

## บทที่ 2

### แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

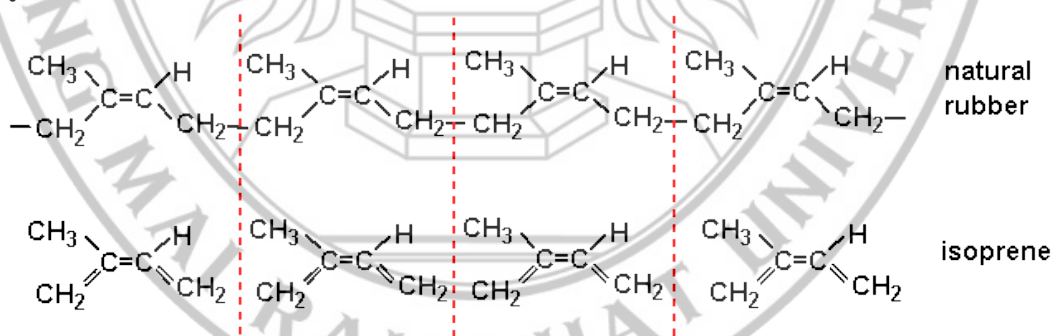
โครงการวิจัยการใช้ขยะถุงพลาสติกเพิ่มความเสถียรภาพให้กับถนนยางพารามีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้ประโยชน์จากขยะถุงพลาสติกที่ไม่มีค่าในเชิงพาณิชย์ โดยการแปรสภาพเป็นวัสดุผสมเพิ่มในถนนลาดยางพาราแอสฟัลต์คอนกรีตแล้วทำให้ค่าเสถียรภาพของถนนเพิ่มสูงขึ้น และเพื่อให้ได้แนวทางการจัดการกับขยะถุงพลาสติกที่เป็นปัญหาเรื้อรังในชุมชนมานาน

#### 2.1 งานแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

##### (Natural Rubber Modified Asphalt Concrete)

งานแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติที่ใช้ยางพาราเป็นส่วนผสมในงานก่อสร้างถนนเป็นที่รู้จักกันในชื่อ พาราแอสฟัลต์ มีใช้ในประเทศมากกว่า 60 ปีที่ผ่านมา และมีแนวโน้มที่ใช้งานมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะในงานผิวทางแบบพาราสเลอรีซีล (Para Slurry Seal) และ พาราแอสฟัลต์คอนกรีต (Para AC) ปัจจัยหลักที่สำคัญที่ทำให้การใช้งานพาราแอสฟัลต์อย่างแพร่หลายคือ ทำให้ถนนมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น คงทน มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ประหยัดงบประมาณค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงประจำปี และที่สำคัญสามารถช่วยเหลือเกษตรกรชาวสวนยางในกรณีราคายางตกต่ำ

ยางพาราเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งมีชื่อทางเคมีคือ cis - 1,4-polyisoprene กล่าวคือมี isoprene ( $C_5H_8$ ) มาต่อกันเป็นโมเลกุล ยาวหรือ ( $C_5H_8$ ) โดยที่  $n$  มีค่าตั้งแต่ 15 – 20,000 ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของยางพารา

เนื่องจากส่วนประกอบของยางธรรมชาติเป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นยางธรรมชาติจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว (Non Polar Molecule) เช่น เฮกซีน ( $C_6H_{12}$ ) และเบนซีน ( $C_6H_6$ ) เป็นต้น โดยทั่วไปยางธรรมชาติมีโครงสร้างการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบอสัณฐาน (Amorphous) แต่ในบางสภาวะโมเลกุลของยางสามารถจัดเรียงตัวค่อนข้างเป็นระเบียบที่อุณหภูมิต่ำ

หรือเมื่อถูกยืดมันจะสามารถเกิดผลึก (Crystallize) ได้การเกิดผลึกเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (Low Temperature Crystallization) จะทำให้ยางแข็งมากขึ้น และถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นยางก็จะอ่อนลงและกลับคืนสู่สภาพเดิมในขณะที่การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัว (Strain Induced Crystallization) ทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลดีขึ้นคือ ยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength) ความทนทานต่อการฉีกขาด (Tear resistance) และความทนทานต่อการขัดสี (Abrasion resistance) สูง จากสมบัติบางประการที่เป็นข้อดีของยางธรรมชาติเช่น ความคงตัวสูง (Stability) ความยืดหยุ่นดี (Elasticity) และทนความล้าดี (Fatigue resistance) จึงถูกนำมาเป็นตัวเสริมสมบัติของแอสฟัลต์ให้ดีขึ้นและทนทานมากขึ้นโดยนำเอายางพารามาผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60/70 และวัสดุมวลรวม (หิน) เป็นแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับการก่อสร้างเป็นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยกรมทางหลวงได้กำหนดหลักเกณฑ์และข้อกำหนดพิเศษ ในการออกแบบและก่อสร้างให้เป็นมาตรฐานที่สามารถนำไปใช้ได้ทั่วประเทศคือ “ข้อกำหนดแอสฟัลต์ซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (ทล.-ก 409/2556) และ มาตรฐานแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (ทล.-ม 416/2556)

การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาตินั้นมีหลายวิธีการในแต่ละวิธีจะต้องให้มีคุณสมบัติและคุณภาพเหมาะสมสำหรับการใช้งานเป็นเฉพาะงานไป การออกแบบจะกำหนดออกมาเป็นสูตรส่วนผสมเฉพาะ (Job Mix Formula) คุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ที่พึงประสงค์มีดังนี้

- 1) ความคงตัว (Stability) คือ การที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่นำไปใช้งาน สามารถต้านทานน้ำหนักการจราจรที่กระทำโดยไม่เกิดการยุบตัว (Deformation) ชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตที่ไม่มีความคงตัวนั้นเมื่อใช้งานไปแล้วจะเกิดการยุบตัวเป็นร่องล้อ (Ruts) และเป็นลอนคลื่น (Corrugation หรือ Wash boarding) ความคงตัวของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตขึ้นอยู่กับความฝืดภายในส่วนผสม (Internal Friction) และแรงยึดเหนี่ยว (Cohesion)

- 2) ความคงทน (Durability) คือการที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตสามารถทนทานต่อการทำลายโดยสภาพดินฟ้าอากาศ (Weathering) และยวดยานที่วิ่งผ่าน โดยไม่ทำให้วัสดุในส่วนผสมเกิดการแตกแยกตัว หรือหลุดออก สาเหตุที่ทำให้ความคงทนเสียไปก็เช่น การที่แอสฟัลต์ในส่วนผสมรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศ (Oxidation) การที่สารเหลวที่ผสมอยู่ในแอสฟัลต์ระเหยออกไป (Volatilization) จะทำให้แอสฟัลต์แข็งตัวเปราะ และแตกร้าว และการที่น้ำทำให้ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเสียหาย โดยที่น้ำไปทำลายการยึดเกาะระหว่างแอสฟัลต์กับหิน ทำให้เกิดการหลุดล่อน ความคงทนโดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้นโดยการที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตมีอัตราส่วนแอสฟัลต์สูงขึ้น มีส่วนผสมเป็น Dense Grade และบดอัดแน่นจนน้ำไม่สามารถซึมผ่านได้

3) ความยืดหยุ่นตัว (Flexibility) คือการที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้งานสามารถยืดหยุ่นตัวได้เมื่อชั้นทางเกิดการทรุดตัวหรือเคลื่อนตัว ชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตจะต้องมีการยืดหยุ่นตัวและปรับตัวได้เมื่อมีการทรุดตัวที่ทำให้มีระดับแตกต่างกันเป็นบริเวณเฉพาะแห่ง โดยไม่แตกร้าว โดยทั่วไปความยืดหยุ่นตัวได้จากการที่ส่วนผสมมีปริมาณแอสฟัลต์ผสมในอัตราส่วนสูงและหินเป็น Open Grade

4) การต้านทานความล้า (Fatigue Resistance) คือการที่ชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตสามารถทนทานต่อการแอ่นตัวซ้ำ ๆ กัน เมื่อขณะมีรถยนต์วิ่งผ่านได้ ส่วนผสมใดที่มีอัตราส่วนแอสฟัลต์เป็นปริมาณสูงจะสามารถต้านทานความล้าได้มาก ส่วนผสมที่เป็น dense grade สามารถต้านทานความล้าได้มากกว่าส่วนผสม Open Grade

5) ความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance) คือการที่ชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเฉพาะขณะเมื่อผิวเปียกก็มีความต้านทานต่อการลื่นไถลได้ คุณสมบัติข้อนี้ได้จากส่วนผสมที่มีปริมาณแอสฟัลต์เป็นอัตราส่วนพอดี และใช้หินที่มีลักษณะผิวหยาบ

6) การไม่ซึมน้ำ (Impermeability) คือการที่แอสฟัลต์คอนกรีตมีความแน่นดี หรือมีช่องว่างอากาศ (Air Voids) ในตัวพอดีที่ทำให้น้ำไม่ซึมเข้าไปหรือซึมผ่านได้ ซึ่งจะทำให้มีค่าความคงทนสูง

7) ความง่ายในการทำงาน (Workability) คือการที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตนั้นง่ายต่อการนำไปปูลงบนถนนและบดอัด ซึ่งในการนี้ก็ได้จากการออกแบบส่วนผสมถูกต้องเหมาะสมตลอดจนการใช้เครื่องมือเครื่องจักรทำงานอย่างเหมาะสม

## 2.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับขยะมูลฝอย

ขยะหรือขยะมูลฝอย ( Refuse or Solid Waste ) ในเชิงวิชาการ หมายถึง ของเสียที่อยู่ในรูปของแข็ง ซึ่งอาจจะมีมากขึ้นปะปนมาด้วยจำนวนหนึ่ง ขยะที่เกิดขึ้นจากอาคารที่พักอาศัย สถานที่ทำการ โรงการอุตสาหกรรม หรือตลาดสดก็ตามจะมีปริมาณและลักษณะแตกต่างกันออกไป โดยปกติแล้ววัตถุต่างๆ ที่ทิ้งมาในรูปของขยะนั้น จะมีทั้งอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร สารวัตถุต่างๆ เหล่านี้บางชนิดก็สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ในเวลาอันรวดเร็ว โดยเฉพาะพวกเศษอาหารและพืชผัก แต่บางชนิดก็ไม่สามารถย่อยสลายได้เลย เช่น พลาสติก เศษแก้ว เป็นต้น

