

ผลกระทบของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของวัสดุชั้นรองพื้นทางที่มีวัสดุผิวทางเก่าเป็นส่วนผสม

The Temperature Effects on the Performance of Road Subbase Material Produced from Recycled Asphalt Pavement

กริชชัย แก้วมา¹, กรกณ นุสิทธิ์^{2,*}, ณัฐนนท์ คุ่มครุฑ¹, พีรพงศ์ จิตเสงี่ยม³, สุริยา วุฒิปะอ้าย⁴, พลปรีชา ชิตบุรี², และ สุสิทธิ์ ฉายประกายแก้ว⁵

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

² สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

³ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่

⁴ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา

⁵ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author address: korakodn@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของวัสดุชั้นรองพื้นทางที่มีวัสดุผิวทางเก่าเป็นส่วนผสม โดยวัสดุผิวทางเก่าจะถูกผสมเข้ากับดินเม็ดละเอียดชนิด Low Plasticity Clay เพื่อให้มีขนาดคละเป็นไปตามมาตรฐานชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวงทั้งหมด 4 อัตราส่วน ประกอบด้วยวัสดุที่มีผิวทางเก่าเป็นส่วนผสมร้อยละ 95, 85, 75, และ 50 โดยน้ำหนัก นำส่วนผสมทั้งหมดมาทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานเพื่อหาค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณน้ำที่เหมาะสม นำส่วนผสมที่ทำการบดอัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ส่วนผสมละ 3 ตัวอย่าง ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสหนึ่งชุด และ 150 องศาเซลเซียสอีกหนึ่งชุด เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างชุดดังกล่าวไปทดสอบเพื่อหาค่าซีบีอาร์ กำลังรับแรงอัดแกนเดียว และกำลังรับแรงดึงทางอ้อม นอกจากนี้ตัวอย่างชุดที่อบด้วยอุณหภูมิ 60 และ 150 องศาเซลเซียสแล้ว ตัวอย่างที่ไม่ได้ทำการอบด้วยอุณหภูมิสูงอีกหนึ่งชุดจะถูกนำไปทดสอบประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน นำผลการทดสอบทั้งหมดมาประเมินเปรียบเทียบประสิทธิภาพอันเนื่องจากผลกระทบของอุณหภูมิและปริมาณของวัสดุผิวทางเก่า ผลการทดสอบพบว่าพฤติกรรมการรับแรงของวัสดุขึ้นอยู่กับความหนาแน่นแห้งสูงสุดของวัสดุรวม และเมื่อส่วนผสมที่มีผิวทางเก่าเป็นส่วนผสมได้ถูกอบที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นแล้วพฤติกรรมการรับแรงของวัสดุรวมจะขึ้นอยู่กับปริมาณวัสดุผิวทางเก่าที่อยู่ในอัตราส่วนผสม ไม่ใช่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นแห้งเพียงอย่างเดียว ผลการทดสอบในงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ส่วนผสมระหว่างวัสดุผิวทางเก่าต่อดินเหนียวที่อัตราส่วน 75:25 และอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนผสม 75:25 ที่การทดสอบ CBR วัสดุจะรับแรงได้มาก

คำสำคัญ: วัสดุผิวทางเก่า, ผลกระทบจากอุณหภูมิ, ชั้นรองพื้นทาง, ปริมาณผิวทางเก่า

Abstract

This research investigates the effect of temperature on the performance of road subbase produced from recycled asphalt pavement (RAP). To prepare the RAP subbase, RAP was blended with low plasticity clay at 95%, 85%, 75% and 50% by dry weight. The optimum moisture contents of all mixtures were primarily determined based on the modified compaction test. Three groups of samples, with three replicates, were prepared by compacting the mixtures at optimum moisture content. Before the performance tests, two groups of samples were placed in the oven at 60 °C and 150 °C for 24 hours. Another group was left untouched at room temperature. Then, the California bearing ratio test, unconfined compressive strength test, and indirect tensile strength test were performed with the three groups of samples. The performance test results indicate that, without temperature effects, the strength of the RAP subbase is dependent on the compaction degree. On the other hand, with the increase in curing temperature, the strength of RAP subbase is highly influenced by the percentage of the RAP in the mixture not only the compaction degree. The results of this study concluded that a temperature of 60 °C resulted in a mixture of the RAP to the clay at a ratio of 75:25 and at a temperature of 150 °C at a mixture ratio of 75:25. CBR test the material will withstand a lot of strength.

