

การปรับปรุงคุณภาพผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลผสมหินคลุกด้วยเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์แบบผง Improvement of recycled asphalt pavement mixed with crushed rock by using fly ash based one-part geopolymer

กนกพล จันทรา^{1,*} ชยกฤต เพชรช่วย² วรวิทย์ โพธิ์จันทร์³ วีระวัฒน์ วรรณกุล⁴ และ ชินะวัฒน์ มุกตพันธ์⁵

^{1,3,4,5} สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จ.ขอนแก่น

² สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา

*Corresponding author; E-mail address: kanokphon19999@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลผสมหินคลุกผสมเถ้าลอย และใช้สารเร่งปฏิกิริยาคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์แบบเกล็ด (NaOH) ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่อัตราส่วน ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลต่อหินคลุกเท่ากับ 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 อัตราส่วนเถ้าลอย (FA) เท่ากับร้อยละ 30 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 5 โมลาร์ อายุบ่มตัวอย่างเท่ากับ 7 และ 28 วัน แปรผันความชื้นที่ ร้อยละ 80, 100 และ 120 ตามลำดับจากนั้นทำการทดสอบกำลังอัดแกนเดียว (USC) ของผิวทางที่ปรับปรุงคุณภาพจากผลการทดสอบกำลังอัดแกนเดียว พบว่าค่ากำลังอัดแกนเดียว (USC) มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณหินคลุกที่เพิ่มขึ้น ค่ากำลังอัดสูงสุดพบที่ปริมาณความชื้นที่จุดเหมาะสม นอกจากนี้ค่ากำลังอัดจะมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาอายุบ่มที่เพิ่มขึ้นโดยสูงสุดที่อายุบ่ม 28 วัน จากการศึกษาพบว่าเป็นไปได้ในการนำแอสฟัลต์คอนกรีตเก่ามาใช้เป็นวัสดุทางเลือกในการก่อสร้างหรือปรับปรุงถนนได้ ซึ่งผ่านตามข้อกำหนดของกรมทางหลวงที่ชั้นพื้นทาง หินคลุกผสมปูนซีเมนต์ที่กำหนดให้ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวต้องไม่น้อยกว่า 24.50 ksc ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน

คำสำคัญ: ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล, กำลังอัดแกนเดียว, หินคลุก, จีโอโพลิเมอร์แบบผง

Abstract

This research studied the improvement of pavement quality on recycled asphalt concrete mixed with fly ash aggregate. and using a catalyst flake sodium hydroxide (NaOH). Recycled asphalt concrete pavement per aggregate ratio was 100:0, 75:25, 50:50 and 25:75, fly ash ratio (FA) was 30%, sodium hydroxide concentration was 5 molar, cured age. The samples were taken for 7 and 28 days, varying the moisture content at 80, 100 and 120 percent, respectively. Then, the uniaxial compressive strength (USC) test of pavement quality was improved from the uniaxial compressive strength test results. It was found that the uniaxial compressive strength (USC) increased with increasing

amount of crushed stone. The maximum compressive strength was found at the optimum moisture content. In addition, the compressive strength will increase with increasing curing time, with a maximum curing time of 28 days. The study found that it is possible to use old asphalt concrete as an alternative material for construction or can improve the road which passed the requirements of the Department of Highways at the level of the pavement Cement-mixed rock that requires uniaxial compressive strength to be not less than 24.50 ksc at a curing time of 7 days.

Keywords: Recycled asphalt pavement (RAP), unconfined compressive strength, crushed rock, One-part geopolymer

