การศึกษาการใช้พลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตและพลาสติกโพลิโพรพิลีน เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีต

A STUDY OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE AND POLYPROPYLENE PLASTIC TO IMPROVE ASPHALT CONCRETE ENGINEERING PROPERTIES

สุทธิชัย เจริญกิจ[1,*], กิตติศักดิ์ สิริพลวัฒน์[1], ปิยะชาย ชาญสุข[1] และ สราวุธ จริตงาม[2]
[1] กองวิชาวิศวกรรมโยธา, ส่วนการศึกษา, โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า, นครนายก, ประเทศไทย
[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, ประเทศไทย
[*]Corresponding author address: author_email@ncce26.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณสมบัติด้วยพลาสติกรีไซเคิลประเภทพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate: PET) และพลาสติกประเภทโพรลิโพพิลีน (Polypropylene : PP) หรือที่พบเห็นได้ในรูปแบบของขวดน้ำดื่มใส และถุงพลาสติกชนิดถุงร้อน ผู้วิจัยเล็งเห็นความเป็นไปได้ในการใช้พลาสติกรีไซเคิลที่ถือเป็นอีกหนึ่งตัวการของปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโดยการนำแอสฟัลต์คอนกรีตชนิด AC 60/70 ผสมกับพลาสติก PET และ PP ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการทดสอบหาค่าคุณสมบัติดัชนีซึ่งเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพวัสดุ โดยทำการทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม การทดสอบจุดอ่อนตัว การทดสอบจุดวาบไฟ การทดสอบการยืดตัว เมื่อทราบค่าคุณสมบัติเบื้องต้นแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบการรับกำลังและการใช้งานโดยการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยวิธีมาร์แชล ซึ่งผลการทดสอบแสดงทำให้ทราบ ค่าเสถียรภาพมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 2,133 lbs. ของตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ไม่ผสมพลาสติกPET เพิ่มขึ้นเป็น 2,824 lbs. เมื่อผสม PET ที่อัตราส่วน ร้อยละ 10 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 32.40) และเมื่อใช้พลาสติก PP ผสมเพิ่มที่อัตราส่วนร้อยละ 10 ค่าเสถียรภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.92 อยู่ที่ 2,430 lbs. จาก 2,133 lbs. ของตัวอย่างแอสฟัลต์ไม่ผสมพลาสติก PP กล่าวคือจากการศึกษาทำให้ทราบว่าการใช้พลาสติกรีไซเคิลผสมกับแอสฟัลต์สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตได้อย่างมีนัยยะสำคัญ

คำสำคัญ: *ถนนพลาสติก, แอสฟัลต์คอนกรีต, พลาสติกรีไซเคิล, วัสดุทาง*

Abstract

This research studies the engineering properties of asphalt concrete (AC) that have been improved with recycled polyethylene terephthalate (PET) and recycled polypropylene plastic (PP) commonly found in the form of clear plastic bags. As plastic waste is one of many pollutions that contribute to today's environmental problems, researchers recognize the benefits of recycling it. This research studies AC60/70 graded asphalt concrete mixing with recycled PET and PP plastic. In different ratios by weight, various engineering property indices were tested to examine the material quality of each mix. These indices are quantified by performing the penetration test, softening point test, flash point test, and ductility test. When the initial property values are known, the researcher team then performed another test using the Marshall method for asphalt concrete testing to assess strength and functionality. The test result shows that asphalt concrete with 10% of PET has increased the stability from 2,133 lbs. to 2,824 lbs. (32.4% increased). When 10% of PP plastic was added into asphalt concrete, the stability was increased from 2,133 lbs. (without PP plastic) to 2,430 lbs., which improved by 12.92%. In conclusion, plastic recycling replacement can significantly improve engineering property of asphalt concrete.