Keywords: Recycle Asphalt Pavement Material, Temperature Effect, Subbase, Recycle Asphalt Pavement Volume

1. คำนำ

จากปริมาณผิวทางเก่าที่สะสมจากการขุดลอกผิวถนนเพิ่มมากขึ้นทุกปี ได้กลายเป็นปัญหาของหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ผิวทางเก่าเป็นผิวทางแอสฟัลต์ที่เสื่อมสภาพแล้ว ถูกกัดหรือขูดทิ้งก่อนทำชั้นพื้นทางและผิวทางใหม่ ส่งผลให้มีปริมาณขยะผิวทางเก่าเพิ่มขึ้นมากทุกปี เมื่อทำการขุดลอกผิวทางออกจะมีส่วนผสมของยางมะตอยทำให้เกิดเป็นขยะมลพิษที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้ง ประเทศไทยมีอากาศที่ร้อน อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ซึ่งพบว่าอุณหภูมิสูงสุดในอากาศสูงถึง 42.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ผิวถนนสูงถึง 75 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่สูงจะส่งผลให้ผิวทางแอสฟัลต์เกิดความเสียหายรวดเร็วขึ้น [1,2]

ปัจจุบัน ประเทศไทยได้มีมาตรฐานในการใช้วัสดุผิวทางเก่านำกลับมาใช้ใหม่ [3] โดยใช้ทดแทนมวลรวมของแอสฟัลต์คอนกรีต การใช้ผิวทางแอสฟัลต์เก่าแทนมวลรวมหยาบจะช่วยสนับสนุนการใช้วัสดุรีไซเคิลในกระบวนการก่อสร้างทางและช่วยลดความต้องการใช้มวลรวมใหม่จากธรรมชาติลง [4] สำหรับการนำผิวทางเก่าไปใช้เป็นชั้นรองพื้นทาง งานวิจัยเก่าชี้ให้เห็นว่าปริมาณผิวทางเก่าที่มากกว่าร้อยละ 50 จะส่งผลให้วัสดุทางที่มีขนาดคละที่ไม่เหมาะสมและทำให้ความหนาแน่นแห้งของวัสดุลดลง [5,6,7] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในอดีตแสดงให้เห็นว่าวัสดุผิวทางเก่าสามารถนำมาใช้แทนวัสดุธรรมชาติเพื่อเป็นส่วนผสมคอนกรีตได้ โดยที่ใช้แทนที่ทั้งหมดและบางส่วน คอนกรีตที่ใช้วัสดุผิวทางเก่าแทนมวลรวมหยาบ จะมีประสิทธิภาพในเรื่องความเหนียว สำหรับคอนกรีตที่มีวัสดุผิวทางเก่าผสมแทนวัสดุหินที่ได้จากธรรมชาติ จะมีกำลังอัดของคอนกรีตลดลงตามปริมาณของวัสดุผิวทางเก่าที่ใส่เข้าไป

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผิวทางเก่ามาใช้งานให้แพร่หลายขึ้นในประเทศไทย ที่มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของวัสดุชั้นรองพื้นทางที่มีวัสดุผิวทางเก่าเป็นส่วนผสม โดยการออกแบบส่วนผสมอัตราส่วนของมวลรวม ให้เป็นไปตามมาตรฐานกรมทางหลวง มาตรฐานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ทล. - ม. 205/2532 [8]

2. วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

2.1 วัสดุผิวทางเก่า

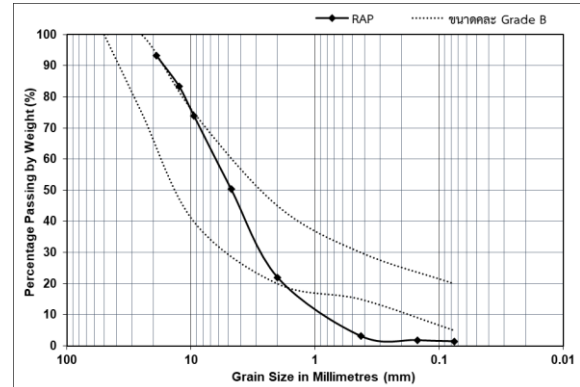
งานวิจัยนี้ได้ใช้วัสดุผิวทางเก่าที่นำมาจากสายทางหลวงหมายเลข 126 กม. 46 ถนนเลี่ยงเมืองพิษณุโลก ซึ่งมีอายุผิวทางอยู่ที่ 4-5 ปี โดยมีคุณสมบัติตามมาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ทล.ม. 205/2532 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุผิวทางเก่า

วิธีการทดสอบคุณสมบัติ	ผลการทดสอบ	เกณฑ์มาตรฐาน
Los Angeles Abrasion Test	24%	< 60
Liquid Limit (LL)	NA	< 35
Plastic Limit (PL)	NA	-

Plasticity Index (PI)	NA	< 11
CBR	NA	> 25

และขนาดคละของวัสดุผิวทางเก่าดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขนาดคละของวัสดุผิวทางเก่า