1. บทนำ

ในประเทศไทยปัจจุบันสภาพการจราจรบนท้องถนนมีการเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก เช่นเดียวกับความต้องการอำนวยความสะดวกในด้านการคมนาคม ทำให้เกิดความต้องการในทุก ๆ ด้าน และปัจจัยที่สำคัญคือมีการก่อสร้างถนน และปรับปรุงผิวทางจากปริมาณรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เมื่อมีการใช้งานที่มากขึ้นมักจะเกิดความเสียหาย ทำให้โครงสร้างถนนเกิดการชำรุดได้ในระยะเวลาอันสั้นเนื่องจากการรับน้ำหนักยานพาหนะ ที่สัญจรบนท้องถนนที่มากเกินไปหรือการเสื่อมสภาพของวัสดุผิวทาง ความเสียหายที่มักพบได้แก่ การหลุดร่อน การทรุดตัวของถนน และการแตกแบบต่าง ๆ ถ้าไม่มีการซ่อมแซม บำรุงรักษา ถนนก็จะเกิดความชำรุดเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อด้านการสัญจรแก่ผู้ใช้ถนน อาจส่งผลเสียให้เกิดอุบัติเหตุ และสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินได้ ในปัจจุบันผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ได้กลับมาบูรณะปรับปรุงถนนเดิม โดยการชุคหรือวัสดุผิวทางเดิมกลับมาใช้ใหม่ การปรับปรุงให้สามารถนำกลับมาใช้งานได้จำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมและได้มาตรฐาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพชั้นทางให้มีคุณภาพสูงขึ้น ซึ่งทำให้สะดวกรวดเร็วประหยัดเวลา และลดการสูญเสียต่าง ๆ การปรับปรุงพื้นทางถนนเดิม โดยการชุคหรือวัสดุผิวทางเดิมกลับมาใช้ใหม่ โดยการนำวัสดุเข้ามาผสมเพิ่ม เพื่อทำหน้าที่ปรับปรุงคุณสมบัติผิวทางเดิม

ให้มีประสิทธิภาพ ให้ชั้นพื้นทางมีคุณภาพสูงขึ้น วัสดุผสมเพิ่มที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ เนื่องจากในขบวนการผลิตปูนซีเมนต์เป็นสาเหตุสภาวะโลกร้อน เพราะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นจำนวนมากสู่ชั้นบรรยากาศ ด้วยเหตุนี้วัสดุเพิ่มที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพอาจใช้เถ้าลอย หรือวัสดุผสมอื่นเช่น จีโพลิเมอร์ที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพชั้นพื้นทางเพิ่มขึ้น

ผู้วิจัยได้นำผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตมารีไซเคิล รวมถึงการนำเถ้าลอยมาผสม เปรียบเสมือนนำขยะกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งปัจจุบันเป็นเทคนิคที่นิยมใช้ และผู้วิจัยได้มีอ้างอิงมาตรฐานของกรมทางหลวง และ กรมทางหลวงชนบท ที่ชัดเจน เพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษา และสนับสนุนให้มีการนำวัสดุดังกล่าวไปใช้ในทางได้จริง และเป็นทางเลือกใหม่ในการใช้วัสดุดังกล่าวต่อไป

กรมทางหลวงชนบทได้นำปูนซีเมนต์มาใช้ในการซ่อมแซมถนนที่ชำรุดเสียหาย โดยทำการขุดหรือผิวทางเดิมที่ชำรุดขึ้นมาผสมกับปูนซีเมนต์ และบดอัดด้วยรถบดจนได้ความหนาแน่นตามมาตรฐานวิธีนี้ เรียกว่าการหมุนเวียนชั้นทางเดิมกลับมาใช้ใหม่ (Pavement Recycling) รายละเอียดอ้างอิงจากมาตรฐานกรมทางหลวง อ้างอิงมาตรฐานกรมทางหลวง ทล.-ม. 203/2556

2. อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

2.1 วัสดุชั้นพื้นทางเดิม (RAP)

ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล (RAP) ได้มาจากการรื้อซ่อมแซมถนนของแขวงทางหลวงชนบทในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ มาใช้ใหม่โดยมีคุณสมบัติพื้นฐานเป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวงชนบท มทข.244-2556 ดังแสดงในตารางที่ 1