Keywords: *Asphalt Concrete, Recycled Plastic, Highway Material, Plastic-Road*

1. บทนำ

ถนนเป็นส่วนสำคัญในขนนส่งทางบกและเป็นปัจจัยของการพัฒนาประเทศ ถนนจึงจำเป็นที่จะต้องมีความสามารถเพียงพอที่จะรองรับการขยายตัวของเมืองทั้งด้านเศรษฐกิจ การคมนาคม และการขยายพื้นที่ของเขตเมือง ซึ่งในการใช้งานถนนนั้นย่อมก่อให้เกิดความเสียหายอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ไม่ว่าจะเป็นความเสียหายตามอายุการใช้งาน หรือภัยพิบัติต่าง ๆ

ซึ่งการซ่อมแซมปรับปรุงถนนนอกจากจะต้องการงบประมาณในการดำเนินการที่สูงแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อการคมนาคมอีกด้วย เป็นเหตุให้เกิดการชะลอตัวของการพัฒนา และกระทบถึงคุณภาพชีวิตของประชาชน ดังนั้นในมุมมองของการพัฒนาวัสดุและระบบ

การขนส่งอย่างยั่งยืนนั้นจำเป็นที่จะต้องพัฒนาหาทางเลือกอื่นเพื่อลดสัดส่วนการใช้วัสดุ บิทูเมนที่กำลังจะหมดลงซึ่งเป็นผลผลิตจากการกลั่นน้ำมันดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบของแอสฟัลต์คอนกรีต ซึ่งในงานวิจัยที่ผ่านมาของกรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท ได้มีการนำเม็ดพลาสติกเข้ามาเป็นวัสดุผสมเพิ่มเพื่อลดอัตราส่วนการใช้วัสดุบิทูเมนในอัตราส่วนที่เหมาะสม และเพิ่มกำลังรับน้ำหนักของถนน ทำให้ได้แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับการนำมาใช้ในงานปูผิวถนน

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้พลาสติกรีไซเคิลเพื่อทดแทนวัสดุบิทูเมนและเพิ่มคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุทางอีกทางหนึ่ง

2. ทบทวนวรรณกรรม

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้งานพลาสติกรีไซเคิลเพื่อปรับปรุงวัสดุทาง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสืบค้นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวัสดุทาง และ พลาสติกรีไซเคิลที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน

2.1.1. วัสดุทาง

ในปัจจุบันผิวทางของถนนแบ่งเป็นสองชนิด ได้แก่ ผิวทางแบบแข็ง (Rigid Pavement) เป็นผิวทางที่ใช้คอนกรีตเป็นวัสดุซึ่งมีความคงทนแต่มีราคาในการก่อสร้างที่สูง และผิวทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Pavement) หรือผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้างซึ่งมีราคาในการก่อสร้างที่ต่ำกว่าแต่ยังคงมีความทนทานและอายุการใช้งานที่น้อยกว่าผิวทางแบบคอนกรีต โดยในปัจจุบันถนนในประเทศไทยส่วนใหญ่มีอัตราส่วนของถนนแบบแอสฟัลต์คอนกรีตมากกว่าถนนคอนกรีตเนื่องจากค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการก่อสร้างที่ดีกว่า การใช้งานที่ลื่นไหลกว่าถนนคอนกรีต

แอสฟัลต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบซึ่งจัดเป็นวัสดุประเภทเทอร์โมพลาสติกมีคุณสมบัติในการยืดสูง ในอุณหภูมิปกติจะมีลักษณะกึ่งแข็ง เหนียว หนืด เป็นสีดำ และเมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวและสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นของไหล มีคุณสมบัติในการทนกรดและด่างอ่อน ๆ จึงทำให้สามารถนำมาใช้งานได้อย่างหลากหลาย เหมาะแก่การนำมาใช้เป็นตัวประสานหรือยึดเกาะวัสดุในงานทางได้ดี สามารถกำหนดประสิทธิภาพเชิงกายภาพของวัสดุเชื่อมประสานได้ตามมาตรฐานที่เป็นสากล จึงนิยมนำมาใช้เป็นวัสดุเชื่อมผสานในการก่อสร้างถนน