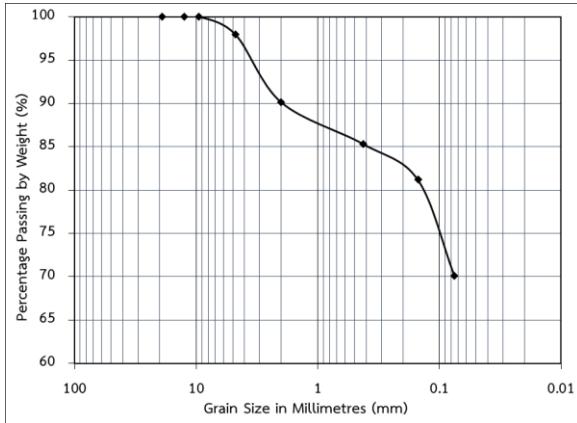
2.2 วัสดุดินเหนียว

งานวิจัยนี้ได้นำดิน จากจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นดินเหนียวพบว่า ดินมีขนาดของเม็ดดิน เม็ดโตสุด 4.75 มิลลิเมตร ได้ทำการทดสอบจำแนกดินตามระบบ Unified Soil Classification (USCS) พบว่าเป็นดินเหนียวที่มีค่า Plasticity ต่ำ (CL) โดยมีคุณสมบัติตามมาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ทล.ม. 205/2532 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุดินเหนียว

วิธีการทดสอบคุณสมบัติ	ผลการทดสอบ	เกณฑ์มาตรฐาน
Los Angeles Abrasion Test	NA	< 60
Liquid Limit (LL)	29%	< 35
Plastic Limit (PL)	17%	-
Plasticity Index (PI)	12%	< 11
CBR	3%	> 25

และมีขนาดคละดังรูปที่ 2



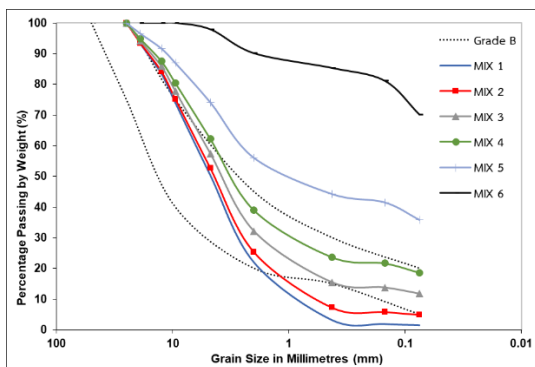
รูปที่ 2 ขนาดคละของดินเหนียว

2.3 การออกแบบส่วนผสม

ในการออกแบบส่วนผสมของงานวิจัยนี้ โดยจะใช้มาตรฐานกรมทางหลวง มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุผสมรวม ทล.ม. 205/2532 โดยจะนำดินไปผสมกับวัสดุผิวทางเก่า โดยนำวัสดุทั้ง 2 อย่างไปทำการทดสอบหาขนาดคละแบบล่าง เพื่อทราบขนาดคละของแต่ละวัสดุ แล้วนำขนาดคละของแต่ละวัสดุมาผสมกัน โดยใช้วิธีการคำนวณ ในการคำนวณขนาดคละของวัสดุที่นำมาผสมกันจะต้องอยู่ในขอบเขตของมาตรฐานรองพื้นทางวัสดุผสมรวม โดยจะได้อัตราส่วนของส่วนผสมมวลรวมตามตารางที่ 3 ขนาดคละดังรูปที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงอัตราส่วนผสม

	อัตราส่วนผสม (%)	
	RAP	CLAY
MIX 1	100	0
MIX 2	95	5
MIX 3	85	15
MIX 4	75	25
MIX 5	50	50
MIX 6	0	100

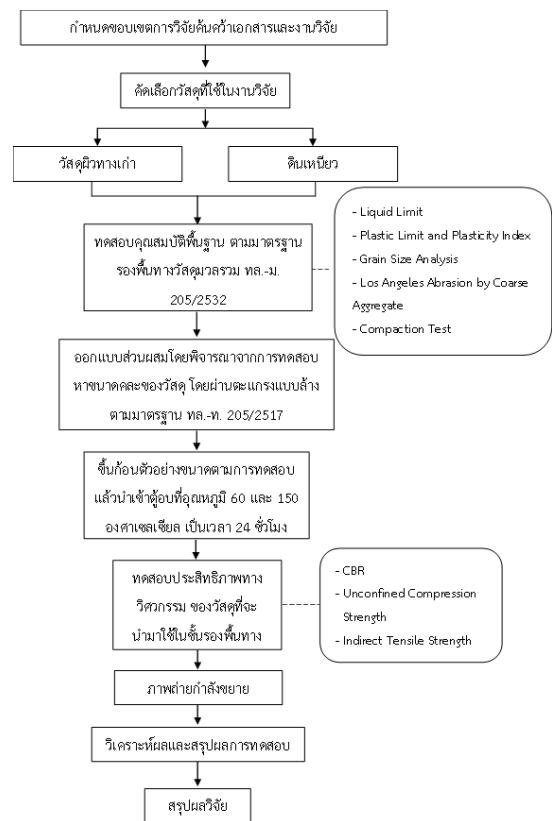


รูปที่ 3 ขนาดคละของแต่ละอัตราส่วนผสม

3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

3.1 ขั้นตอนการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ขั้นตอนการทดสอบในงานวิจัยนี้ ได้นำวัสดุมาผสมกันในอัตราส่วนตามตารางที่ 3 และได้แบ่งตัวอย่างการทดสอบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1 กลุ่มที่ไม่ให้อุณหภูมิแก่ตัวอย่าง, 2 กลุ่มที่นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 3 กลุ่มที่นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พอครบ 24 ชั่วโมงนำตัวอย่างออกมาพักให้อุณหภูมิของตัวอย่างเย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้องแล้วนำตัวอย่างไปทดสอบต่อไป



