การศึกษาการใช้ผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าในแอสฟัลต์คอนกรีต

A Study of Using Waste Tire Cord Fabric in Asphalt Concrete

นิรชร นกแก้ว[1]

บทคัดย่อ

การนำเอาผ้าใบไทร์คอร์ดเก่า ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการนำยางรถยนต์เก่ามาย่อยเอาส่วนที่เป็นยางชั้นนอกและชั้นที่เชื่อมติดกับผ้าใบไทร์คอร์ดเมื่อผ่านตะแกรงคัดแยกแล้ว ส่วนที่เหลือจากการย่อยจะได้ผ้าใบไทร์คอร์ดที่ผ่านการย่อยเช่นเดียวกัน แหล่งจากบริษัท ยูเนี่ยนพัฒนกิจ จำกัด อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ นำผ้าใบไทร์คอร์ดเก่ามาผสมเพิ่มในวัสดุมวลรวม โดยใช้วัสดุมวลรวม 2 ชนิดคือ หินปูน จากโรงโม่หินหาญเจริญแอนเตอร์ไพร์สเชียงราย จ.เชียงราย และหินบะซอลท์ จากโรงโม่หินบุรีรัมย์รัชดา จ.บุรีรัมย์ ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60-70 จากการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตพบว่า ที่ Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 ของหินปูนเท่ากับ 43 : 30 : 14 : 13 ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 5.1 โดยมวลของวัสดุมวลรวม ปริมาณผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 0.2 โดยมวลของวัสดุมวลรวม และที่ Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 ของหินบะซอลท์เท่ากับ 48 : 10 : 21 : 21 ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 5.6 โดยมวลของวัสดุมวลรวม ปริมาณผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 0.2 โดยมวลของวัสดุมวลรวม ผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าที่ผสมเพิ่มด้วยปริมาณดังกล่าวนั้นทำให้ค่าดัชนีความแข็งของหินปูนและหินบะซอลท์เท่ากับร้อยละ 78.8 และ 77.1 ตามลำดับ มีผลทำให้คุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตสอดคล้องเกณฑ์ที่กำหนด และผ้าใบไทร์คอร์ดเก่ามีส่วนช่วยเสริมค่าเสถียรภาพในแอสฟัลต์คอนกรีตเพิ่มมากขึ้นกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดา

คำสำคัญ : ผ้าใบไทร์คอร์ดเก่า, แอสฟัลต์คอนกรีต, สารผสมเพิ่ม

Abstract

Waste Tire Cord Fabric, the residue from wasted tire particles process in union commercial development Co., Ltd. Phrapradaeng, samuthprakarn, was used to add some aggregate in asphalt concrete. Limestone from Hanjarearn Enterpise Chiang Rai quarry, Chiang Rai and basalt from Buri Ram Ruchda quarry, Buri Ram and asphalt cement grade 60-70 were used. From series of experiments, it was concluded that the most suitable mix proportions of Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 which produced asphalt concrete of qualities complied with Department of Highways Standard was 43 : 30 : 14 : 13 with asphalt cement of 5.1 percent by mass of aggregate and waste tire cord fabric of 0.2 percent by mass of aggregate when using limestone as aggregates; and 48 : 10 : 21 : 21 with asphalt cement of 5.6 percent by mass of aggregate and waste tire cord fabric of 0.2 percent by mass of aggregate when using basalt as aggregates. Strenght indexs of above asphalt concrete mixs were 78.8 and 77.1 percent respectively, which are compiled with the Department of Highways Standard, and this material is more stable than the normal asphalt concrete.

Keywords : Waste Tire Cord Fabric, Asphalt Concrete, Additive

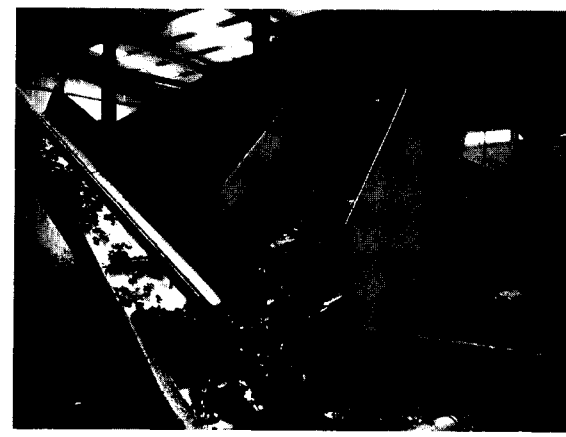
[1]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1. บทนำ