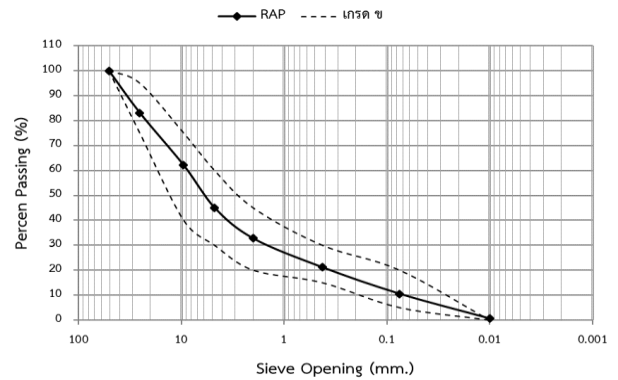


รูปที่ 1 ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของผิวทางเก่า

วิธีการทดสอบ	มาตรฐาน	ผลการทดสอบ	เกณฑ์มาตรฐาน
Liquid Limit (LL)	มทข.(ท) 501.5-(2545)	NA	< 35 %
Plasticity Index (PI)	มทข.(ท) 501.6-(2545)	NP	< 11 %
Los Angeles Abrasion	มทข.(ท) 501.9-(2545)	32 %	< 60 %
Dry Density	มทข.(ท) 501.2-(2545)	2.03 gm./cc.	-
Optimum Moisture Content	มทข.(ท) 501.2-(2545)	10 %	-

ขนาดคละของผิวทาง ทดสอบตามมาตรฐาน มทข.(ท) 501.8-(2545) วิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ (Sieve Analysis) ซึ่งตามมาตรฐานที่กำหนดให้ต้องมีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 50.00 มิลลิเมตร มีส่วนผ่านตะแกรงขนาด 2.00 มิลลิเมตร (เบอร์ 10) ไม่เกินร้อยละ 70 และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร (เบอร์ 200) ไม่เกินร้อยละ 25 ซึ่งขนาดคละของผิวทางที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นไปตามมาตรฐานจัดอยู่ในเกรด ข. ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยลักษณะของขยะผิวทางจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 2 ขนาดคละของผิวทาง

2.2 วัสดุพื้นทางหินคลุก (CR)

วัสดุพื้นทางหินคลุก ได้มาจากแขวงทางหลวงชนบท จังหวัดกาฬสินธุ์ หมายถึง วัสดุมวลรวมหินไม่ (crushed rock soil aggregate type) สำหรับใช้ในการก่อสร้างถนน โดยก่อสร้างบนชั้นรองพื้นหรือชั้นอื่นใดซึ่งผ่านการตรวจสอบแล้วตามมาตรฐาน ทล.-ท. 205/2517 และตามมาตรฐาน มทข.(ท) 501.8-(2545) วิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ (Sieve Analysis) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด วัสดุพื้นทางหินคลุกใช้ตามขนาดคละ C ในตารางที่ 2 มีมวลคละผ่านตะแกรง ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 2 ขนาดคละของวัสดุพื้นทางหินคลุก

ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร (นิ้ว)	ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยมวล		
	A	B	C
50 (2)	100	100	-
25.0 (1)	-	75 - 95	100
9.5 (3/8)	30 - 65	40 - 75	50 - 85
4.75 (เบอร์ 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65
2.00 (เบอร์ 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50
0.425 (เบอร์ 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30
0.075 (เบอร์ 200)	2 - 8	5 - 20	5 - 15



รูปที่ 2 หินคลุก

2.3 เถ้าลอย (fly ash)

เถ้าลอยแคลเซียมสูง (FA) จากโรงไฟฟ้าจังหวัดปราจีนบุรี เถ้าลอยเป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 3 เถ้าลอยแคลเซียมสูง

2.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) เป็นสารเคมีของแข็งในรูปเม็ด (Bead) หรือแผ่นเกล็ด (Flake) มีมวลโมเลกุล 40 กรัม/โมล เมื่อนำมาใช้ต้องละลายน้ำ มีฤทธิ์เป็นด่างแก่สามารถแตกตัวให้อิออนโซเดียม (Na⁺) และอิออนไฮดรอกไซด์ (OH⁻) ได้หมด มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.12 ที่ 20 องศาเซลเซียส