รูปที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบ

3.2 การทดสอบ Compaction Test

ในงานวิจัยนี้ ทำการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction) ตามมาตรฐานกรมทางหลวง ทล.-ท. 108/2517 เพื่อหาปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) และ ค่าความหนาแน่นสูงสุด (Maximum Dry Density) ดังรูปที่ 4 โดยแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) สูง 116.8 มิลลิเมตร (4.584 นิ้ว) โดยในการทดสอบนี้จะผสมวัสดุผิวทางเก่าและดิน เข้าด้วยกัน โดยที่มีอัตราส่วนระหว่างวัสดุผิวทางเก่าต่อดิน ดังนี้ 100:0, 95:5, 85:15, 75:25, 50:50 และ 0:100 โดยมีผล [9]



รูปที่ 4 การทดสอบ Compaction Test

3.3 การทดสอบ California Bearing Ratio (CBR)

การทดสอบนี้ทดสอบตามมาตรฐานกรมทางหลวง มาตรฐานการทดลองเพื่อหาค่า CBR ตามมาตรฐานการทดลองที่ ทล. -ท. 109/2517 โดยทำการบดอัดตัวอย่างมวลรวมที่ค่าความหนาแน่นสูงสุด (Maximum Dry Density) และปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) ของแต่ละอัตราส่วนผสม โดยควบคุมความหนาแน่นแห้งของตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของความหนาแน่นแห้งสูงสุดและมีความชื้นที่เหมาะสม โดยทำการทดสอบแบบไม่แช่น้ำ โดยใช้ Mold ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152.4 มิลลิเมตร สูง 177.8 มิลลิเมตร ค้อนหนัก 10 ปอนด์ ยกสูง 457.2 มิลลิเมตร ที่พลังงานการบดอัดที่ 12, 25 และ 56 ครั้ง 1 ชุดการทดสอบต่อ 1 ส่วนผสม [10]



รูปที่ 5 การทดสอบ CBR

3.4 การทดสอบกำลังอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength : UCS)

การทดสอบนี้ทดสอบตามมาตรฐานของกรมทางหลวงการทดลองที่ ทล.-ท. 105/2515 โดยทำการขึ้นก้อนตัวอย่างตามมาตรฐานการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน การทดลองที่ ทล. -ท. 108/2517 ที่ค่าความหนาแน่นสูงสุด (Maximum Dry Density) และปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) ของแต่ละอัตราส่วนผสม โดยมีขนาดของก้อนตัวอย่างเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) สูง 116.8 มิลลิเมตร (4.584 นิ้ว) โดยทำการทดสอบทั้งหมด 3 ตัวอย่างต่อ 1 ส่วนผสม ทั้งหมด 54 ตัวอย่าง [11]



รูปที่ 6 การทดสอบ UCS

3.5 การทดสอบแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength: IDT)

การทดสอบกำลังรับแรงดึงทางอ้อมก้อนตัวอย่างภายใต้มาตรฐาน ASTM D6931-2017 โดยตัวอย่างมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มม.(4 นิ้ว) สูงประมาณ 70 มิลลิเมตร โดยใช้วัสดุมวลรวมประมาณ 1200 กรัม ทำการบดอัด 3 ชั้น ชั้นละ 25 ครั้ง ทำการบดอัดที่ค่าความหนาแน่นสูงสุด (Maximum Dry Density) และปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) ของแต่ละอัตราส่วนผสม โดยทำการทดสอบทั้งหมด 3 ตัวอย่างต่อ 1 ส่วนผสม ทั้งหมด 54 ตัวอย่าง [12]



รูปที่ 7 การทดสอบ IDT

3.6 ให้อุณหภูมิกับตัวอย่าง

นำตัวอย่างของวัสดุมวลรวมที่ขึ้นก้อนเสร็จแล้วได้แก่ CBR, UCS และ IDT เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60 และ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พอครบ 24 ชั่วโมงนำตัวอย่างออกมาพักให้อุณหภูมิของตัวอย่างเย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้องแล้วทำการทดสอบ เพื่อดูผลกระทบของอุณหภูมิที่ส่งผลต่อวัสดุมวลรวมที่มีวัสดุผิวทางเก่าผสมอยู่

