บทที่ 2

วัสดุ (Materials)

ในแอสฟัลท์ติกคอนกรีตที่มีมวลรวมคละเรียงขนาดต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอนั้น วัสดุมวลรวมจะมีขนาดไล่เลี่ยงเม็ดจากขนาดโตสุดจนถึงฝุ่น (ส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200) ซึ่งวัสดุมวลรวมผสมนี้จะต้องมีช่องว่างในมวลรวม (Void in Mineral aggregate) ที่พอเหมาะและปริมาณวัสดุแอสฟัลท์ที่ใช้ผสมนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับช่องว่างในมวลรวม (Void in Mineral aggregate) ปริมาณการจราจรและสภาวะดินฟ้าอากาศที่แวดล้อมอยู่

แอสฟัลท์ติกคอนกรีตแบบผสมร้อน (Hot Mix) จะประกอบขึ้นด้วยวัสดุ 2 ชนิด คือ วัสดุมวลรวมกับแอสฟัลท์ซีเมนต์

แอสฟัลท์คอนกรีตแบบผสมเย็น (Cold Mix) ประกอบขึ้นจากวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลท์อีมัลชั่น

2.1 วัสดุมวลรวม

ก. วัสดุมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) หมายถึงส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 8 ในแอสฟัลท์ติกคอนกรีตนั้นเสถียรภาพของส่วนผสมได้จากการขัดกัน (Interlock) ของมวลรวมหยาบและจากแรงเสียดทานระหว่างเม็ดวัสดุต่อการเคลื่อนตัว

ข. วัสดุมวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) หมายถึงส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 8 และค้างบนตะแกรงเบอร์ 200 มวลรวมละเอียดเป็นส่วนที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับแอสฟัลท์ติกคอนกรีตโดยการขัดกัน (Interlock) ของเม็ดวัสดุและในเวลาเดียวกันมวลรวมละเอียดยังทำหน้าที่ลดช่องว่าง (Void) ในมวลรวมหยาบ

ค. ฝุ่น (Filler) หมายถึงส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ฝุ่นจะทำหน้าที่อุดช่องว่างในส่วนผสมและในขณะเดียวกันเป็นตัวเพิ่มความแข็งแรงให้กับยางที่เคลือบวัสดุ

ในส่วนผสมแอสฟัลท์ติกคอนกรีตจะมีมวลรวมคละอยู่ประมาณ 80 เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมด ดังนั้นคุณสมบัติและวิธีการนำมาใช้งาน (performance) ของมวลรวมคละจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อส่วนผสมนั้น ในความคิดแล้วมวลรวมคละจะต้องมีขนาด (Size) การเรียงขนาด (Gradation) ดี, มีความแข็งและความเหนียว (Strong and tough), แง่-เหลี่ยม (Angular) ความพรุนต่ำ (low porosity) มีผิวที่สะอาด, ขรุขระ (rough) และหินมีคุณสมบัติเกาะยางได้ดีกว่าน้ำ (Hydrophobic)

ขนาด การเรียงขนาด ความแข็ง ความเหนียวและรูปร่างของมวลรวมคละมีความสำคัญเป็นอันดับแรกต่อเสถียรภาพ (Stability) ความพรุนและลักษณะของผิวหินมีความสำคัญต่อการกระทำระหว่างยางมะตอยกับมวลรวมคละ (Aggregate-bitumen interaction)

ยางจะต้องเคลือบผิวหินและเกาะยึดผิวหินอย่างพอเพียง หินที่มีรูพรุนมากจะต้องใช้ยางในการผสมเพิ่มสูงขึ้น หินที่มีรูพรุนต่ำ มีผิวเรียบจะทำให้การเกาะยึดระหว่างยางกับหินไม่ดี ถ้ามวลรวมคละเป็นชนิดที่เปียกน้ำได้ง่ายน้ำจะจับยึดหินได้ง่ายกว่ายางจะมีผลทำให้เกิดการหลุดล่อน (Stripping) [9]

2.1.1 ขนาดและการเรียงขนาด (Gradation and Size) [9]

มวลรวมคละสำหรับงานแอสฟัลท์ติกคอนกรีตสำหรับผิวทางที่มีปริมาณการจราจรจะใช้มวลรวมคละที่มีการเรียงขนาดแน่น (dense graded aggregate) เส้นโค้งที่หาได้จากสูตรของฟลูเลอร์ (Fuller curve) จะเป็นเส้นโค้งที่ให้ความแน่นสูงสุด แต่โดยปกติแล้วจะไม่ใช้ เนื่องจากไม่มีช่องว่างพอสำหรับยางมะตอย ดังนั้นการเรียงขนาดที่ใช้ควรจะค่อนข้างหยาบ (open) และช่องว่างของหินก็จะใส่ฝุ่นเข้าไป เช่นฝุ่นของหินปูน ปูนซิเมนต์ (ฝุ่นหมายถึงส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200) การเรียงขนาด (grade) ของหินที่ใช้นี้จะต้องคำนึงถึงความประหยัดและในห้องทดลองให้ผลตามที่ต้องการและสามารถปฏิบัติงานจริงในสนามได้

ส่วนผสมที่มีการเรียงขนาดแน่น (dense grade mix) จะใช้ในงานผิวทาง ส่วนผสม open graded จะใช้ในงานพื้นทาง โดยที่วัสดุ open graded จะใช้ฝุ่นน้อยกว่ามวลรวมคละที่มีการเรียงขนาดแน่น ทำให้ใช้ยางมะตอยน้อยกว่าด้วย

2.1.2 ความแข็งและความเหนียว (Strength and Toughness)

มวลรวมคละที่นำมาผสมกับยางมะตอยเพื่อใช้ในงานผิวทางนี้จะต้องถูกแรงกระทำตลอดเวลา ดังนั้นมวลรวมคละจะต้องมีความแข็งและความเหนียวเพื่อป้องกันมิให้เกิดการแตกภายใต้น้ำหนักของรถที่กระทำ ซึ่งมีผลให้เสถียรภาพลดลง

Open-grade เมื่อนำมาผสมกันยางมะตอยเมื่อนำมาใช้งานและมีน้ำหนักกระทำจะทำให้เกิดการแตกของมวลรวมคละได้ง่ายกว่ามวลรวมคละที่มีการเรียงขนาดแน่น ดังนั้นจึงนำมวลรวมคละชนิดหยาบมาใช้ทำชั้นพื้นทาง (base course)

วิธีการทดสอบความแข็งและความเหนียวของมวลรวมคละที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้แก่วิธีการทดสอบหาค่าความต้านทานต่อการสึกหรอของมวลรวมคละชนิดหยาบโดยใช้ Los Angeles Machine การทดสอบนี้จะเกิดทั้งการกระแทก (Impact) และขัดสี (Abrasion) ค่า Los Angeles Abrasion Test สำหรับพื้นทางต้องไม่เกิน 50 เปอร์เซนต์ ส่วนชั้นผิวทางต้องไม่เกิน 40 เปอร์เซนต์

2.1.3 ลักษณะรูปร่างของหิน (Particle shape)

เป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญมาก มวลรวมคละที่มีแง่เหลี่ยมมุมจะขัดกัน (Interlock) ได้ดีทำให้ค่าเสถียรภาพโดยเฉพาะหิน open grade เพิ่มขึ้น

เมื่อจะนำกรวดก้อนกลมมาใช้ในงานแอสฟัลท์ติกคอนกรีตที่ต้องการค่าเสถียรภาพสูง กรวดก้อนกลมจะต้องมีหน้าแตกไม่น้อยกว่า 40 เปอร์เซนต์อย่างน้อยหนึ่งด้านของกรวดที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 4

Herrin and Goetz ได้แสดงให้เห็นว่าการควบคุมมวลรวมคละที่นำมาใช้ให้มีการเรียงขนาดดี (Well graded) จะเป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่จะเพิ่มเสถียรภาพในแอสฟัลท์ติกคอนกรีต

มวลรวมคละที่แบนและยาวจะมีปัญหาในด้านการทำงานทำให้เกิดการแยกขนาด (segregate) ในส่วนผสม ทำให้กำลังของส่วนผสมลดลง

2.1.4 ความพรุน (Porosity)

