่างทดสอบ

3.2.1 การทดลองครั้งนี้จะใช้ส่วนผสมทั้งหมด 5 ส่วนผสม ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สัดส่วนผสมของคอนกรีต (กก./ลบ.ม.)

Mixes	OPC	Fine Agg.	NA	RA	Water	Pla
00RA	360	890	930	-	173	5.6
25RA	360	890	697	233	94	5.6

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Mixes	OPC	Fine Agg.	NA	RA	Water	Pla
50RA	360	890	465	465	174	5.6
75RA	360	890	233	697	94	5.6
100RA	360	890	-	930	174	5.6

OPC = ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, Fine Agg. = มวลรวมละเอียด, NA = มวลรวมหยาบธรรมชาติ, RA = มวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ, Pla. = สารลดน้ำพิเศษ

การผสมคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ เริ่มด้วยการนำปูนซีเมนต์และทรายใส่ลงไปในเครื่องผสม เปิดเครื่องผสม และผสมให้เข้ากัน แล้วทำการเติมมวลรวมหยาบธรรมชาติและมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ ทำการผสมจนเข้ากัน ต่อมานำสารลดน้ำพิเศษและน้ำผสมกันแล้วค่อยๆเติมทีละ 10 เปอร์เซ็นต์ จนน้ำหมดตามที่ออกแบบไว้ ต่อมาทำการทดสอบค่าการทำงานได้ โดยควบคุมค่าการยุบตัวที่ 17.5 ± 2.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปทำการเติมลงในแบบหล่อโดยใช้แบบหล่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความสูง 30 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบหา ค่ากำลังรับแรงอัด และค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และแบบหล่อลูกบาศก์ ขนาด กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบหาค่าความพรุนและการดูดซึมน้ำ และแบบหล่อคานคอนกรีตขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบหา ค่ากำลังรับแรงดัด เก็บตัวอย่างทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการถอดแบบแล้วนำไปบ่มในน้ำจนครบตามระยะเวลาที่กำหนด

3.3 วิธีการทดสอบ

3.3.1 กำลังอัด (Compressive Strength) ใช้ตัวอย่างแต่ละส่วนผสมจำนวน 3 ตัวอย่าง ทดสอบเมื่ออายุครบ 24 ชั่วโมง อายุครบ 28 วัน (ASTM C39/C39M-20, 2018)

3.3.2 ความพรุนและการดูดซึมน้ำ (Porosity and water absorption) ใช้ตัวอย่างแต่ละส่วนผสมจำนวน 3 ตัวอย่าง ทดสอบเมื่ออายุครบ 28 วัน (ASTM C642-13, 2013)

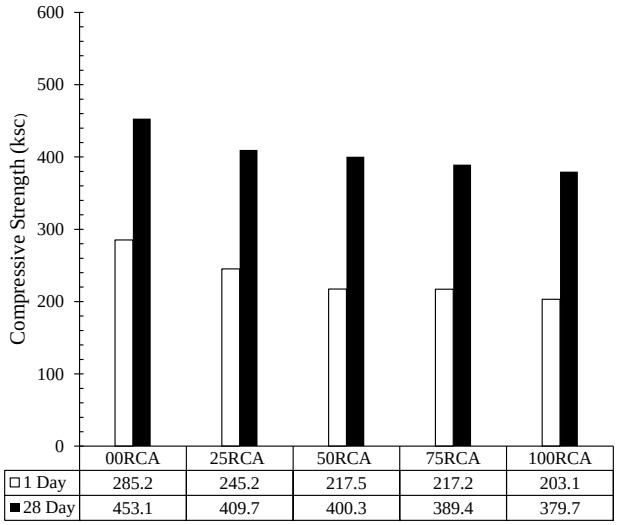
3.3.3 กำลังดัด (Flexural strength) ใช้ตัวอย่างแต่ละส่วนผสมจำนวน 3 ตัวอย่าง ทดสอบเมื่ออายุครบ 28 วัน (ASTM C78/C78M-16, 2016)

3.3.4 โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ใช้ตัวอย่างแต่ละส่วนผสมจำนวน 3 ตัวอย่าง ทดสอบเมื่ออายุครบ 28 วัน (ASTM C469/C469M-14, 2014)