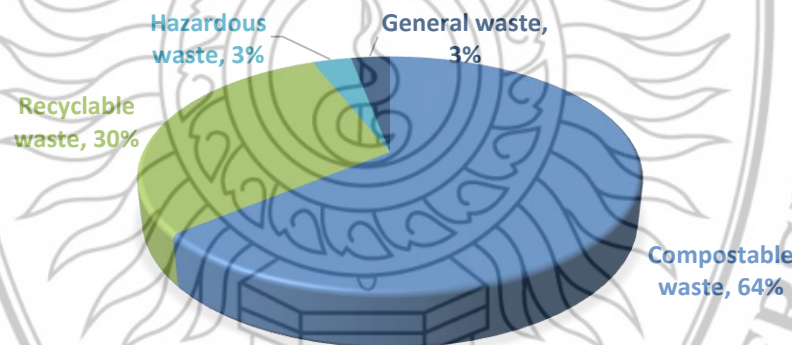
สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย (2555) ได้จัดแบ่งประเภทของขยะมูลฝอยชุมชนออกตามลักษณะทางกายภาพได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

1) ขยะย่อยสลาย (Compostable waste) หรือ มูลฝอยย่อยสลายคือ ขยะที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็ว สามารถนำมาหมักทำปุ๋ยได้ เช่น เศษผัก เปลือกผลไม้ เศษอาหาร ใบไม้ เศษเนื้อสัตว์ เป็นต้น เป็นขยะที่พบมากที่สุดคือ พบมากถึง 64% ของปริมาณขยะทั้งหมดในกองขยะ

2) ขยะรีไซเคิล (Recyclable waste) หรือ มูลฝอยที่ยังใช้ได้ คือ ของเสียบรรจุภัณฑ์ หรือวัสดุเหลือใช้ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ เช่น แก้ว กระดาษ เศษพลาสติก กล่อง เครื่องดื่มแบบ UHT กระป๋องเครื่องดื่ม เศษโลหะ อะลูมิเนียม ยางรถยนต์ เป็นต้น เป็นขยะที่พบเป็นอันดับที่สองในกองขยะ กล่าวคือ พบประมาณ 30% ของปริมาณขยะทั้งหมดในกองขยะ

3) ขยะอันตราย (Hazardous waste) หรือ มูลฝอยอันตราย คือ ขยะที่มีองค์ประกอบหรือปนเปื้อนวัตถุอันตรายชนิดต่างๆ ซึ่งได้แก่ วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุ腐蝕 วัตถุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อน วัตถุที่ก่อให้เกิด การระคายเคือง วัตถุอย่างอื่นที่เป็นเคมีภัณฑ์ เช่น ถ่านไฟฉาย หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ กระป๋องสเปรย์บรรจุสีหรือสารเคมี เป็นต้น ขยะอันตรายนี้เป็นขยะที่มักพบได้น้อยที่สุด กล่าวคือ พบประมาณเพียง 3% ของปริมาณขยะทั้งหมดในกองขยะ

4) ขยะทั่วไป (General waste) หรือ มูลฝอยทั่วไป คือ ขยะประเภทอื่นนอกเหนือจาก ขยะย่อยสลาย ขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย มีลักษณะที่ย่อยสลายยากและไม่คุ้มค่าสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น ห่อพลาสติกใส่ขนมลูกอม ถุงพลาสติกบรรจุผงซักฟอก ซองบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ถุงพลาสติกเปื้อนเศษอาหาร โฟมเปื้อนอาหาร เป็นต้น สำหรับขยะทั่วไปนี้เป็นขยะที่มีปริมาณใกล้เคียงกับขยะอันตราย กล่าวคือ จะพบประมาณ 3% ของปริมาณขยะทั้งหมดในกองขยะ



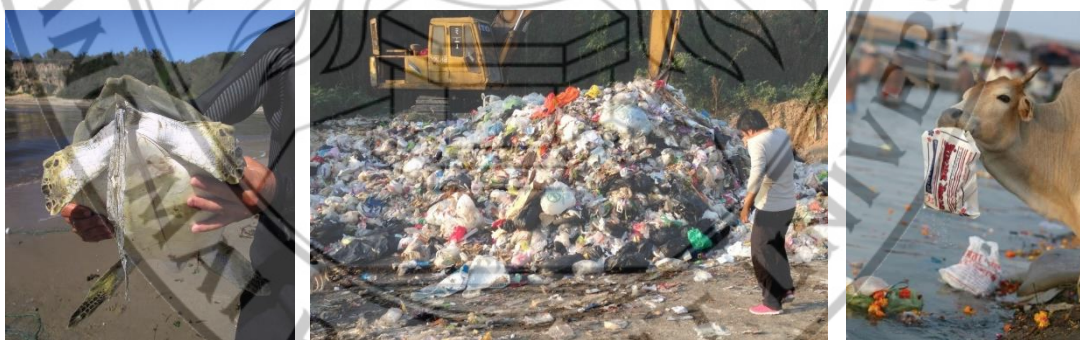
รูปที่ 2.2 ประเภทของขยะที่พบโดยทั่วไป

ถ้ากำจัดไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการขยะจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสภาพแวดล้อมหลายด้าน เช่นเป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม หรือเกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ ตามมา