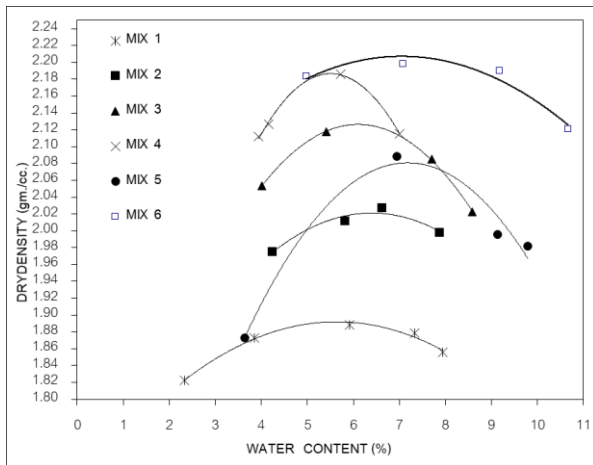


รูปที่ 8 นำตัวอย่างเข้าตู้อบ

4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

4.1 Compaction Test

การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานตามมาตรฐานกรมทางหลวง มาตรฐานที่ ทล.-ท. 108/2517 พบว่าดินมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าวัสดุผิวทางเก่าส่วนวัสดุผิวทางเก่าจะมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าดิน จากรูปที่ 9 แต่เมื่อนำวัสดุทั้งสองอย่างมาผสมกัน พบว่าเมื่อนำดินที่มีเม็ดละเอียดอยู่ เยอะมาผสมกับวัสดุผิวทางเก่าทำให้วัสดุผิวทางเก่ามีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ตามปริมาณของดินที่ใส่เข้าไปโดยที่อยู่ในขอบเขตของขนาดคลวมลรวมมาตรฐานกรมทางหลวง มาตรฐานรองพื้นทางวัสดุคลวมลรวม



รูปที่ 9 ผลการทดสอบการบดอัดสูงกว่ามาตรฐานของวัสดุคลวมลรวม

โดยในการทดสอบพบว่าค่าความหนาแน่นสูงสุด (Maximum Dry Density) และปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) ของแต่ละอัตราส่วนผสมเป็นดังตารางที่ 4

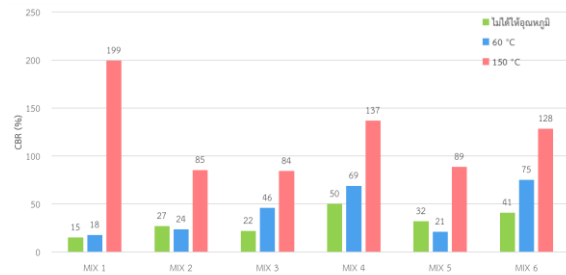
ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน

No	Material RAP:CLAY	MDD (gm/cm ³)	OMC (%)
MIX1	100:0	1.89	5.7
MIX 2	95:5	2.02	6.5
MIX 3	85:15	2.13	6.2

MIX 4	75:25	2.19	5.5
MIX 5	50:50	2.08	7.2
MIX 6	0:100	2.21	7.0

4.2 California Bearing Ratio (CBR)

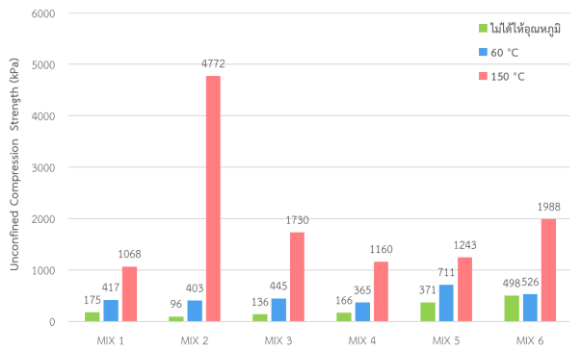
ผลการทดสอบหาค่า CBR แบบไม่แช่น้ำพบว่าวัสดุที่อยู่ในขอบเขตของขนาดคลวมลรวมตามมาตรฐานกรมทางหลวง มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุคลวมลรวม นั้น จะมีค่า CBR ที่สูงตามปริมาณของวัสดุผิวทางเก่าที่ลดลง เพราะที่ดินเหนียวเป็นดินที่มีเม็ดละเอียดเมื่อนำมาผสมกับวัสดุผิวทางเก่าแล้วจะทำให้มีความหนาแน่นแห้งสูงขึ้นเนื่องจากดินเม็ดละเอียดเข้าไปลดช่องว่างระหว่างมวลรวม ทำให้มีค่า CBR ที่สูงขึ้นในขอบเขตของขนาดคลวมลรวมรองพื้นทางวัสดุคลวมลรวมของกรมทางหลวง และเมื่อนำวัสดุคลวมลรวมไปอบที่อุณหภูมิที่ 60 และ 150 องศาเซลเซียส พบว่าค่า CBR นั้นเพิ่มขึ้น จากตัวอย่างที่ไม่ให้อุณหภูมิ เนื่องจากวัสดุผิวทางเก่ามีส่วนผสมของยางมะตอยอยู่ด้วย จึงทำให้ยางมะตอยนั้นละลายและเชื่อมมวลรวมเข้าด้วยกัน ส่งผลให้ค่า CBR มีค่าที่สูงขึ้น



