คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก

วรัญ วงศ์ประชุม[1], อิทธิพล มีผล[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
[2]สาขาวิชาการบริหารทรัพยากรอาคาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีต ซึ่งมีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเม็ดยางเคลือบพลาสติก (ทำจากเม็ดยางเบอร์ 6 โดยเป็นเม็ดยางที่ได้จากการย่อยเศษยางรถยนต์เก่าเคลือบด้วยพลาสติก LDPE ที่มีสัดส่วนผสมเม็ดยางต่อเม็ดพลาสติก 50/100 กับ 70/100 ตามลำดับ) โดยมีการแทนที่มวลรวมหยาบโดยปริมาตรที่ร้อยละ 10 20 30 ตามลำดับ โดยมีการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมเชิงกลในด้านกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัด ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก ถึงแม้ว่าจะมีความสามารถในการรับกำลังอัดและกำลังดัดที่ลดลง แต่จะมีความยืดหยุ่นที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่ากำลังอัดและกำลังดัดของคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก ร้อยละ 10 จะมีค่าสูงกว่าคอนกรีตที่มีร้อยละ 20 กับ 30

คำสำคัญ : คอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก, พลาสติก LDPE, การทดสอบกำลังอัด

The Mechanical Properties of Concrete Mixed with Plastic Coated Crumb Rubber

Warun Wongprachum[1], Ittipon Meepon[2]

[1]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,
Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

[2]Program of Facility Management, Faculty of Industrial Technology Sunandha Rajabhat University

ABSTRACT

This research studied the properties of concrete which can be used to replace coarse aggregate (by rubber pellets No.6 from old tire scraps coated with LDPE plastic with a proportion (ratio) of rubber pellets to plastic pellets at 50/100 and 70/100, respectively.) By replacing the coarse aggregate at 10, 20 and 30 percent, respectively, the mechanical properties of engineering in terms of compressive strength and flexural strength can be improved. The results show that although the compressive strength and flexural strength of concrete rubber is capable of being decreased, the flexibility increased. It was also found that the compressive strength and flexural strength of concrete at 10 percent is higher than at 20 and 30 percent.

Keywords : Concrete Mix Plastic Coated Crumb Rubber, LDPE Plastic, Compressive Strength

บทนำ

คอนกรีตเม็ดยาง หรือ Rubberized Concrete เป็นคอนกรีตพิเศษที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากการทิ้งยางรถยนต์เก่าที่ใช้แล้ว เนื่องจากการเผาทำลายก่อให้เกิดมลพิษในปริมาณสูง ซึ่งวิธีนี้ก่อให้เกิดปัญหาตามมาดังนี้ ปัญหาทางทัศนียภาพที่ไม่งดงาม ปัญหาแหล่งเพาะพันธุ์ยุงและเชื้อโรค ปัญหาต่อความเสี่ยงที่จะเกิดเพลิงไหม้ จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการวิจัยเพื่อหาแนวทางในการกำจัดยางรถยนต์ที่ใช้แล้วให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยการนำมาย่อยเป็นเม็ดยางเล็ก และนำไปประยุกต์ใช้งานคอนกรีต เช่น การใช้ผงกากยางรถยนต์เก่าผสมในคอนกรีตเพื่อใช้แทนมวลรวมและงานถนน เป็นต้น [1], [2], [3], [4]

จากการศึกษาที่ผ่านมาล้วนแล้วแต่ เป็นการแทนที่มวลรวมละเอียด (ทราย) ทั้งนั้น แต่ยังไม่มีงานวิจัยใดใช้เม็ดยางรถยนต์แทนที่มวลรวมหยาบ (หิน) เม็ดยางรถยนต์มีขนาดเล็กกว่าจะนำมาแทนที่หิน จึงเกิดเป็นแนวคิดในการวิจัยที่จะใช้ยางรถยนต์แทนที่มวลรวมหยาบบางส่วน โดยจะหล่อขึ้นรูปเม็ดยางรถยนต์ให้มีขนาดแทนที่หินโดยอาศัยการเคลือบของพลาสติกชนิด LDPE ที่ผ่านความร้อนและอยู่ในสถานะของเหลว หลอมขึ้นรูปกับเม็ดยางให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 1X1X1 ลบ.ซม. ใช้แทนมวลรวมหยาบได้ ซึ่งตัวพลาสติก LDPE นั้นซึ่งก็เป็นขยะที่เหลือใช้ในปริมาณสูงไม่ต่างจากยางรถยนต์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาการเคลือบเม็ดยางด้วยพลาสติก