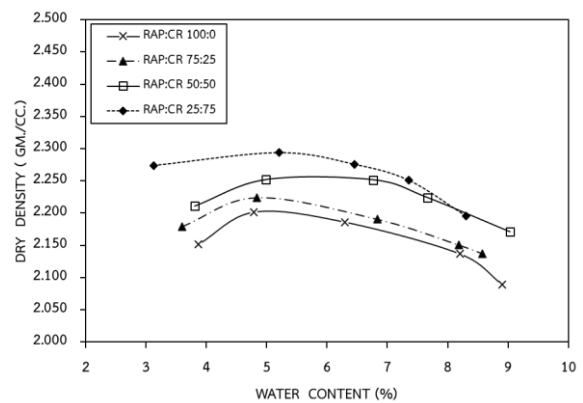
รูปที่ 4 โซเดียมไฮดรอกไซด์แบบเกล็ด

2.5 วิธีการทดสอบ

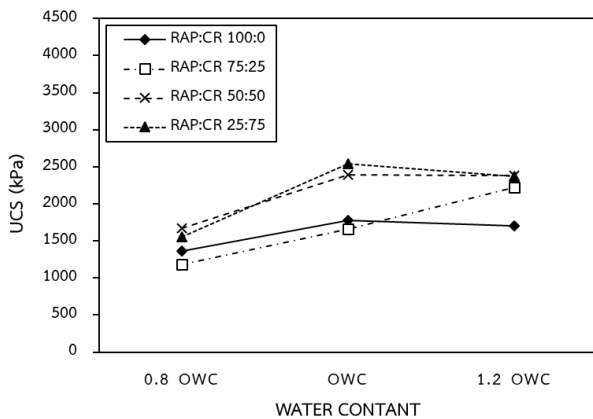
นำวัสดุผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล (RAP) และวัสดุหินคลุก (CR) ผสมที่อัตราส่วนเท่ากับ 100:0, 75:25, 50:50, และ 25:75 จากนั้นผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์แบบเกล็ด ที่ความเข้มข้น 5 โมลาร์ของปริมาณน้ำที่ใช้เข้าไปในตัวอย่าง ร่วมกับเถ้าลอย (FA) ที่ปริมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนัก RAP:CR จากนั้นผสมให้เข้ากันแล้วนำไปผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมให้เข้ากัน และนำไปผสมกับวัสดุผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล (RAP) และวัสดุหินคลุก (CR) ที่เตรียมไว้ตามอัตราส่วนผสมให้เข้ากัน ตัวอย่างจะถูกนำมาทดสอบการบดอัดที่พลังงานการบดอัดแบบแบบสูงกว่ามาตรฐานตามมาตรฐาน ASTM D 1557 หลังจากได้ค่าหน่วยน้ำหนักสูงสุด และปริมาณน้ำที่เหมาะสมของทุกอัตราส่วนแล้ว เพื่อที่จะนำมาเตรียมตัวอย่างแปรผันความชื้นที่ต้องการ จากนั้นนำมาบ่มในห้องปฏิบัติการ จนได้ระยะเวลาบ่ม 7 และ 28 วัน เมื่อครบระยะเวลาบ่ม นำตัวอย่างมาแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปทดสอบหาค่ากำลังอัดแกนเดียวตามมาตรฐานชั้นพื้นทางผสมซีเมนต์ ซึ่งแต่ละอัตราส่วนผสมจะทำการเตรียมตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่าง เพื่อความถูกต้องและแม่นยำ

3. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

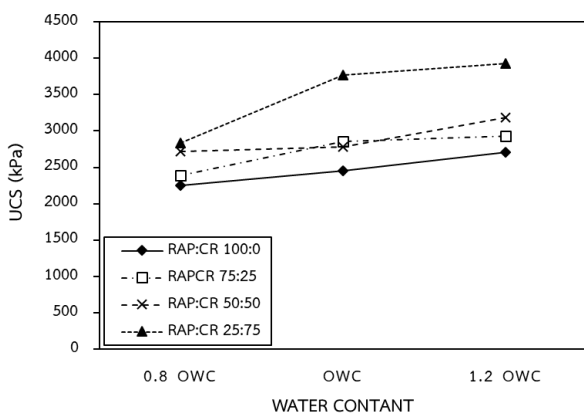
รูปที่ 5 แสดงกราฟการบดอัดการปรับปรุงคุณภาพผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลผสมหินคลุกผสมเถ้าลอย และใช้สารเร่งปฏิกิริยาคือโซเดียมไฮดรอกไซด์แบบเกล็ด (NaOH) ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่อัตราส่วน ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลต่อหินคลุกเท่ากับ 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 อัตราส่วนเถ้าลอย (FA) เท่ากับร้อยละ 30 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 5 โมลาร์ ที่พลังงานการบดอัดสูงกว่ามาตรฐานพบว่าค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดเพิ่มขึ้นตามปริมาณอัตราส่วนหินคลุกที่เพิ่มขึ้น และปริมาณความชื้นที่จุดเหมาะสมมีค่าลดลงเล็กน้อย