ความพรุนมีผลทำให้เกิดการสิ้นเปลืองยางมะตอยในส่วนผสม ความพรุนที่เหมาะสม (ประมาณ 0.5 เปอร์เซนต์) จะช่วยให้การเกาะยึด (adhesion) ระหว่างหินกับยางมะตอยดีขึ้น ความพรุนถ้าสูงมากจะไม่ช่วยเพิ่มคุณภาพของส่วนผสม แต่ทำให้เกิดการดูดซึมยางมะตอยเข้าไปในหินมากขึ้น ทำให้สิ้นเปลืองยางมะตอยมากขึ้น วัสดุมวลรวมที่มีความพรุนต่ำจะดูดซึมเฉพาะน้ำมันที่ประกอบอยู่ในแอสฟัลท์ทำให้เหลือเฉพาะเนื้อยางบนผิวของวัสดุมวลรวม ทำให้เกิดมีปัญหาและการหลุดล่อนของวัสดุมวลรวมออกจากยางแอสฟัลท์

2.1.5 ผิวเรียบหรือขรุขระ (Surface Texture)

ผิวของมวลรวมคละที่ขรุขระทำให้การรับแรงของหินดีขึ้น ลักษณะของผิวหิน (surface texture) มีความสำคัญต่อการเกาะยึดระหว่างหินกับยางมะตอย ผิวหินที่เรียบยางมะตอยจะเคลือบผิวหินได้ง่าย แต่การเกาะยึด (adhesion) ต่ำ ผิวที่ขรุขระมากกว่าให้ค่าเสถียรภาพและความคงทน (durability) ของส่วนผสมสูงกว่า

2.1.6 เคมีที่ผิวหิน (Surface Chemistry)

การหลุดล่อนของยางมะตอยออกจากผิวหินในระหว่างการใช้งานเป็นปัญหาอันหนึ่งในงานแอสฟัลท์ติกคอนกรีต เกิดขึ้นเมื่อมีน้ำเข้ามาแทรกอยู่ระหว่างยางมะตอยกับผิวหิน

หินจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามคุณสมบัติการเกาะยึดคือ

1. hydrophobic หมายถึงหินที่เกาะกับยางมะตอยได้ดีกว่าน้ำ เช่น หินปูน หินที่มีคุณสมบัตินี้จะเปียกยางได้ง่ายกว่าน้ำหรือหินชนิดนี้มีประจุที่ผิวเป็นบวก

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(electro-positive). ซึ่งประจุบวกนี้จะผลักกับน้ำ

2. hydrophilic หรือหินที่ชอบน้ำ หมายถึงหินที่เปียกน้ำได้ง่ายกว่ายางมะตอย หินชนิดนี้จะมีประจุที่ผิวเป็นลบ (electronegative) ได้แก่ หินประเภท ซิลิเซียส (Acidic or Siliceous Aggregate) เช่น ควอร์ท (quartz)

ยางที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีชนิดที่มีประจุบวก (cationic) กับชนิดที่มีประจุลบ (anionic) ดังนั้นยางมะตอยต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับประจุที่ผิวหิน โดยหินที่มีประจุบวกที่ผิวจะใช้กับยางมะตอยชนิดที่มีประจุลบและหินที่มีประจุลบที่ผิวใช้กับยางที่มีประจุบวก

2.1.7 วัสดุที่เคลือบผิวหิน (Surface Coating)

สิ่งที่เคลือบอยู่ที่ผิวหินมีดินเหนียว (Clay) ซิลท์ (Silt) หินปูน (Calcium carbonate) เหล็กออกไซด์ (Iron oxides) ยิปซั่ม (Gypsum) และอื่น ๆ สิ่งที่เคลือบนี้มีความแข็งและความหนาต่างกัน ถ้าไม่ล้างออกแล้วมีผลทำให้เกิดการหลุดล่อนได้

2.1.7 ความทนทาน (Soundness) (6)(8)

ความทนทานคือความสามารถในการต้านทานความเสียหายของมวลรวมคละจากการกระทำของสภาพดินฟ้าอากาศ (weathering) สิ่งที่ใช้ในการทดสอบความทนทาน (Soundness) คือโซเดี่ยมหรือแมกนีเซี่ยมซัลเฟต

การทดลองทำได้โดยการนำมวลรวมคละที่แห้ง แช่ลงในสารละลายโซเดียมหรือแมกนีเซี่ยมซัลเฟตแล้วนำตัวอย่างเข้าตู้อบ สารละลายจะซึมเข้าไปในช่องว่างของหิน เมื่อนำไปเข้าตู้อบจะทำให้เกิดแรงดันขึ้น ทำให้ผิวหินแตกออก เมื่อทำการทดลอง 5 รอบแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงหาเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของตัวอย่างหินที่หายไปจากเดิม

จากข้อกำหนดของ AASHO Specification M 29-70 สำหรับมวลรวมคละชนิดละเอียดที่ใช้ผสมแอสฟัลท์ติกคอนกรีต น้ำหนักของหินต้องหายไปไม่มากกว่า 15 เปอร์เซนต์จากการใช้สารละลายโซเดียมซัลเฟต

สำหรับมวลรวมคละชนิดหยาบ (AASHO Specification M 79-64) เมื่อใช้สารละลายโซเดี่ยมซัลเฟต ต้องหายไปไม่มากกว่า 12 %

สำหรับบริเวณที่มีสภาพอากาศไม่รุนแรง หินคลุก (Crushed stone) กรวดโม่ (Crushed gravel) ที่ใช้กับงานแอสฟัลท์ติกคอนกรีตที่มีการกระจายขนาดดี (Well graded) ไม่ต้องทำการทดสอบความทนทาน (Soundness) ก็ได้

2.2 วัสดุแอสฟัลท์ (Asphaltic Materials)

2.2.1 องค์ประกอบของแอสฟัลท์ (Asphalt Composition)

แอสฟัลท์ได้ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย จึงได้มีการผลิตแอสฟัลท์ชนิดต่าง ๆ กันมากมาย เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะและสภาพของงานที่นำแอสฟัลท์ไปใช้ แอสฟัลท์บางชนิดจะนิ่ม หรือเหลวในอุณหภูมิปกติ บางชนิดจะให้ความร้อนถึง 200-300 ^{0}ฟ จึงจะเหลว บางชนิดต้องใช้ความร้อนสูงถึง 400 ^{0}ฟ จึงจะเหลวพอเพื่อนำไปใช้งานได้ ส่วนบางชนิดในอุณหภูมิปกติจะแข็งจนเปราะ จนสามารถบดให้เป็นผงละเอียดได้

คุณสมบัติทางเคมี แอสฟัลท์เป็นสารประกอบปร. ท Complex Mixture of Hydro-Carbon (Hydrocarbon) คือสารที่ประกอบด้วย Hydrog และ Carbon จึงมีโมเลกุลใหญ่และมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 300 ถึง 5,000 Unit.

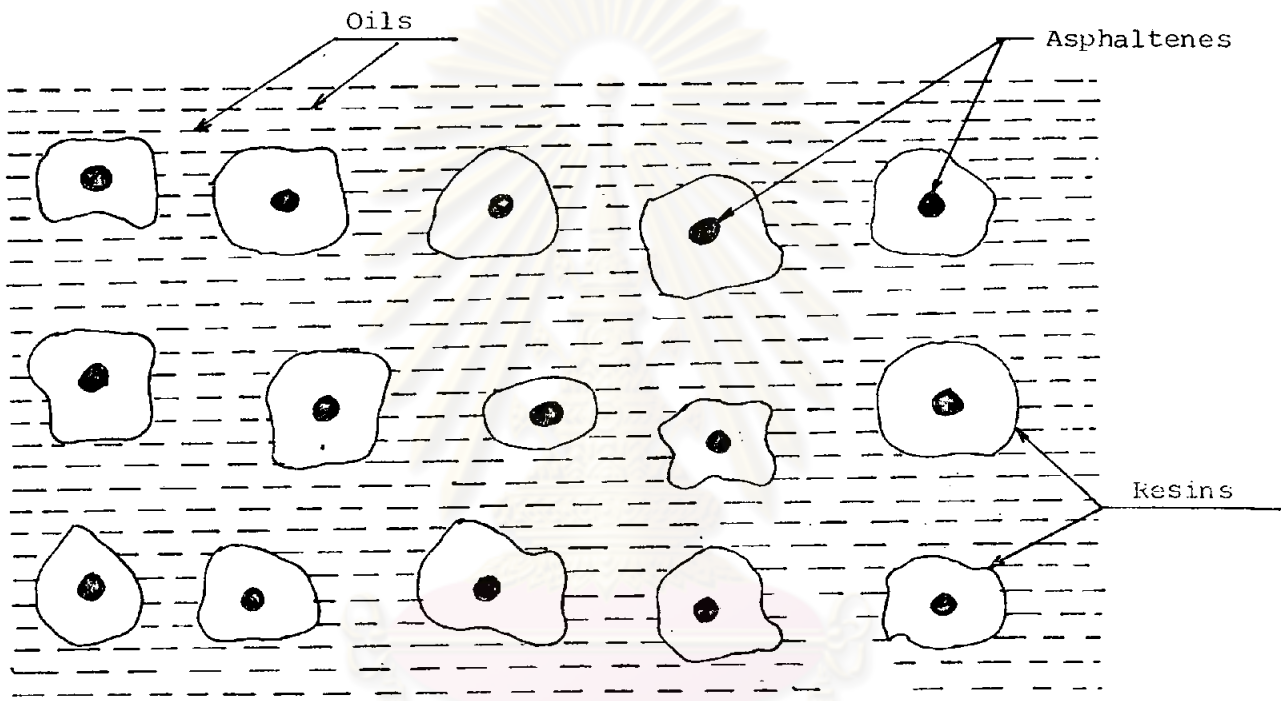
สำหรับทางฟิสิกส์นั้น แอสฟัลท์สามารถแยกส่วนประกอบออกได้เป็น 3 ส่วน