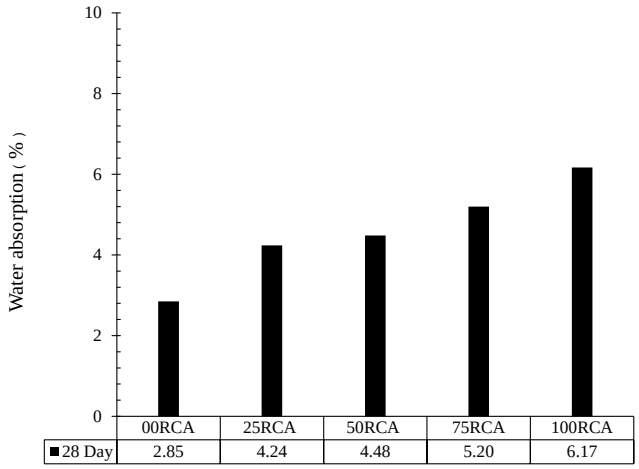
4. ผลการวิจัย

4.1 กำลังรับแรงอัด ผลการทดสอบคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ แสดงในรูปที่ 2 จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่ออัตราส่วนปริมาณของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จเพิ่มมากขึ้น กำลังรับแรงอัดจะมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นจะมีเศษของเมทริกซ์หรือมอร์ตาร์เดิมเกาะอยู่ตามผิวของมวลรวม (ดังแสดงในรูปที่1) ทำให้มีแรงยึดเกาะบริเวณรอยเชื่อมต่อระหว่างมวลรวมและเมทริกซ์มีค่าต่ำ(Nuaklong P., Wongsa A., Sata V., Boonserm K., Sanjayan J., Chindaprasirt P., 2019) และเมื่อปริมาณของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้กำลังรับแรงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมีแนวโน้มลดลง (Zhao Z., Remond S., Damidot D., Xu W., 2015) ดังตัวอย่างกำลังรับแรงอัดที่อายุ 1 วัน เมื่อเปลี่ยนปริมาณของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จที่

0, 25, 50, 75 และ100 % โดยมวล มีค่าเป็น 285, 245, 217, 217 และ 203 ksc ตามลำดับ และกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน เมื่อเปลี่ยนปริมาณของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จที่ 0, 25, 50, 75 และ100 % โดยมวล มีค่าเป็น 453, 409, 400, 389 และ 379 ksc ตามลำดับ



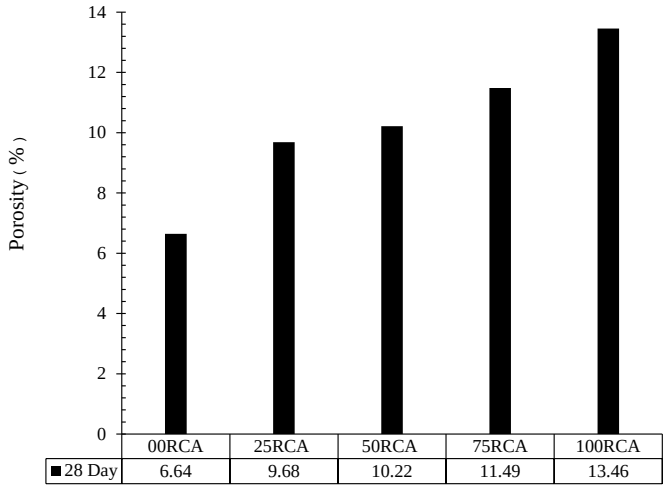
รูปที่ 2 ผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ที่อายุ 1 และ 28 วัน



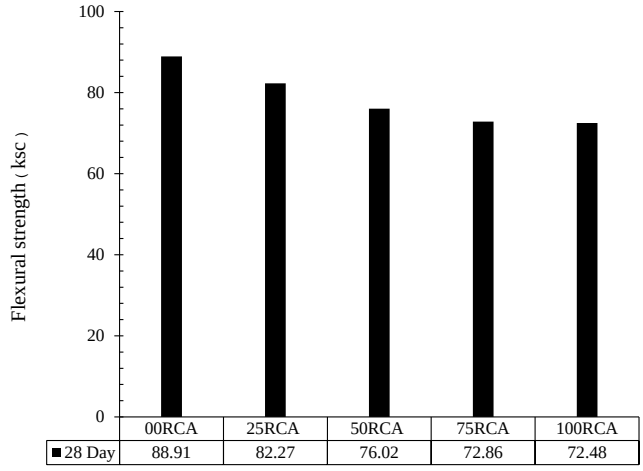
รูปที่ 3 ผลการดูดซึมน้ำของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน

4.2 การดูดซึมน้ำและปริมาณโพรงอากาศ ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำและปริมาณโพรงอากาศของคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ แสดงในรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จมากขึ้น ทำให้การดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (Nuaklong P., Wongsa A., Boonserm K., Ngohpok C., Jongvivatsakul P., Sata V., 2021) เนื่องจากปริมาณมวลรวมรีไซเคิลมีปริมาณโพรงอากาศที่เกิดจากเศษของมอร์ตาร์ที่ติดผิวของ