ปริมาณขยะมูลฝอยจำนวนมากที่เกิดขึ้นในชุมชนยังคงเป็นปัญหาใหญ่ที่ต้องรีบแก้ไขอย่างเร่งด่วนทั้งในระดับภูมิภาค ระดับประเทศและระดับสากล จากการสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศของกรมควบคุมมลพิษ (2559) พบว่ามีขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นประมาณ 27.04 ล้านตัน (74,073 ตัน/วัน) แต่สามารถกำจัดแบบถูกต้องตามหลักวิชาการได้ 11.8 ล้านตัน (32,376 ตัน/วัน) และนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้เพียง 5.6 ล้านตัน(15,385 ตัน/วัน) ในจำนวนนั้นเป็นขยะพลาสติกได้ถึง 2.7 ล้านตันและนำไปรีไซเคิลได้เพียง 0.2 ล้านตันเท่านั้น โดยแยกเป็นขยะถุงพลาสติกถึงร้อยละ

ละ 80 หรือ 5,300 ตันต่อวัน (โดยเฉลี่ยประมาณ 3-5 ถุง/คน/วัน) จากข้อมูลสำรวจยังพบอีกว่า ถุงพลาสติกที่เราใช้บรรจุอาหารและสินค้าทุกวัน ผลิตจากเม็ดพลาสติกที่ใช้เพลิงเชื้อฟอสซิลเป็นวัตถุดิบ สามารถผลิตได้อย่างรวดเร็ว ในปริมาณมากด้วยต้นทุนที่ต่ำ แต่เมื่อนำมาใช้จะมีอายุการใช้งานที่สั้นส่วนใหญ่เป็นการใช้เพียงครั้งเดียวแล้วทิ้งกลายเป็นขยะได้ในทันทีและมีแนวโน้มในการใช้เพิ่มขึ้นทุกๆปี ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของสมาคมพลาสติกแห่งยุโรป (PlasticsEurope,2016) ที่พบว่า กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมพลาสติกในปี 2558 เพิ่มขึ้น 322 ล้านตันซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 3.4 เมื่อเทียบกับปี 2557 และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 3-4 ของทุกๆปี ทำให้มีปริมาณขยะพลาสติกที่ใช้แล้วหลงเหลืออยู่เป็นจำนวนมากก่อให้เกิดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การใช้งานพลาสติกในชีวิตประจำวัน ในลักษณะหลากหลายรูปแบบแต่การใช้งานในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ (Plastic Packaging) โดยเฉพาะถุงพลาสติกบรรจุภัณฑ์อาหาร จะมีสัดส่วนการใช้งานสูงสุด ขณะที่อายุการใช้งานสั้นที่สุด กลายเป็นขยะมูลฝอยทันทีหลังการใช้งาน จึงเป็นภาระในการจัดการขยะมูลฝอยอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากขยะถุงพลาสติกเป็นวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ ในช่วงระยะเวลา 450 ปี ประโยชน์เพียงเล็กน้อยในช่วงเวลาสั้นๆ ของถุงพลาสติกได้ทำให้เกิดโทษต่อระบบนิเวศและชีวิตของผู้บริโภคต่อเนื่องกว้างขวางและยาวนานดังแสดงในรูปที่ 2.3 ในแต่ละสัปดาห์คนไทยนำถุงพลาสติกกลับบ้านมากกว่า 100 ล้านถุง หรือมากกว่า 5000 ล้านถุงในแต่ละปี การนำถุงพลาสติกไปใช้ซ้ำอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนอย่างมากโดยเฉพาะการใช้ถุงพลาสติกใส่มูลฝอยจะทำให้เกิดการแปรสภาพมูลฝอยในภาวะที่ขาดอากาศเป็นผลให้เกิดก๊าซชีวภาพที่เป็นต้นเหตุของการเกิดภาวะเรือนกระจก และทำให้โลกร้อนในที่สุด

