คงศักดิ์ อัครวงศ์วัฒนา : การประยุกต์ใช้พลาสติกรีไซเคิลประเภทโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต และโพลิโพรไพลีนในงานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตอย่างยั่งยืน (UTILIZATION OF RECYCLED POLYETHYLENE TEREPHTHALATE AND RECYCLED POLYPROPYLENE PLASTICS IN SUSTAINABLE ASPHALT CONCRETE PAVEMENT)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข, 140 หน้า

คำสำคัญ: เศษผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล/เศษคอนกรีตรีไซเคิล/พลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต/พลาสติกประเภทโพลีโพพีลิน

หลายประเทศทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทยมีการนำวัสดุเหลือทิ้งรีไซเคิลประเภทต่าง ๆ เช่น เศษผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิล (Reclaimed asphalt concrete pavement, RAP) เศษคอนกรีตรีไซเคิล (Recycled concrete aggregate, RCA) และเศษพลาสติกมาใช้เป็นส่วนผสมของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและลดต้นทุนการก่อสร้างถนน อย่างไรก็ตาม การใช้งานวัสดุเหล่านี้ในส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีตยังถูกจำกัดให้ใช้ได้ในปริมาณที่ต่ำ เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีสมบัติทางวิศวกรรมด้อยกว่าวัสดุจากธรรมชาติ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ RAP และ RCA เป็นมวลรวมในส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตทั้งหมดโดยไม่ใช้มวลรวมธรรมชาติ ร่วมกับการปรับปรุงสมรรถนะของแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยเศษขวดพลาสติกประเภทโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate, PET) และศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขยะพลาสติกประเภทโพลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ที่ถูกหลอมขึ้นรูปเป็นเม็ดมาปรับปรุงแอสฟัลต์ซีเมนต์ประเภท AC60/70 เพื่อใช้เป็นส่วนผสมพอรัสแอสฟัลต์คอนกรีต สมรรถนะเชิงกลของแอสฟัลต์คอนกรีตทั้งแบบสถิตและพลวัตถูกประเมินผ่านการทดสอบเสถียรภาพ ดัชนีความแข็งแรง กำลังดึงทางอ้อม โมดูลัสคืนตัวเนื่องจากแรงดึงทางอ้อม การล้าเนื่องจากแรงดึงทางอ้อม และความต้านทานการเกิดร่องล้อ งานวิจัยนี้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การศึกษาการใช้เศษขวด PET ปรับปรุงแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ RAP เป็นมวลรวมทั้งหมด ส่วนที่ 2 ศึกษาการใช้ RAP และ RCA เป็นมวลรวม และปรับปรุงด้วยเศษขวด PET และส่วนที่ 3 ศึกษาการใช้ PP ปรับปรุงแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC60/70 เพื่อใช้เป็นส่วนผสมพอรัสแอสฟัลต์คอนกรีต

ส่วนที่ 1 ศึกษาสมรรถนะเชิงกลของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ RAP เป็นมวลรวมถูกประเมินในพจน์ของปริมาณเศษขวด PET ร้อยละ 0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 โดยน้ำหนักมวลรวม แอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ RAP เป็นมวลรวมมีค่าดัชนีความแข็งแรงไม่ผ่านตามมาตรฐานกรมทางหลวง การเติมเศษขวด PET ลงในส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตช่วยให้แอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ RAP เป็นมวลรวมมีสมบัติผ่านตามมาตรฐานและยังช่วยให้สมรรถนะเชิงกลมีค่าสูงขึ้น ปริมาณเศษขวด PET ที่เหมาะสมร้อยละ 0.6 ช่วยให้สมรรถนะเชิงกลของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ RAP เป็นมวลรวมเพิ่มขึ้นสูงที่สุด โดย

ค่าเสถียรภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 ดัชนีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 19 กำลังดึงทางอ้อมเพิ่มขึ้นร้อยละ 69 โมดูลัสคืนตัวเนื่องจากแรงดึงทางอ้อมเพิ่มขึ้นร้อยละ 11 อายุการล้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 270 และความต้านทานการเกิดร่องล้อเพิ่มขึ้นร้อยละ 80 เมื่อเปรียบเทียบกับแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ RAP เป็นมวลรวมที่ไม่ถูกปรับปรุงด้วย PET

ส่วนที่ 2 ศึกษาสมรรถนะเชิงกลของแอสฟัลต์คอนกรีตถูกประเมินในพจน์ของอัตราส่วน RAP/RCA เท่ากับ 100/0 90/10 80/20 และ 60/40 และในพจน์ของปริมาณเศษขวด PET ร้อยละ 0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 โดยน้ำหนักมวลรวม การแทนที่มวลรวมหยาบของ RAP ด้วย RCA ส่งผลให้สมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตผ่านตามมาตรฐานกรมทางหลวงและยังช่วยเพิ่มสมรรถนะเชิงกลของแอสฟัลต์คอนกรีต ที่ปริมาณเศษขวด PET ค่าเดียวกันแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้อัตราส่วน RAP/RCA เท่ากับ 80/20 มีสมรรถนะเชิงกลสูงที่สุด นอกจากนี้ การใช้เศษขวด PET ปรับปรุงแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ RAP และ RCA เป็นมวลรวมส่งผลให้สมรรถนะเชิงกลเพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วน RAP/RCA โดยเศษขวด PET ปริมาณร้อยละ 0.6 ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตใช้ RAP และ RCA เป็นมวลรวมมีสมรรถนะเชิงกลสูงที่สุด

ส่วนที่ 3 แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC60/70 ถูกปรับปรุงด้วย PP ร้อยละ 0 2 4 และ 6 โดยน้ำหนักของแอสฟัลต์ซีเมนต์ และแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ถูกปรับปรุงด้วย PP ถูกประเมินผ่านการทดสอบสมรรถนะเชิงกลของพอรัสแอสฟัลต์คอนกรีต แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC60/70 ปรับปรุงด้วย PP ร้อยละ 2 มีสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC40/50 ที่กำหนดโดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยพอรัสแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC60/70 ปรับปรุงด้วย PP ร้อยละ 2 มีสมรรถนะเชิงกลสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับพอรัสแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ PMA พอรัสแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ปรับปรุงด้วย PP ร้อยละ 2 มีสมรรถนะเชิลกลต่ำกว่า งานวิจัยนี้จะช่วยปูทางสำหรับการพัฒนาวัสดุทางเลือกสำหรับใช้เป็นส่วนผสมของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ได้แก่ RAP RCA เศษขวด PET และ PP ที่มีความยั่งยืน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสร้างแรงบันดาลใจในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นในอนาคต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธาและการบริหารงานก่อสร้าง ลายมือชื่อนักศึกษา.....
ปีการศึกษา 2567 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

KONGSAK AKKHARAWONGWHATTHANA : UTILIZATION OF RECYCLED POLYETHYLENE TEREPHTHALATE AND RECYCLED POLYPROPYLENE PLASTICS IN SUSTAINABLE ASPHALT CONCRETE PAVEMENT.
THESIS ADVISOR : PROF. SUKSUN HORPIBULSUK, Ph.D., 140 PP.

Keywords: Reclaimed Asphalt Pavement/ Recycled Concrete Aggregate/ Polyethylene Terephthalate/ Polypropylene

Many countries worldwide, including Thailand, have used various recycled waste materials, such as reclaimed asphalt concrete pavement (RAP), recycled concrete aggregate (RCA), and plastic waste, in asphalt concrete pavement mixtures. This approach helps reduce the use of natural resources and lowers construction costs. However, using these materials in asphalt concrete mixtures is usually limited to low percentages due to their inferior engineering properties compared to natural materials. This research aims to explore the feasibility of using RAP and RCA as aggregates in asphalt concrete mixtures without natural aggregates and to enhance the performance of asphalt concrete with recycled polyethylene terephthalate (PET) crushed bottle fragments. This research also investigates the feasibility of using recycled polypropylene (PP) pellets to modify asphalt cement penetration grade 60 to 70 (AC60/70) for use in porous asphalt concrete. The static and dynamic performances of asphalt concrete were accessed via the Marshall stability, the strength index (SI), the indirect tensile strength (ITS), the indirect tensile fatigue (ITF), the indirect tensile resilient modulus (IT_{MR}), and the resistance to rutting tests.

The research is divided into three parts. The first part examines the use of PET to improve the mechanical performances of asphalt concrete made with 100% RAP aggregate. The mechanical performances of RAP asphalt concrete were evaluated in terms of PET content at 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0% by weight of the total aggregate. Without PET, the strength index value of RAP asphalt concrete did not meet the Department of Highways standard. Adding PET to the mixture improved the properties to meet the Department of Highways standards and enhanced mechanical performance. The optimum PET content of 0.6% provided the best mechanical performance across all experimental testing, resulting in a 25% improvement in

Marshall stability, 19% in SI, 69% in ITS, 11% in IT_{MR}, 270% in ITF, and 80% in rutting resistance compared to 0% PET content.

The second part studied the mechanical performances of asphalt concrete using RAP and RCA as aggregates, which were improved with PET. Coarse RAP was replaced with RCA in terms of RAP/RCA ratios of 100/0, 90/10, 80/20, and 60/40. The mechanical performances were evaluated based on PET content at 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0% by total aggregate weight. Replacing coarse RAP with RCA enhanced the properties to meet the Department of Highways standards and improved mechanical performance. Asphalt concrete with the 80/20 RAP/RCA ratio yielded the highest mechanical performances at a particular PET content. Adding PET can enhance the mechanical performance of RAP-RCA asphalt concrete of RAP/RCA mixtures across all ratios. With 0.6% PET content, RAP-RCA asphalt concrete was enhanced with the highest mechanical performance.

The third part investigated the use of PP to modify AC60/70 for use as asphalt cement in porous asphalt concrete (PAC). The study revealed that 2% of PP-modified AC60/70 (AC60/70-2%PP) met the AC40/50 standard specified by the Thai Industrial Standards Institute. The mechanical performances of PAC using AC60/70-2%PP were the highest. However, compared to PMA-PAC, the mechanical performance of AC60/70-2%PP-PAC was lower. This research paves the way for the development of alternative materials for use in asphalt concrete mixtures, including RAP, RCA, PET, and PP, which are sustainable and environmentally friendly, inspiring a future of greener infrastructure.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Civil Engineering and Construction Management
Academic Year 2024

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....
Co-Advisor's Signature .....