อิทธิพลของอัตราส่วนการแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE ต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง

Effect of Replacement of Fine Aggregate with HDPE Recycled Plastic Particles on Fresh Properties of Self-Compacting Concrete

นันทชัย ชูศิลป์[1,*] จุฑามาศ ลักษณะกิจ[2] และ อรุณ ลูกจันทร์[3]

[1,2,3] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา

**Corresponding author; E-mail address: nuntachai_chusilp@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE ต่อสมบัติของคอนกรีตสดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง อัตราส่วนการแทนที่ที่ใช้ในการศึกษานี้เท่ากับร้อยละ 0 5 10 และ 15 โดยน้ำหนักของมวลรวมละเอียด ค่า W/C เท่ากับ 0.4 แบ่งเป็นปริมาณซีเมนต์ 660 kg/m^3 และ 560 kg/m^3 ทดสอบการเสียรูปโดยใช้ค่าการไหลแผ่ Slump flow การแยกตัวโดย V-funnel การไหลผ่านสิ่งกีดขวางในแนวนอน L-box และ J-ring พบว่าที่การแทนที่ร้อยละ 5 การไหลแผ่สูงขึ้นและสูงกว่าอัตราส่วนผสมควบคุมประมาณร้อยละ 4-6 แต่เมื่อเพิ่มการแทนที่มากกว่าร้อยละ 5 การไหลแผ่ลดลงประมาณร้อยละ 15-30 ของอัตราส่วนควบคุม ค่าการแยกตัวของทุกอัตราส่วนผสมสูงกว่าเกณฑ์อย่างมากและแปรผันตามการเพิ่มของร้อยละการแทนที่ ซึ่งบ่งชี้ชัดว่าอัตราส่วนผสมของการศึกษานี้หนืดมากจึงมีแนวโน้มสูงที่จะทำให้มวลรวมเกิดการแยกตัวขณะเท สำหรับการไหลผ่านสิ่งกีดขวางในแนวนอนของอัตราส่วนผสมที่มีปริมาณซีเมนต์ 660 kg/m^3 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน ขณะที่ค่าของอัตราส่วนผสมที่มีปริมาณซีเมนต์ 560 kg/m^3 มีแนวโน้มลดลงชัดเจน โดยที่การแทนที่มากกว่าร้อยละ 5 มีค่าการไหลผ่าน L-box ลดลงประมาณร้อยละ 67-76 ของอัตราส่วนควบคุม สรุปได้ว่าการแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเม็ดพลาสติกรีไซเคิลร้อยละ 5 ทำให้คอนกรีตสดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองมีสมบัติการไหลแผ่ การไหลผ่านสิ่งกีดขวางในแนวนอน L-box และ J-ring ไม่แตกต่างจากเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน ASTM และ EFNARC

คำสำคัญ: คอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง, พลาสติก HDPE, พลาสติกรีไซเคิล, สมบัติของคอนกรีตสด

Abstract

This is study aims to investigate the effect of the replacement of fine aggregate with HDPE recycled plastic on fresh properties of self-compacting concrete (SCC). Four levels of HDPE recycled plastic were replaced (0%, 5%, 10%, and 15%) by weight of fine aggregate, by using water-cement (W/C) ratio at 0.4 including 660 kg/m^3 and 560 kg/m^3 of cement. The deformation test using slump flow, segregation test using V-funnel, and ability of passing though steel bar using L-box and J-ring were conducted. It was found that the slump flow values of 5% of replacement increased and higher than that of the control about 4-6 percent. Whereas the exceed 5% of replacement was produced, the reducing of slump flow values were occurred by 15-30 percent comparing with the controls. Segregation of all mixes presented exceedingly values of typical requirements for SCC and varied by the increasing of replacement. These indicated that all mixes of this study had very thick viscosity and consequently segregated when pouring. For the ability of passing though steel bars of L-box and J-ring test, the mixes with 660 kg/m^3 showed an unidentified trend. Further, the mixes with 560 kg/m^3 presented the remarkable decreasing trend. The mixes with exceed 5% of replacement were observed with 67-76 percent reducing compared to the controls. The five percent replacement of fine aggregate with HDPE recycled plastic seem to have acceptable values of slump flow and ability of passing through obstruction of L-box and J-ring according to the requirements of ASTM and EFNARC.