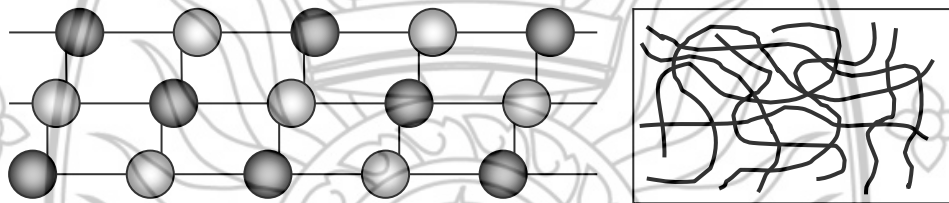


รูปที่ 2.3 ขยะถุงพลาสติกที่สร้างมลพิษให้กับมนุษย์และสัตว์

พลาสติก (Plastic) คือ “โพลิเมอร์สังเคราะห์” ที่ส่วนใหญ่มีต้นกำเนิดจาก น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน โดยสารตั้งต้นในการสังเคราะห์เป็นสารโมเลกุลเดี่ยว(Monomer) นำมาทำปฏิกิริยาเชิงซ้อน รวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ (เวชสวรรค์ หล้ากาศ, 2550) พลาสติกนับว่าเป็นวัสดุที่มี

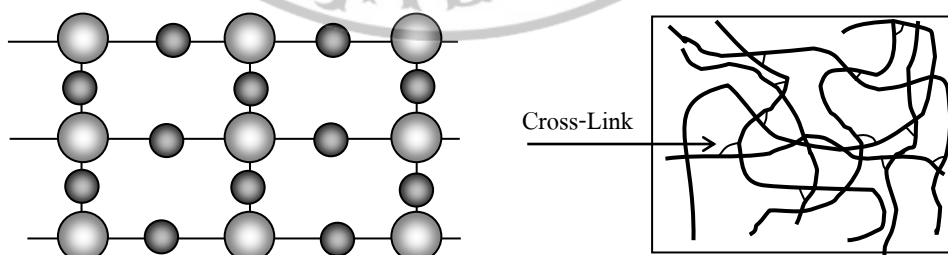
บทบาทและสำคัญมากในยุคปัจจุบันนี้ เพราะพลาสติกมีคุณสมบัติพิเศษที่เด่นกว่าวัสดุอื่นที่ใช้กันมาก่อนอย่างมากมาย และสามารถใช้แทนวัสดุอื่นได้เกือบทั้งหมด พลาสติกสามารถแบ่งออกตามลักษณะการยึดเกาะตัวของโครงสร้างโมเลกุลได้เป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ชนิด คือ พลาสติกประเภทคีนรูป (Thermoplastics) และ พลาสติกประเภทคงรูป (Thermosetting)

1) พลาสติกประเภทคีนรูป (Thermoplastics) หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า พลาสติกอ่อน เป็นพลาสติกที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก หลังจากนำไปหล่อทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว โครงสร้างของพลาสติกประเภทนี้จะประกอบด้วยโมเลกุลการเดี่ยวเกาะตัวแบบต่อแขนยาวออกเป็นเส้นด้าย หรือแบบลูกโซ่ (Filament or Chain) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของพลาสติกอาจเกิดได้ง่ายโดยการไหลเลื่อนระหว่างโมเลกุลต้านแรง Van der Waal's forces ซึ่งดึงดูดโมเลกุลเข้าไว้ด้วยกันอย่างอ่อน ๆ ตัวอย่างเช่น Polymethacrylate , Perspex and Nylon ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะโครงสร้างโมเลกุลแบบลูกโซ่ (Chains Molecule)

2) พลาสติกประเภทคงรูป (Thermosetting) หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า พลาสติกแข็ง คือพลาสติกที่มีรูปทรงถาวรซึ่งผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยใช้ความร้อน (Heat) หรือแรงอัด (Pressure) ขึ้นรูปแต่เมื่อเย็นตัวลงจะไม่สามารถทำให้อ่อนตัวโดยใช้ความร้อนหรือนำไปหลอมละลายขึ้นรูปใหม่ได้อีก เปรียบเสมือนไข่เมื่อนำไปต้มสุกแล้วจะทำให้เหลวเหมือนเดิมอีกไม่ได้ในประเภทอังกฤษเรียกพลาสติกชนิดนี้อีกชื่อหนึ่งว่า ดุโรพลาสติก (Duroplastics) โครงสร้างของพลาสติกแบบคงรูปจะมีการเกาะตัวของโมเลกุลเป็นแบบตาข่าย หรือร่างแห (net) เวลาได้รับความร้อนจะไม่ยืดหรือหดตัวแต่จะเกิด Covalent Bond ยึดระหว่างโมเลกุลขึ้น ตัวอย่างเช่น Phenol Formadehyde หรือที่เรียกว่า Bakelite ยางดิบหากผ่านกรรมวิธี Vulcanization ก็เป็นพลาสติกประเภทคงรูปอย่างหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.5



## รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะโครงสร้างโมเลกุลแบบตาข่าย (Net Molecule)

ถุงพลาสติกส่วนใหญ่เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารโดยแยกเป็นชนิดได้ดังนี้

1) ถุงพลาสติกชนิดของนิยมนิยมเรียก “ถุงร้อน” ส่วนใหญ่เป็นถุงที่ใช้บรรจุอาหาร นำกลับบ้าน ใช้ในร้านอาหารทั่วไปถุงพลาสติกชนิดนี้มีสองประเภทคือ ชนิดโปร่งใสผลิตจากโพลิโพรไพลีน หรือ PP และ ชนิดโปร่งแสงผลิตจากโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง หรือ HDPE ถุงพลาสติกชนิดนี้มักถูกทิ้งเป็นขยะมูลฝอยทันทีหลังการใช้งาน เนื่องจากส่วนใหญ่มีเศษอาหารปนเปื้อน จึงมีข้อจำกัดในการนำกลับไปหลอมใช้ใหม่ แม้พลาสติกชนิด PP และ HDPE จะเป็นเทอร์โมพลาสติก