2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก

2.3 เพื่อรณรงค์ในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการทิ้งและการทำลายยางรถยนต์เก่าให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง

ระเบียบวิธีวิจัย

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการดำเนินวิจัยซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ 1) เพื่อศึกษาการเคลือบเม็ดยางด้วยพลาสติก 2) เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ (Material)

ปูนซีเมนต์ (Cement) ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) ใช้ทรายที่มีขนาดประมาณ 0.30 – 0.60 มม. เป็นทรายแม่น้ำ

มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) ใช้หินขนาดใหญ่สุดไม่เกิน 19 มม.

น้ำผสมคอนกรีต (Water) ใช้น้ำสะอาดมีความขุ่นไม่เกิน 2000 ppm.

เม็ดยางรถยนต์เก่าที่ใช้งานแล้ว มีขนาดเบอร์ 6 (ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 6) ขนาดโดยเฉลี่ย 3 มม. แสดงในภาพที่ 1 (ก)

เม็ดพลาสติก LDPE ขนาด 6 มม. ความหนาแน่น 0.922 กรัม/ซม^3 จุดหลอมเหลว 112 องศาเซลเซียส อัตราการละลาย 190 องศาเซลเซียส แสดงในภาพที่ 1 (ข)

(ก)

(ข)

ภาพที่ 1 (ก) เม็ดยางเบอร์ 6 (ข) เม็ดพลาสติก LDPE

3.2 การออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีต

สัดส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ในการวิจัยทำการออกแบบตามการแนะนำของสถาบันคอนกรีตอเมริกา (ACI 211.1 – 91) โดยการออกแบบให้มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.60 และอัตราส่วนการแทนที่มวลรวมหยาบ (หิน) ด้วยเม็ดยางผสมพลาสติกจะแทนที่ไม่เกินร้อยละ 30 โดยปริมาตรคือ เริ่มต้นที่การแทนที่ร้อยละ 10 20 และ 30 ตามลำดับ โดยส่วนผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติกใช้ เม็ดยางกับพลาสติกในอัตราส่วน 0.5 : 1 กับ 0.7 : 1 โดยน้ำหนักสำหรับอัตราส่วน 0.5 : 1 ใช้เม็ดพลาสติก 100 กรัมกับเม็ดยาง 50 กรัม และ สำหรับอัตราส่วน 0.7 : 1 ใช้เม็ดพลาสติก 100 กรัมกับเม็ดยาง 70 กรัม เม็ดยางที่ผ่านการเคลือบพลาสติกดังแสดงในภาพที่ 2 และสัดส่วนผสมคอนกรีต ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยใช้ปูนซีเมนต์ 370 กก./ม^3 มวลรวมละเอียด (ทราย) 796 กก./ม^3 และน้ำ 222 กก./ม^3 เท่ากันทุกสัดส่วนผสม

ภาพที่ 2 เม็ดยางที่ผ่านการเคลือบพลาสติก

ตารางที่ 1 ตารางส่วนผสมคอนกรีต (กก./ม^3)

Type of Concrete	Plastic Coated Crumb Rubber 1x1x1 cm3	
	50/100	70/100
PC	-	-
PCCR 50-10	37.74	
PCCR 50-20	75.47	
PCCR 50-30	113.21	
PCCR 70-10		37.74
PCCR 70-20		75.47
PCCR 70-30		113.21

โดยสัญลักษณ์ตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัยเช่น PCCR 50-10 ตัวอักษร PCCR คือ คอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติกตัวเลข 50 หมายถึง เม็ดยางเคลือบเม็ดพลาสติกในอัตรา 50/100 และตัวเลขสุดท้าย 10 หมายถึง การแทนที่ร้อยละ 10 ของมวลรวมหยาบ