รูปที่ 5 กราฟการบดอัดผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลผสมหินคลุกด้วยเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์แบบผง



รูปที่ 6 กราฟกำลังรับแรงอัดต่อปริมาณความชื้นที่อายุบ่ม 7 วัน

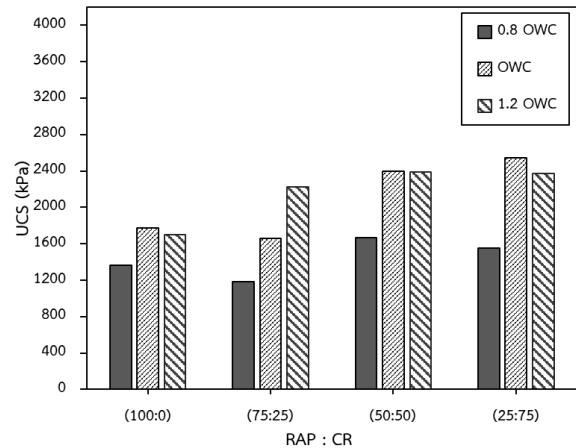


รูปที่ 7 กราฟกำลังรับแรงอัดต่อปริมาณความชื้นที่อายุบ่ม 28 วัน

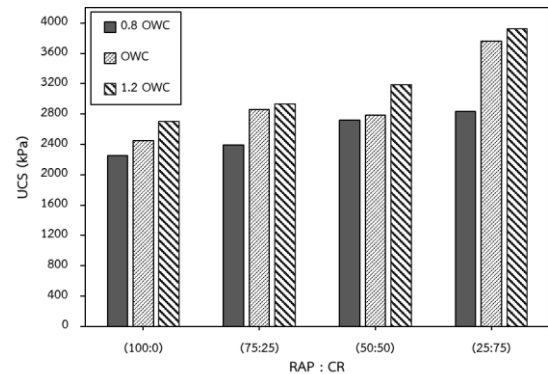
รูปที่ 6-7 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัดแกนเดียวที่ความชื้น ร้อยละ 80, 100 และ 120 ของความชื้นเหมาะสมที่อายุบ่ม 7 และ 28 วัน ตามลำดับ พบว่าค่ากำลังอัดที่ร้อยละ 100 และ 120 มีค่ากำลังอัดสูงกว่าที่ความชื้นร้อยละ 80 ที่อายุบ่ม 7 วัน เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในช่วงแรกจะเกิดจากแคลเซียมจากเถ้าลอยแคลเซียมสูง โดยจะต้องการน้ำที่เหมาะสมเพื่อทำปฏิกิริยา อีกทั้งการจะทำให้เกิดปฏิกิริยาจีโอโพลิเมอร์ไรเซชันได้อย่างสมบูรณ์ต้องการความชื้นที่เหมาะสมเพื่อชะล้างอนุภาคซิลิกา และอลูมินาจากเถ้าลอย นอกจากนี้ยังพบว่าค่ากำลังอัดแกนเดียวที่ความชื้นทางด้านเปียกที่ร้อยละ 120 ของความชื้นเหมาะสม ที่อายุบ่ม 28 วัน มีค่าสูงกว่าความชื้นทางด้านแห้งที่ร้อยละ 80 และที่ความชื้นเหมาะสม เนื่องจากค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความชื้นที่สูงจะสามารถลดความชื้นในระบบเพื่อทำปฏิกิริยาจีโอโพลิเมอร์ไรเซชันได้ดีกว่า แม้ว่าจะมีค่าหน่วยน้ำหนักแห้งต่ำกว่าทั้งนี้เนื่องจากเป็นวัสดุรวมรวมผลของความชื้นที่เพิ่มขึ้นต่อค่าความหนาแน่นแห้งมีผลเพียงเล็กน้อย ซึ่งในกรณีความชื้นสูงจึงทำให้มีปริมาณสารอัลคาไรไลน์ในการทำปฏิกิริยามากกว่าที่ความชื้นต่ำส่งผลให้กำลังทางด้านเปียกทำได้ดีกว่า