2) ถุงหิ้ว (T-shirt Bag) ส่วนใหญ่เป็นถุงที่ผลิตจากโพลิเอทิลีน มีทั้งชนิด เนื้อบางใสผลิตจากโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง หรือ HDPE และชนิดหนาทึบผลิตจากโพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ หรือ LDPE ถุงหิ้วชนิดนี้ประชาชนส่วนใหญ่มีการใช้ซ้ำโดยนำไปใส่ของ และสุดท้ายใช้เป็นถุงขยะมูลฝอยในครัวเรือน ซึ่งในที่สุดถุงพลาสติกจะถูกทิ้งพร้อมขยะมูลฝอยอื่น ๆ ไปสู่กองขยะมูลฝอยและสิ่งแวดล้อม ส่วนใหญ่จึงสกปรก เก่า ฉีกขาด มีข้อจำกัดในการนำกลับไปหลอมใช้ใหม่

3) ถุงลามิเนต (Laminated Bag หรือ Multi-layer Bag) ส่วนใหญ่เป็นถุงที่ผลิตจากวัสดุหลายชนิดซ้อนกัน แต่ละชนิดหรือแต่ละชั้นจะมีสมบัติเด่นแตกต่างกันไป นิยมใช้บรรจุสินค้าอุปโภคบริโภค เช่น น้ำยาล้างจาน น้ำยาปรับผ้านุ่ม รวมทั้งขนมขบเคี้ยว ถุงเหล่านี้ประกอบด้วยวัสดุหลากหลายชนิด ในปัจจุบันจึงเป็นขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกที่จัดการยาก ไม่มีการนำถุงลามิเนตที่เป็นขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 2.6

ขยะถุงพลาสติกส่วนใหญ่เป็นพลาสติกประเภทคีนรูปที่สามารถแปรรูปใช้ใหม่หรือรีไซเคิลได้ โดยนำไปบดให้มีขนาดเล็ก แล้วนำกลับเข้าสู่กระบวนการหลอมขึ้นรูปใหม่ซึ่งจะผสมกับเม็ดพลาสติกใหม่ (Virgin Material) ด้วยสัดส่วนที่เหมาะสม กลายเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติหรือมูลค่าต่ำลง แต่ในทางปฏิบัติแล้วการนำเอาขยะถุงพลาสติกมาหลอมขึ้นรูปใหม่แทบจะเป็นไปไม่ได้ เพราะต้นทุนในการคัดแยกขยะอื่นที่ไม่พึงประสงค์ที่ปนมาในขยะถุงพลาสติกนั้นสูงมากและไม่คุ้มกับการลงทุน ซึ่งทางผู้ประกอบการจะให้ขยะพลาสติกอื่นที่มีปริมาณมวลต่อปริมาตรมากกว่า เช่น ขวดพลาสติกหรือบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ แทน ส่งผลให้ขยะถุงพลาสติกตกค้างอยู่ตามสถานที่ต่าง ๆ และสร้างปัญหามลพิษต่อตัวเราและชุมชน

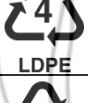
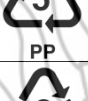


รูปที่ 2.6 แสดงถุงร้อน ถุงหิ้ว และถุงลามิเนต

ขยะพลาสติกที่ไม่ได้ถูกนำกลับมาใช้ใหม่จะถูกเก็บรวบรวมและนำไปกำจัดรวมกับขยะมูลฝอยประเภทอื่นๆ โดยวิธีการฝัง (Burial) การฝังกลบ (Landfill) และการเผาเป็นเชื้อเพลิง (Incinerator) แต่เนื่องจากคุณสมบัติของพลาสติกในด้านความคงทนต่อสารเคมี ไม่เป็นสนิม ไม่ผุกร่อน รวมทั้งไม่ย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในการฝังต้องใช้พื้นที่จำนวนมากและพื้นที่บริเวณนั้นจะไม่สามารถทำการเกษตรได้อีกเลย ส่งผลให้ขยะพลาสติกสามารถตกค้างยาวนานนับร้อยปีในสิ่งแวดล้อม ส่วนขั้นตอนการนำไปเผาถ้าเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะมีก๊าซพิษออกมา หรือแม้ว่าจะเผาไหม้สมบูรณ์ด้วยอุณหภูมิสูง ดังแสดงในตาราง ที่ 2.1 ก็จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เป็นก๊าซเรือนกระจก มีคุณสมบัติอมความร้อน ไปปกคลุมอยู่รอบโลก ทำให้โลกร้อนขึ้น ซึ่งในความเป็นจริงแล้วการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ 100% เกิดขึ้นได้น้อยมาก จึงทำให้มีทั้งก๊าซพิษ และก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นหากไม่สามารถควบคุมหรือลดปริมาณการใช้ ขยะพลาสติกได้ การนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ จึงจำเป็นต้องเลือกที่มีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาขยะพลาสติก เช่น การแปรสภาพเป็นวัสดุผสมเพิ่มในถนนลาดยางแอสฟัลต์แล้วทำให้ค่าเสถียรภาพของถนนเพิ่มสูงขึ้น เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 จุดหลอมเหลวและค่าความหนาแน่นของพลาสติกรีไซเคิล