- Asphaltenes
- Asphaltic Resins
- Oily Constituents

ส่วนประกอบทั้งสามนี้ แยกความแตกต่างกันได้โดยถืออัตราส่วนข้อง Carbon (C) ต่อ Hydrogen (H) เป็นหลัก กล่าวคือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- Asphaltenes จะมีอัตราส่วนของ C ต่อ H มากกว่า 0.8
- Asphaltic Resins จะมีอัตราส่วนของ C ต่อ H ระหว่าง 0.6-0.8
- Oily Constituents จะมีอัตราส่วนของ C ต่อ H น้อยกว่า 0.6



รูปที่ 1 โครงสร้างของแอสฟัลท์

Asphaltenes เป็นผงสีน้ำตาลจนถึงดำ เมื่อถูกความร้อนจะไม่หลอมเหลว แต่จะติดไฟเลยถ้าได้รับความร้อนสูง

Asphaltic Resins มีลักษณะแข็ง เปราะ สีน้ำตาลแก่ สามารถปั่นละเอียด จะหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 200°ฟ

Oily Constituents มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีน้ำตาลปนแดง เป็นของเหลวข้น เหมือนน้ำมันหล่อลื่น

แอสฟัลท์ทั่ว ๆ ไปจะมีความถ่วงจำเพาะ 0.95 ถึง 1.05 ซึ่งโดยปกติแล้วแอสฟัลท์เหลวจะมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า 1 และแอสฟัลท์แข็งจะมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1

2.2.2 น้ำมันดิบที่ใช้ในการผลิตแอสฟัลท์ (Crude oil)

แอสฟัลท์เป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมชนิดหนึ่ง ซึ่งผลิตจากน้ำมันดิบ (Crude oil) น้ำมันดิบที่ได้มาจากแหล่งต่าง ๆ ทั่วโลกนั้น จะมีลักษณะและส่วนประกอบแตกต่างกันออกไป ซึ่งแยกความเด่นชัดออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

- Parafin (or wax) base crude
- Mixed base crude
- Asphalt base crude

Parafin base crude น้ำมันดิบชนิดนี้เมื่อได้แยกเอาพวกน้ำมันประเภทต่าง ๆ (Light distillate) เช่น น้ำมันเบ็นซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันหล่อลื่นหรือน้ำมันเตาออกแล้ว ส่วนที่เหลือจะเป็น Parafin Wax

Mixed base crude ได้แก่ น้ำมันดิบที่หลังจากแยกเอาพวก น้ำมันต่าง ๆ ดังกล่าวออกแล้ว ส่วนที่เหลือจะมี Parafin Wax ปนกับ Asphalt

Asphalt base crude คือน้ำมันดิบ ซึ่งส่วนหลือส่วนใหญ่หลังจากแยกเอาพวกน้ำมันประเภทต่าง ๆ ออกแล้ว จะเป็น Asphalt

Gasoline
Kerosene
Diesel Oil
Lubricating Oil
Fuel Oil
Asphalt

รูปที่ 2 องค์ประกอบใหญ่ของ Asphalt Base Crude

2.2.3 ขบวนการผลิตแอสฟัลท์ในอุตสาหกรรม

การผลิตหรือกลั่นน้ำมันปิโตรเลี่ยมโดยทั่ว ๆ ไปนั้น จะเป็นไปตามแผนผัง ดังรูปที่ 3 ซึ่งมีวิธีการโดยย่อคือ น้ำมันดิบจากถังเก็บจะได้รับความร้อนที่ Tube Heater จนได้อุณหภูมิที่เหมาะสมแล้วไหลผ่านต่อไปยังหอคอยสำหรับกลั่น (Tower Distillation) ที่หอคอยนี้ความดันภายในจะถูกลดลงจนเป็นสูญญากาศ (Vacuum) ซึ่งทำให้ส่วนประกอบน้ำมันดิบที่เบากว่าหรือระเหยง่ายกว่า (Lighter or more volatile components) จะระเหยเป็นไอลอยตัวขึ้นไปได้ง่าย โดยแยกตัวลอยกันเป็นชั้น ๆ ตามความหนักเบาและไอเหล่านี้เมื่อถูกลดอุณหภูมิลง ก็จะกลั่นตัวกลับมาเป็นของเหลวที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ กัน โดยแยกชนิดกันซึ่งแยกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ มี Light Distillate, Medium Distillate และ Heavy Distillate ซึ่งเมื่อผ่านขบวนการต่อไปก็จะได้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลี่ยม ชนิดต่าง ๆ เช่น Gasoline , Kerosene, Diesel oil เป็นต้น ส่วนที่เหลือจากการกลั่น (Residual Material) ซึ่งเป็นส่วนที่ข้นและระเหยยากนั้นจะเหลืออยู่ที่ก้น ซึ่งส่วนนี้เรียกว่า "TOPPED CRUDE" ซึ่งอาจใช้เป็นน้ำมันเตา (Residual Fuel Oil) ได้หรืออาจผลิต Cutback Asphalt ชนิด Slow Curing Asphalt ซึ่งเป็นแอสฟัลท์เหลว โดยตรงได้ ถ้าให้ส่วนที่เป็นน้ำมันระเหยออกไปพอเหมาะสม และโดยผ่านขบวนการต่อไปซึ่งมีหลายวิธีก็จะได้ Asphalt ชนิดต่าง ๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป

ส่วนที่เหลือจากการกลั่น (Residual Materials) หรือที่เรียกว่า "TOPPED CRUDE ยังมีลักษณะค่อนข้างเหลว เนื่องจากยังมีส่วนที่เป็นน้ำมัน (Oily constituents and Other Petroleum Distillates) ต่าง ๆ เหลืออยู่พอสมควร ถ้าน้ำมันเหล่านี้ถูกแยกออกไป ส่วนที่เหลือก็คือ Asphalt Cement ที่จะมีความเข้มข้นเหลวหรือแข็งมากน้อยตามต้องการได้ โดยให้ผ่านขบวนการผลิตต่อไป