มวลรวม เมื่อปริมาณมวลรวมเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีปริมาณโพรงอากาศเพิ่มสูงขึ้น และส่งผลให้การดูดซึมน้ำเพิ่มสูงขึ้นด้วย (Pereira P., Evangelista L., de Brito J., 2012) ดังตัวอย่างการดูดซึมน้ำ ที่อายุ 28 วันเมื่อเปลี่ยนปริมาณของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จที่ 0, 25, 50, 75 และ 100 % โดยมวล มีค่าเป็น 2.85, 4.42, 4.48, 5.20 และ 6.17 % ตามลำดับ และปริมาณโพรงอากาศที่อายุ 28 วัน เมื่อเปลี่ยนปริมาณของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จที่ 0, 25, 50, 75 และ 100 % โดยมวล มีค่าเป็น 6.64, 9.68, 10.22, 11.49 และ 13.46 % ตามลำดับ



รูปที่ 4 ผลปริมาณโพรงอากาศของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน

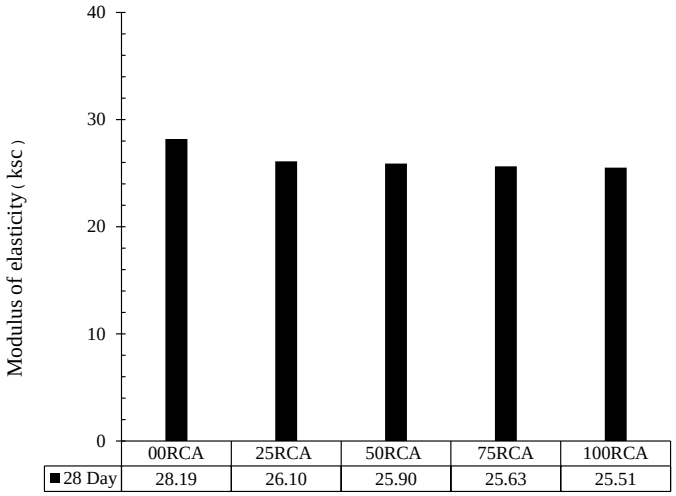


รูปที่ 5 ผลกำลังรับแรงดัดของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน

4.3 กำลังรับแรงดัด ผลการทดสอบกำลังดัดของคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ แสดงในรูปที่ 5 จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ ที่มีความแข็งแรงต่ำเพิ่มสูงขึ้นทำให้ค่ากำลังรับแรงดัดของคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ มีแนวโน้มที่ลดลง (Ledesma E.F., Jiménez J.R., Fernández J.M., Galvín A.P., Agrela F., Barbudo A., 2014) ดังตัวอย่างกำลังดัดของคอนกรีต

ที่อายุ 28 วัน เมื่อเปลี่ยนปริมาณของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จที่ 0, 25, 50, 75 และ100 % โดยมวล มีค่าเป็น 88.91, 82.27, 76.02, 72.86 และ 72.48 ksc ตามลำดับ

4.4 โมดูลัสยืดหยุ่น ผลการทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่น ของคอนกรีตที่รับกำลังอัดได้รวดเร็วที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ แสดงในรูปที่ 6 จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่ออัตราส่วนปริมาณของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จเพิ่มมากขึ้น ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะมีแนวโน้มลดลง ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่อายุ 28 วัน เมื่อเปลี่ยนปริมาณของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จที่ 0, 25, 50, 75 และ100 % โดยมวล มีค่าเป็น 28.19, 26.10, 25.90, 25.63 และ 25.51 GPa ตามลำดับ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลงเหมือนค่ากำลังอัด เมื่อกำลังรับแรงอัดลดลง จึงทำให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นลดลง (Khan M.Z.N., Hao Y., Hao H., Shaikh F.U.A., 2018) มากกว่านั้นโมดูลัสของความยืดหยุ่นได้รับผลกระทบจากคุณสมบัติของมวลรวม อัตราส่วนน้ำต่อสารยึดเกาะ และกำลังรับแรงอัด (Chi J.M., Huang R., Yang C.C., Chang J.J., 2003)



รูปที่ 6 ผลโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน

5. อภิปรายผลและสรุปผล

ผลการศึกษาของงานวิจัย สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1 เมื่อปริมาณของมวลรวมหยาบจากรีไซเคิ้ลแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป (RA) เพิ่มมากขึ้น ทำให้ กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด และค่าโมดูลัสยืดหยุ่น มีแนวโน้มลดลง ในทางตรงกันข้าม เมื่อปริมาณของมวลรวมหยาบจากรีไซเคิ้ลแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป (RA) เพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำ และปริมาณโพรงเพิ่มสูงขึ้น