Keywords: Self-compacting concrete, HDPE, Recycled plastic, Fresh properties

1. บทนำ

ขยะพลาสติกเป็นปัญหาที่ท้าทายอย่างมากในประเทศไทยและทุกภูมิภาคทั่วโลก เพราะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งบนแผ่นดินและในมหาสมุทร กรมควบคุมมลพิษรายงานว่าในปี พ.ศ. 2561 เกิดขยะมูลฝอย

ทั้งหมด 27 ล้านตัน เป็นขยะพลาสติกประมาณ 2 ล้านตัน นำเข้าระบบรีไซเคิลประมาณ 0.5 ล้านตัน ส่วนที่เหลือเป็นขยะตกค้างอีก 1.5 ล้านตัน รอการจัดการอย่างถูกวิธี [1]

การวิจัยด้านการนำขยะพลาสติกมาใช้ในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับงานก่อสร้างได้รับความสนใจอย่างมากเนื่องจากสามารถทดแทนมวลรวมได้ ช่วยลดการใช้มวลรวมจากแหล่งทรัพยากรธรรมชาติได้อีกทางหนึ่ง จากการวิจัยพบว่าขยะพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน (Polypropylene plastic, PP) เมื่อนำมาผ่านกระบวนการรีไซเคิลแล้วผสมกับคอนกรีตในลักษณะเส้นใยเสริมกำลังช่วยให้สมบัติเชิงกลของคอนกรีตดีขึ้น [2-4] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาอิทธิพลของการแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยพลาสติกรีไซเคิลประเภทโพลีแอททิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene) หรือ HDPE ต่อสมบัติของคอนกรีตสดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง (Self-compacting concrete, SCC) ได้แก่ การไหลเสียรูป การแยกตัว และการไหลผ่านสิ่งกีดขวาง

2. การทดสอบ

2.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

(1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Ordinary Portland Cement, OPC) ซึ่งมีสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM C150 [5]

(2) มวลรวมหยาบ มวลรวมละเอียด และเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE มวลรวมหยาบที่ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตในงานวิจัยนี้ใช้หินย่อยมีขนาดใหญ่สุดไม่เกิน 3/4 นิ้ว มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.76 ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ 0.70 และค่าร้อยละความชื้น 1.01 ขณะที่มวลรวมละเอียดใช้ทรายแม่น้ำที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ค่าโมดูลัสความละเอียด 2.72 มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.67 ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ 1.80 และค่าร้อยละความชื้น 1.02 สำหรับเม็ดพลาสติกรีไซเคิลที่ใช้แทนที่มวลรวมละเอียด ได้จากการนำขยะพลาสติกประเภท HDPE ที่ใช้แล้วมาบดเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วหลอมเป็นเม็ดพลาสติกเกรดสองหรือพลาสติกรีไซเคิลมีขนาดใหญ่สุดไม่เกิน 2.36 mm มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.496 ค่าร้อยละความชื้น 1.01 และไม่มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ

(3) สารเคมีผสมเพิ่มคือ High range water reducing superplasticisers ตามมาตรฐาน BS-EN 934-2 [6] ใช้ในปริมาณร้อยละ 6 โดยน้ำหนักซีเมนต์

(4) น้ำที่ผสมคอนกรีตใช้น้ำประปา

2.2 วิธีการวิจัย

2.2.1 อัตราส่วนผสม

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้เป็นคอนกรีตไหล SCC โดยทุกอัตราส่วนผสมมีค่า W/C เท่ากับ 0.4 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เป็นวัสดุประสานในปริมาณ 660 kg/m^3 และ 560 kg/m^3 การแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE (P) (ดังรูปที่ 1) ที่อัตราส่วนร้อยละ 0 5 10 และ 15 โดยน้ำหนักของมวลรวมละเอียด ใช้สารเคมีผสมเพิ่มประเภท High range water reducing superplasticisers (SP) แทนด้วยสัญลักษณ์ SCC1-P_SP และ SCC2-P_SP ตามลำดับ อัตราส่วนผสมของคอนกรีตแสดงในตารางที่ 1

รูปที่ 1 เม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE ที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตัวเองผสมเม็ดพลาสติกรีไซเคิล