| พลาสติก | สัญลักษณ์ | จุดหลอมเหลว °C | ความหนาแน่น |
|---------|-----------|----------------|-------------|
|---------|-----------|----------------|-------------|

|       |                                                                                              |         |                                                                                      |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| PET   | <br>PETE    | 250-260 | 1.38-1.39                                                                            |
| HDPE  | <br>HDPE    | 130     | 0.95-0.97                                                                            |
| PVC   | <br>V       | 75-90   | 1.15-1.35                                                                            |
| LDPE  | <br>LDPE    | 110     | 0.92-0.94                                                                            |
| PP    | <br>PP      | 160-170 | 0.90-0.91                                                                            |
| PS    | <br>PS     | 70-115  | 1.05-1.07                                                                            |
| OTHER | <br>OTHER | -       |  |

### 2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำเอายางพารามาเสริมกำลังหรือปรับปรุงคุณสมบัติของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์เพื่อใช้ในงานก่อสร้างผิวถนนภายในประเทศไทยมีมานานกว่า 60 ปีแล้ว ในช่วงแรกเป็นการทดลองใช้ยางพาราผสมกับยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ในอัตราส่วน 5% ของน้ำหนักยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ แล้วนำไปราดยางถนนผลจากประเมินด้วยสายตา (Visual Inspection) พบว่าถนนที่ราดยางแบบพาราแอสฟัลต์คอนกรีตอยู่ในสภาพดี ไม่มีรอยแตกร้าวและยังไม่มีอาการบวมเนื่องจากใช้งานตามปกติแต่อย่างใด จากนั้นการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับถนนพาราแอสฟัลต์คอนกรีตยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2543 สถาบันวิจัยยางร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2543 ได้ศึกษาการปรับปรุงสมบัติของแอสฟัลต์ด้วยยางธรรมชาติ เนื่องจากการผสมแอสฟัลต์ซีเมนต์กับน้ำยางพาราที่ผ่านมาได้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น ฟุ้งอากาศและแรงดันมากขึ้นในขณะผสม จึงได้ทำการทดลองผสมยางแผ่นรมควันบดละเอียดผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ ในอัตราส่วน 4 % 5% 6% และ 7 % โดยน้ำหนักของแอสฟัลต์ซีเมนต์ (AC 60/70) แล้วทดสอบตามมาตรฐานของแอสฟัลต์ตามข้อกำหนด มอก. 851 -2532 พบว่าส่วนผสมดังกล่าวในอัตราส่วน 4% 5% และ 6% สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานแต่ส่วนผสมอัตราส่วนที่ 7% ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในส่วนของการเจาะทะลุ (Penetration Test) สูงกว่าข้อกำหนด และค่าความเหนียว (Ductility Test) ต่ำกว่าข้อกำหนดโดยมีค่าเท่ากับ 76 และ 70 ตามลำดับ ในปี พ.ศ.2547 คณะผู้วิจัยกรมวิชาการเกษตรได้สร้างเครื่องผสม

ยางแอสฟัลต์ซีเมนต์กับยางพาราชนิดน้ำดันแบบขึ้นแล้วได้ใช้ในโครงการนำร่องใช้ยางพาราผสมยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ราดถนนในพื้นที่หน่วยงานกรมวิชาการเกษตรจำนวน 35 แห่งคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 160,000 ตารางเมตร ผลปรากฏว่าถนนใช้งานได้ดีตามปกติไม่มีรอยแตกกร้าว ไต ๆ จากนั้นจึงได้มีการพัฒนาต่อยอดจนเป็นเครื่องผสมยางพาราเข้ากับยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ต้นแบบที่สามารถใช้ในงานระดับอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ได้ที่มีขนาดความจุประมาณ 5 ตัน โดยทดลองทำยางมาสเตอร์แบทช์ (Masterbatch) ซึ่งเป็นการผสม ระหว่างยางพาราเข้ากับยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ ในอัตราส่วน 1:1 ก่อนแล้วจึงนำยางมาสเตอร์แบทช์ ไปผสมกับยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ในถังผสมที่อุณหภูมิ 170 °C ซึ่งทั้งหมดจะใช้ยางพาราเพียงประมาณ 5% โดยน้ำหนักของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ (ประมาณ 0.305 ก.ก./ตร.ม./ความหนา 5 ซม.) จากนั้นนำไปผสมกับวัสดุมวลรวมคละร้อนเพื่อใช้ในงานก่อสร้างผิวถนนลาดยาง ผลจากการทดสอบถนนยางพาราผสมยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ในทุกพื้นที่ที่ทำการทดลองสาธิตยังอยู่ในสภาพที่ดี และมีความทนต่อการเกิดร่องล้อได้ดีกว่าถนนแบบแอสฟัลต์คอนกรีตแบบปกติถึง 2.9 เท่า เมื่อคิดค่าใช้จ่ายโดยรวมแล้วจะมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการผสมยางพาราเข้ากับยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ประมาณ 15-20 % ของค่าใช้จ่ายในการราดผิวถนนทั้งหมด (ณพรัตน์ วิจิตชลชัย และ อุดุลย์ ณ วิเชียร, 2556)