ระบบขนส่งทางบกมีการเชื่อมต่อกับระบบขนส่งอื่นๆ ภายในประเทศ การขนส่งผลิตผลทางการเกษตร หรือทางอุตสาหกรรม หรือการขนส่งมวลชนเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ นั้น ทำให้ประชาชนสามารถเดินทางถึงจุดหมายปลายทางได้โดยสะดวกเป็นการส่งเสริมเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ของประชาชนในภูมิภาคต่าง ๆ ให้ดีขึ้น ยานพาหนะในการขนส่งซึ่งสามารถเข้าถึงพื้นที่ทั่วถึงนั้น คือ รถยนต์ ในปัจจุบันการจดทะเบียนรถยนต์มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกๆ ปีและกรมการขนส่งได้จัดทำโครงการศึกษาเพื่อจัดทำกฎหมายว่าด้วยการรับขนของทางถนนระหว่างประเทศ จะทำให้ปริมาณการจราจรของรถบรรทุกหนักมีมากขึ้นกว่าเดิม ส่งผลให้ปริมาณของยางรถยนต์เก่าที่เสริมผ้าใบไทร์คอร์ดก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน การนำยางรถยนต์เก่ามาย่อยให้มีขนาดเล็กเพื่อนำยางเก่ากลับมาใช้ใหม่นั้น ได้มีการศึกษาและนำมาใช้ในงานถนนแอสฟัลต์ โดยนำเม็ดยางมาผสมกับวัสดุแอสฟัลต์ เรียกว่า Asphalt Rubber มีคุณสมบัติยืดหยุ่นตัวได้สูง สามารถดูดซับพลังงานและแรงได้มากกว่า เพิ่มความเหนียว ลดการเกิดรอยแตกร้าว และมีอายุการใช้งานนานกว่าปกติ ยางรถยนต์ส่วนที่เสริมชั้นด้วยเส้นลวดเสริมใยเหล็กก็สามารถนำมาหลอมกลับมาใช้ใหม่ได้ หลังจากยางรถยนต์ผ่านการใช้งานจะมีปริมาณผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าเพิ่มขึ้น ในส่วนของยางรถยนต์ที่เสริมชั้นด้วยผ้าใบไทร์คอร์ด เมื่อนำยางชั้นนอกและชั้นที่เชื่อมติดกับผ้าใบไทร์คอร์ดไปย่อยให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ จะมีส่วนที่เหลือจากการย่อยยางรถยนต์ เมื่อผ่านตะแกรงคัดแยกขนาดแล้วจะได้ผ้าใบไทร์คอร์ดที่ผ่านการย่อย ดังนั้นควรนำผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าที่ผ่านการย่อยยางออกแล้วนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์เป็นวัสดุผสมเพิ่มในแอสฟัลต์คอนกรีต เพื่อลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมอันเป็นผลเนื่องมาจากการกองทิ้งและรอการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

2. การทบทวนวรรณกรรม

ผ้าใบไทร์คอร์ด [1] เป็นส่วนประกอบสำคัญส่วนหนึ่งในการผลิตยางรถที่ทำให้การเคลื่อนที่ของรถยนต์เป็นไปด้วยความนุ่มนวล ยางรถนั้นมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ ชั้นผ้าใบไทร์คอร์ดและเนื้อยาง โรงงานผู้ผลิตยางรถยนต์ จักรยานยนต์ หรือจักรยาน จะนำผ้าใบไทร์คอร์ดไปฉาบด้วยยางทั้งสองด้านและนำไปเข้ากระบวนการผลิตในลำดับต่อๆ ไป เนื่องจากยางรถเป็นสินค้าที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สินผู้ใช้ การผลิตยางรถจึงต้องมีการควบคุมคุณภาพอย่างเข้มงวดทุกขั้นตอนรวมถึงการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการสร้างยางด้วย ได้แก่ ยางดิบ สารเคมี ผ้าใบไทร์คอร์ด เขม่าดำ (Carbon Black) เป็นต้น กระบวนการย่อยยางรถยนต์เก่าแสดงไว้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การย่อยยางรถยนต์เก่า

ผ้าใบไทร์คอร์ด ทำหน้าที่เป็นตัวรับน้ำหนักบรรทุกในยางรถยนต์ ผ้าใบไทร์คอร์ดจะได้รับการออกแบบให้มีความแข็งแรง นอกจากสามารถทนต่อการดึงขาดแล้วยังต้องมีอัตราความสามารถในการยืดตัวและหดตัวที่เหมาะสม ด้วยคุณสมบัติในการยืดตัวและหดตัวของเส้นใย Nylon ซึ่งเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งในการผลิตผ้าใบไทร์คอร์ด

กระบวนการผลิตผ้าใบไทร์คอร์ด ประกอบด้วย

1) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผ้าใบไทร์คอร์ด 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย Nylon Yarn, Glass Fiber, Nylon Sewing Thread, Vinyl Pyridine Latex (VP), Heat Stabilizer Vinyl (Pyridine Latex (HS-VP)), Stylene Butadiene Latex (LX-112), Resorcinol, Formaline, Polyester Spun Yarn, Tarpaulin Paper (2Mx1,200), Cotton Yarn 20'S, Sodium Hydroxide, Natural Latex and Ammonia Water

2) กระบวนการผลิตใช้เครื่องจักรทันสมัยและเทคโนโลยีการผลิตขั้นสูงแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่ 1 เส้นด้าย (Yarn) และส่วนที่ 2 ขั้นตอนการตีเกลียว (Twisting)

ในการผลิตผ้าใบไทร์คอร์ดนั้น นอกจากกระบวนการตีเกลียวและการทอให้เป็นผืนแล้วนั้น ขั้นตอน การผลิตขั้นสุดท้ายซึ่งนับว่าสำคัญมากอันหนึ่งคือ การเคลือบน้ำยาง REF และการอบผ้าใบไทร์คอร์ด เพื่อให้เกิดการยึดเกาะตัวระหว่างเนื้อยางกับผืนผ้า คุณสมบัติอื่นๆ ที่สำคัญของผ้าใบไท์คอร์ด ได้แก่ ความต้านทานต่อความร้อน (Thermal Resistance) ความต้านทานต่อการอัดกระแทก (Impact Resistance) ความต้านทานต่อการล้าตัว (Fatigue Resistance) ความสามารถในการคงรูป (Dimension Stability) ความเค้นดึง (Tension Strength) อัตราการยืดตัว (Elongation) และอัตราการหดตัว (Shrinkage) คุณสมบัติดังกล่าวเกิดขึ้นจากการอบและดึงด้วยอุณหภูมิ เวลา และแรงดึงที่เหมาะสม