5.2 การดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากปริมาณมวลรวมรีไซเคิลมีปริมาณโพรงอากาศที่เกิดจากเศษของมอร์ตาร์ที่ติดผิวของมวลรวม เมื่อปริมาณมวลรวมเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีปริมาณโพรงอากาศเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้การดูดซึมน้ำเพิ่มสูงขึ้นด้วย

5.3 ค่ากำลังรับแรงดัด และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลงเหมือนค่ากำลังอัด เมื่อกำลังรับแรงอัดลดลง ทำให้ค่ากำลังรับแรงดัด และโมดูลัสยืดหยุ่นลดลง มากกว่านั้นโมดูลัสของความยืดหยุ่นได้รับผลกระทบจากคุณสมบัติของมวลรวม อัตราส่วนน้ำต่อสารยึดเกาะ และกำลังรับแรงอัด

5.4 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตที่มีส่วนผสมมวลรวมหยาบจากรีไซเคิ้ลแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป (RA) ที่เหมาะสมที่สุดคือ RA เท่ากับ 25 % ให้ค่ากำลังรับแรงอัด ที่ 1 วัน เท่ากับ 245.2 ksc และกำลังอัดที่ 28 วัน

เท่ากับ 409.7 ksc สามารถนำคอนกรีตไปผลิตเป็นแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป ตามมาตรฐาน มอก.848-2546 ระบุกำลังอัดที่ 1 วันไม่น้อยกว่า 240 ksc. และกำลังอัดที่ 28 วันต้องไม่น้อยกว่า 350 ksc.

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ในการนำเศษคอนกรีตแผ่นพื้นมาใช้ ควรใช้คอนกรีตแผ่นพื้นที่มีกำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกัน เพื่อลดผลกระทบจากกำลังของคอนกรีตที่เกาะที่มวลรวมรวมหยาบรีไซเคิ้ล

6.2 ก่อนนำเศษคอนกรีตนำกลับมาใช้ใหม่ควรศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานก่อนนำมาใช้ทุกครั้ง

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น และศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

ASTM C39/C39M-20. (2018). *Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens*. Annual Book of ASTM Standard. Vol 04.02.

ASTM C642-13. (2013). *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*. Annual Book of ASTM Standard. Vol.04.02.

ASTM C78 / C78M - 16. (2016). *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*. Annual Book of ASTM Standard. vol 04.02.

ASTM C469/C469M-14. (2014). *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*. Annual Book of ASTM Standard. Vol.02.01.

Chi J.M., Huang R., Yang C.C., Chang J.J. (2003). Effect of aggregate properties on the strength and stiffness of lightweight concrete. *Cement and Concrete Composites, 25*(2), 197-205.

Khan M.Z.N., Hao Y., Hao H., Shaikh F.U.A. (2018). Mechanical properties of ambient cured high strength hybrid steel and synthetic fibers reinforced geopolymer composites. *Cement and Concrete Composites*, *85*, 133-52.

Ledesma E.F., Jiménez J.R., Fernández J.M., Galvín A.P., Agrela F., Barbudo A. (2014). Properties of masonry mortars manufactured with fine recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*, *71*, 289-98.

Nuaklong P., Wongsa A., Sata V., Boonserm K., Sanjayan J., Chindaprasirt P. (2019). Properties of high-calcium and low-calcium fly ash combination geopolymer mortar containing recycled aggregate. *Heliyon, 5*(9), e02513.

Nuaklong P., Wongsa A., Boonserm K., Ngohpok C., Jongvivatsakul P., Sata V. (2021). Enhancement of mechanical properties of fly ash geopolymer containing fine recycled concrete aggregate with micro carbon fiber. *Journal of Building Engineering, 41*, 102403.

Pereira P., Evangelista L., de Brito J. (2012). The effect of superplasticisers on the workability and compressive strength of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials, 28*(1), 722-729.

Zhao Z., Remond S., Damidot D., Xu W. (2015). Influence of fine recycled concrete aggregates on the properties of mortars. *Construction and Building Materials, 81*, 179-86.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้ได้นำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ โดยได้นำเศษวัสดุคอนกรีตมาหมุนเวียนมาใช้ในการผลิตคอนกรีตอีกครั้ง และทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของ คอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จ เพื่อเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้คุ้มค่า โดยการนำแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้แล้ว หรือแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่ผลิตแล้วไม่ได้ตามมาตรฐานนำมาย่อยให้เป็นเศษคอนกรีตรีไซเคิล และทำการคัดขนาดให้ได้ตามมาตรฐานของมวลรวมหยาบและนำกลับมาใช้งานอีกครั้ง เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตคอนกรีตสำเร็จรูป หรือเศษแผ่นพื้นคอนกรีตที่เกิดจากการรื้อถอนอาคาร และเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบรีไซเคิลอย่างยั่งยืนต่อไป