รูปที่ 10 ผลการทดสอบหาค่า CBR แบบไม่แช่น้ำ

4.3 Unconfined Compressive Strength : UCS

จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อปริมาณวัสดุผิวทางเก่าลดลงส่งผลให้กำลังรับแรงของวัสดุเพิ่มขึ้น ตามปริมาณดินเหนียวที่เพิ่มเข้าไป แต่เมื่อขนาดคลวมลรวมของวัสดุอยู่นอกเหนือขอบเขตของขนาดคลวมลรวมตามมาตรฐานกรมทางหลวง มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุคลวมลรวมของกรมทางหลวง จะส่งผลให้กำลังรับแรงของวัสดุลดลง และเมื่อนำวัสดุคลวมลรวมไปให้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส พบว่าวัสดุสามารถรับแรงได้เพิ่มขึ้น และยังสามารถรับแรงได้สูงขึ้น เมื่อนำไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เนื่องจากยางมะตอยที่อยู่ในวัสดุผิวทางเก่า นั้น ละลายเชื่อมประมาลกับมวลรวม ทำให้วัสดุรับกำลังได้สูงขึ้นมาก และการที่ยางมะตอยละลายนั้นส่งผลให้ ช่องว่างในมวลรวมมีปริมาณที่น้อยลงอีกด้วย



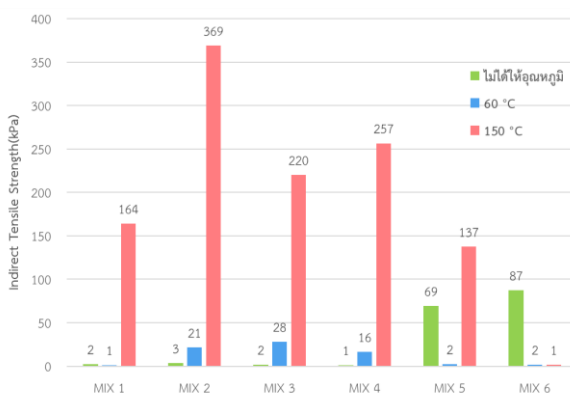
รูปที่ 11 ผลการทดสอบ UCS



รูปที่ 13 กล้อง Microscope

4.4 Indirect Tensile Strength: IDT

จากผลการทดสอบพบว่า ความสามารถในการรับแรงดึงทางอ้อมของวัสดุมวลรวม มีค่าค่อนข้างต่ำมาก เนื่องจากมีปริมาณมวลรวมละเอียดน้อย แต่เมื่อวัสดุมีมวลรวมละเอียดมากขึ้นจะทำให้สามารถรับแรงดึงทางอ้อมได้มากขึ้นเป็นผลมากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินของมวลรวมละเอียด แต่เมื่อวัสดุผิวทางเก่ามีอุณหภูมิเข้ามาโดยนำตัวอย่างวัสดุมวลรวมไปอบที่อุณหภูมิ 60 และ 150 องศาเซลเซียส พบว่า วัสดุมวลรวมสามารถรับแรงดึงทางอ้อมได้ เป็นผลมาจากการที่วัสดุผิวทางเก่ามีส่วนประกอบของยางมะตอย เมื่อยางมะตอยได้รับความร้อนจะให้อย่างมะตอยละลายแล้วเชื่อมประสานกับมวลรวม ทำให้ช่องว่างในมวลรบน้อยลงและยังสามารถรับแรงดึงทางอ้อมได้

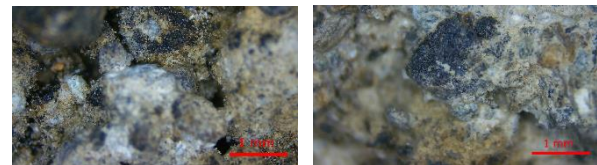


รูปที่ 12 ผลการทดสอบ IDT

4.5 ภาพถ่าย Microscope

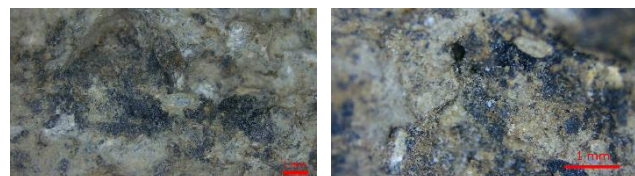
ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผิวของวัสดุหลังจากทำการทดสอบ IDT เพื่อดูการเรียงตัวของวัสดุ อุณหภูมิที่ส่งผลให้ยางมะตอยละลาย และช่องว่างของวัสดุมวลรวม จากการทดสอบพบว่า เมื่อขนาดคละของวัสดุอยู่ในขอบเขตของมาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวมของกรมทางหลวง จะทำให้การจัดเรียงตัวของวัสดุเรียงชิดติดกัน และสม่ำเสมอ ส่งผลให้ช่องว่างของมวลรวมมีน้อย