กรมทางหลวง (2556) จากแนวทางการเพิ่มอุปสงค์ของยางพาราในประเทศกรมทางหลวงได้แต่งตั้งคณะทำงานเพื่อศึกษาการนำยางพารามาใช้ในงานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต โดยมีการทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติของส่วนผสมในห้องปฏิบัติการและนำไปก่อสร้างถนนแปลงทดสอบคือ ทางหลวงหมายเลข 305 ช่วง กม. 51+750 –กม.53+750 RT. ในพื้นที่ของสำนักงานบำรุงทางนครนายก จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของส่วนผสมในห้องปฏิบัติการพบว่าค่าความเสถียรภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตผสมยางพารา 5% จะมีค่าเท่ากับ 13 kN สูงกว่า แอสฟัลต์คอนกรีตแบบปกติเล็กน้อยที่มีค่าเท่ากับ 11.60 kN มีสมารถต้านทานการเกิดร่องล้อได้ดีกว่า และมีแนวโน้มการเสียรูปร่างแบบถาวรน้อยกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตแบบปกติ ผลจากการตรวจสอบประเมินในแปลงทดสอบก่อนการก่อสร้างและหลังการก่อสร้างพบว่า ถนนแอสฟัลต์คอนกรีตผสมยางพารามีค่าความฝืดสามารถต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance Value) ได้ดีกว่าถนนแอสฟัลต์คอนกรีตแบบปกติ และมีความต้านทานการเกิดร่องล้อที่ลึกเกิน 1.00 ซม. ได้ดีกว่า โดยถนนแอสฟัลต์คอนกรีตผสมยางพาราจะพบเกิดขึ้น 53.5 % ของพื้นที่ ต่ำกว่าถนนแอสฟัลต์คอนกรีตแบบปกติที่พบมากถึง 85.5% ของพื้นที่ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้รถใช้ถนนมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติของยางแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยการนำเอาขยะพลาสติกจำพวก PE, PP and PS มาผสมลงในยางแอสฟัลต์คอนกรีตในปริมาณ 5 – 20% โดยน้ำหนักของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ ผสมให้เข้ากันในอุณหภูมิความร้อนสูง 160-180 °C จนพลาสติกหลอมละลายรวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปทดสอบโดยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall Test) พบว่าค่า

เสถียรภาพของยางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้เพิ่มสูงขึ้นกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดาและคุณสมบัติอื่นๆ เป็นไปตามมาตรฐานของวิศวกรรมการทาง สามารถนำไปสร้างเป็นถนนสำหรับการสัญจรตามปกติทั่วไปได้ (Moatasim et al., 2012; Khurshid et al., 2014; Vasudevan et al., 2012; Ahmadinia, 2011) สำหรับประเทศไทยได้มีการทดลองสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีตผสมขยะพลาสติกขึ้นเป็นครั้งแรกที่จังหวัดเชียงใหม่ในปี 2555 โดย เวชสวรรค์ หล้ากาศ ได้นำขยะถุงพลาสติกประเภท LDPE ที่ได้จากการคัดแยกในชุมชนมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และพื้นที่ข้างเคียง มาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 5 มม. ผสมลงไปนยางแอสฟัลต์คอนกรีตในอัตราส่วน 21.9 % โดยน้ำหนักของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ แล้วนำไปราดผิวถนนทางเข้าวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ยาวประมาณ 1 กม. มีพื้นที่รวม 3,493 ตร.ม. และมีความหนา 5 ซม. ค่าความเสถียรภาพสูงถึง 13.4 kN สูงกว่าถนนแอสฟัลต์คอนกรีตธรรมดาที่มีค่าเสถียรภาพเพียง 10.6 kN และสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวงที่กำหนดค่าเสถียรภาพไว้ต้องมากกว่า 8.0 kN ซึ่งหลังจากเปิดใช้งานไปนานกว่า 2 ปีพบว่าถนนยังอยู่ในสภาพดีไม่มีความเสียหายหรือซ่อมแซมเนื่องจากการใช้งาน (Wechsawan, 2017) สามารถกำจัดขยะถุงพลาสติกไปเป็นจำนวน 4,775.3 kg และที่สำคัญยังเป็นถนนเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยที่คนในชุมชนมีส่วนร่วมในการก่อสร้างเปรียบเสมือนการฝังกลบขยะถุงพลาสติกลงบนพื้นที่ที่ไม่ใช้ประโยชน์ทางด้านกิจกรรม และไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปล่อยออกมา อีกทั้งยังเป็นการแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกภายในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด