



การประยุกต์ใช้ถนนแอสฟัลต์คอนกรีตเพื่อลดปัญหาขยะพลาสติกในชุมชน: กรณีศึกษา ถนนทางเข้าวัดแม่สาหลวง จังหวัดเชียงใหม่

Application of Asphalt Concrete Pavement to Reduce Plastic Pollution in the Community: A Case Study of the Entrance Road at Mae Sa Luang Temple, Chiang Mai Province

เวชสวรรค์ หล้ากาศ

สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

E-mail: wechsawan_lakas@hotmail.com

Received: 24 November 2017 | Revised: 15 March 2018 | Accepted: 28 May 2018

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้ถนนแอสฟัลต์คอนกรีตเพื่อลดปัญหาขยะพลาสติกในชุมชนเป็นการศึกษากระบวนการสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยขยะพลาสติกที่ได้จากการคัดแยกภายในชุมชนวัดแม่สาหลวงและพื้นที่ข้างเคียง เพื่อนำมาออกแบบและกำหนดส่วนผสมเฉพาะงาน (Job Mix Formula) โดยใช้ขยะพลาสติกที่ได้จากการคัดแยกมาผสมกับวัสดุมวลรวมละเอียดและยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ (AC 60 – 70) แล้วนำไปทำเป็นก้อนตัวอย่างเพื่อทดสอบหาคุณสมบัติทางวิศวกรรมในห้องปฏิบัติการโดยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall Test) แล้วนำส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวงที่ ทล.-ม. 408/2532 ไปใช้ในการกำหนดส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างถนนทางเข้าวัดแม่สาหลวง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ จากผลการทดลองพบว่าขยะพลาสติกสามารถเพิ่มค่าเสถียรภาพของถนนแอสฟัลต์คอนกรีตได้สูงถึง 21.8 kN มากกว่าถนนแอสฟัลต์คอนกรีตแบบธรรมดาที่มีค่าเสถียรภาพเพียง 10.8 kN และสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง ที่กำหนดค่าเสถียรภาพไว้ต้องไม่น้อยกว่า 8.0 kN สามารถนำก่อสร้างถนนที่มีความยาวประมาณ 150 เมตร พื้นที่ประมาณ 600 ตร.ม. และมีความหนา 5 ซม. ภายในชุมชนได้และที่สำคัญยังทำให้ชุมชนในพื้นที่เป้าหมายกำจัดปริมาณขยะพลาสติกได้มากถึง 540 kg.

ABSTRACT

An application of asphaltic concrete pavement to reduce plastic waste problems in a local community was aimed at investigating asphaltic concrete pavement construction process using plastic wastes collected from Wat Mae Sa Luang Community and its neighborhood as an additive. A Job Mix Formula for a regular mixture was established and used as a basis for the design of modified asphaltic concrete samples in which different amounts of plastic wastes were added. The Marshall Method was used to determine strength and deformation properties of the samples. The specified requirements of Thailand's Department of Highways were used as a benchmark. The obtained optimum plastic waste content was selected and implemented on a road construction at the road leading

to Wat Mae Sa Luang Community, Mae Rim District, Chiang Mai Province. The study results have shown that adding an appropriate amount of plastic wastes to the mixture is capable of increasing the stability value of the pavement to 21.8 kN compared to those of 10.8 kN from the regular mixture and 8.0 kN from the standards of Thailand's Department of Highways. An implementation to construct a 5-cm thick, 150-m long road (600 sq. m.) at the community has also indicated that adding plastic wastes to asphaltic concrete mixture was able to reduce plastic wastes in the community by as much as 540 kg.

คำสำคัญ: แอสฟัลต์คอนกรีต ขยะถุงพลาสติก ยางมะตอย การออกแบบโครงสร้างทาง

Keywords: Asphaltic concrete, Waste plastic bags, Bitumen, Pavement design

บทนำ

ปริมาณขยะมูลฝอยจำนวนมากที่เกิดขึ้นในชุมชนยังคงเป็นปัญหาใหญ่ที่ต้องรีบแก้ไขอย่างเร่งด่วนทั้งในระดับภูมิภาค ระดับประเทศและระดับโลก จากการสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศของกรมควบคุมมลพิษ (2559) พบว่ามีขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นประมาณ 74,073 ตัน/วัน แต่สามารถกำจัดแบบถูกต้องตามหลักวิชาการได้ 32,376 ตัน/วัน และนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้เพียง 15,385 ตัน/วัน ในจำนวนนั้นเป็นขยะพลาสติกได้ถึง 2.7 ล้านตัน และนำไปรีไซเคิลได้เพียง 0.2 ล้านตันเท่านั้น โดยแยกเป็นขยะถุงพลาสติกถึงร้อยละ 80 หรือ 5,300 ตันต่อวัน (โดยเฉลี่ยประมาณ 3-5 ถุง/คน/วัน) จากข้อมูลสำรวจยังพบอีกว่าถุงพลาสติกที่เราใช้บรรจุอาหารและสินค้าทุกวัน ผลิตจากเม็ดพลาสติกที่ใช้เพลิงเชื้อฟอสซิลเป็นวัตถุดิบ สามารถผลิตได้อย่างรวดเร็ว ในปริมาณมากด้วยต้นทุนที่ต่ำ แต่เมื่อนำมาใช้จะมีอายุการใช้งานที่สั้น ส่วนใหญ่เป็นการใช้เพียงครั้งเดียวแล้วทิ้ง กลายเป็นขยะได้ในทันทีและมีแนวโน้มในการใช้เพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของสมาคมพลาสติกแห่งยุโรป (PlasticsEurope, 2016) ที่พบว่ากำลังการผลิตของอุตสาหกรรมพลาสติกในปี 2558 เพิ่มขึ้น 322 ล้านตันซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 3.4 เมื่อเทียบกับปี 2557 และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 3-4 ของทุก ๆ ปี ทำให้มีปริมาณขยะพลาสติกที่ใช้แล้วหลงเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดปัญหาภาวะให้กับสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอ

แนวทางการกำจัดขยะพลาสติกที่เหลือจากการรีไซเคิลในปัจจุบันมีเพียง 2 วิธีเท่านั้น คือ วิธีการเผาและวิธีการฝังกลบ ทั้ง 2 วิธีล้วนแต่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่มีคุณสมบัติความร้อนไปปกคลุมอยู่รอบโลก ทำให้ภาวะโลกร้อนดังที่เป็นกำลังเผชิญอยู่ วิธีที่เหมาะสมที่สุดในแก้ไขปัญหา คือ การชะลอหรือ

ลดอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปสู่ชั้นบรรยากาศ การสร้างแหล่งกักเก็บคาร์บอน (Carbon Sink) เอาไว้ ซึ่งสามารถทำได้โดยการปลูกต้นไม้เพื่อกักคาร์บอนหรือหาแหล่งเพื่อกักเก็บวัสดุที่มีสารคาร์บอนไว้อย่างเช่นการนำเอาขยะถุงพลาสติกมาผสมกับยางแอสฟัลต์สำหรับลาดยางผิวถนนแล้วสร้างเป็นถนนสำหรับสัญจรทั่วไป (Carbon Capture Road) เนื่องจากนี้ ถุงพลาสติกและยางแอสฟัลต์นั้นมาจากแหล่งกำเนิดที่เดียวกันคือ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อีกทั้งถุงพลาสติกยังเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายกับยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ ดังนั้นการใส่ถุงพลาสติกลงไปในยางแอสฟัลต์ซีเมนต์จึงมีโอกาสที่จะเท่ากับเพิ่มความสามารถในการยึดเหนี่ยวและความคงทนถาวรให้กับยางแอสฟัลต์คอนกรีตที่เป็นผิวถนนมากยิ่งขึ้น

จากผลการวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่มีการศึกษาการนำเอาขยะพลาสติก หรือยางรถยนต์เก่ามาผสมกับยางแอสฟัลต์คอนกรีตเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้น ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของนิรชร นกแก้ว (2549) ที่ได้นำเอาผ้าใบไทรคอร์ดที่ได้จากยางรถยนต์เก่ามาย่อยให้ละเอียดแล้วนำไปผสมกับยางแอสฟัลต์คอนกรีตโดยใช้ปริมาณผ้าใบไทรคอร์ดเก่าที่เหมาะสมเท่ากับ 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยมวลของวัสดุรวมรวมส่งผลทำให้คุณสมบัติของยางแอสฟัลต์คอนกรีต สอดคล้องเกณฑ์ที่กำหนดและผ้าใบไทรคอร์ดเก่ามีส่วนช่วยเสริมค่าเสถียรภาพในยางแอสฟัลต์คอนกรีตเพิ่มมากขึ้นกว่ายางแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดา หรือผลจากการวิจัยโดยนำเอาขยะพลาสติกจำพวก โพลีเอทิลีน (PE), โพลีโพรพิลีน (PP) และโพลีสไตรีน (PS) หรือขยะพลาสติกที่เหลือใช้จากการแพทย์ มาผสมยางแอสฟัลต์คอนกรีตในปริมาณ 10 – 25 % โดยน้ำหนักของวัสดุรวมรวมคละขนาด หรือในปริมาณ 3 – 5% โดยน้ำหนักของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ ในอุณหภูมิความร้อนสูง 160 - 180 องศาเซลเซียส

จนพลาสติกจะหลอมละลายรวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน จะทำให้ค่าเสถียรภาพของยางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้เพิ่มสูงขึ้นกว่ายางแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดาและคุณสมบัติอื่นๆ เป็นไปตามมาตรฐานของวิศวกรรมกรมทาง (Ahmad, 2010; Verma, 2008; Ahmadinia, 2011; Bhageerathy et al., 2014) สามารถนำไปสร้างเป็นถนนสำหรับการสัญจรได้ตามปกติทั่วไป อีกทั้งยังเป็นการแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกภายในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดมากกว่าการฝังกลบที่ทำให้เกิดปัญหาพื้นที่ทางการเกษตร หรือเผาในที่โล่งแจ้งที่ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปล่อยออกมา และยังเป็นถนนเชิงอนุรักษ์ธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมโดยคนในชุมชนมีส่วนร่วมในการก่อสร้างทำให้ชุมชนเกิดความเข้มแข็งและมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษากระบวนการสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยขยะพลาสติกที่มีขั้นตอนที่เหมาะสมและง่ายต่อการปฏิบัติงานจริง โดยใช้ขยะพลาสติกที่ได้จากการคัดแยกโดยประชาชนในชุมชนวัดแม่สาหลวง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่และพื้นที่ข้างเคียงมาใช้เป็นส่วนผสมเพิ่มในการผลิตยางแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับลาดยางผิวถนนต้นแบบบริเวณทางเข้าวัดแม่สาหลวง ให้มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงและง่ายต่อการปฏิบัติงานจริง โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาดังนี้คือ