อัตราส่วนผสม	W/C	ปูนซีเมนต์	เม็ดพลาสติกรีไซเคิล		ทราย	หิน	น้ำ	SP
		(kg/m^3)	%	(kg/m^3)	(kg/m^3)	(kg/m^3)	(kg/m^3)	(kg/m^3)
SCC1-P0-SP*	0.4	660	0	0	976	561	264	3.36
SCC1-P5-SP	0.4	660	5	49	928	561	264	3.36
SCC1-P10-SP	0.4	660	10	98	879	561	264	3.36
SCC1-P15-SP	0.4	660	15	147	830	561	264	3.36
SCC2-P0-SP*	0.4	560	0	0	977	561	224	3.96
SCC2-P5-SP	0.4	560	5	49	928	561	224	3.96
SCC2-P10-SP	0.4	560	10	98	879	561	224	3.96
SCC2-P15-SP	0.4	560	15	147	830	561	224	3.96

* อัตราส่วนผสมควบคุม

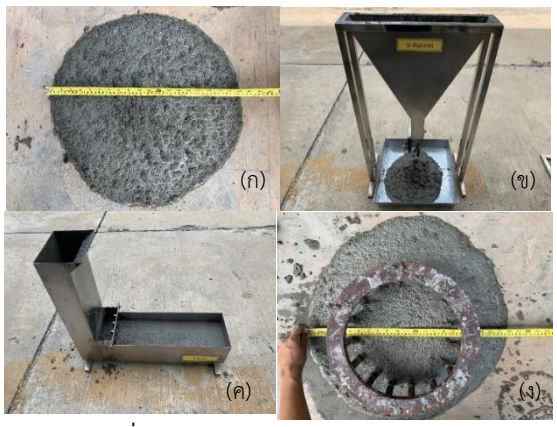
2.2.2 การทดสอบสมบัติของคอนกรีตสด SCC ประกอบด้วย 4 การทดสอบ แต่ละการทดสอบทำซ้ำอัตราส่วนผสมละ 3 ตัวอย่าง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย มีรายละเอียดดังนี้

(1) การทดสอบการเสียรูป (Deformability test) หรือการทดสอบการไหลแผ่แบบอิสระ (Slump flow test) ตามมาตรฐาน ASTM C1611 [7] เป็นการทดสอบเพื่อประเมินความสามารถในการไหลเข้าแบบ โดยเติมคอนกรีตสดลงในกรวย Abram cone จนเต็มแล้วปล่อยให้คอนกรีตไหลจนแน่นด้วยตัวเองโดยไม่ต้องกระทุ้ง จากนั้นยกกรวยขึ้นในแนวดิ่ง คอนกรีตจะไหลแผ่โดยอิสระ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางใน 2 ทิศทางที่ตั้งฉากกัน เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของการไหลแผ่สูงสุด ดังรูปที่ 2 (ก) ค่าการไหลแผ่อิสระที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง 480-680 mm

(2) การทดสอบการแยกตัว (V-funnel test) ตามมาตรฐาน EFNARC [8] โดยเติมคอนกรีตสดจนเต็มกล่องรูปตัววีแล้วทิ้งไว้ 5 นาที เพื่อปล่อยให้คอนกรีตสดไหลจนแน่นด้วยตัวเอง จากนั้นเปิดช่องด้านล่างให้คอนกรีตไหลตามแรงโน้มถ่วงอย่างอิสระ จับเวลาที่คอนกรีตไหลออกจนหมดกล่อง ดังรูปที่ 1 (ข) ตามมาตรฐานในหมวด BS-EN 12350-9 กำหนดความสามารถในการแยกตัวของคอนกรีต SCC ที่ยอมรับได้ต้องใช้เวลาในการไหลประมาณ 6-12 วินาที

(3) การทดสอบไหลผ่านสิ่งกีดขวางในแนวนอน (L-box test) ตามมาตรฐาน EFNARC [8] ดังรูปที่ 2 (ค) โดยเติมคอนกรีตสดจนเต็มกล่องที่อยู่ในแนวดิ่ง จากนั้นเปิดแผ่นกั้นเพื่อปล่อยให้คอนกรีตสดไหลด้วยแรงโน้มถ่วงผ่านสิ่งกีดขวางไปตามกล่องที่อยู่ในแนวนอน วัดความสูงของคอนกรีตด้านที่ติดกับแผงสิ่งกีดขวาง (H1) และด้านปลายกล่องในแนวนอน (H2) ตามมาตรฐานในหมวด BS-EN 12350-10 คอนกรีต SCC ที่ไหลเข้าแบบได้ดีจะมีสัดส่วนของ H2 และ H1 (H2/H1) อยู่ระหว่าง 0.8-1.0