ขบวนการผลิตแอสฟัลท์ในอุตสาหกรรมปัจจุบัน มีอยู่ 3 วิธี คือ

ก. Vacuum Reduction

ข. Oxidation

ค. Propane precipitation

013125

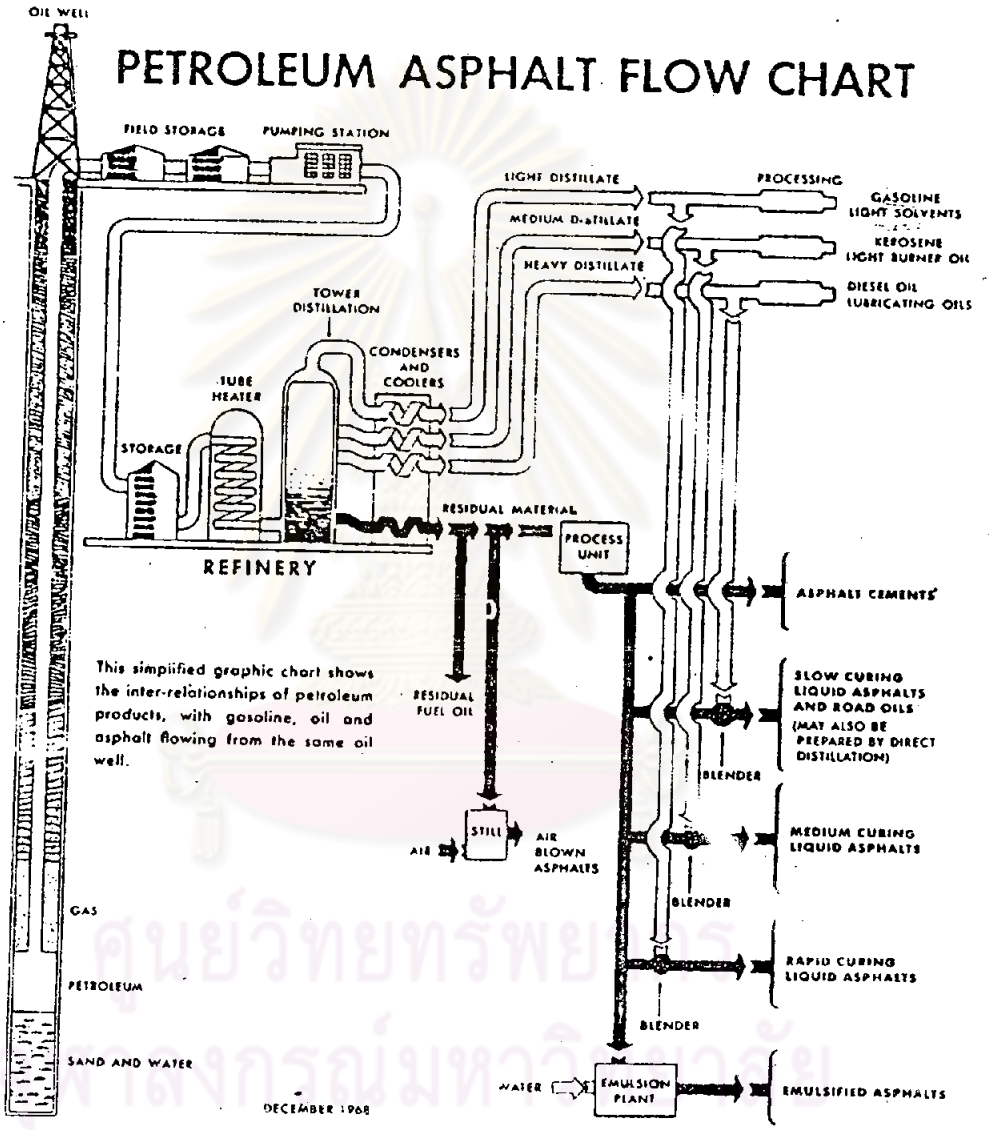


Figure 3 —Petroleum Asphalt Flow Chart

2.2.3.1 ขบวนการ Vacuum Reduction

ขบวนการนี้แยกน้ำมันต่าง ๆ ที่ยังเหลืออยู่โดยนำ Topped Crude มากลั่นต่อไป (รูปที่ 3) โดยใช้อุณหภูมิถึงประมาณ 700°ฟ และลดความดันในหอกลั่นด้วย น้ำมันต่าง ๆ ที่ยังหลงเหลือก็จะระเหยออกไปซึ่งก็จะได้ Asphalt Cement หรือเรียกย่อ ๆ ว่า A.C. ที่มีความข้นเหลว (Grade) ต่าง ๆ ตามความต้องการ

2.2.3.2 ขบวนการ Oxidation

ในกรณีที่ต้องการแอสฟัลท์ชนิดที่มีความแข็งมากขึ้น จะต้องใช้วิธีการที่เรียกว่า Oxidation ซึ่งทำได้โดยนำเอา Topped Crude หรือ Asphalt Cement ที่ยังไม่แข็งพอ มาบรรจุในถังรูปทรงกระบอกซึ่งอยู่ในแนวตั้งและให้ความร้อนประมาณ 500°ฟ ในขณะเดียวกันก็พ่น (Blow) อากาศเข้าไปทางด้านล่าง อ๊อกซิเจนในอากาศจะทำปฏิกริยากับพวกน้ำมัน (Oily Constituents) ให้เปลี่ยนมาเป็น Asphaltic Resins และทำปฏิกริยากับ Asphaltic Resins ให้เปลี่ยนมาเป็น Asphaltenes ซึ่งจะให้แอสฟัลท์แข็งขึ้น เนื่องจากส่วนที่เป็นของเหลวได้แก่น้ำมันต่าง ๆ จะลดลงไป ในขณะเดียวกันส่วนที่เป็นของแข็ง ซึ่งได้แก่ Asphaltic Resins และ Asphaltenes กลับเพิ่มขึ้น ในขบวนการนี้สามารถจะผลิตแอสฟัลท์ที่แข็งมากซึ่งเรียกว่า Blown Asphalt ได้และอาจผลิตแอสฟัลท์ที่แข็งมากจนเปราะสามารถบ่นให้เป็นผงได้ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรม

2.2.3.3 ขบวนการ Propane Precipitation

วิธีการนี้ใช้โปรเพนเหลว (Liquid Propane) มาผสมกับ Topped Crude ซึ่งจะทำให้ส่วนที่เป็นแอสฟัลท์ ซึ่งได้แก่ Asphaltenes และบางส่วนของ Asphaltic Resins รวมทั้งส่วนน้อยมากของ Oily Constituents ตกตะกอนแยกตัวออกมาแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่สกัดได้จากวิธีนี้จะแข็งเกินไปที่จะนำมาใช้ในงานก่อสร้างถนนได้โดยตรง จำเป็นต้องไปผสมกับแอสฟัลท์ที่เหลวกว่าเพื่อทำเป็นแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรดต่าง ๆ ตามต้องการ

2.2.4 แอสฟัลท์สำหรับงานก่อสร้างผิวจราจร (Paving Asphalt Materials)

แอสฟัลท์ที่ใช้ในงานก่อสร้างผิวจราจรนั้นมีชนิดต่าง ๆ มากมาย ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของงานและสภาพของดินฟ้าอากาศแต่ละแห่งตลอดจนให้เหมาะสมกับวิธีการนำไปใช้งานโดยแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้คือ Asphalt Cements และ Liquid Asphalts

2.2.4.1 แอสฟัลท์ซีเมนต์

แอสฟัลท์ซีเมนต์สำหรับงานสร้างผิวจราจรนั้นจะมีลักษณะครึ่งอ่อนครึ่งแข็งที่อุณหภูมิธรรมดาและมีเกรดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่แข็งมากจนถึงอ่อนมาก ในการนำไปใช้งานจะต้องต้มให้เหลว ให้ได้อุณหภูมิประมาณ 200^{0}ฟ-300^{0}ฟ (ดูตารางที่ 1) ทั่ว ๆ ไป แอสฟัลท์ซีเมนต์แบ่งเป็นเกรดต่าง ๆ ตามความอ่อนแข็งได้ดังนี้

40/50 penetration

60/70 penetration

85/100 penetration

120/150 penetration

200/300 penetration

Penetration ของแอสฟัลท์ซีเมนต์คือ "จำนวนหน่วยของระยะ (ซึ่งหนึ่งหน่วยเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร) ที่เข็มมาตรฐาน ซึ่งถูกกดด้วยน้ำหนัก 100 กรัมจมลงไปในแอสฟัลท์ในระยะเวลา 5 วินาทีในขณะที่แอสฟัลท์มีอุณหภูมิ 77^{0}ฟ เช่น เข็มจมลงในแอสฟัลท์เป็นระยะทาง 10 มิลลิเมตร จะมีค่าเท่ากับ 10÷0.1 = 100 penetration จะเห็นได้ว่าแอสฟัลท์ที่แข็งกว่าจะมีค่า Penetration น้อย เนื่องจากเข็มลงไปได้น้อยและแอสฟัลท์ที่อ่อนจะมีค่า Penetration สูง การที่ผลิตแอสฟัลท์ซีเมนต์ให้มี Penetration grade หลายอย่างนั้นก็เพื่อให้สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานและสภาพดินฟ้าอากาศของแต่ละส่วนของโลก เช่น ในภูมิภาพที่มีอากาศร้อนก็ใช้แอสฟัลท์ที่มี Penetration ต่ำ เช่นในประเทศไทยโดยทั่วไปใช้ Penetration grade 80/100 ในประเทศหนาวอาจใช้ Penetration grade 120/150 หรือสูงกว่า

ตาราง 1 แสดงอุณหภูมิใช้งานของแอสฟัลท์ซีเมนต์ ^{o}ฟ

Type and Grade of Asphalt	Pugmill mixing temperature		Spraying temperature	
	Dense - grade aggregate	Open - grade aggregate	Blade Mixing	Surface Treatments
Asphalt Cement				
40-50	275-350	225-310	-	300-410
60-70	265-330	225-305	-	295-405
85-100	255-325	225-300	-	290-400
120-150	245-325	225-300	-	285-395
200-300	225-300	225-300	-	275-385

หน้าที่ของแอสฟัลท์ซีเมนต์

หน้าที่ของแอสฟัลท์ซีเมนต์ในงานแอสฟัลท์ติกคอนกรีตก็คือเป็นตัวหล่อลื่นในขณะทำการบดทับ ทำให้สามารถทำการบดทับให้ได้ความแน่นที่กำหนดในขณะที่วัสดุแอสฟัลท์ซีเมนต์ยังมีความหนืด (Viscosity) พอเพียงในขณะที่ยังร้อนและหลังจากวัสดุเย็นตัวลงแล้วจะทำหน้าที่ยึดเม็ดวัสดุมวลรวมเข้าด้วยกันทำให้เกิดความแข็งแรง การใช้ปริมาณแอสฟ ที่พอเหมาะจะทำให้ได้แอสฟัลท์ติกคอนกรีตที่มีความทนทาน เนื่องจากวัสดุแอสฟัลท์ที่เคลือบวัสดุ รวมจะป้องกันไม่ให้น้ำ อากาศเข้าไปในส่วนผสมซึ่งมีผลให้อายุของการใช้งานสั้นลง

2.2.4.2 แอสฟัลท์ชนิดเหลว (Liquid Asphalt)

แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่น (Emulsified Asphalt)

ทฤษฎีของ Emulsion คำว่า "Emulsion" อาจจำกัดความหมายได้ว่า เป็นส่วนผสมเนื้อเดียวกันของวัสดุเหลวสองชนิดซึ่งไม่ละลายกัน วัสดุชนิดหนึ่งอยู่ในรูปของเม็ดละเอียดเล็ก ๆ กระจายอยู่ในวัสดุอีกชนิดหนึ่ง ส่วนที่เป็นเม็ดละเอียดเล็ก ๆ

เรียกว่า dispersed phase หรือ internal phase และอีกส่วนหนึ่งเป็น continuous phase.

ในการทำ Emulsions ทั้งหลาย การกระจายตัวของ internal phase จะกระทำโดยใช้ colloid mill (เป็นเครื่องมือที่จะทำให้วัสดุที่เป็น internal phase แตกตัวออกเป็นเม็ดเล็ก ๆ ที่เรียกว่า "colloid") หรือทำโดยวิธีกลอย่างอื่น แต่ส่วนผสมจะไม่อยู่ตัว กล่าวคือ พวก internal phase จะกลับมารวมตัวกัน นอกจากว่าจะใช้ Emulsifying agent อยู่ด้วย ส่วนผสมจึงจะอยู่ตัว

ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่น (Asphalt Emulsions) (1)

คือแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่ถูกตีให้แตกเป็นอนุภาคเล็ก ๆ (Colloidal particles) โดยกระจายอยู่ในน้ำที่มี Emulsifier ผสมอยู่เล็กน้อย (0.25-2 % โดยน้ำหนักของ emulsion ทั้งหมด) แอสฟัลท์ซีเมนต์ประมาณ 55-70 % นอกนั้นเป็นน้ำ

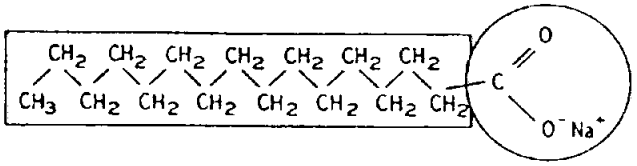
ขนาดของอนุภาคแอสฟัลท์ในอีมัลชั่น ซึ่ง ...ลต่อความมั่นคง (stability) ของอีมัลชั่นมีดังนี้

ขนาดเล็กกว่า 0.001 มม. (1 ไมครอน)	28 %
ขนาด 0.001-0.005 มม. (1-5 ไมครอน)	57 %
ขนาด 0.005-0.010 มม. (5-10 ไมครอน)	15 %

(1 ไมครอน 0.001 มม.)

ชนิดของ Emulsifying Agent

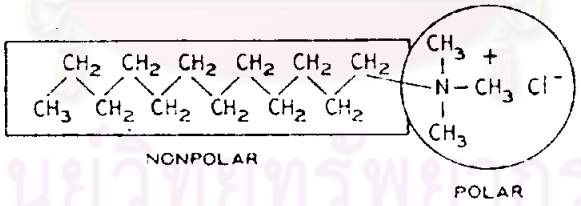
ตัวของ Emulsifying Agent จ... างมีคุณสมบัติในการละลายได้ดีเป็นพิเศษ กล่าวคือ จะต้องละลายได้ทั้งในน้ำมัน (internal p... e) และในน้ำ (Continuous phase) กรณีนี้จะเป็นไปได้เมื่อโมเลกุลของมันมีสองขั้ว ... นึ่งมีประจุอีกขั้วหนึ่งเป็นกลาง ยกตัวอย่างเช่น โมเลกุลของ Sodium palmitate ตามรูป นี้



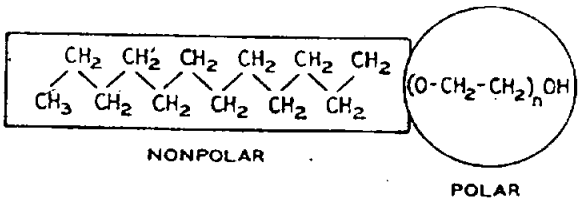
รูปที่ 4 แสดงโมเลกุลของ Sodium Palmitate

ส่วนที่เป็นสี่เหลี่ยมคือส่วนที่ขั้วเป็นกลาง (non polar) ส่วนที่เป็นวงกลมคือส่วนที่ขั้วเป็นประจุ (3)

ในการทำ ionization ของโมเลกุลของ Emulsifying agent (การทำ ionization คือการทำให้โมเลกุลเกิดประจุไฟฟ้าอิสระขึ้นมา) ถ้าเกิดประจุไฟฟ้าลบสารที่เติม (agent) ชนิดนี้เรียกว่า "anionic" และถ้าโมเลกุลเกิดประจุไฟฟ้าบวกสารที่เติมนี้เรียกว่า "cationic" ยังมี emulsifying agent ชนิดที่สามซึ่งไม่เกิดประจุอิสระใด ๆ เรียกว่า "nonionic" ซึ่งไม่มีความความสำคัญใด ๆ ทางงานทางเลย (4)



รูปที่ 5 Lauryt trimethylammanium chloride-cationic (2)



รูปที่ 6 Polyoxyethylene laurylet r-nonionic (2)

การร่วมผิวหน้า (Interfacial Film)[4]

วัสดุเคมี emulsifying agent ทั้งสามชนิดดังกล่าวข้างต้นจะมีคุณสมบัติเหมือนกันอยู่อย่างหนึ่ง คือมันจะถูกดูดระหว่างผิวหน้าของของเหลวกับอากาศ ของเหลวกับของแข็ง หรือของเหลวกับของเหลว โมเลกุลของ emulsifying agent จะมีปฏิกริยาว่องไวกับผิวหน้า ถ้าเอาใส่ลงในน้ำมันผสมกับน้ำ (oil-water system) โมเลกุลจะจัดเรียงตัวในลักษณะหนึ่ง ๆ ส่วนที่เป็นขั้วมีประจุไฟฟ้า (Polar) จะจัดตัวอยู่ในน้ำ และส่วนที่เป็นขั้วมีประจุเป็นกลาง (nonpolar) จะจัดตัวอยู่ในน้ำมัน (ดังรูปที่ 7) ถ้ามีโมเลกุลนี้มาก ๆ ก็จะเกิดผิวหน้าของ

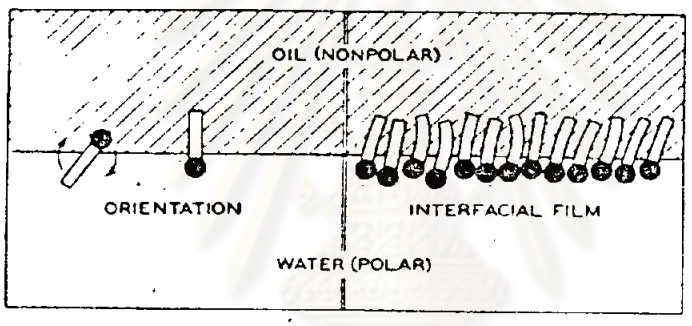


Fig. 7 Interfacial orientation and film formation

โมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์มากซึ่งเรียกว่า หน้าร่วม (interfacial film) คุณสมบัติของหน้าร่วมนี้จะขึ้นกับชนิดของสารเคมี ชนิดของโมเลกุลของ emulsifying agent

Micelles[1]

ถ้าหากมีโมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์อยู่ใน emulsifier-water system มากพอ โมเลกุลเหล่านั้นจะจับกันเป็นกลุ่มในลักษณะของส่วนทางที่เป็นไฮโดรคาร์บอน จะกำบังจากน้ำ โดยส่วนหัวที่เป็นขั้วของโมเลกุล ลักษณะของกลุ่มนี้เรียกว่า Micelles

Solubilization

เมื่อมีโมเลกุลของ emulsifier agent มากจะจับกลุ่มเป็น micelles แล้วตัว micelles สามารถดูดเอาปริมาณหนึ่งของพวกน้ำมันที่เป็นกลาง (nonpolar oil) เข้าไปไว้ตรงกลางกลุ่มได้ (รูปที่ 8) ขบวนการเหล่านี้เรียกว่า solubilization และตัว micelles นี้ก็จะขยายใหญ่ขึ้นโดยการดูดเอา dispersed phase เข้าไป[1]

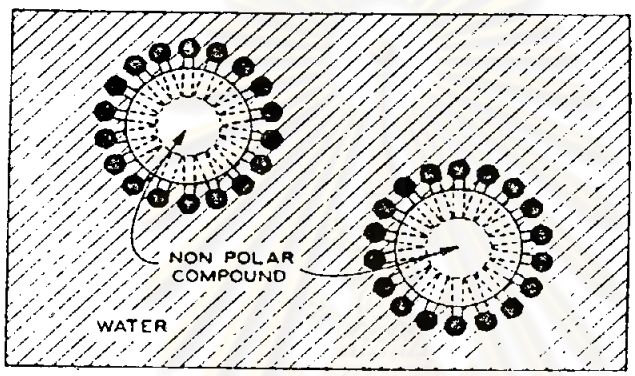


Fig. 8 Emulsified droplets

ชนิดและเกรดของยางแอสฟัลท์อีมัลชั่น

ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. ประจุลบ (Anionic) คืออนุภาคของแอสฟัลท์ซึ่งกระจายอยู่ในน้ำมีประจุไฟฟ้าลบ

2. ประจุบวก (Cationic) คืออนุภาคของแอสฟัลท์ซึ่งกระจายอยู่ในน้ำมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก

การใช้อีมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ และใช้น้ำที่มีความเป็นกรดเป็นด่างต่าง ๆ กัน ก็จะทำให้ได้ emulsified asphalt ชนิดต่าง ๆ และเกรดต่าง ๆ กัน สำหรับชนิดประจุลบ (anionic) น้ำที่ใช้ทำจะต้องมีความเป็นด่าง (PH มากกว่า 7) ส่วนชนิดประจุบวกน้ำที่ใช้ทำจะต้องมีความเป็นกรด (PH น้อยกว่า 7)

AASHTO และ ASTM ได้มีการกำหนดเกรดของยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นไว้ดังนี้

แอสฟัลท์อีมัลชั่นชนิดที่มีประจุไฟฟ้าลบ	ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นชนิดที่มีประจุไฟฟ้าบวก
RS-1	CRS-1
RS-2	CRS-2
MS-1	-
MS-2	CMS-2
MS-2h	CMS-2h
HF MS-1	-
HF MS-2	-
HF MS-2h	-
SS-1	CSS-1
SS-1h	CSS-1h

<u>หมายเหตุ</u> HF (high-float) จะมีเฉพาะเกรดแตกตัวเร็วปานกลาง high float นี้วัดได้โดยวิธี Float Test (AASHO T 50 หรือ ASTM D 139) อีมัลชั่นชนิด high-float จะมีคุณสมบัติคือให้ความหนาของแผ่นยางมะตอยที่เคลือบผิวหินหนากว่าชนิดธรรมดา โดยจะทำให้น้ำสามารถระบาย (drainage) ได้น้อย

h หมายถึงใช้แอสฟัลท์เกรดที่แข็งกว่าธรรมดามาใช้ผลิตอีมัลชั่น

<u>ส่วนผสมของแอสฟัลท์อีมัลชั่น</u> (Asphalt Emulsion Ingredients)

<u>แอสฟัลท์</u> (Asphalt) แอสฟัลท์ซีเมนต์เป็นส่วนผสมหลักของแอสฟัลท์อีมัลชั่น ใช้อยู่ระหว่าง 55-70 เปอร์เซนต์ของส่วนผสมทั้งหมด ในตารางที่ 4 และ 5 แสดงสัดส่วนของแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่ใช้ในการผสม แอสฟัลท์ที่ใช้จะมีความแข็งอยู่ระหว่าง 100-250 penetration บางครั้งสภาพของอากาศในแต่ละท้องที่ก็จะเป็นตัวกำหนดแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่แข็งกว่าหรืออ่อนกว่าที่กล่าวไว้ก็ได้

แอสฟัลท์มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ แอสฟัลท์ทีน (asphaltenes) และมัลทีน (maltenes)

แอสฟัลท์ทีน เป็นส่วนที่กระจายอยู่ในมัลทีน แอสฟัลท์ทีนจะ เป็นส่วนที่ให้ความแข็ง มัลทีนจะให้คุณสมบัติทางด้านการ เกาะยึดระหว่างแอสฟัลท์กับมวลรวมคละและคุณสมบัติทางด้านการยืดตัว (ductility) ของแอสฟัลท์ มัลทีนจะแสดงคุณสมบัติออกมาในรูปของความหนืดหรือการไหล (flow) ของแอสฟัลท์

น้ำ (water)

น้ำเป็นส่วนที่มีความสำคัญรองลงมา น้ำที่ใช้นี้ปกติจะมีแร่ธาตุอื่นซึ่งจะมีผลกระทบต่อความคงตัวของแอสฟัลท์อีมัลชั่นได้ น้ำอาจมีสิ่งสกปรก เจือปนในรูปของสารละลายหรือสารแขวนลอย (colloidal suspension) แต่ที่แน่นอนก็คือ มีแคล เซี่ยมหรือแมกนี เซี่ยมไอออน ซึ่งทำให้คุณสมบัติของอีมัลชั่น เปลี่ยนแปรไปซึ่งสิ่ง เหล่านี้จะมีผลต่อพฤติกรรมของมันได้หรือทำให้แตกตัว เปลี่ยนแปลงก็ได้ สรุปแล้วน้ำที่จะใช้ต้อง เป็นน้ำที่ปราศจากสิ่งสกปรก เจือปน

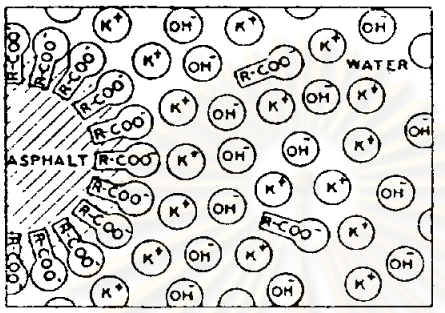
Emulsifying agents

คุณสมบัติของแอสฟัลท์อีมัลชั่นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและชนิดของอีมัลซิไฟ เออร์ เป็นส่วนสำคัญ อีมัลชั่นจะแบ่งออก เป็นชนิดที่มีประจุไฟฟ้าลบ (anionic) ชนิดที่มีประจุไฟฟ้าบวก (cationic) หรือชนิดที่ เป็นกลาง (nonionic) อีมัลซิไฟ เออร์จะ เป็นตัวช่วยให้อนุภาคแอสฟัลท์ลอยกระจัดกระจายอยู่ในน้ำโดยไม่กลับมารวมตัวกัน มีความคงตัวสูง (stable) และเมื่อนำไปใช้งานก็จะแตกตัวตาม เวลาที่ต้องการ อีมัลซิไฟ เออร์ที่ เลือกใช้ต้องให้ เหมาะสมกับคุณสมบัติของแอสฟัลท์ซี เมนต์ที่ใช้ทำอีมัลชั่นด้วย

อีมัลซิไฟ เออร์ที่ให้ประจุไฟฟ้าลบ (Anionic Emulsifier)

อีมัลซิไฟ เออร์ชนิดที่ให้ประจุไฟฟ้าลบที่นิยมใช้กันคือ พวก fatty acid ซึ่งได้จากส่วนที่เหลือจากอุตสาหกรรมเยื่อไม้ (wood-product derivative) เช่น ลิกนิน (lignins) tall oils, resin พวก fatty acid เมื่อทำปฏิกริยากับโซเดี่ยมไฮดรอกไซด์ (Na OH) หรือโปแตสเซี่ยมไฮดรอกไซด์ (KOH) จะกลาย เป็นพวกสบู่ (soap) โดยจะมีด่างส่วนหนึ่งที่เหลือจากการทำปฏิกริยาทำให้ เป็นกลางได้โดยทำปฏิกริยากับกรดในแอสฟัลท์ ทำให้ เกิด เป็นกลางขึ้น[1]

เมื่อนำอีมัลซิไฟเออร์นี้ไปผสมกับน้ำและนำไปผสมกับแอสฟัลท์ อีมัลซิไฟเออร์จะไปเกาะรอบผิวอนุภาคแอสฟัลท์ (asphalt droplets) โดยจะแสดงประจุไฟฟ้าที่ผิวออกมาเป็นประจุลบและจะดึงดูดประจุบวกของโซเดี่ยมหรือโปรแตสเซี่ยมไว้ จะมีส่วนหนึ่งของโซเดี่ยมไอดรอกไซด์หรือโปรแตสเซี่ยมไฮดรอกไซด์เหลือจากการทำปฏิริยา ดังแสดงในรูปที่ 9[2]



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Fig. 9 Emulsified asphalt-anionic emulsion

<u>อีมัลซิไฟเออร์ที่ให้ประจุไฟฟ้าบวก</u> (Cationic Emulsifier)[2]

ส่วนใหญ่เป็นพวก Fatty amines (diamines, imidazolines amidoamines) amines พวกนี้เมื่อทำปฏิกริยากับกรด (เช่น HCl) จะกลายเป็นสบู่ (soap) ซึ่งอีมัลซิไฟเออร์เหล่านี้เป็นเกลือที่ละลายในน้ำได้ (water-soluble salts) จึงคงตัวและมีประจุไฟฟ้าบวก โดยพวกไอออนที่มีประจุไฟฟ้าบวกจะจัดตัวอยู่บนผิวของแอสฟัลท์ พวกไอออนที่มีประจุไฟฟ้าลบจะติดอยู่กับไอออนประจุไฟฟ้าบวก เมื่อรวมกับน้ำจะเกิดelectrical double layer ซึ่งความหนาของชั้นนี้จะมีอิทธิพลต่อความคงตัว (stability) และความหนืด (viscosity) ของอีมัลชั่น ดังรูปที่ 10

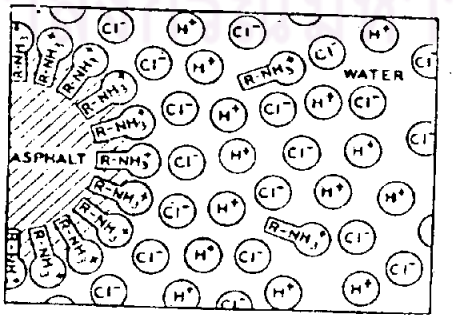


Fig. 10 Emulsified asphalt droplet-cationic emulsion

การผลิตแอสฟัลท์อีมัลชั่น

เครื่องผลิต

ประกอบด้วย colloid mill เป็นเครื่องบดแอสฟัลท์ให้แตกเป็นอนุภาคเล็ก ๆ เครื่อง colloid mill นี้ทำให้แอสฟัลท์แตกตัวโดยแรงเฉือน ภายในสเตเตอร์จะมีโรเตอร์ (rotor) หมุนด้วยความเร็วระหว่าง 1000-6000 รอบ/นาที ระยะห่างระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์จะอยู่ระหว่าง 0.01-0.02 นิ้ว (0.25-0.50 มม.) ให้แอสฟัลท์และอีมัลซิไฟเออร์ผสมกับน้ำผ่านเข้าไปใน mill ก็จะได้อีมัลชั่นออกมา[2]

ขบวนการผลิต[1]

มีแท้งเก็บยางที่ให้ความร้อนจนสามารถปั๊มออกมาได้และแท้งเก็บอีมัลซิไฟเออร์ที่ผสมรวมกับน้ำแล้ว ปั๊มแอสฟัลท์และอีมัลซิไฟเออร์ที่ผสมรวมกับน้ำผ่านเข้ามาใน colloid mill ก็จะได้แอสฟัลท์อีมัลชั่น จากนั้นปั๊มขึ้นไปไว้ในถังเก็บที่มีเครื่องกวนให้อีมัลชั่นเป็นเนื้อเดียวกันโดยสม่ำเสมอ การให้ความร้อนแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่ใช้มากหรือน้อยแล้วแต่เกรดของแอสฟัลท์เพื่อให้มีความหนืดต่ำสามารถปั๊มเข้าไปใน colloid mill ได้และผสมกับน้ำที่ผสมอีมัลซิไฟเออร์ได้ตามอุณหภูมิที่กำหนดตามชนิดของแอสฟัลท์และอีมัลซิไฟเออร์ที่ใช้อีมัลชั่นที่ออกจากเครื่องผลิตจะต้องมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำ

วิธีการใส่อีมัลซิไฟเออร์ลงในน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามขบวนการของผู้ผลิต เช่น amine จะต้องผสมกับกรด (เช่น HCl) เพื่อให้ละลายในน้ำได้ ชนิดอื่น ๆ เช่น fatty acid จะต้องผสมกับด่าง (เช่น Na OH) ก่อนเพื่อให้ละลายในน้ำได้ อีมัลซิไฟเออร์นั้นเทลงไปในน้ำอุ่นที่มีกรดหรือด่างละลายอยู่แล้วและคนให้ทั่วจนกระทั่งละลายหมด

ขนาดของอนุภาคแอสฟัลท์เป็นสิ่งสำคัญในการทำให้อีมัลชั่นมีความคงตัว อีมัลชั่นทั่ว ๆ ไปจะมีขนาดเม็ดแอสฟัลท์ดังนี้ (ดูรูปที่ 11)

เล็กกว่า 0.001 มม.	(1 ไมครอน)	28 %
0.001 - 0.005 มม.	(1-5 ไมครอน)	57 %
0.005 - 0.010 มม.	(5-10 ไมครอน)	15 %

อนุภาคเล็ก ๆ ของแอสฟัลท์จะกระจายอยู่ในน้ำที่มีอีมัลซิไฟเออร์เป็นพวกมีแรงกระทำที่ผิว (surface-active emulsifier or surfactant) โดยแรงที่ผิวนี้จะทำให้เกิดแรงตึงผิวที่บริเวณผิวอนุภาคแอสฟัลท์ ทำให้อนุภาคแอสฟัลท์ลอยตัวอยู่ได้และอนุภาคแอสฟัลท์ที่มีประจุไฟฟ้าที่ผิวเหมือนกันจะผลักกันจะช่วยให้อนุภาคแอสฟัลท์ลอยตัวอยู่ได้ ดังรูปที่ 11