จากรูปที่ 14 ได้นำวัสดุที่ทำการทดสอบ IDT เรียบร้อยแล้ว นำมาส่องด้วยกล้อง Microscope ตามรูปที่ 13 ผลปรากฏว่าในอัตราส่วนที่มีปริมาณวัสดุผิวทางมาก คืออัตราส่วน 95:5 จะเห็นช่องว่างที่ผิวของวัสดุได้เยอะซึ่งสอดคล้องกับผลทดสอบ Compaction Test ซึ่งค่าความหนาแน่นแห้งของอัตราส่วน 95:5 มีค่าความหนาแน่นแห้งน้อยกว่าอัตราส่วน 75:5 เนื่องจากปริมาณดินเหนียวเข้าไปแทรกตัวอยู่ตามช่องว่างที่เกิดขึ้นของวัสดุผิวทางเก่า ทำให้อัตราส่วน 75:5 มีความหนาแน่นสูงขึ้นและปริมาณช่องว่างลดลง



(a) อัตราส่วน 95RAP:5CL (b) อัตราส่วน 75RAP:25CL
รูปที่ 14 ผลภาพถ่ายจากกล้อง Microscope ของวัสดุที่ไม่ได้ให้อุณหภูมิ

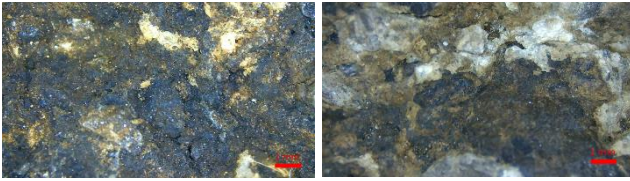
ในการทดสอบตัวอย่างของวัสดุมวลรวมที่นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หลังจากการทดสอบ IDT แล้ว นำตัวอย่างมาส่องภาพถ่ายจากกล้อง Microscope ผลปรากฏว่า จะมีการละลายของยางมะตอยที่อยู่ในวัสดุผิวทางเก่า ยางมะตอยบางส่วนจะเคลือบกับวัสดุมวลรวม ทำให้ปริมาณช่องว่างลดลง เห็นได้จากรูปที่ 15



(a) อัตราส่วน 95RAP:5CL (b) อัตราส่วน 75RAP:25CL
รูปที่ 15 ผลภาพถ่ายจากกล้อง Microscope ของวัสดุที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

การทดสอบตัวอย่างของวัสดุมวลรวมที่นำไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส หลังจากการทดสอบ IDT แล้ว นำตัวอย่างมาส่องภาพถ่าย

จากกล้อง Microscope ผลปรากฏว่ายางมะตอยนั้นได้ละลายซึมเข้าไปตามมวลรวมของวัสดุ ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนจากรูปที่ 16 และช่องว่างในมวลรวมยังลดลงอีกด้วย



(a) อัตราส่วน 95RAP:5CL (b) อัตราส่วน 75RAP:25CL
รูปที่ 16 ผลภาพถ่ายจากกล้อง Microscope ของวัสดุที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

5. บทสรุป

จากการศึกษาการนำวัสดุผิวทางเก่ามาเป็นส่วนผสมของวัสดุที่จะนำมาใช้ในชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อพฤติกรรมของวัสดุ ผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

1. ในการออกแบบอัตราส่วนผสมที่ใช้ขนาดผลของมวลรวมให้อยู่ในขอบเขตของมาตรฐานกรมทางหลวง ชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม จะทำให้ค่าความหนาแน่นแห้งของวัสดุมีค่าสูงสุด และสามารถรับกำลังได้ดี
2. การทดสอบหาค่า CBR แบบไม่แช่น้ำ ค่าของ CBR จะสูงขึ้นตามปริมาณวัสดุผิวทางเก่าที่ลดลง เนื่องจากขนาดผลของวัสดุผิวทางเก่ามีมวลรวมละเอียดค่อนข้างน้อย ทำให้มีช่องว่างในมวลรวมค่อนข้างมาก เมื่อมีดินหรือวัสดุเม็ดละเอียด เข้าไปจะทำให้ช่องว่างของมวลรวมลดลงส่งผลให้ค่า CBR ที่สูงขึ้น
3. การทดสอบ UCS จะมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณวัสดุผิวทางเก่าที่ลดลงและมีกำลังรับแรงที่สูงขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น เนื่องจากยางมะตอยได้ละลายเคลือบมวลรวม และลดช่องว่างในมวลรวม
4. การทดสอบ IDT จากการทดสอบพบว่าค่ากำลังรับแรงดึงทางอ้อมจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น
5. อุณหภูมิ มีผลต่อพฤติกรรมการรับแรงของวัสดุมวลรวมที่มีวัสดุผิวทางเก่าเป็นองค์ประกอบ วัสดุมวลรวมที่มีวัสดุผิวทางเก่าเข้ามาผสมอยู่ใน อัตราส่วนจะต้องคำนึงถึงเรื่องอุณหภูมิด้วย เนื่องจากวัสดุผิวทางเก่ามีส่วนประกอบของยางมะตอยซึ่งเมื่อได้รับอุณหภูมิพฤติกรรมการรับแรงจะเปลี่ยนไป แต่ถ้าไม่มีอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้องพฤติกรรมการรับแรงของวัสดุมวลรวมที่มีวัสดุผิวทางเก่าผสมอยู่ จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นแห้งของมวลรวม

ผลการทดสอบในงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียสส่งผลให้ส่วนผสมระหว่างวัสดุผิวทางเก่าต่อดินเหนียวที่อัตราส่วน 75:25 และอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนผสม 75:25 ที่การทดสอบ CBR วัสดุจะรับแรงได้มาก

6. ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาอุณหภูมิที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของวัสดุในชั้นรองพื้นทางที่มีวัสดุผิวทางเก่าผสมอยู่ ซึ่งควรจะมีการทดสอบที่อุณหภูมิต่าง ๆ เพิ่มเติม เพื่อในงานวิจัยสมบูรณ์มากขึ้นและทราบถึงพฤติกรรมของวัสดุในชั้นรองพื้นทางที่มีวัสดุผิวทางเก่าผสมอยู่ ในงานวิจัยนี้เป็นเพียงการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพียงอย่างเดียวซึ่งยังไม่ครอบคลุมสำหรับหน้างานจริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทางภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทดสอบต่างๆ

ขอขอบคุณขอขอบคุณนายทองพูน ทองคำ, นายไกรวิทย์ แซ่เต๋น, นายพรเทพ ขวามะลิ, นายอนุเบศ วันสี, นายศิริเดช คำหลวงฉ้วน, นายรามิล ขวัญไชย, นางสาวนันทา อิกาศ, นางสาวสุจิตรา จาติระปา และ นายกษิตศ แก้วกัน นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ให้ความร่วมมือในการทำการทดสอบต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chandrappa Anush and Biligiri Krishna (2016) Development of Pavement-Surface Temperature Predictive Models: Parametric Approach. American Society of Civil Engineers.
- [2] Pham Viet Hung and Pham Viet Hung (2019) Asphalt Pavement Performance in Extreme Weather Events in Tropical Country. International Journal of Engineering Research & Technology.
- [3] จิระยุทธ สืบสุข., คมกร ไชยเดชชาร., ภาณุพงศ์ พันพิพัฒน์. (2019). การออกแบบส่วนผสมของพอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีตที่ใช้ผิวทางแอสฟัลต์รีไซเคิลเป็นมวลรวมหยาบสำหรับการใช้ในงานทาง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24, 10-12 กรกฎาคม 2562, อุตรธานี, ประเทศไทย.
- [4] Suebsuk, J., Suksan, A., and Horpibulsuk, S., (2014). Strength assessment of cement treated soil/reclaimed asphalt pavement (RAP) mixture. International Journal of GEOMATE.
- [5] Al-Oraimi, S., Hossam, F., and Hago, H. A. (2009). Recycling of reclaimed asphalt pavement in Portland cement concrete. Journal of Engineering Research, Vol. 6, No. 1, pp. 37-45.
- [6] Huang, B., Shu, X., and Li, G. (2005). Laboratory investigation of Portland cement concrete containing recycled asphalt pavements. Cement and Concrete Research, Vol. 35, No. 10, pp. 2008-2013.
- [7] Mahmoud E., Ibrahim A., El-Chabib H. and Patibandla V.C (2013). Self-consolidating concrete incorporating high volume of fly ash, slag, and recycled asphalt pavement. International Journal of Concrete Structures and Materials, Vol. 7, No. 2, pp. 155-163.

- [8] สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง.,กรมทางหลวง. (2532). ทล.-ม.205/2532 มาตรฐานรองพื้นทางวัสดุผสมรวม . กรุงเทพฯ
- [9] สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง.,กรมทางหลวง. (2517). ทล.-ท.108/2517 การทดลอง Compaction test แบบสูงกว่ามาตรฐาน . กรุงเทพฯ
- [10] สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง.,กรมทางหลวง. (2517). ทล.-ท.109/2517 การทดลองเพื่อหาค่า CRB . กรุงเทพฯ
- [11] สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง.,กรมทางหลวง. (2515). ทล.-ท.105/2515 การทดสอบกำลังอัดแกนเดี่ยว Unconfined Compressive Strength Test . กรุงเทพฯ
- [12] American Society for Testing and Materials (2017).
ASTM D 6931. Standard Test Method for Indirect Tensile (IDT) Strength of Asphalt Mixtures. ASTM International.