(4) การการทดสอบการไหลผ่านสิ่งกีดขวาง (J-ring test) ตามมาตรฐาน ASTM C1621 M-17 [9] ทำการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบการเสียรูปโดยเติมคอนกรีตสดลงในกรวยที่วางอยู่ในวงแหวนเหล็กที่มีเหล็กขื่อยู่โดยรอบ เมื่อเต็มแล้วให้ยกกรวยออกปล่อยให้คอนกรีตไหลผ่านขื่อเหล็กที่กีดขวางอยู่จนหยุด วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ทิศทางที่ตั้งฉากกันเพื่อนำมาเฉลี่ยหาค่าการไหลแผ่ผ่านสิ่งกีดขวางสูงสุด ดังรูปที่ 2 (ง)

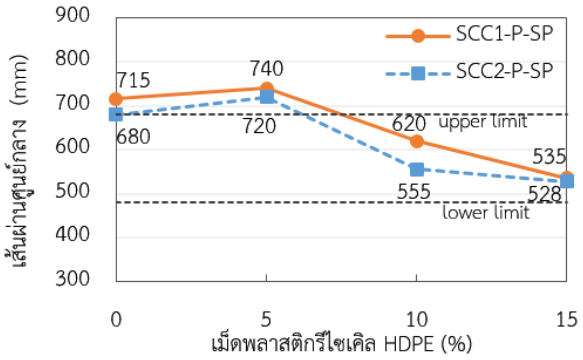


รูปที่ 2 การทดสอบสมบัติของคอนกรีตสด SCC

3. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

3.1 การไหลแผ่ (Slump flow test)

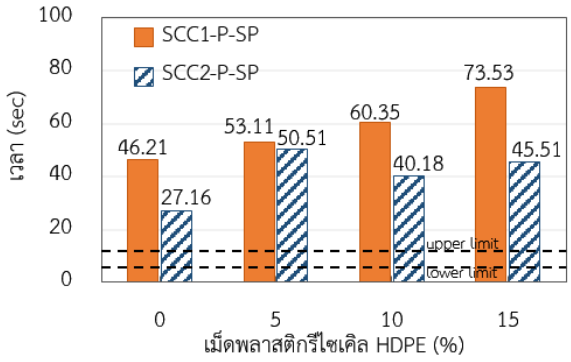
จากรูปที่ 3 แสดงการไหลแผ่ของคอนกรีต SCC ผสมเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE พบว่าเมื่อร้อยละของการแทนที่ด้วยเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE เท่ากับ 0 5 10 และ 15 การไหลแผ่ของคอนกรีตสด SCC1-P-SP (ซีเมนต์ 660 kg/m^3) มีค่าเท่ากับ 715 mm 740 mm 620 mm และ 535 mm และ SCC2-P-SP (ซีเมนต์ 560 kg/m^3) มีค่าเท่ากับ 680 mm 720 mm 555 mm และ 528 mm ตามลำดับ การไหลแผ่ของอัตราส่วนผสมควบคุม SCC1-P0-SP และที่ผสมเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE ร้อยละ 5 (SCC1-P5-SP และ SCC2-P5-SP) มีค่าสูงกว่าเกณฑ์เล็กน้อย ขณะที่อัตราส่วนที่เหลือมีค่าอยู่ในเกณฑ์และมีค่าต่ำกว่าอัตราส่วนผสมควบคุม ประมาณร้อยละ 15-30 ทั้งนี้เมื่อเพิ่มปริมาณเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE มากกว่าร้อยละ 5 การไหลแผ่ของคอนกรีตสด SCC ลงอย่างต่อเนื่องและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของ ASTM C1611 [7] นั่นแสดงให้เห็นว่าปริมาณซีเมนต์ไม่มีผลต่อการเสียรูปของคอนกรีตสด SCC อย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 3 การไหลแผ่ Slump flow

3.2 การแยกตัว (V-funnel test)