ในการทำถนนแอสฟัลต์แบบปกตินั้นจะเป็นวัสดุที่ผสมระหว่างมวลรวมและแอสฟัลต์ซีเมนต์ จากนั้นจึงทำการฉีดพ่นลงบนชั้นผิวทางที่ทำการเตรียมไว้แล้ว แตกต่างจากถนนพลาสติกรีไซเคิล ที่เป็นส่วนผสมของพลาสติกรีไซเคิลเพิ่มเข้ามาในขั้นตอนของการคลุกเคล้าวัสดุมวลรวม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุงานทาง อีกทั้งยังเป็นการนำขยะพลาสติกมาหมุนเวียนใช้ซ้ำเพื่อเพิ่มมูลค่า ตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) โดยมีการก่อสร้างถนนต้นแบบ ณ นิคมอุตสาหกรรมอาร์ไอแอล จังหวัดระยอง จากความร่วมมือกันของภาคเอกชนระหว่าง กลุ่มบริษัท ดาว ประเทศไทย ซึ่งเคยมีประสบการณ์การก่อสร้างถนนพลาสติกในต่างประเทศ และเอสซีจี โดยจากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าถนนพลาสติกที่มีขยะพลาสติกรีไซเคิลเป็นส่วนประกอบสามารถปรับปรุงคุณสมบัติความแข็งแรงของถนนมากขึ้นร้อยละ 15 - 30 และมีประสิทธิภาพการยึดเกาะเพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 6 โดยในอนาคตมีแผนที่จะดำเนินการนำร่องเพิ่ม ณ นิคมอุตสาหกรรมอมตะ บนพื้นที่ประมาณ 2,600 ตร.ม. ซึ่งคาดการณ์จากการวิเคราะห์ถนนต้นแบบว่าจะสามารถนำขยะรีไซเคิลได้กว่า 1.3 ล้านตัน

2.1.1. พลาสติกรีไซเคิล

พลาสติก คือ สารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยธาตุ คอร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และธาตุอื่น ๆ เป็นส่วนประกอบย่อย ถือว่าเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์ในปัจจุบันเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำจึงนิยมนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง มีแนวโน้มการใช้งานในด้านอื่น ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งพลาสติกส่วนใหญ่เมื่อไม่ได้ใช้งานแล้วจะกลายเป็นขยะพลาสติกที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษาโดยใช้พลาสติก 2 ประเภท จากประเภทของพลาสติกที่มีในปัจจุบันอยู่ 7 ประเภท คือ พลาสติก PET (พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต) เป็นพลาสติกชนิดแข็ง ใส มักพบในรูปแบบของขวดน้ำดื่ม และพลาสติก PP (โพรลิโพพิลีน) หรือถุงพลาสติกใสใส่อาหารแบบร้อน เนื่องจากเป็นขยะพลาสติกที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย และพบได้มากในไทย

2.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้วัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงวัสดุทางต่าง ๆ เช่น

M. A. Dalhat และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาวัสดุประเภท Recycled plastic bounded concretes (RPBCs) ในการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ RPBCs เทียบกับซีเมนต์ และแอสฟัลต์คอนกรีต พบว่า RPBCs บางอัตราส่วนมีกำลังใกล้เคียงซีเมนต์และแอสฟัลต์ อีกทั้งมีค่าการต้านทานความชื้นและต้านการแตกร้าวดี ค่าความแข็งและการดัดมีค่ามากกว่าซีเมนต์ 3 เท่า

Johnson Kwabena Appiaha และคณะ (2560) ทำการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาหลักสองเรื่องในประเทศกาน่า คือการจัดการกับปัญหาขยะและปัญหาผิวทางเป็นหลุมเป็นบ่อ โดยได้ทำการ

วิเคราะห์ผลกระทบของพลาสติก HDPE และ พลาสติก PP ต่อแอสฟัลต์เกรด AC 10 - 20 ที่อุณหภูมิ 160 - 170 องศาเซลเซียส และเรียกวัสดุผสมว่า Polymer Modified Bitumen (PMB) ปรากฏว่าค่าการทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นกราฟเส้นตรงจากการเพิ่มอัตราส่วนวัสดุผสมเพิ่ม อัตราส่วนที่เหมาะสมของพลาสติก HDPE อยู่ที่ร้อยละ 2 - 3 และพลาสติก PP ที่ร้อยละ 3