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่

- ขยะถุงพลาสติกประเภท LEDP ที่ได้จากการคัดแยกในชุมชนวัดแม่สาหลวงและพื้นที่ข้างเคียง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

- ยางแอสฟัลต์ (Asphalt) ใช้ยางเกรด AC 60/70 ซึ่งเป็นเกรดที่ใช้งานของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย และเป็นยางที่เหมาะสมสำหรับภูมิอากาศแบบประเทศไทย

- หินย่อย (Aggregates) เป็นวัสดุมวลรวมคละเรียงขนาดจากพื้นที่ใน จ.เชียงใหม่ มีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้งานของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย

2. ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณสมบัติทางเชิงกล

(Mechanical Properties) ทางด้านวิศวกรรมกรมทาง และมีสมมติฐานของงานวิจัยอยู่ 2 ข้อ คือ

- ขยะถุงพลาสติกสามารถเพิ่มค่าเสถียรภาพให้กับถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

- ขยะถุงพลาสติก สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างถนนลาดยางแอสฟัลต์คอนกรีตในงานทางได้จริง

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงประยุกต์เพื่อนำผลที่ได้จากการทดลองไปแก้ปัญหาขยะพลาสติกในชุมชนเป้าหมายอย่างยั่งยืน โดยมีรายละเอียดวิธีและขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดที่เกิดขึ้นในชุมชนเป้าหมาย (วัดแม่สาหลวง) และพื้นที่ข้างเคียง จากนั้นคัดแยกเอาขยะถุงพลาสติกออกจากปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมด เพื่อนำไปทำเป็นวัสดุผสมเพิ่มค่าเสถียรภาพในการสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยขยะพลาสติก

2. ออกแบบอัตราส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตของสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน (Job Mix Formula) โดยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall Test) ตามมาตรฐานการทดสอบ ที่ ทล.ท.604/2517 และใช้เกณฑ์กำหนดสำหรับชั้น Wearing Course ขนาด 9.5 มิลลิเมตร โดยออกแบบส่วนผสมสำหรับแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดา ก่อนเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างวัสดุมวลรวมคละเรียงขนาดกับยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่เหมาะสม โดยใช้ก้อนตัวอย่างทดสอบทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้วและขนาดสูง 2.5 นิ้ว ก้อนตัวอย่างจำนวน 5 ชุด ๆ ละ 3 ก้อน แต่ละชุดประกอบด้วย วัสดุมวลรวมคละขนาด 3/4", 1/2", 3/8" และหินฝุ่น ในสัดส่วนเท่ากับ 45 : 25 : 14 : 16 โดยน้ำหนัก ที่เท่ากัน แต่มีปริมาณแอสฟัลต์ในอัตราส่วนที่ต่างกันไปในแต่ละชุด คือ 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5% โดยน้ำหนักของหิน ซึ่งการเตรียมก้อนตัวอย่างและการทดสอบได้ดำเนินการตามมาตรฐานที่ ทล.ม. 408/2532 ที่กำหนดโดย กรมทางหลวงแห่งประเทศไทย

3. นำเอาอัตราส่วนของวัสดุมวลรวมคละและปริมาณยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่เหมาะสมจากการทดสอบโดยวิธีมาร์แชลล์ตามหัวข้อที่ 2. มาออกแบบส่วนผสมสำหรับแอสฟัลต์คอนกรีตผสมขยะพลาสติกโดยการนำขยะถุงพลาสติกที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 5 mm. มาผสมลงไปแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีปริมาณวัสดุมวลรวมคละและแอสฟัลต์คอนกรีตที่เท่ากัน แต่จะมีปริมาณขยะพลาสติกต่างกันไปในแต่ละชุดก้อนตัวอย่าง คือ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25% ตามน้ำหนักของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ จำนวน 6 ชุด ๆ ละ 3 ก้อน

4. นำก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตผสมขยะพลาสติกทั้งหมดไปทดสอบหาคุณสมบัติทางวิศวกรรมในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ค่าความแน่น (Density), ค่าช่องอากาศว่าง (Air Void), ค่าเสถียรภาพ (Marshall Stability) และ ค่าการไหล (Flow Values) เพื่อนำผลที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณอัตราส่วนของขยะพลาสติกที่เหมาะสมที่สุด โดยยังคงคุณสมบัติทางวิศวกรรมการทางไว้ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง

5. นำอัตราส่วนผสมระหว่างขยะพลาสติกและแอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้จากการทดลองในข้อที่ 4. ไปใช้ในการก่อสร้างถนนต้นแบบจริง คือ ทางเข้าวัดแม่สาหลวง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยนำขยะพลาสติกที่คัดแยกได้จากชุมชนเป้าหมายในข้อที่ 1. มาตัดในเครื่องจักรให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 5 mm. แล้วผสมลงไปแอสฟัลต์คอนกรีตขณะที่เครื่องจักรกำลังปฏิบัติงาน

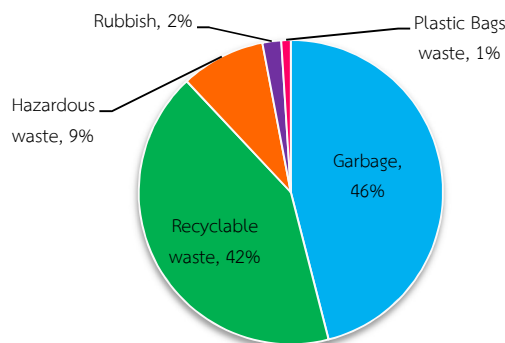
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลจากการศึกษาการประยุกต์ใช้ถนนแอสฟัลต์คอนกรีตเพื่อลดปัญหาขยะพลาสติกในชุมชนวัดแม่สาหลวงและพื้นที่ข้างเคียง โดยใช้ถนนทางเข้าวัดแม่สาหลวง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่เป็นกรณีศึกษา สามารถวิเคราะห์แยกตามประเด็นที่ศึกษาได้ดังนี้ 1) ปริมาณขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นในชุมชนในช่วงเวลาศึกษา 2) การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมการทางของแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดา กับแอสฟัลต์คอนกรีตผสมขยะพลาสติก และ 3) การสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยขยะพลาสติกในพื้นที่ชุมชนเป้าหมาย

1. ปริมาณขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นในชุมชน

ชุมชนวัดแม่สาหลวงและพื้นที่ข้างเคียงซึ่งตั้งอยู่ในเขตอำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ มีประชากรอาศัยอยู่ประมาณ 2,865 คน มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นประมาณ 1,318 กิโลกรัม/วัน ซึ่งแยกออกเป็น ขยะสดหรือขยะเปียก (Garbage) จำพวกเศษอาหารที่เหลือจากการบริโภค เศษผักและผลไม้ที่สามารถนำไปเป็นอาหารสัตว์หรือปุ๋ยหมัก ประมาณ 46% ขยะแห้ง (Rubbish) ที่ย่อยสลายไม่ได้หรือย่อยสลายยากและไม่คุ้มค่ากับการนำไปรีไซเคิล เช่น ถุงขนม ซองบะหมี่สำเร็จรูป ขยะพลาสติก ประมาณ 3% ขยะที่สามารถรีไซเคิลได้ (Recyclable waste) หรือนำไปขายได้ จำพวกกระดาษ แก้ว โลหะ หรือขวดน้ำพลาสติก ประมาณ 42% และที่เหลืออีก 9% เป็นขยะอันตราย (Hazardous waste) ต่อมมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เช่น ไฟแช็กแก๊ส กระป๋องสเปรย์ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ หรือหลอดไฟฟ้า

ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในชุมชนวัดแม่สาหลวงและพื้นที่ข้างเคียงได้ดำเนินการบริหารจัดการขยะอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการโดยคนในชุมชนและองค์กรส่วนท้องถิ่นที่รับผิดชอบ แต่ยังคงพบว่ามีปริมาณขยะพลาสติกจำนวนหนึ่งซึ่งไม่ได้ถูกคัดแยกออกจากปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมด ดังนั้นเพื่อให้ได้ปริมาณขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นในชุมชนจึงได้มีการจัดตั้งถังขยะเพื่อรับเก็บเฉพาะขยะพลาสติกเพียงอย่างเดียวที่ชุมชนวัดแม่สาหลวงและพื้นที่ข้างเคียงตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ ในช่วงเดือนมกราคม 2559 ถึง มิถุนายน 2559 ทำให้ได้ข้อมูลปริมาณขยะพลาสติกที่สามารถคัดแยกออกมาได้ประมาณ 12.84 กิโลกรัม/วัน คิดเป็นปริมาณ 1% ของขยะมูลฝอยทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ปริมาณขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นในชุมชนในช่วง ม.ค. - มิ.ย. 2559

2. ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตคอนกรีตธรรมดา (AC-Mixed) กับแอสฟัลต์คอนกรีตผสมขยะถุงพลาสติก (WPB-Mixed)

วัสดุที่ใช้ในการสร้างก้อนตัวอย่างเพื่อทำการศึกษาคูณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดาและแอสฟัลต์คอนกรีตผสมขยะถุงพลาสติก มีตัวแปรหลัก ๆ 3 อย่างด้วยกันคือ ขยะถุงพลาสติก ยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ และวัสดุมวลรวมคละ

ผลจากการศึกษาการออกแบบวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดาโดยใช้ยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ชนิด Penetration เกรด 60 – 70 ที่อุณหภูมิที่ทำให้ยางมีความหนืด 170 ± 20 ตารางมิลลิเมตรต่อวินาที ผสมกับวัสดุมวลรวมคละขนาด 3/4", 1/2", 3/8" และหินฝุ่น ในสัดส่วนเท่ากับ 45 : 25 : 14 : 16 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิประมาณ 170-180 °C พบว่าค่าช่องอากาศ