ผลการทดสอบการแยกตัวโดยชุดทดสอบ V-funnel แสดงในรูปที่ 4 คอนกรีตสด SCC ผสมเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE ทุกอัตราส่วนใช้เวลาในการไหลผ่านชุดทดสอบ V-funnel นานกว่าเกณฑ์ BS-EN 12350-9 ซึ่งกำหนดไว้ 6-12 sec ซึ่งชี้ชัดว่าอัตราส่วนผสมของการศึกษานี้หนืดหรือเหนียวมาก การแยกตัวของอัตราส่วนผสม SCC1-P-SP (ซีเมนต์ 660 kg/m^3) ที่การแทนที่ร้อยละ 5 10 และ 15 มีค่าสูงกว่าอัตราส่วนผสมควบคุม (SCC-P0-SP) ประมาณร้อยละ 15 30 และ 60 ตามลำดับ ขณะที่อัตราส่วนผสม SCC2-P-SP (ซีเมนต์ 560 kg/m^3) เมื่อร้อยของการแทนที่เท่ากับ 5 ใช้เวลาในการไหลสูงสุดเท่ากับ 50.51 sec รองลงมาคือร้อยละ 15 และ 10 ใช้เวลา 40.18 sec และ 45.57 sec ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณซีเมนต์และเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE ส่งผลให้คอนกรีตหนืดหรือเหนียวมากจึงใช้เวลานานในการไหลผ่านชุดทดสอบมีแนวโน้มสูงที่มวลรวมจะแยกตัวในระหว่างเทคอนกรีตจึงอาจไม่เหมาะสมกับหน้างานจริง

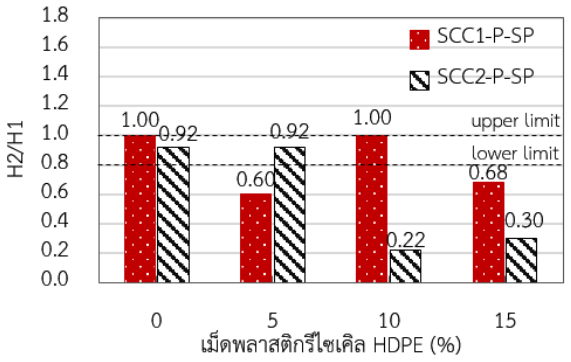


รูปที่ 4 ความสามารถในการแยกตัว V-funnel

3.3 การไหลผ่านสิ่งกีดขวางในแนวนอน (L-box)

รูปที่ 5 แสดงการไหลผ่านสิ่งกีดขวางในแนวนอนของคอนกรีต SCC ผสมเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE โดยวิธี L-box พบว่าค่า H2/H1 ของอัตราส่วนผสม SCC1-P-SP (ซีเมนต์ 660 kg/m^3) มีค่าเพิ่ม-ลด สลับไปมาที่การแทนที่ร้อยละ 0 5 10 และ 15 มีค่าเท่ากับ 1.00 0.60 1.00 และ 0.68 ขณะที่อัตราส่วน SCC2-P-SP (ซีเมนต์ 560 kg/m^3) ค่า H2/H1 มี