เวชสวรรค์ หล้ากาศ (2561) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้แอสฟัลต์คอนกรีตเพื่อทำการแก้ปัญหาขยะในชุมชนด้วยการสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีตจากขยะพลาสติกที่คัดแยก ทำการทดสอบด้วยวิธีมาร์แชลล์ พบว่าขยะพลาสติกสามารถเพิ่มค่าเสถียรภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตได้สูงถึง 21.8 kN มากกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตแบบปกติที่มีค่า 10.8 kN

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องข้างต้นคณะผู้วิจัยเล็งเห็นประโยชน์ในการศึกษาผลของพลาสติก PET และ PP ที่มีต่อวัสดุทางเพื่อใช้สำหรับการปรับปรุงถนนให้พัฒนายิ่งขึ้นไป

3. วิธีการศึกษา

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบค่าเพเนเทรชั่น เพื่อจำแนกชนิดของแอสฟัลต์ที่ผ่านการผสมกับพลาสติกรีไซเคิล โดยผู้วิจัยจะทำการทดสอบแอสฟัลต์ผสมกับพลาสติกรีไซเคิลที่อัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งสิ้น 7 ชุดการทดสอบโดยทำการการจิ้มด้วยเข็ม (ทล.-ท 403/2518) ทดสอบจุดอ่อนตัว การยืดตัว (ทล.-ท. 405/2519) เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่ทำให้ความข้นเหลวของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไป จากนั้นทำการทดสอบจุดวาบไฟ (ทล.-ท. 406/2519) เพื่อทดสอบความปลอดภัยในการใช้งานเมื่ออุณหภูมิสูง เพื่อทราบค่าอุณหภูมิที่ปลอดภัยในการใช้งานถนนจากเหตุเพลิงไหม้ จากนั้นทำการบดอัดก้อนตัวอย่างตามมาตรฐานการทดสอบโดยวิธีมาร์แชล (ทล.-ท. 604/2517) เพื่อหาค่าการไหล ค่าเสถียรภาพ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความแข็งแรงและความเหมาะสมในการใช้งานของถนน

โดยการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกอัตราส่วนของ PET ที่ร้อยละ 5 10 15 และ 20 อัตราส่วนของ PP ที่ร้อยละ 5 10 และ 15 เนื่องจากที่อัตราส่วน PP ร้อยละ 20 ไม่สามารถทำให้พลาสติก PP หลอมละลายในแอสฟัลต์ได้ เนื่องจากปริมาณ PP ที่มีมาก จากน้ำหนักของ PP ที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับ PET

ในขั้นตอนการผสมจะทำการหลอมแอสฟัลต์ที่อุณหภูมิประมาณ 140 – 160 °C เมื่อแอสฟัลต์หลอมละลายแล้วจะทำการเพิ่มส่วนของพลาสติกลงไปทีละน้อยจนหมด โดย PET ใช้เวลาในการหลอมละลายประมาณ 90 – 120 นาที และ PP ใช้เวลาประมาณ 60 – 90 นาที ขึ้นกับอัตราส่วนที่ผสมที่ศึกษา

ตารางที่ 1 อัตราส่วนแอสฟัลต์ต่อ PET และ PP ที่ทำการศึกษา

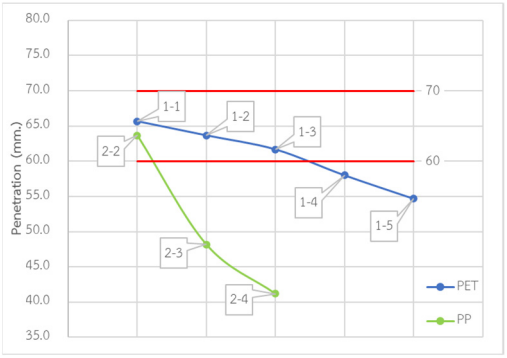
ตัวอย่างที่	อัตราส่วน (โดยน้ำหนักแอสฟัลต์)		
	AC 60/70	PET	PP
1-1	100	0	0
1-2	95	5	0
1-3	90	10	0
1-4	85	15	0
1-5	80	20	0
2-2	95	0	5
2-3	90	0	10
2-4	85	0	15