ในปี ค.ศ. 1996 ประเทศสหรัฐอเมริกา (Scrap Tire Management Council (STMC), 1997) มีปริมาณของล้อยางที่ทิ้งจำนวน 266 ล้านล้อ [2] วิธีการกำจัดหลักคือ การนำไปเป็นเชื้อเพลิง คำนวณงบประมาณค่าใช้จ่ายของพลังงานสำหรับการผลิตยางเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากใช้เป็นเชื้อเพลิง สมมุติฐานว่า ทำการศึกษาอย่างไรเผาให้ได้พลังงานมากที่สุดเทียบกับพลังงานที่เสียไป

การศึกษาคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยผงยางล้อรถที่ใช้งานแล้วโดยวิธีการผสมแบบเปียกและแบบแห้งพบว่า วิธีการผสมแบบเปียกจะเป็นการใส่ผงยางล้อรถที่ใช้งานแล้วผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ก่อนแล้วจึงผสมกับมวลรวมร้อนได้คุณสมบัติที่เหมาะสมที่สุด [3] เมื่อใช้ปริมาณผงยางล้อรถที่ใช้งานแล้วผสมในอัตราส่วนเท่ากับร้อยละ 15-20 ของน้ำหนักแอสฟัลต์ซีเมนต์ และวิธีการผสมแบบแห้งจะเป็นการใส่ผงยางล้อรถที่ใช้งานแล้วกับมวลรวมก่อนแล้วจึงผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ ปริมาณผงยางล้อรถที่เหมาะสมในอัตราส่วนท่ากับร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักมวลรวม จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปรับปรุงคุณภาพกับแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดาพบว่า แอสฟัลต์คอนกรีตที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยผงยางล้อรถที่ใช้งานแล้วจะมีคุณสมบัติที่ดีกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดา

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพฤติกรรมการรับกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเส้นใยผ้าใบยางรถ โดยออกแบบคอนกรีตให้มีกำลังอัดประลัย 250 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราส่วนผสมคอนกรีต 1 : 2 : 4 จะแปรผันปริมาณของเส้นใยผ้าใบยางรถที่ใช้เท่ากับร้อยละ 0, 1, 3, 5, 7 และ 10 โดยน้ำหนักของคอนกรีต อายุการบ่มคอนกรีตที่อายุ 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน แล้วจึงทดสอบพบว่า ปริมาณของเส้นใยผ้าใบยางรถเพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลงและที่ปริมาณของเส้นใยผ้าใบยางรถที่เท่ากันจะรับกำลังอัดได้เพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการบ่มนานขึ้น การนำเส้นใยผ้าใบยางรถมาผสมกับงานคอนกรีตปริมาณที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของคอนกรีต สามารถรับกำลังอัดได้มากกว่าคอนกรีตธรรมดา [4]

3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุอุปกรณ์

1) ผ้าใบไทร์คอร์ดเก่า จากบริษัท ยูเนี่ยนพัฒนกิจ จำกัด 252 ม.1 ถ.ปู่เจ้าสมิงพราย อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ

2) วัสดุมวลรวมคละเรียงขนาด ประกอบด้วยวัสดุมวลรวมหยาบและวัสดุมวลรวมละเอียด จากแหล่งหิน 2 แหล่งคือ หินปูน จากโรงโม่หินหาญเจริญแอนเตอร์ไพร์ส เชียงราย จ.เชียงราย และหินบะซอลท์ จากโรงโม่หินบุรีรัมย์รัชดา จ.บุรีรัมย์

3) แอสฟัลต์ ชนิดที่ใช้คือ แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60-70 ซึ่งเป็นเกรดที่ใช้งานของกรมทางหลวง

3.2 วิธีการ

1) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของผ้าใบไทร์คอร์ดเก่า โดยการวัดความยาวของผ้าไทร์คอร์ดเก่าโดยใช้ไม้บรรทัดเวอร์เนียร์ และทดสอบหาจุดหลอมละลายและจุดติดไฟ ตามมาตรฐาน ASTM D 276 [5]

2) ออกแบบวัสดุผสมแอสฟัลต์คอนกรีต โดยวิธีมาร์แชลล์ (Mashall) ตามมาตรฐานการทดสอบที่ ทล.ท.-604/2517 [6] และใช้เกณฑ์กำหนดสำหรับชั้น Wearing Course ขนาด 12.5 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานการทดสอบที่ ทล.ท.-408/2532 [7] และ [8]

- โดยใช้วัสดุมวลรวมแต่ละชนิดออกแบบ (วัสดุมวลรวมทั้ง 2 ชนิดจะผ่านกระบวนการให้ความร้อนและคัดขนาดแล้วตาม Hot Bin 1 (หินฝุ่น), Hot Bin 2 (หิน 3/8 นิ้ว), Hot Bin 3 (หิน 1/2 นิ้ว) และ Hot Bin 4 (หิน 3/4 นิ้ว)) ดังรูปที่ 2 เพื่อนำมาออกแบบสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้งานจะได้ Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 เพื่อหาคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตต่อไป