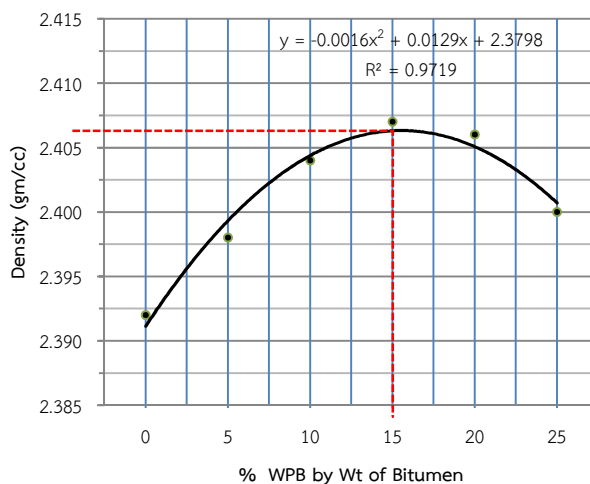
ว่าง (Air Void) ของแอสฟัลต์คอนกรีตที่พิจารณาเลือกคือค่ากึ่งกลางระหว่าง 3 กับ 5 เปอร์เซ็นต์ในการทดลองเลือกที่ 4 เปอร์เซ็นต์ตามคำแนะนำในการออกแบบโดยวิธีมาร์แชลล์จะได้ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้งานเท่ากับ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ได้ค่าเสถียรภาพ (Marshall Stability) ของแอสฟัลต์คอนกรีตเท่ากับ 10.8 kN, ค่าการไหล (Flow Values) เท่ากับ 3.20 mm และค่าความแน่น (Density) เท่ากับ 2.392 ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กรมทางหลวงกำหนดไว้ จากนั้นนำเอาอัตราส่วนของวัสดุมวลรวมคละกับปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ (5.0 % โดยน้ำหนัก) ที่ได้มาผสมกับขยะถุงพลาสติกที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 5 mm. ในสัดส่วนที่แตกต่างกันคือ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25% โดยน้ำหนักของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ จำนวน 6 ชุด ๆ ละ 3 ก้อน ดังแสดงในรูปที่ 2



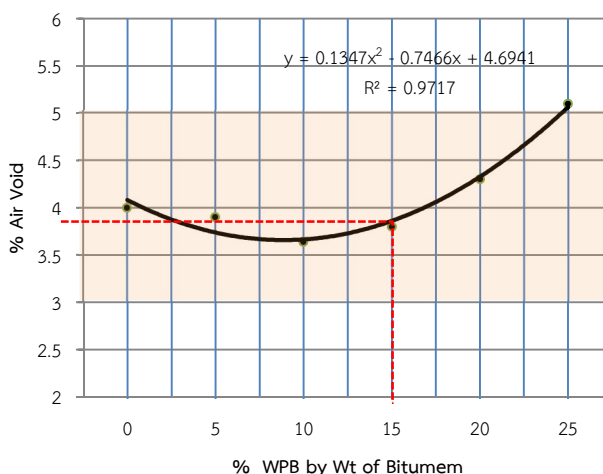
รูปที่ 2 การผสมขยะถุงพลาสติกกับแอสฟัลต์คอนกรีตในห้องปฏิบัติการ

พบว่าค่าความแน่นของแอสฟัลต์คอนกรีตผสมขยะถุงพลาสติกจะสูงขึ้นมากกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตแบบธรรมดา โดยมีค่าความแน่นสูงถึง 2.407 ในปริมาณขยะถุงพลาสติกที่ 15% โดยน้ำหนักของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ ซึ่งจะสูงกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตแบบธรรมดา ที่มีค่าความแน่นเพียง 2.392 เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3 แต่เมื่อผสมขยะถุงพลาสติกเพิ่มเข้าไปที่ปริมาณ 20% และ 25% พบว่าค่าความแน่นลดลงเป็น 2.406 และ 2.400 ตามลำดับ ซึ่งจะสอดคล้องกับค่าช่องว่างอากาศของแอสฟัลต์คอนกรีตผสมขยะถุงพลาสติกในรูปที่ 4 ที่จะลดลงต่ำ

กว่าแอสฟัลต์คอนกรีตแบบธรรมดา เมื่อผสมขยะถุงพลาสติกลงไปปริมาณ 10 % และ 15% โดยจะมีค่าช่องอากาศเท่ากับ 3.6 และ 3.8 ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงที่ค่าความแน่นของตัวอย่างทดสอบอยู่ในจุดสูงสุดจึงทำให้ค่าช่องว่างอากาศลดต่ำลงไป แต่เมื่อผสมขยะถุงพลาสติกเพิ่มลงไปปริมาณ 20% และ 25% ค่าช่องว่างอากาศจะปรับตัวสูงขึ้นมาทั้งนี้เพราะแอสฟัลต์คอนกรีตผสมขยะถุงพลาสติกอยู่ในสภาพหลอมตัวจึงมีค่าความแน่นเกินจุดพอดีไปแล้ว



รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าความแน่นกับปริมาณขยะถุงพลาสติกที่ผสมในแอสฟัลต์คอนกรีต

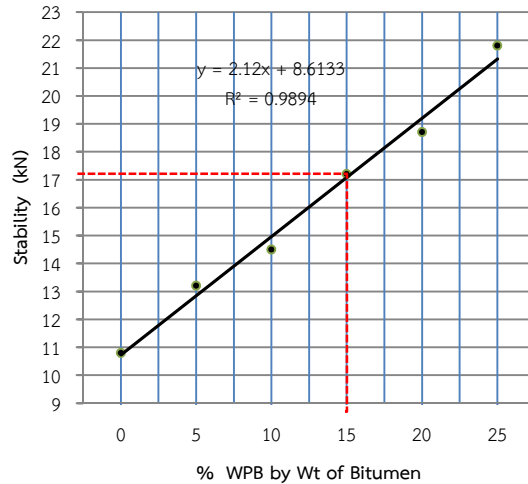


รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าช่องว่างอากาศกับปริมาณขยะถุงพลาสติกที่ผสมในแอสฟัลต์คอนกรีต

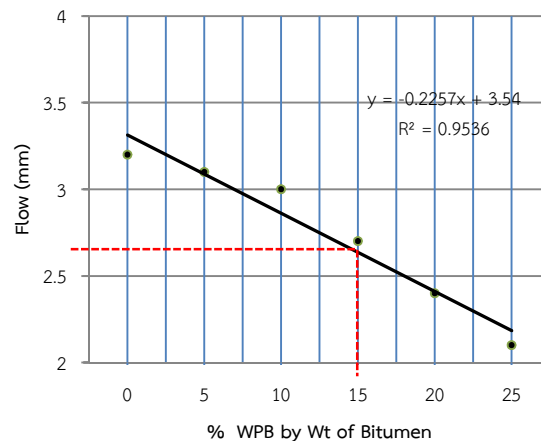
เมื่อพิจารณากราฟแสดงค่าเสถียรภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตผสมขยะถุงพลาสติกในรูปที่ 5 พบว่าเมื่อผสมขยะถุงพลาสติกลงในแอสฟัลต์คอนกรีตปริมาณ 5% - 25% โดยน้ำหนักของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ จะทำในค่าเสถียรภาพสูงขึ้นถึง 21.8 kN มากกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตแบบธรรมดาที่มีค่าเสถียรภาพเพียง 10.8 kN และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นโดยตลอด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Vasudevan et al. (2012) ที่ผสมขยะพลาสติกจำพวก โพลีเอทิลีน (PE), โพลีโพรพิลีน (PP) และโพลีสไตรีน (PS) ลงไปในแอสฟัลต์คอนกรีตทำให้ค่าเสถียรภาพสูงขึ้น 18-20 kN

แต่เมื่อพิจารณาถึงกราฟแสดงการไหลแล้วพบว่ามีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเพิ่มปริมาณขยะถุงพลาสติกลง

ไปในแอสฟัลต์คอนกรีตในปริมาณ 5% - 25% โดยน้ำหนักของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ จะทำให้ค่าการไหลมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 3.1 mm ไปจนถึง 2.1 mm. ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งจะแตกต่างจากกราฟแสดงการไหลของแอสฟัลต์คอนกรีตแบบธรรมดาทั่วไปที่ค่าการไหลมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อมีการเพิ่มปริมาณยางแอสฟัลต์ซีเมนต์เข้าไป ทั้งนี้เพราะการผสมเพิ่มปริมาณขยะถุงพลาสติกลงในแอสฟัลต์คอนกรีตโดยใช้ปริมาณความร้อนที่จะปริมาณความร้อนไม่เพียงพอที่จะหลอมละลายขยะถุงพลาสติกเป็นเนื้อเดียวกับแอสฟัลต์คอนกรีต ส่งผลทำให้ค่าความแน่นและค่าเสถียรภาพมากขึ้น แต่ค่าการไหลลดลงเนื่องจากวัสดุมีความเปราะ ซึ่งยังอยู่เกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวงที่กำหนดไว้ในช่วง 2 - 4 mm.



รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าเสถียรภาพกับปริมาณขยะถุงพลาสติกที่ผสมในแอสฟัลต์คอนกรีต



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าการไหลกับปริมาณขยะถุงพลาสติกที่ผสมในแอสฟัลต์คอนกรีต

3. การสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยขยะถุงพลาสติกในพื้นที่ชุมชนเป้าหมาย

นำผลการวิจัยที่ได้จากข้อ 1) และข้อ 2) มาสร้างเป็นถนนวัดแม่สาหลวงซึ่งตั้งอยู่ในเขตอำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ที่มีความยาวประมาณ 150 เมตร พื้นที่ประมาณ 600 ตร.ม. และมีความหนา 5 ซม. โดยมีวัสดุที่ใช้ดังนี้

- ยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ชนิด AC 60-70 จำนวน 3,600 kg. (5.0% โดยน้ำหนักของแอสฟัลต์คอนกรีต)

- ขยะถุงพลาสติกที่ได้จากการคัดแยกในชุมชนเป้าหมายจำนวน 540 kg. (15% โดยน้ำหนักของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์)

- วัสดุมวลคละร้อนโดยน้ำหนัก (The Mix Proportion Hot Bin = 45 : 25 : 14 : 16)

หิน 3/4" จำนวน 32,400 kg.

หิน 1/2" จำนวน 18,000 kg.

หิน 3/8" จำนวน 10,080 kg.

หินฝุ่น จำนวน 11,520 kg.

ในลำดับการสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีตผสมขยะถุงพลาสติกจะเหมือนกับการก่อสร้างถนนแบบปกติทุกประการ ตั้งแต่งานปรับระดับดินเดิม งานชั้นพื้นทาง งานรองผิวทาง จนถึงงานไพรมโคท (Prime Coat) จะแตกต่างกันที่งานผิวทางซึ่งต้องผสมขยะถุงพลาสติกที่ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 5 mm. ลงไปในปริมาณที่ออกแบบทดลองไว้ คือ 15% โดยน้ำหนักของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ หรือประมาณ 540 kg. โดยใส่ลงไปเครื่องจักรปูผิวถนนดังรูปที่ 7 ให้ขยะถุงพลาสติกมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วถึงและควบคุมอุณหภูมิของแอสฟัลต์คอนกรีตขณะดำเนินการก่อสร้างต้องไม่ต่ำกว่า 130 °C เพื่อให้มีปริมาณความร้อนเพียงพอที่จะหลอมละลายขยะถุงพลาสติกที่

เพิ่มเติมลงไป แล้วปูพื้นผิวถนนด้วยความหนา 5 cm. แล้วทำการบดอัดแน่นโดยเครื่องจักรกลงานทาง โดยควบคุมความหนาแน่นขณะดำเนินการบดอัดให้มีค่าไม่น้อยกว่า 98% ของความหนาแน่นในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในการก่อสร้างถนนต้นแบบทดสอบ

ความหนาแน่นขณะการก่อสร้าง 2 จุด มีค่าเท่ากับ 2.411 และ 2.414 ซึ่งสูงกว่าความหนาแน่นในห้องปฏิบัติการที่มีค่าเท่ากับ 2.407 เมื่อดำเนินการก่อสร้างเสร็จจึงเปิดถนนใช้งานตามปกติ



รูปที่ 7 การผสมขยะถุงพลาสติกลงไปในแอสฟัลต์คอนกรีตขณะก่อสร้างถนน

สรุปผลการวิจัย

ถนนแอสฟัลต์คอนกรีตผสมขยะถุงพลาสติกที่สร้างขึ้นในชุมชนวัดแม่สาหลวง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ เกิดจากประชาชนและผู้สนใจความร่วมมือกันคัดแยกขยะมูลฝอยภายในชุมชนวัดแม่สาหลวงและพื้นที่ข้างเคียงเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่ามีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นประมาณ 1,318 กิโลกรัม/วัน และมีปริมาณขยะถุงพลาสติกที่ไม่ได้ถูกคัดแยกออกจะประมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดประมาณ 12.84 กิโลกรัม/วัน คิดเป็น 1% ของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดที่เกิดขึ้นในชุมชน ซึ่งขยะถุงพลาสติกดังกล่าวสามารถนำมาสร้างถนนที่มีค่าเสถียรภาพสูง การถนนแอสฟัลต์คอนกรีตแบบธรรมดาได้ จากผลทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่าเมื่อนำเอาขยะถุงพลาสติกมาผสมเพิ่มลงไป ในแอสฟัลต์คอนกรีตประมาณ 5 % ถึง 25% ของน้ำหนักยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ ทำให้ค่าเสถียรภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตสูงขึ้น ตั้งแต่ 13.2 kN ถึง 21.8 kN สูงกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตแบบธรรมดาที่มีค่าเสถียรภาพเพียง 10.8 kN และสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวงที่กำหนดไว้เพียง 8.0 kN นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความแน่นของแอสฟัลต์คอนกรีตผสมขยะถุงพลาสติกจะสูงขึ้นมากกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตแบบธรรมดา โดยมีค่าความ

แน่นสูงถึง 2.407 ในปริมาณขยะถุงพลาสติกที่ 15% โดยน้ำหนักของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1) คือขยะถุงพลาสติกสามารถเพิ่มค่าเสถียรภาพให้กับแอสฟัลต์คอนกรีต และข้อที่ 2) คือขยะถุงพลาสติกสามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างถนนลาดยางแอสฟัลต์คอนกรีตในงานทางได้จริงและที่สำคัญเมื่อนำผลการทดลองที่ได้จากห้องปฏิบัติการมาสร้างเป็นถนนต้นแบบจริงในชุมชนพื้นที่เป้าหมาย ทำให้ชุมชนสามารถกำจัดปริมาณขยะถุงพลาสติกได้มากถึง 540 kg. ในช่วงเวลาที่ดำเนินการวิจัย โดยลำดับขั้นตอนในการก่อสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยขยะถุงพลาสติกจะเริ่มจากการคัดแยกขยะถุงพลาสติก แล้วออกแบบส่วนผสมเฉพาะงาน (Job Mix Formula) ซึ่งขยะถุงพลาสติกในแต่ละชุมชนจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงพิจารณาจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการร่วมกับข้อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวงเป็นสำคัญ โดยเลือกให้ปริมาณขยะถุงพลาสติกผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีค่าช่องว่างอากาศอยู่ในช่วง 3 – 5 % ค่าการไหลอยู่ในช่วง 2 - 4 mm. แล้วจึงพิจารณาเลือกค่าเสถียรภาพสูงสุด เพื่อให้ได้ถนนที่มีประสิทธิภาพสูงและคุณสมบัติทางวิศวกรรมการทางอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนลำดับขั้นตอนในงาน

ก่อสร้างภาคสนาม จะเหมือนกับการก่อสร้างถนนแบบปกติทุกประการ เริ่มตั้งแต่งานปรับระดับดินเดิม งานชั้นพื้นทาง งานรองผิวทาง จนถึงงานโพรมโคท ขั้นตอนที่แตกต่างกันจากถนนแอสฟัลต์คอนกรีตแบบธรรมดา คือ งานผิวทางที่ต้องมีการผสมขยะถุงพลาสติกกลงไปในทางปฏิบัติสามารถผสมลงไปได้ 2 วิธีด้วยกัน คือผสมขยะถุงพลาสติกกลงไปขณะเครื่องจักรปูผิวถนนและผสมลงไปใต้น้ำยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ขณะที่ผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตจากโรงงานผสม

จากความสำเร็จของงานวิจัยครั้งนี้สามารถขยายผลไปสู่ชุมชนเป้าหมายที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดทุกภูมิภาคทั่วประเทศ และรัฐบาลยังสามารถจัดตั้งเป็นนโยบายเชิงสร้างสรรค์ให้ชุมชนได้มีการแข่งขันกันในการคัดแยกขยะมูลฝอยหรือรักษาความสะอาดในชุมชน เป็นกิจกรรมประจำเดือนประจำปี หรือตามโอกาสที่เหมาะสม เพื่อให้ชุมชนเกิดความเข้มแข็ง สามัคคี และรู้จักในถิ่นฐานต้นกำเนิด นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างถนนรูปแบบใหม่ในเชิงอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยคนในชุมชนมีส่วนร่วมในการสร้าง

ข้อเสนอแนะ

1. อุณหภูมิของแอสฟัลต์คอนกรีตเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการก่อสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยขยะพลาสติก ขณะดำเนินการก่อสร้างต้องควบคุมอุณหภูมิของแอสฟัลต์คอนกรีตให้สูงกว่า 140 °C เพราะต้องใช้ความร้อนจากแอสฟัลต์คอนกรีตในการหลอมละลายขยะถุงพลาสติก
2. ไม่ควรดำเนินการก่อสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยขยะพลาสติกในช่วงที่มีฝนตกหนักหรือช่วงที่มีลมพายุเพราะจะทำให้อุณหภูมิของแอสฟัลต์คอนกรีตลดต่ำลงและทำให้ขยะถุงพลาสติกเกิดการฟุ้งกระจาย
3. ควบคุมให้มีการกระจายตัวของขยะถุงพลาสติกอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งถนนที่ดำเนินการก่อสร้างและแก้ไขในส่วนที่มีการกระจุกตัวของขยะถุงพลาสติก
4. ควรมีความร่วมมือกันระหว่างภาครัฐบาลและประชาชนในดำเนินการคัดแยกขยะพลาสติกในการนำมาสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยขยะพลาสติก เพื่อลดต้นทุนในการก่อสร้างและเกิดความสนใจในการรักษาสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

เอกสารอ้างอิง

- กองแผนงานและประเมินผล กรมควบคุมมลพิษ. (2559). สถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2559, แหล่งข้อมูล: <http://www.pcd.go.th/public/News/Files/Draft580318-1.pdf>. ค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2560.
- เครือข่ายองค์กรบริหารงานวิจัยแห่งชาติ (คอบช.) สำนักนายกรัฐมนตรี (2559) . นโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 9, แหล่งข้อมูล : <http://www.nrms.go.th/FileUpload/AttatchFile/News/255908041558422182432.pdf>. ค้นเมื่อ 01 มีนาคม 2560.
- นิรชร นกแก้ว. (2549). การศึกษาการใช้ผ้าใบไทรคอร์ดเก่าในแอสฟัลต์คอนกรีต. ใน: การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 44 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 266-275.
- Ahmad, K. and Rasool, K. (2010) .Plastics recycling is out in the Streets. Tehelka Magazine. New Delhi. 7(39): 110
- Ahmadinia, E., Zargar, M., Karim, M. R., Abdelaziz, M., Shafiqh, P. (2011). Using waste plastic bottles as additive for stone mastic asphalt. Mater. Design (32): 4844-4849.
- Al-Hadidy, A. I., Yi-qiu, T. (2009). Effect of polyethylene on life of flexible pavements. Constr. Build. Mater (23): 1456-1464.
- American Society for Testing and Materials ASTM D6927. (2004). Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures, ASTM International.
- Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. Phil. Trans R. Soc. B. (364): 1985-1998.
- Bhageerathy, K. P., Alex, A. P., Manju. V. S., Raji A. K. (2014). Use of Biomedical Plastic Waste in Bituminous Road Construction. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) 3(6): 89-92.
- Department of Highways Thailand (1999). Asphalt Concrete or Hot-Mix Asphalt. Standard No. DH-S 408/2532. Bureau of Materials. Analysis and Inspection.
- El-Saikaly, M. A. (2013). Study of the Possibility to Reuse Waste Plastic Bags as a Modifier for Asphalt Mixtures

- Properties (Binder Course Layer). The Islamic University of Gaza.
- Plastics Europe. (2016). An analysis of European plastics production, demand and waste data. retrieved from: www.plasticseurope.org/download_file/view/461/179 accessed 2016 March 25.
- Vasudevan, R., Ramalinga Chandra Sekar, A., Sundarakannan, B. and Velkennedy, R. (2012). A technique to dispose waste plastics in an ecofriendly way – Application in construction of flexible pavements. *Construction and Building Materials* (28): 311–320.
- Verma, S. S., (2008). Roads from Plastic Waste. *Point of view. Indian Concrete Journal* pp. 43-44.