4. ผลการศึกษา

จากการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตตามมาตรฐานกรมทางหลวง ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

4.1. ผลการทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม

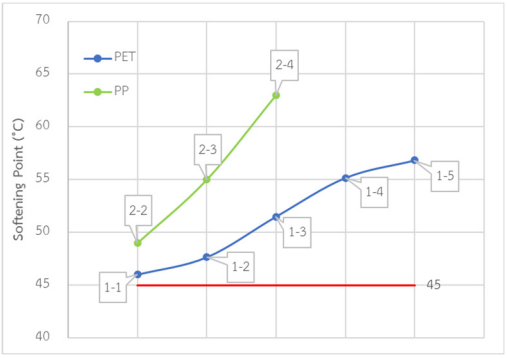
ระยะจมของเข็มที่ได้จากการทดสอบการจิ้มด้วยเข็มหรือที่เรียกว่าค่าเพเนเทรชั่น (Penetration) ทำให้สามารถแบ่งประเภทของแอสฟัลต์ได้ โดยแอสฟัลต์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นแอสฟัลต์ชนิด AC 60/70 ซึ่งจะต้องมีค่าเพเนเทรชั่นอยู่ระหว่างช่วง 60 -70 มม. ซึ่งหลังจากผสมพลาสติก PET และ PP ลงในแอสฟัลต์แล้ว ผลการทดสอบการจิ้มด้วยเข็มเปลี่ยนแปลงไปดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผลการทดสอบการจิ้มด้วยเข็มของตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ผสม PP และ PET

4.2. ผลการทดสอบจุดอ่อนตัว

ในการทดสอบจุดอ่อนตัวนั้นสามารถทำให้ทราบค่าอุณหภูมิที่ส่งผลต่อค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพ โดยผลการทดสอบที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะต้องไม่ต่ำกว่า 50° เซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยเมื่อเพิ่มอัตราส่วนพลาสติกทำให้อุณหภูมิจุดอ่อนตัวสูงขึ้น

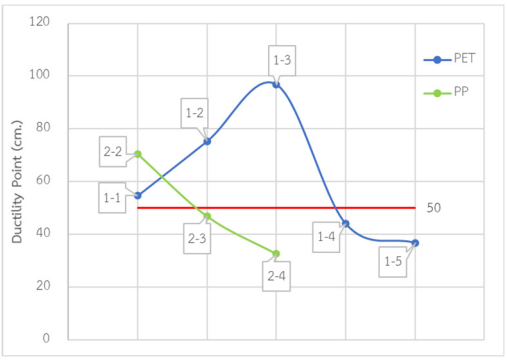


รูปที่ 2 ผลการทดสอบจุดอ่อนตัวของตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ผสม PP และ PET

4.3. ผลการทดสอบการยืดตัว

การยืดตัวของแอสฟัลต์แสดงถึงความสามารถที่จะต้านทานการเปลี่ยนสภาพของวัสดุจากพลาสติกไปเป็นของแข็งที่มีความกระด้าง ผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3 โดยเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 50 ซม.

จากผลการทดสอบพบว่ามีอัตราส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุของกรมทางหลวงถึง 4 อัตราส่วน หรือครึ่งนึงของชุดการทดสอบทั้งหมด โดยอัตราส่วนที่ให้ค่าการยืดตัวสูงที่สุดคือตัวอย่างที่ 1 – 3 โดยมีค่าการยืดตัวสูงสุดที่ 96.8 ซม.

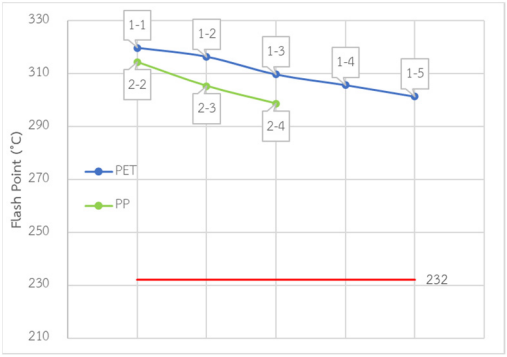


รูปที่ 3 ผลการทดสอบการยืดตัวของตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ผสม PP และ PET