รูปที่ 8-9 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัดแกนเดียวที่อัตราส่วนผสม RAP:CR 100:0, 75:25, 50:50, และ 25:75 พบว่าที่อายุบ่ม 7 วัน ค่ากำลัง

อัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณอัตราส่วนหินคลุกที่เพิ่มขึ้นโดยค่ากำลังเริ่มคงที่ที่อัตราส่วน 50:50 พิจารณาที่อายุบ่ม 28 วัน ค่ากำลังอัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณอัตราส่วนหินคลุกที่เพิ่มขึ้นจนถึงอัตราส่วนที่ 25:75 เนื่องจากเถ้าลอยที่เป็นวัสดุปอซโซลาน จะเกิดปฏิกิริยา C-A-S-H และ N-A-S-H ซึ่งมีผลทำให้รับกำลังอัดแกนเดียวเพิ่มมากขึ้นตามอายุบ่มยังมีเท่าลอมยั้งทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดี แต่ที่แตกต่างกันระหว่างอายุบ่ม 7 และ 28 วัน เนื่องจากปริมาณสารอัลคาไรไลน์ที่ใช้อาจไม่เข้มข้นเหมาะสมพอที่จะชะล้างเถ้าลอย ที่ส่วนผสม 25:75 ให้มีกำลังอัดช่วงต้นอายุบ่ม 7 วันได้



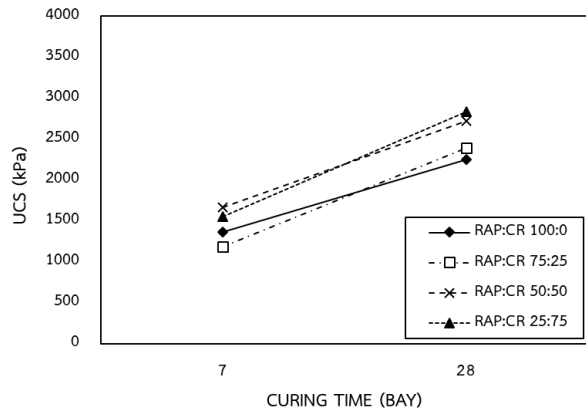
รูปที่ 8 กราฟกำลังรับแรงอัดต่ออัตราส่วน RAP:CR ที่อายุบ่ม 7 วัน



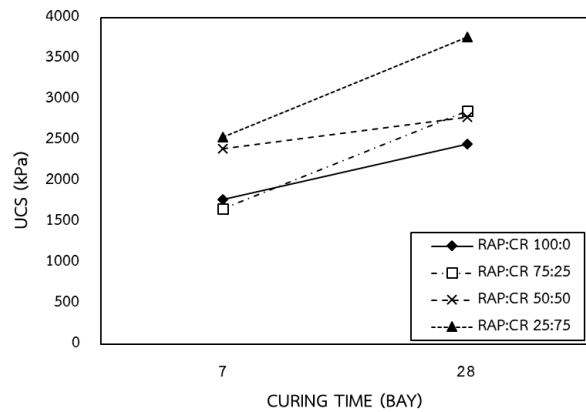
รูปที่ 9 กราฟกำลังรับแรงอัดต่ออัตราส่วน RAP:CR ที่อายุบ่ม 28 วัน