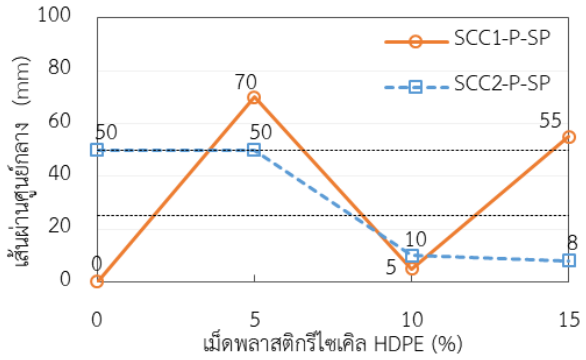
แนวโน้มลดลงตามการเพิ่มขึ้นของร้อยละการแทนที่ที่ 0 5 10 และ 15 โดยมีค่าเท่ากับ 0.92 0.92 0.22 และ 0.30 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มมีค่าต่ำกว่าอัตราส่วนผสมควบคุม (SCC1-P0-SP และ SCC2-P0-SP) เห็นได้ชัดว่าค่า H2/H1 ของอัตราส่วนผสม SCC2_P5_SP และ SCC1_P10_SP เป็นไปตามเกณฑ์ BS-EN 12350-10 ซึ่งกำหนดไว้ 0.80-1.00 สำหรับอัตราส่วนผสมที่เหลือค่า H2/H1 มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์แสดงว่าอัตราส่วนผสมเหล่านั้นมีความสามารถในการไหลผ่านสิ่งกีดขวางในระดับต่ำ เพราะการแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE หรือเส้นใยอาจส่งผลกระทบในทางลบทำให้ค่าความหนืดของคอนกรีตสูงขึ้นจึงทำให้ความสามารถในการไหลผ่านสิ่งกีดขวางลดลง ซึ่งคล้ายกับในงานวิจัยของ [3] ที่พบว่าการแทนที่ด้วยเส้นใยสังเคราะห์จากพลาสติก Polypropylene ทำให้คอนกรีตมีความหนืดเพิ่มขึ้น และการศึกษาของ [10] ที่สรุปไว้ว่าความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตลดลงเมื่อผสมเส้นใยสังเคราะห์จากพลาสติกรีไซเคิลประเภท Polypropylene ในปริมาณที่สูงขึ้น



รูปที่ 5 การไหลผ่านสิ่งกีดขวางในแนวนอน L-box

3.4 การไหลผ่านสิ่งกีดขวาง (J-ring)

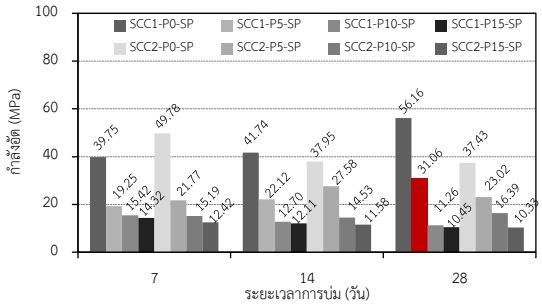
ผลการทดสอบการไหลผ่านสิ่งกีดขวางโดยวิธี J-ring แสดงในรูปที่ 6 พบว่าเมื่อร้อยละของการแทนที่ด้วยเม็ดพลาสติก HDPE เท่ากับ 0 5 10 และ 15 การไหลผ่านสิ่งกีดขวาง J-ring ของอัตราส่วนผสม SCC1-P-SP (ซีเมนต์ 660 kg/m^3) มีค่าเท่ากับ 0 70 10 และ 55 มิลลิเมตร สำหรับอัตราส่วน SCC2-P-SP (ซีเมนต์ 560 kg/m^3) มีค่าเท่ากับ 50 50 5 และ 8 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าการไหลผ่านสิ่งกีดขวาง J-ring ของอัตราส่วนผสม SCC1-P-SP มีค่าสูงกว่าอัตราส่วนผสมควบคุมและมีความแปรปรวนสูง ในทางกลับกันค่า ของอัตราส่วนผสม SCC2-P-SP มีค่าลดลงตามการเพิ่มขึ้นของร้อยละการแทนที่ของเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE และมีค่าต่ำกว่าอัตราส่วนผสมควบคุมคิดประมาณ 5 เท่า อัตราส่วนผสม SCC1-P0-SP SCC1-P5-SP SCC2-P10-SP และ SCC1-P15-SP จัดอยู่ ประเภทไม่เกิดการกีดขวางของการไหล (0-25 มิลลิเมตร) สำหรับอัตราส่วนผสมที่เหลือจัดเป็นคอนกรีต SCC ประเภทเกิดการกีดขวางของการไหลในระดับเล็กน้อย (25-50 มิลลิเมตร) และระดับสูง (> 50 มิลลิเมตร)



รูปที่ 5 การไหลผ่านสิ่งกีดขวาง J-ring

3.5 กำลังอัดของคอนกรีต SCC ผสมเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE

จากรูปที่ 6 พบว่า กำลังอัดของคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตัวเองแบบ SCC1 และ SCC 2 ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 14 และ 28 วัน มีกำลังอัดลดลงตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณเม็ดพลาสติกรีไซเคิล เมื่อพิจารณาการพัฒนากำลังอัดเห็นได้ชัดว่าคอนกรีตที่มีเม็ดพลาสติกรีไซเคิลร้อยละ 5 แบบผสมซีเมนต์ 660 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (SCC1-P5-SP) มีการพัฒนากำลังอัดจากอายุการบ่ม 7 วัน ถึง 28 วัน ได้สูงสุดจาก 19.25 MPa เป็น 31.06 MPa คิดเป็นร้อยละ 44.69 ของอัตราส่วนผสมควบคุม SCC1 หรือร้อยละ 80 ของอัตราส่วนผสมควบคุมของ SCC2 ซึ่งมีค่า 37.43 MPa เพียงร้อยละ 20



รูปที่ 6 กำลังอัดของคอนกรีต SCC

4. สรุปผลการวิจัย

(1) การแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE ในคอนกรีต SCC ทำให้การเสียรูปลดลง ที่การแทนที่ร้อยละ 10 และ 15 มีค่าการเสียรูปอยู่ในเกณฑ์ 480-680 มิลลิเมตร แต่การแทนที่ร้อยละ 5 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ ทั้งนี้ปริมาณซีเมนต์ไม่มีผลต่อการเสียรูปของคอนกรีต SCC

(2) ความสามารถในการแยกตัวของคอนกรีต SCC เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของร้อยละการแทนที่ด้วยเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE เพราะการแทนที่ด้วยเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE ส่งผลทางลบทำให้คอนกรีต SCC เหนียวขึ้นมีแนวโน้มสูงที่จะแยกตัวในขณะเทคอนกรีต

(3) ความสามารถในการไหลผ่านสิ่งกีดขวางในแนวนอน L-box ของของคอนกรีต SCC ไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน ส่วนใหญ่มีค่าลดลงเมื่อร้อยละของการแทนที่ด้วยเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE สูงขึ้น

(4) ความสามารถในการไหลแผ่กีดขวาง J-ring ของคอนกรีต SCC ค่อนข้างแปรปรวน ส่วนใหญ่มีค่าสูงขึ้นเมื่อร้อยละของการแทนที่ด้วยเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE สูงขึ้น ที่การแทนที่ร้อยละ 10 และ 15 จัดอยู่ในกลุ่มเกิดการกีดขวางของการไหลในระดับเล็กน้อย

(5) กำลังอัดของคอนกรีต SCC มีค่าลดขึ้นเมื่อร้อยละของการแทนที่ด้วยเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE สูงขึ้น ที่การแทนที่ร้อยละ 5 และมีปริมาณซีเมนต์ 660 kg/m^3 (SCC1-P5-SP) มีกำลังอัดลดลงน้อยสุด จึงเป็นอัตราการแทนที่ของเม็ดพลาสติกรีไซเคิล HDPE ที่เหมาะสมที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สำหรับโครงการทุนวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2562 ที่ได้สนับสนุนทุนสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ (2561). สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561. หจก.ส.มงคลการพิมพ์.

[2] Al-Hadithi, A.I. and Hilal, N.N. (2016). The possibility of enhancing some properties of self-compacting concrete by adding waste plastic fibers. *Journal of Building Engineering*, 8, pp. 20-28.

[3] Ghernouti, Y., Rabehi, B., Bouziani, T., Ghezraoui, H. and Makhloufi, A. (2015). Fresh and hardened properties of self-compacting concrete containing plastic bag waste fibers (WFSCC). *Construction and Building Materials*, 82, pp. 89–100.

[4] Yang, S., Yue, X., Liu, X. and Tong, Y. (2015). Properties of self-compacting lightweight concrete containing recycled plastic particles. *Construction and Building Materials*, 84, pp. 444-453.

[5] ASTM International. (2019). ASTM C15 0 Standard Specification for Portland Cement. Philadelphia.

[6] British Standard. (2001). BS-EN 934 Admixtures for concrete, mortar and grout.

[7] ASTM International. (2011). ASTM C1611 Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete. Philadelphia.

[8] The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems (EFNARC). (2005). The European Guidelines for Self-Compacting Concrete.

[9] ASTM International. (2011). ASTM C1621 M-17 Standard Test Method for Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring.

[10] Salih, S.A. and AL-Azaawee, M.E. (2005). Effect of Polypropylene Fibers on Properties of Mortar Containing Crushed Brick as Aggregate. *Engineering and Technology Journal*, 26, pp. 1508-1513.