จากรูปที่ 3 จากผสมพลาสติกทั้งสองชนิดทำให้แนวโน้มของผลการทดสอบการยืดตัวของแอสฟัลต์คอนกรีตแตกต่างกัน โดยเมื่อผสม PET ที่อัตราส่วนร้อยละ 10 ทำให้ได้ค่าการยืดตัวสูงที่สุด โดยมีแนวโน้มเป็นรูประฆังคว่ำ แต่เมื่อใช้พลาสติก PP จะทำให้แนวโน้มของผลการทดสอบลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วน PP เนื่องจากความเหนียว ความหนาแน่น และ การทดไฟของพลาสติกทั้งสองชนิดที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เมื่อทำการผสมพลาสติกที่แตกต่างกันกับแอสฟัลต์ ผลการทดสอบจึงมีแนวโน้มที่แตกต่างกันไปตามคุณสมบัติเดิมของพลาสติก

4.4. ผลการทดสอบจุดวาบไฟ

ในการใช้งานแอสฟัลต์คอนกรีตย่อมไม่อาจหลีกเลี่ยงสภาพอากาศที่หลากหลาย รวมไปถึงอุณหภูมิที่สูงจากการใช้งานกลางแจ้ง ดังนั้นผลการทดสอบจุดวาบไฟจึงมีมาตรฐานอยู่ที่ไม่ต่ำกว่า 232° เซลเซียส โดยจากการศึกษาพบว่าเมื่อทำการเพิ่มอัตราส่วน PET และ PP ทำให้ค่าจุดวาบไฟลดลง แต่ยังคงผ่านเกณฑ์มาตรฐานในการทดสอบ

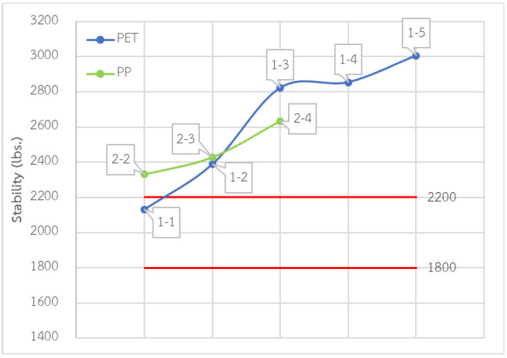


รูปที่ 4 ผลการทดสอบวาบไฟของตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ผสม PP และ PET

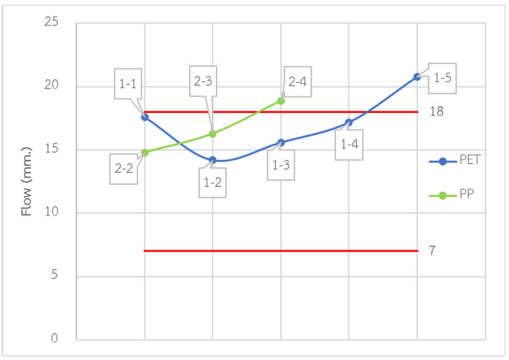
4.5. ผลการทดสอบด้วยวิธีมาร์แชล

ในการก่อสร้างถนนโดยทั่วไปจะใช้ค่าเสถียรภาพของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตในการออกแบบส่วนผสมและความแข็งแรงโดยมาตรฐานของแอสฟัลต์ AC อยู่ที่ 1,800 lbs. และโมดิฟายแอสฟัลต์มีมาตรฐานที่ 2,200 lbs. โดยค่าเสถียรภาพนั้นได้จากการทำการทดสอบด้วยวิธีมาร์แชล อีกทั้งยังทำให้ทราบปัจจัยอื่น ๆ เช่น ค่าการไหล ซึ่งมีมาตรฐานที่เหมาะสำหรับการก่อสร้างที่ 7 – 18 มม. ความหนาแน่นของถนนซึ่งมาตรฐานกำหนดไว้ที่ไม่ต่ำกว่า 2.200 ก./ลบ.ซม. โดยผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 5 – 7 ซึ่งการทดสอบด้วยวิธีมาร์แชลที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้การออกแบบส่วนผสมมาร์แชลจากวัสดุมวลรวมและแอสฟัลต์จากกรมทางหลวงเพื่อศึกษาผลของพลาสติกที่มีต่อแอสฟัลต์คอนกรีต