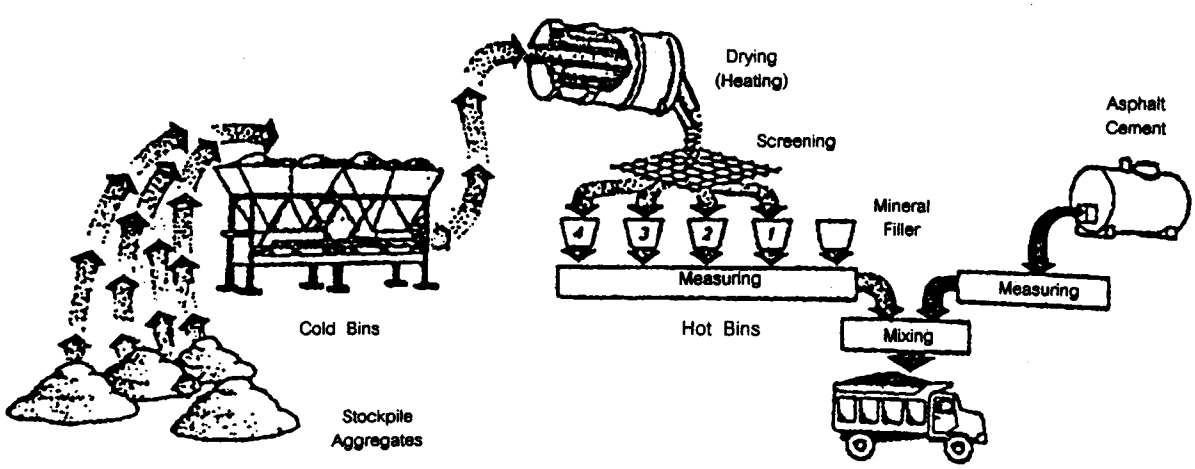
- โดยใช้ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใกล้จุดใช้งานและใช้ปริมาณผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าเท่ากับร้อยละ 0.2, 0.4 และ 0.6 โดยมวลของวัสดุมวลรวม

- โดยเลือกปริมาณผ้าใบไทร์คอร์ดที่เหมาะสมในการใช้งาน เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติต่อไป

3) เปรียบเทียบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดากับแอสฟัลต์คอนกรีตผสมผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าของหินปูนและหินบะซอลท์

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

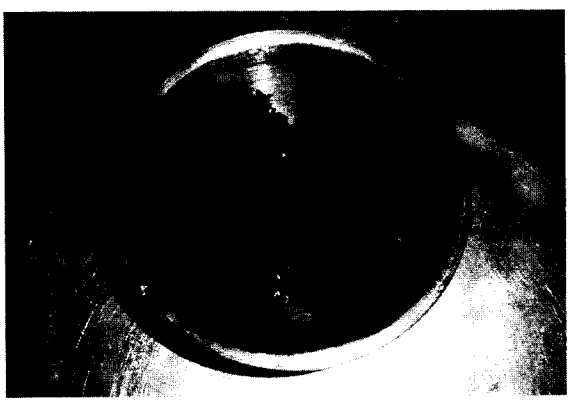
ผลการทดสอบการวัดความยาวของผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าโดยใช้ไม้บรรทัดเวอร์เนียร์จะมีความยาวประมาณ 10-20 มิลลิเมตร และมีลักษณะเป็นขุย ดังรูปที่ 3 มีปริมาณของเส้นใย ขุยเส้นใย และเศษยางรถยนต์เท่ากับร้อยละ 40.0, 59.5 และ 0.5 ตามลำดับ เนื่องจากในกระบวนการผลิตผู้ประกอบการจะควบคุมการผลิตเศษยางที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ด้วยใบมีดตามขนาดที่ต้องการเป็นหลัก ดังนั้นขนาดของผ้าใบไทร์คอร์ดที่ผ่านการหั่นด้วยใบมีดจึงมีขนาดความยาวและปริมาณของเส้นใย ขุยเส้นใยและเศษยางรถยนต์ที่ปะปนอยู่มีปริมาณที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับการผลิตในแต่ละขนาดของเศษยางรถยนต์เก่า เมื่อทดสอบหา



รูปที่ 2 ขั้นตอนการผลิตแอสฟัลต์คอนกรีต [9]

จุดหลอมละลายและจุดติดไฟพบว่า เริ่มมีกลิ่นเหม็นไหม้และมีควันที่อุณหภูมิเท่ากับ 162 องศาเซลเซียส และเกิดการยุบตัวของขุยเส้นใยที่อุณหภูมิเท่ากับ 200 องศาเซลเซียส แต่ยังไม่เกิดการลุกติดไฟ ดังรูปที่ 4 ในขณะที่อุณหภูมิผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้นจะไม่ส่งผลกระทบต่อการลุกติดไฟเมื่อใช้ผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าเป็นวัสดุผสมเพิ่มในงานผสมร้อน และเมื่อสังเกตุด้วยตาเปล่าจะเห็นได้ว่า ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสภาพของวัสดุจากของแข็งเป็นสภาพอ่อนตัว มีสีเข้ม เมื่ออุณหภูมิลดลงและสัมผัสด้วยมือเปล่าวัสดุที่อ่อนตัวเนื่องจากความร้อนจะจับตัวเป็นก้อนมีความแข็ง โดยเฉพาะขุยเส้นใยจะเปลี่ยนสภาพได้เร็วกว่าเส้นใย

รูปที่ 3 ผ้าใบไทร์คอร์ดเก่า



รูปที่ 4 ผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าผ่านการให้ความร้อน

ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดาพบว่า ที่ Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 ของหินปูนเท่ากับ 43 : 30 : 14 : 13 จากการเตรียมก้อนตัวอย่างที่ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 และ 6.5 โดยมวลของวัสดุมวลรวม จะได้ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้งานเท่ากับร้อยละ 5.1 โดยมวลของวัสดุมวลรวม และที่ Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 ของหินบะซอลท์เท่ากับ 48 : 10 : 21 : 21 จากการเตรียมก้อนตัวอย่างที่ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 5.0, 5.5, 6.0, 7.0 และ 6.5 โดยมวลของวัสดุมวลรวม จะได้ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้งานเท่ากับ 5.6 โดยมวลของวัสดุมวลรวม อัตราส่วนผสมของวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้ ทำให้คุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดตามข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีต ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 5 และ 6

ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตผสมผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าของหินปูนและหินบะซอลท์ เมื่อใช้ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใกล้จุดใช้งานเท่ากับร้อยละ 5.0 และ 5.5 โดยมวลของวัสดุมวลรวม ตามลำดับ พบว่า ปริมาณผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าที่ร้อยละ 0.2 โดยมวลของวัสดุมวลรวม จะทำให้ค่าความแน่นลดลงแต่ยังมีค่าใกล้เคียง กับแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดาเท่ากับร้อยละ 0.2 และ 0.3 ตามลำดับ และค่าเสถียรภาพเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 6.8 และ 11.8 ตามลำดับ ค่าการไหลยังอยู่ในเกณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบกับแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้ผ้าใบไทร์คอร์ดจะมีผลต่อการยึดเกาะระหว่างวัสดุมวลรวมและวัสดุเชื่อมประสานทำให้เกิดการยึดเหนี่ยวกันระหว่างเม็ดของวัสดุ แต่ค่าเสถียรภาพที่สูงเกินไปจะทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตแข็งเกินไป ขาดความยืดหยุ่นซึ่งอาจทำให้ผิวทางเสียหายง่าย และเมื่อเพิ่มปริมาณผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าเท่ากับร้อยละ 0.4 และ 0.6 โดยมวลของวัสดุมวลรวม จะทำให้ค่าความแน่นและค่าเสถียรภาพลดลงจากเดิม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปริมาณผ้าใบไทร์คอร์ดที่เพิ่มมากขึ้นเป็นผลจากเส้นใยที่ไม่เกิดการอ่อน

ตัวเมื่อผสมร้อนจึงไม่สามารถยึดเกาะระหว่างวัสดุมวลรวมและวัสดุเชื่อมประสานทำให้การยึดเหนี่ยวกันระหว่างเม็ดของวัสดุน้อยลงตามลำดับ และทำให้ค่าการไหลเพิ่มมากขึ้นซึ่งแสดงถึงการยุบตัวของก้อนตัวอย่างที่มากขึ้น ดังตารางที่ 2

ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดากับแอสฟัลต์คอนกรีตผสมผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าของหินปูนและหินบะซอลท์ ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 5.1 และ 5.6 โดยมวลของวัสดุมวลรวม พบว่า เมื่อใส่ผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าเป็นวัสดุผสมเพิ่มโดยมวลของวัสดุมวลรวมของหินปูนและหินบะซอลท์ จะทำให้ค่าความแน่น (Density) ช่องว่างอากาศ (Air Voids) ช่องระหว่างวัสดุมวลรวม (VMA) ช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ (VFB) และการไหล (Flow) มีค่าแตกต่างจากแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดาเล็กน้อย ในขณะที่ค่าเสถียรภาพเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 10 และ 14 ตามลำดับ ตลอดจนดัชนีความแข็งก็มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 3 และ 2 ตามลำดับ มีผลทำให้คุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตสอดคล้องเกณฑ์ที่กำหนด และผ้าใบไทร์คอร์ดเก่ามีส่วนช่วยเสริมค่าเสถียรภาพในแอสฟัลต์คอนกรีตเพิ่มมากขึ้นกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดา ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดาที่ Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 ของหินปูนและหินบะซอลท์ และปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้งาน

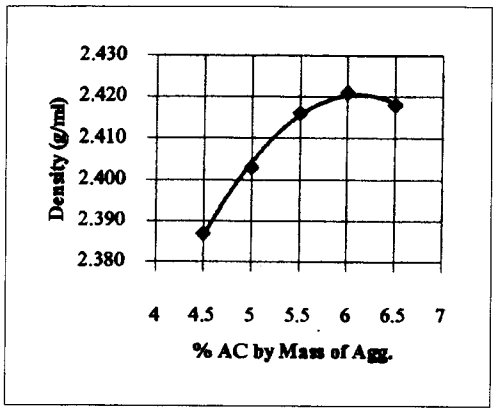
Characteristics of Asphalt Concrete	Density (g/ml)	Air Voids (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stability (lbs)	Flow (0.01 in.)
Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 43 : 30 : 14 : 13	Limestone					
% AC by Mass of Agg.						
4.5	2.387	5.5	15.0	63.3	2340	10
5.0	2.403	4.2	14.8	71.6	2470	11
5.5	2.416	3.0	14.8	79.7	2570	12
6.0	2.421	2.1	15.0	86.0	2660	13
6.5	2.418	1.6	15.5	89.7	2600	14
% AC by Mass of Agg. = 5.1	2.406	3.9	14.8	74.0	2490	11.2
	Strength Index (%) = 76.6					
Mix Proportion Hot Bin1 : 2 : 3 : 4 = 48 : 10 : 21 : 21	Basalt					
% AC by Mass of Agg.						
5.0	2.439	5.2	15.6	66.7	2500	10
5.5	2.457	3.9	15.4	74.7	2640	11
6.0	2.469	2.7	15.4	82.5	2720	12
6.5	2.478	1.7	15.5	89.0	2730	13
7.0	2.475	1.1	16.0	93.1	2690	14
% AC by Mass of Agg. = 5.6	2.457	3.7	15.4	76.0	2620	11.1
	Strength Index (%) = 75.7					