3.3 ตัวอย่างในการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

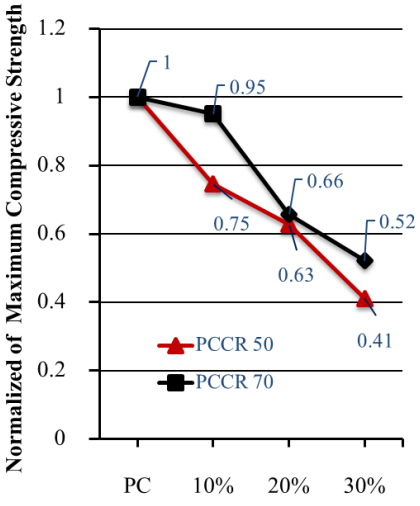
ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดใช้แบบหล่อก้อนตัวอย่างทรงกระบอกขนาด กว้าง 10 ซม. สูง 20 ซม. ใช้เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine (UTM) โดยการหล่อก้อนตัวอย่างทรงกระบอก แล้วนำไปกดด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ซึ่งจะทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์

ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดัดใช้แบบหล่อก้อนตัวอย่างมาตรฐานรูปคาน ขนาด 10x10x35 ลบ.ซม. ใช้เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine (UTM) โดยการหล่อก้อนตัวอย่างมาตรฐานรูปคาน แล้วนำไปกดด้วยเครื่องทดสอบกำลังดัดของคอนกรีต ซึ่งจะทดสอบกำลังดัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์

ผลการวิจัย

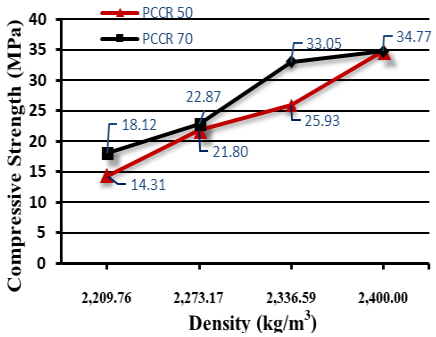
การศึกษาเรื่องคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

เมื่อนำ PCCR 50 แทนที่หินในอัตราส่วนต่อปริมาตร 10% 20% 30% จะทำให้คอนกรีตรับกำลังอัดได้ต่ำลง 25% 37% 59% ตามลำดับ และเมื่อแทนที่ PCCR 70 แทนที่หินในอัตราส่วนต่อปริมาตร 10% 20% 30% จะทำให้คอนกรีตรับกำลังอัดได้ต่ำลง 5% 34% 48% ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3 จากการศึกษาที่ผ่านมา สาเหตุที่ทำให้คอนกรีตกำลังต่ำลง เนื่องจากการแทนที่ด้วยเม็ดยางเคลือบพลาสติกในปริมาณที่สูง จะมีผลต่อการยึดเกาะกันระหว่างมวลรวมกับซีเมนต์เพสต์ [5]



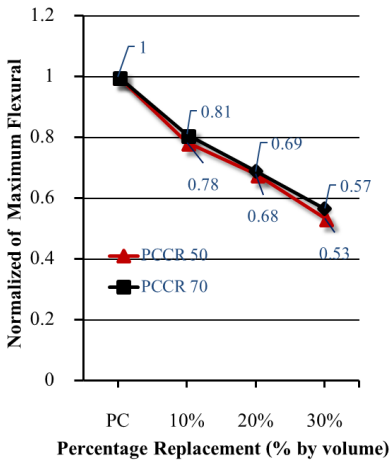
ภาพที่ 3 แสดงอัตราส่วนกำลังอัด คอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก PCCR 50 และ PCCR 70

จากภาพที่ 4 พบว่า ค่าความหนาแน่น PC มีค่าเท่ากับ 2400 กิโลกรัม/ม^3 เมื่อนำเม็ดยางเคลือบพลาสติกไปแทนที่หินโดยปริมาตร 10% 20% 30% จะทำให้คอนกรีตมีค่าความหนาแน่นลดลง 2336.59 กิโลกรัม/ม^3 2273.17 กิโลกรัม/ม^3 2209.76 กิโลกรัม/ม^3 ตามลำดับ และทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดต่ำลงตามลำดับด้วยเช่นกัน จากการศึกษาที่ผ่านมา สาเหตุที่ทำให้ค่าความหนาแน่นลดลงและรับแรงอัดได้ต่ำลง เนื่องจากเม็ดยางเคลือบพลาสติกมีค่าความหนาแน่นและคุณสมบัติการรับแรงอัดที่น้อยกว่ามวลรวมหยาบ (หิน)



ภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก PCCR 50 และ PCCR 70

จากภาพที่ 5 พบว่า เมื่อนำ PCCR 50 แทนที่หินในอัตราส่วนต่อปริมาตร 10% 20% 30% จะทำให้คอนกรีตรับกำลังดัดได้ต่ำลง 22% 32% 47% ตามลำดับ และเมื่อนำ PCCR 70 แทนที่หินในอัตราส่วนต่อปริมาตร 10% 20% 30% จะทำให้คอนกรีตรับกำลังดัดได้ต่ำลง 19% 31% 43% ตามลำดับ จากการศึกษาที่ผ่านมา สาเหตุที่ทำให้คอนกรีตกำลังดัดต่ำลง เนื่องจากเมื่อใส่เม็ดยางเคลือบพลาสติกเข้าไปแทนที่หินจะทำให้การรวมตัวของมวลรวมไม่ดีเท่า PC [6]



ภาพที่ 5 แสดงอัตราส่วนกำลังดัด คอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก PCCR 50 และ PCCR 70

สรุปและอภิปรายผล

5.1 ด้านรับกำลังอัด

PCCR จะให้กำลังรับแรงอัดลดลงเมื่อเทียบกับ PC เนื่องจากเม็ดยางเคลือบพลาสติกที่ผสมเข้าไปแทนที่หินนั้นมีคุณสมบัติการรับแรงอัดได้ไม่ดีเท่าหิน และการแทนที่ด้วยเม็ดยางเคลือบพลาสติกในปริมาณที่สูงจะมีผลต่อการยึดเกาะกันระหว่างมวลรวมกับซีเมนต์เพสต์ จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับงานที่ต้องรับแรงอัดมาก ๆ

5.2 ด้านรับกำลังดัด

เช่นเดียวกับกรณีของแรงอัด PCCR จะให้กำลังรับแรงดัดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ PC เนื่องจากเมื่อใส่เม็ดยางเคลือบพลาสติกเข้าไปแทนที่หินจะทำให้การรวมตัวของมวลรวมไม่ดีเท่าคอนกรีตปกติ จึงทำให้ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับงานที่ต้องรับแรงดัดมากๆ แต่ถึงแม้ว่า PCCR จะมีกำลังรับแรงดัดต่ำกว่า PC แต่จะมีค่าการโก่งตัวที่จุดวิบัติเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จะเห็นได้ว่าเม็ดยางเคลือบพลาสติกนำมาผสมคอนกรีตแทนที่มวลรวมหยาบโดยปริมาตร มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริง หากมีการปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกล โดยศึกษาเพิ่มเติมต่อจากนี้และอาจนำไปใช้ในการทำวัสดุในงานก่อสร้างอื่น ๆ ต่อไป และควรศึกษาปรับปรุงวิธีการเคลือบเม็ดยางด้วยพลาสติก เนื่องจากการเผาทำให้เกิดมลพิษทางอากาศส่งผลต่อสุขภาพ

References

F. Aslani., G. Ma Dominic., L. Yim and W. Gojko Muselin. (2018). Development of High-Performance Self-Compacting Concrete Using Waste Recycled Concrete Aggregates and Rubber Granules. **The Journal of Cleaner Production**, 2018 (182), 553-556.

S. Selvakumar., R. Venkatakrishnaiah. (2015). Strength Properties of Concrete Using Crumb Rubber with Partial Replacement of Fine Aggregate. **International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology**, 2015 (4), 1171-1175.

P. Lo Davide. (2013). Recycled Tyre Rubber Modified Bitumens for Road Asphalt Mixtures: A Literature Review. **Construction and Building Materials**, 2013 (49), 863-881.

B. Tharaporn and T. Nipon. (2016) Properties of lightweight concrete containing crumb rubber and cement replacing with fly ash from coal power plant. **Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University**, 2016 (4), 62-75.

S. Piti and C. Chalermphol. (2005). Concrete Pedestrian Block Containing Crumb Rubber from Recycled Tires. **The Journal Science and Technology Thammasalnt University**, 2005 (10), 1-8.

S. Piti and W. Somyot (2009). Lightweight Concrete Mixed with Superfine Crumb Rubber Powder Part 1: Insulation Properties. **The Journal of KMUTNB**, 2009 (19), 297-305.