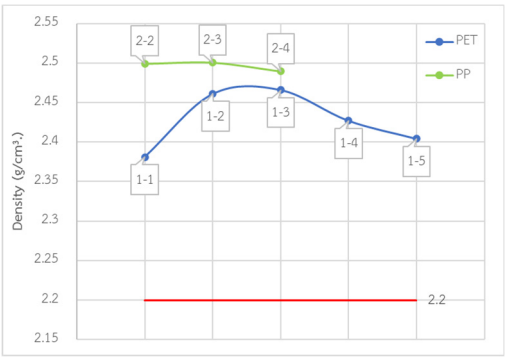
หลังจากผู้วิจัยได้ทำการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตในอัตราส่วนต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ด้วยวิธีมาร์แชล พบว่าค่าเสถียรภาพและความหนาแน่นที่ได้จากการผสมพลาสติกเพิ่มในก้อนตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญ กล่าวคือเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของพลาสติกขึ้น ค่าเสถียรภาพของก้อนตัวอย่างจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยยังส่งผลถึงค่าการไหล และความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างอีกด้วย



รูปที่ 5 ผลการทดสอบค่าเสถียรภาพของตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตที่ผสม PP และ PET



รูปที่ 6 ผลการทดสอบค่าการไหลของตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตที่ผสม PP และ PET



รูปที่ 7 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตที่ผสม PP และ PET

4.6. ผลการทดสอบในงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการนำแอสฟัลต์ AC 60/70 ผสมกับ พลาสติก PET และ PP ที่อัตราส่วนต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 มาทำการทดสอบ 5 การทดสอบ โดยผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบแอสฟัลต์ที่ผสมกับ PET และ PP

Sample No.	Penetration	Softening	Ductility	Flash Point	Marshall's Medthod		
					Stability	Flow	Density
	mm.	°C	Ductility	Flash Point	lbs.	mm.	g/cm³
1-1	65.7	46.0	54.7	319.7	2133	17.6	2.381
1-2	63.7	47.7	75.3	316.3	2390	14.2	2.461
1-3	61.7	51.5	96.8	309.7	2824	15.6	2.466
1-4	58.0	55.2	44.0	305.7	2855	17.2	2.427
1-5	54.7	56.8	36.8	301.3	3006	20.8	2.404
2-2	63.7	49.0	70.4	314.3	2332	14.8	2.4992
2-3	48.2	55.0	46.9	305.3	2430	16.3	2.5006
2-4	41.2	63.0	32.7	298.7	2634	18.9	2.4896

การทดสอบการจิ้มด้วยเข็มชุดการทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือการทดสอบที่ 1-1 1-2 1-3 และ 2-2 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 60 – 70 มม. ค่าจุดอ่อนตัวมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 45°C ทุกชุดการทดสอบ โดยชุดการทดสอบที่ 1-1 1-2 1-3 และ 2-2 ให้ค่าการยืดตัวที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพียง 4 ชุดการทดสอบ และในส่วนของจุดวาบไฟนั้น ผลการทดสอบปรากฏว่าทุกชุดการทดสอบยังคงมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ในส่วนของการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยวิธีมาร์แชลนั้น อัตราส่วนต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ให้ค่าเสถียรภาพที่ผ่านมาตรฐานของกรมทางหลวง และค่าความหนาแน่นมากกว่า 2.200 ก./ลบ.ซม. ที่มาตรฐานกรมทางหลวงกำหนดไว้ แต่ในส่วนของค่าการไหลที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างนั้น ชุดการทดสอบ 1-5 และ 2-4 ให้ค่าการไหลที่สูงเกินกว่าค่าที่เหมาะสม จึงอาจส่งผลให้การก่อสร้างในหน้างานจริงของส่วนผสมดังกล่าวทำการบดอัดได้ยาก