รูปที่ 10-12 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัดแกนเดียวที่ความชื้นต่าง ในช่วงอายุบ่มที่ 7 และ 28 วัน พบว่าที่อัตราส่วนผสมเถ้าลอย ที่ประมาณความชื้น ที่ 0.8 OWC ที่อัตราส่วนผสม 50:50 จะมีค่ากำลังอัดสูงสุดที่ 1669 kPa และ 2723 kPa และพบว่าทดสอบค่ากำลังอัดแกนเดียวที่อัตราส่วนผสมที่ประมาณความชื้นที่ 1.0 OWC ที่อัตราส่วนผสม 25:75 จะมีค่ากำลังอัดสูงสุดที่ 2543 kPa และ 3763 kPa และพบว่าทดสอบค่ากำลังอัดแกนเดียวที่อัตราส่วนผสมที่ประมาณความชื้น ที่ 1.2 OWC ที่อัตราส่วนผสม 25:75 จะมีค่ากำลังอัดสูงสุดที่ 2385 kPa และ 3922 kPa จากการทดสอบพบว่าค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นตามอายุบ่มที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เมื่ออายุบ่มมากขึ้นปฏิกิริยาปอซโซลานจะเกิดมากขึ้นเนื่องจากการพัฒนาโมเลกุลลูกโซ่ของ SiO₂ และ Al₂O₃ จากกระบวนการจีโอโพลิเมอร์ไรเซชัน

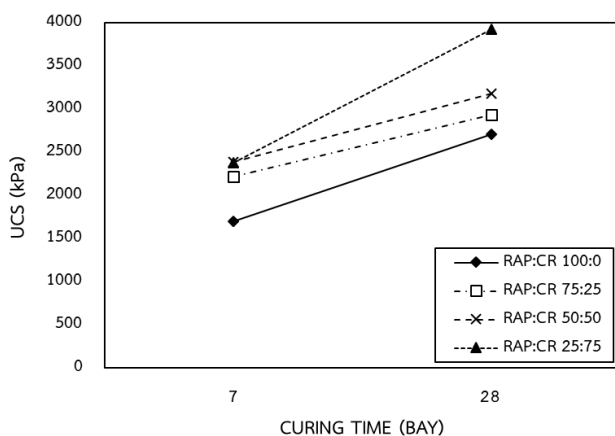
ตารางที่ 4 แสดงค่ากำลังอัดที่อัตราส่วนซึ่งผ่านตามข้อกำหนดของกรมทางหลวงที่ชั้นพื้นทาง หินคลุกผสมปูนซีเมนต์ที่กำหนดให้ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวต้องไม่น้อยกว่า 2,413 kPa ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน อ้างอิงมาตรฐานกรมทางหลวง ทล.-ม. 203/2556



รูปที่ 10 กราฟกำลังรับแรงอัดที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม 0.8 OWC ที่อายุบ่ม 7 และ 28 วัน



รูปที่ 11 กราฟกำลังรับแรงอัดที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม OWC ที่อายุบ่ม 7 และ 28 วัน



รูปที่ 12 กราฟกำลังรับแรงอัดที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม 1.2 OWC ที่อายุบ่ม 7 และ 28 วัน

ตารางที่ 3 ค่ากำลังอัดแกนเดียวที่ผ่านมาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์อายุบ่ม 7 วัน

อัตราส่วน RAP:CR	กำลังอัดแกนเดียว (UCS) ร้อยละ 80	กำลังอัดแกนเดียว (UCS) ร้อยละ 100	กำลังอัดแกนเดียว (UCS) ร้อยละ 120	ค่ากำลังอัดที่กำหนดโดยกรมทางหลวง
100:0	1364	1774	1702	2,413 kPa
75:25	1185	1659	2223	
50:50	1669	2393	2385	
25:75	1552	2543	2374	

4. บทสรุป

จากการศึกษาพบว่าผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลผสมหินคลุกด้วยเถ้าลอยซีโอโพลิเมอร์แบบผง สามารถเพิ่มคุณสมบัติการรับกำลังได้เป็นอย่างดี โดยสามารถสรุปรายละเอียดของผลการทดสอบได้ดังนี้