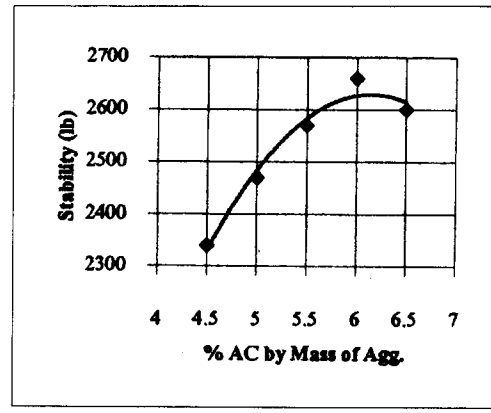
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตผสมผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าของหินปูนและหินบะซอลท์ ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใกล้จุดใช้งานเท่ากับร้อยละ 5.0 และ 5.5 โดยมวลของวัสดุมวลรวมและปริมาณผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าเท่ากับร้อยละ 0.2, 0.4 และ 0.6 โดยมวลของวัสดุมวลรวม

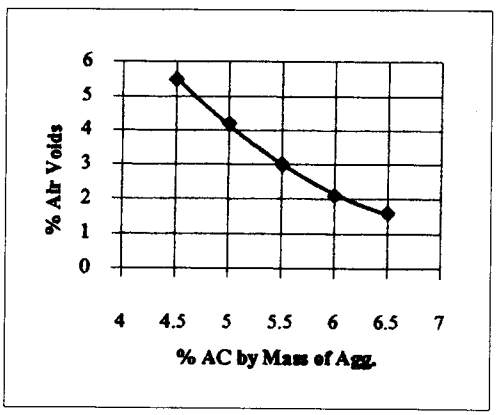
Characteristics of Asphalt Concrete		Density (g/ml)	Stability (lbs)	Flow (0.01")
Mix Proportion Hot Bin1 : 2 : 3 : 4 = 43 : 30 : 14 : 13				
% AC by Mass of Agg.	% Waste Tired Cord Fabric by Mass of Agg.	Limestone		
5.0	0.2	2.401	2660	12
5.0	0.4	2.383	2530	17
5.0	0.6	2.348	2390	21
Mix Proportion Hot Bin1 : 2 : 3 : 4 = 48 : 10 : 21 : 21				
% AC by Mass of Agg.	% Waste Tired Cord Fabric by Mass of Agg.	Basalt		
5.5	0.2	2.449	2930	12
5.5	0.4	2.426	2760	16
5.5	0.6	2.408	2520	19

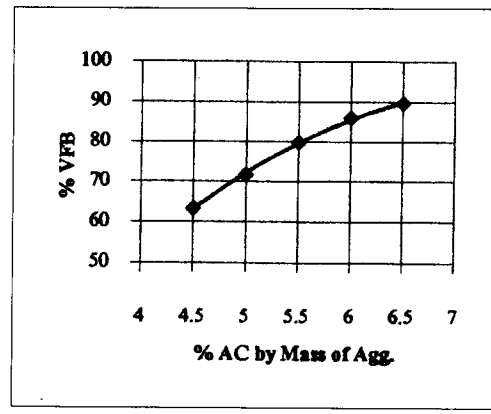
ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดากับแอสฟัลต์คอนกรีตผสมผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าของหินปูนและหินบะซอลท์ ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้งานเท่ากับร้อยละ 5.1 และ 5.6 โดยมวลของวัสดุมวลรวมและปริมาณผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าเท่ากับร้อยละ 0.2 โดยมวลของวัสดุมวลรวม ที่เหมาะสมใช้งาน

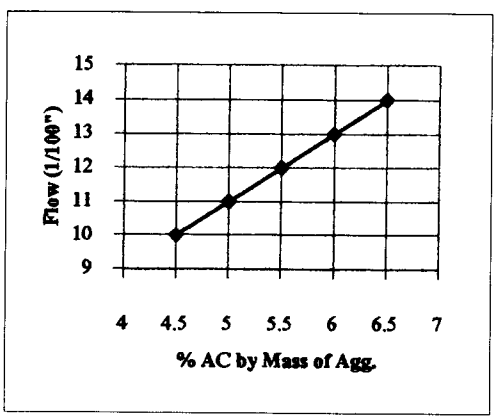
Characteristics of Asphalt Concrete	Density (g/ml)	Air Voids (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stability (lbs)	Flow (0.01 in.)	Strength Index (%)
Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 43 : 30 : 14 : 13	Limestone						
Normal	2.406	3.9	14.8	74.0	2490	11.2	76.6
Waste Tire Cord Fabric	2.405	4.0	14.9	73.0	2750	12.2	78.8
Mix Proportion Hot Bin1 : 2 : 3 : 4 = 48 : 10 : 21 : 21	Basalt						
Normal	2.457	3.7	15.4	76.0	2620	11.1	75.7
Waste Tire Cord Fabric	2.452	3.9	15.3	75.0	2990	12.2	77.1

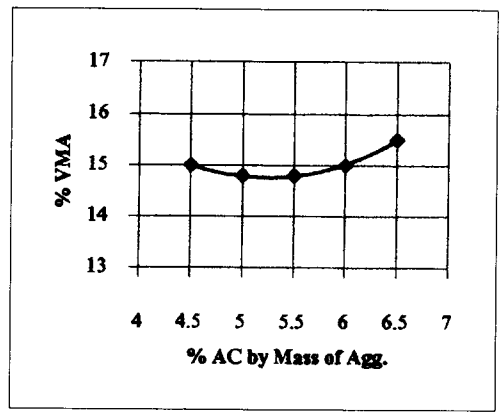




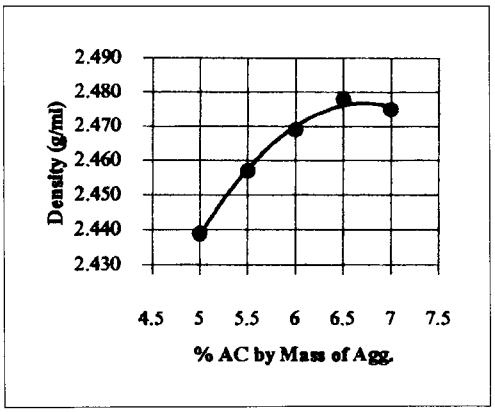


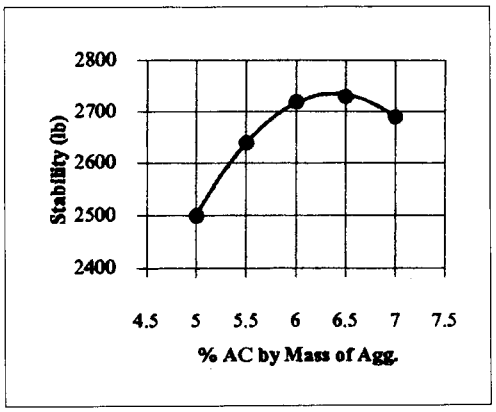


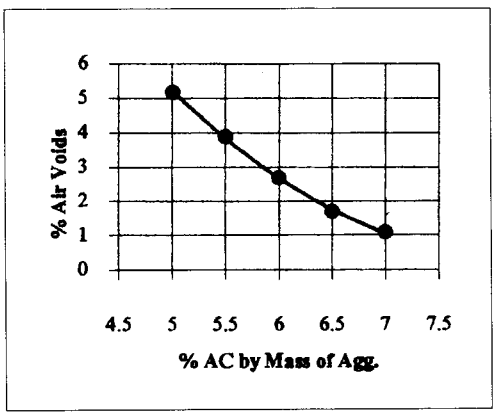


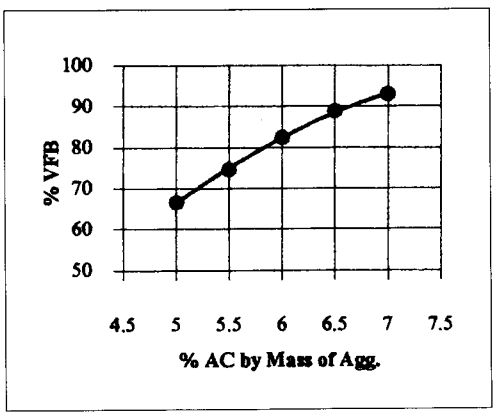


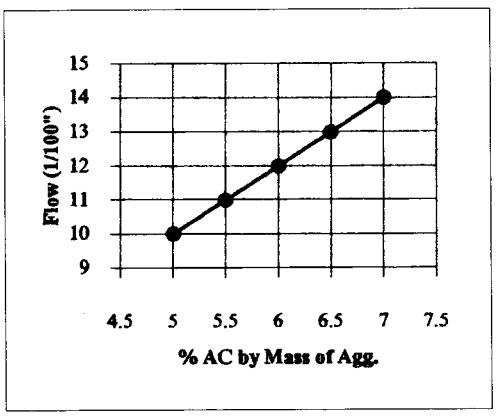
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดา (หินปูน) ที่ Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 เท่ากับ 43 : 30 : 14 : 13 กับร้อยละของแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยมวลของวัสดุมวลรวมต่าง ๆ

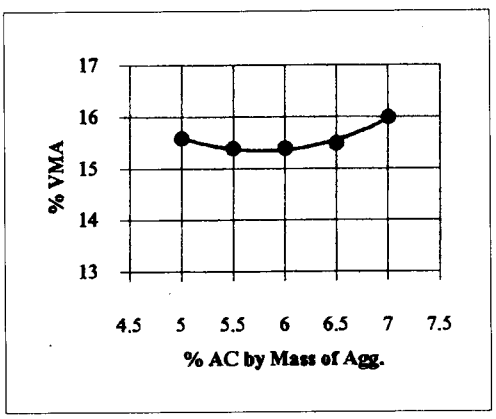












รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดา (หินบะซอลท์)
ที่ Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 เท่ากับ 48 : 10 : 21 : 21
กับร้อยละของแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยมวลของวัสดุมวลรวมต่าง ๆ