5. สรุปผล

จากผลการทดสอบผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าการเพิ่มส่วนผสมพลาสติกรีไซเคิลประเภท PET และ PP สามารถทำให้คุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตเปลี่ยนแปลงไปได้อย่างมีนัยยะสำคัญ โดยค่าที่ได้จากการทดสอบบ่งชี้ว่า อัตราส่วนและชนิดของพลาสติกที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตแตกต่างกันไป โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้คืออัตราส่วนพลาสติก PET และ PP โดยน้ำหนักแอสฟัลต์ที่ ร้อยละ 10 โดยสามารถเพิ่มค่าเสถียรภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยยังคงมีคุณสมบัติพื้นฐานที่เหมาะสมกับการก่อสร้างและใช้งานถนน จึงทำให้สามารถพัฒนาวัสดุทางที่มีความคงทนแข็งแรง อีกทั้งยังช่วยลดมลพิษโดยการนำขยะพลาสติกมารีไซเคิลเพื่อใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มในงานทางได้

ทั้งนี้การใช้พลาสติกเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตยังคงมีปัจจัยที่จำเป็นต้องมีการควบคุมเพื่อให้ได้แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีคุณสมบัติเหมาะสม สามารถนำมาปรับใช้กับการก่อสร้างในหน้างานจริง ดังนั้นเพื่อการใช้งานถนนพลาสติกอย่างมีประสิทธิภาพจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ พันเอก(พิเศษ) เสรี วงศ์ชุ่มใจ ผู้อำนวยการกองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์สถานที่ วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ พร้อมคำแนะนำในการวิจัยในครั้งนี้

โดยการทดสอบในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความอนุเคราะห์ของ ดร.โอภาส สมใจนึก ผู้อำนวยการส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม สำนักทางหลวงที่ 18 กรมทางหลวง อีกทั้งคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้ สำหรับความช่วยเหลือที่ส่งผลให้การศึกษาในครั้งนี้บรรลุวัตถุประสงค์ และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. การอ้างอิง

[1] พิชัย ธานีรณานนท์. (2535). วิธีการทดสอบวัสดุแอสฟัลต์. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[2] ชยธันว์ พรหมศร. (2541). การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของยางแอสฟัลต์และวัสดุผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยสารโพลิเมอร์. สำนักวิจัยและพัฒนางานทางกรมทาง หลวง. รายงานฉบับที่ วพ. ๒๐๔.

[3] สมัย โชติกุล สันติภาพ ศิริยงค สิทธิชัย ศิริพันธ์และ บุญชัย แสงเพชรงาม. (2557). การออกแบบและพัฒนาวิธีการคาดคะเนความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทางแอสฟัลต์ด้วยคุณลักษณะของมวลรวม. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ ๑๙. วันที่ ๑๔ - ๑๖ พฤษภาคม 2557 จังหวัดขอนแก่น. ประเทศไทย.

[4] วัชรินทร์ วิทยกุล. (2559). เทคโนโลยียางมะตอย. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[5] เวชสวรรค์ หล้ากาศ. (2561). การใช้ขยะถุงพลาสติกเพิ่มความเสถียรภาพให้กับถนนยางพารา. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. ประเทศไทย.

[6] นพวิชญ์ อาจสด, กันต์ธร ประทีป ณ ถลาง, ศุภฤกษ์ รู้เกณฑ์, แทนไท ข่อยแก้ว, กฤตวัฒน์ โสภาจันทร์. (2563). การศึกษาคุณสมบัติแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณสมบัติด้วยพลาสติกโพลิโพรพิลีน. ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศกรรมโยธา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า.

[7] Johnson Kwabena Appiaha, Victor Nana Berko-Boatenga, Trinity Ama Tagborb. (2017). Use of waste plastic materials for road construction in Ghana. Case Studies in Construction Materials 6 (2017) 1–7. Department Chemistry, Kwame Nkrumah University of Science and Technology.

[8] Seyed NaserMoghaddas Tafreshi, MiladParvizi Omran, MohammadyarRahimi, AndrewDawson. Experimental investigation of the behavior of soil reinforced with waste plastic bottles under cyclic loads. Transportation Geotechnics Volume 26, January 2021, 100455. https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100455