จากปริมาณความชื้นพบว่าค่ากำลังอัดแกนเดียวมีค่าสูงที่สุดที่ปริมาณความชื้นเหมาะสมที่อายุบ่ม 7 วัน อัตราส่วน RAP:CR ที่ 25:75 จะให้ค่ากำลังอัดสูงที่สุด นอกจากนี้ค่ากำลังอัดแกนเดียวของดินที่ผสมสารเชื่อมประสานที่ความชื้นด้านเปียก ที่ร้อยละ 120 ของความชื้นเหมาะสม มีค่าสูงกว่าความชื้นด้านแห้งที่ร้อยละ 80 ของความชื้นเหมาะสม

อัตราส่วนผสมหินคลุกต่อเถ้าลอย ที่อายุบ่ม 7 วัน ที่เหมาะสมคือ 25:75 ค่ากำลังที่ได้เท่ากับ 2,543 kPa

อัตราส่วนผสมหินคลุกต่อเถ้าลอย ที่อายุบ่ม 28 วัน ที่เหมาะสมคือ 25:75 ค่ากำลังที่ได้เท่ากับ 3,922 kPa

5. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการพิจารณาเพื่อเลือกวิธีซ่อมบำรุงรักษาลาดยางที่ชำรุดเสียหายโดยวิธีการหมุนเวียนวัสดุกลับมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling) สามารถเลือกปรับอัตราส่วนผสมของหินคลุกซีเมนต์ชั้นพื้นทางเดิม ผสมกับผิวแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมได้อย่างเหมาะสม สามารถกำหนด และเปรียบเทียบราคาในการก่อสร้างได้ เช่น การกีดผิวทางแอสฟัลต์เดิมออกเพื่อให้อัตราส่วนผสมระหว่างหินคลุกซีเมนต์ ผสมกับผิวแอสฟัลต์เดิมมีอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อลดการใช้ปูนซีเมนต์ชั้นพื้นทาง ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ลดสภาวะโลกร้อนอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาของแขวงทางหลวงชนบทกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่เอื้อเฟื้อวัสดุขยะผิวทาง และวัสดุหินคลุกที่ใช้ในการทำวิจัย และคณะอาจารย์ที่ได้สละเวลาอันมีค่าแก่ผู้วิจัย อาจารย์ ชยกฤต เพชรช่วย อาจารย์วรวริทย์ โพธิ์จันทร์ อาจารย์วีระวัฒน์ วรรณกุล และอาจารย์ชินะวัฒน์ มุกตพันธ์ ในการให้คำปรึกษา และแนะนำตลอดจนทำการตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น ที่เอื้ออำนวยการสถานที่ในการศึกษา การทดลอง และขอขอบคุณสถานประกอบการ

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมทางหลวง ประเทศไทย (2558) ทล-ม. 203/2545, มาตรฐานวัสดุชั้นพื้นทางชนิดหินคลุก
- [2] กรมทางหลวงชนบท ประเทศไทย (2545) มทข. 203/2545, มาตรฐานวัสดุชั้นพื้นทางชนิดหินคลุก
- [3] กรมทางหลวงชนบท ประเทศไทย (2557) มทข. 244-2556, มาตรฐานงานพื้นทางดินซีเมนต์
- [4] ผู้เขียน : รองศาสตราจารย์ ดร.อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์ ชื่อหนังสือ : วัสดุจีโอโพลิเมอร์ จัดพิมพ์โดย : สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย พิมพ์ครั้งที่ : 1 (มกราคม พ.ศ.2560)
- [5] Pongpat Wangno (2560) การปรับปรุงคุณภาพผิวแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมรีไซเคิลด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย
- [6] ธงชัย รุ่งเรือง (2013) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพวัสดุหินคลุกซีเมนต์ชั้นพื้นทางเดิมผสมผิวแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมด้วยปูนซีเมนต์
- [7] จตุรภูษ บุญเรืองศรี, ชยกฤต เพชรช่วย, เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์และจักษดา อารงวุฒิ (2565) การพัฒนากำลังอัดดินเหนียวปนดินตะกอนด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าขานอ้อยจีโอโพลิเมอร์แบบผงสำหรับงานโครงสร้างถนน
- [8] โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH), <https://ihealzy.com/sodium-hydroxide>.
- [9] มาตรฐานการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction ASTM D 1557.
- [10] มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ (206/2564)