5. สรุป

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของผ้าใบไทร์คอร์ดเก่ามีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ เส้นใยมีความยาวประมาณ 10-20 มิลลิเมตร ขุยเส้นใยและเศษยางรถยนต์เท่ากับร้อยละ 40.0, 59.5 และ 0.5 ตามลำดับ และอุณหภูมิที่จะทำให้เกิดการติดไฟของผ้าใบไทร์คอร์ดเก่ามีอุณหภูมิสูงกว่า 200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าในการผสมแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดา

จากการศึกษาคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตผสมผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าที่ Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 ของหินปูนและหินบะซอลท์ โดยใช้ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใกล้จุดใช้งานเท่ากับร้อยละ 5.0 และ 5.5 โดยมวลของวัสดุมวลรวมพบว่า ปริมาณของผ้าใบไทร์คอร์ดเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแน่นและเสถียรภาพลดลงและค่าการไหลเพิ่มขึ้นมาก ดังนั้น ปริมาณผ้าใบไทร์คอร์ดที่เหมาะสมในการใช้งานเท่ากับร้อยละ 0.2 โดยมวลของวัสดุมวลรวม การเปรียบเทียบทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดากับแอสฟัลต์คอนกรีตผสมผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าพบว่า เมื่อใส่ผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าเป็นวัสดุผสมเพิ่มโดยมวลของวัสดุมวลรวมของหินปูนและหินบะซอลท์จะทำให้ค่าความแน่น ช่องว่างอากาศ ช่องระหว่างวัสดุมวลรวม ช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ และการไหลมีค่าแตกต่างจากแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดาเล็กน้อย ในขณะที่เสถียรภาพมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 10 และ 14 ตามลำดับ ตลอดจนดัชนีความแข็งก็มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 3 และ 2 ตามลำดับ มีผลทำให้คุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตสอดคล้องเกณฑ์ที่กำหนด และผ้าใบไทร์คอร์ดเก่ามีส่วนช่วยเสริมค่าเสถียรภาพในแอสฟัลต์คอนกรีตเพิ่มมากขึ้นกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดา งานวิจัยนี้เป็นการเริ่มต้นของการหาคำตอบของผ้าใบไทร์คอร์ดเก่าว่าจะมีผลอย่างไรเมื่อนำมาเป็นวัสดุผสมเพิ่มในแอสฟัลต์คอนกรีต และเป็นแนวทางที่จะนำไปทดสอบหาคุณสมบัติทางวิศวกรรม เช่น ความต้านทานต่อแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength) ค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus) ความต้านทานต่อการล้า (Indirect Tensile Fatigue) และความต้านทานต่อการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวร (Creep) ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณบุญหาญ อู่อุดมยิ่ง กรรมการผู้จัดการ บริษัท ยูเนี่ยนพัฒนกิจ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อวัสดุและข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ บริษัท สยามไทร์คอร์ด จำกัด ที่ให้ข้อมูลประกอบการวิจัย

ขอขอบคุณ คุณสิทธิศักดิ์ อัศวพรหมธาดา ผู้อำนวยการส่วนออกแบบและตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์ คุณวิฑูรย์ อัตตเกษม และคุณสุคนทิพย์ แสงเผือก สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง ที่ให้คำปรึกษาแนะนำและเอื้อเฟื้อวัสดุตลอดจนอุปกรณ์และสถานที่ในการวิจัยครั้งนี้

งานวิจัยนี้ได้รับรางวัลชมเชย สาขาวิศวกรรมศาสตร์ ในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 44 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระหว่างวันที่ 30 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2549 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

เอกสารอ้างอิง

[1] **บริษัท สยามไทร์คอร์ด จำกัด.** 2548. (อัดสำเนา).

[2] Amari, Takeshi., Themelis, J. Nickolas. and Wernick, K. Iddo. 1999. "Resource recovery from used rubber tires." **Resources Policy** 25: 179-188.

[3] ธนาพร พูนสวัสดิ์. 2544. **การศึกษาปรียบเทียบคุณสมบัติแอสฟัลต์ธรรมดากับแอสฟัลต์ผสมยางล้อรถที่ใช้งานแล้วโดยวิธีการผสมแบบเปียกและแบบแห้ง.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[4] วิเชียร ขวัญเมือง, ศิวรุติ รักษา, ศุภชัย คชชาสุวรรณ, และ สุรชาติ นวลทอง. 2547. **ศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการรับกำลังอัดของคอนกรีตผสมเส้นใย**

ผ้าใบยางรถยนต์. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

[5] American Society for Testing and Materials. 1986. **Annual book of ASTM standard section 4, construction,** vol.04.03. Easton, MD, U.S.A.

[6] สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง. 2543. **มาตรฐานวิธีการทดลอง.** กรุงเทพมหานคร. หน้า 365 -375

[7] สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง. 2539. **มาตรฐานงานทาง.** กรุงเทพมหานคร. หน้า 263-312

[8] นิรชร พึ่งแดง. 2548. **การทดสอบวัสดุการทาง.** 300 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี: ศูนย์ปฏิบัติการเทคโนโลยีการพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. หน้า 474