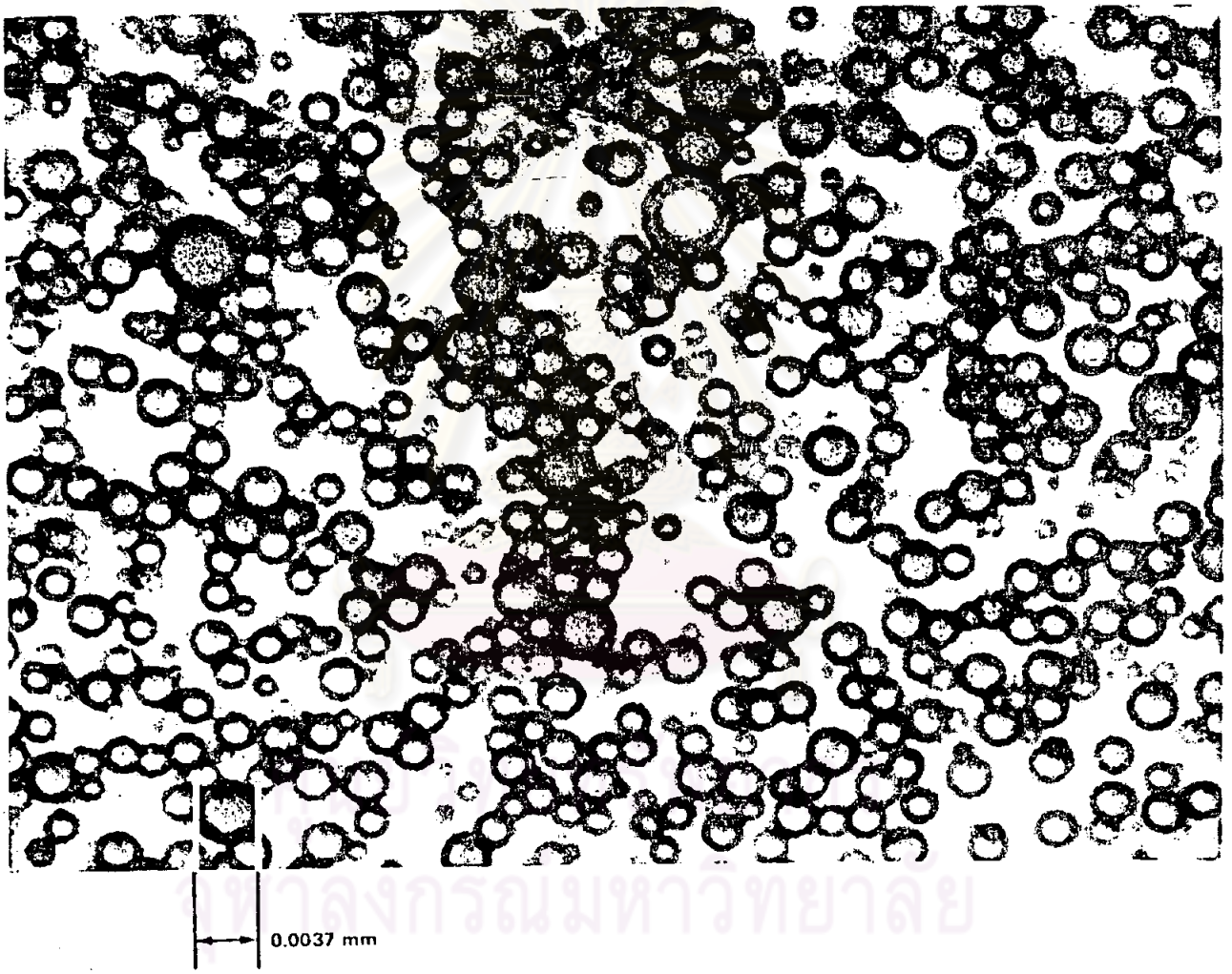


Figure 11 Relative sizes and distribution of asphalt particles in an emulsion.
Courtesy Chevron U.S.A. Inc.

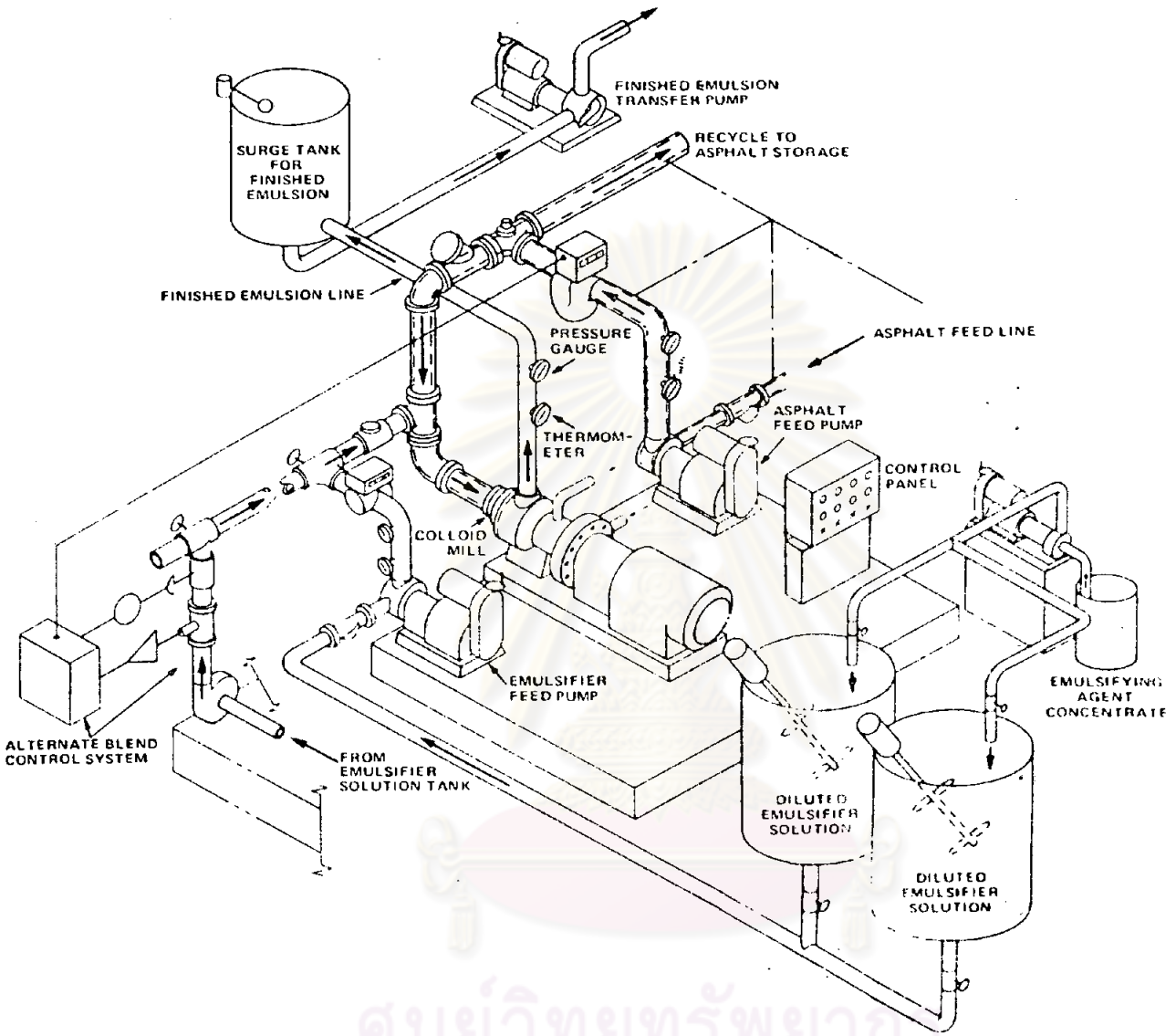


Figure 12 Diagram of an asphalt emulsion manufacturing plant.

Courtesy Chemicolloid Laboratories, Inc.

วัสดุหินสำหรับยางมะตอยน้ำ[2]

โครงสร้างและส่วนประกอบของหินได้ยอมรับกันทั่วไปว่า เป็นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญมากที่มีผลต่อการ เกาะยึด (adhesion) ระหว่างวัสดุหินกับแอสฟัลท์และยิ่งมีความสำคัญมากยิ่งขึ้น เมื่อใช้กับยางมะตอยน้ำและคัทแบ็คแอสฟัลท์

วัสดุหินที่ใช้ในงานทางจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ พวก เปียกน้ำได้ง่าย (hydrophilic) ได้แก่ ซิลิก้า, ควอทและกรวด ซึ่ง เป็นพวกแสดงประจุไฟฟ้าลบ (electronegative) อีกพวกหนึ่งคือพวกไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) เช่น หินปูน ซึ่ง เป็นพวกแสดงประจุไฟฟ้าบวก (electro-positive) ดังรูปที่ 13

ได้มีการยอมรับโดยทั่วไปว่าประจุไฟฟ้าที่ผิวหินจะ เป็นสิ่งบอกถึงการ เกาะยึด (adhesion) ระหว่างหินและแอสฟัลท์จะดีหรือไม่ โดย เฉพาะอย่างยิ่งกับยางมะตอยน้ำและคัทแบ็คแอสฟัลท์ ดังรูปที่ 14 และ 15 ประจุไฟฟ้าที่ผิวหินจะ เกิดขึ้น เมื่อหินสัมผัสกับน้ำ ถ้าหินแห้งประจุไฟฟ้าที่ผิวหินจะไม่ เกิดขึ้น เนื่องจากผิวหินจะดูดซึมประจุไฟฟ้าทำให้หินอยู่ในสภาพ เป็นกลาง

หินที่มีประจุไฟฟ้าลบจะ เกิดประจุไฟฟ้าขึ้น เมื่อหิน เปียกน้ำ ดังสมการ

$$\text{หิน} = S_i OH \longrightarrow \text{หิน} = S_i O^- + H^+$$

หินปูนจะแสดงประจุไฟฟ้าบวก เมื่อ เปียกน้ำ ดังสมการ

$$\text{หิน } CaCO_3H \longrightarrow \text{หิน } Ca^+ + HCO_3^-$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

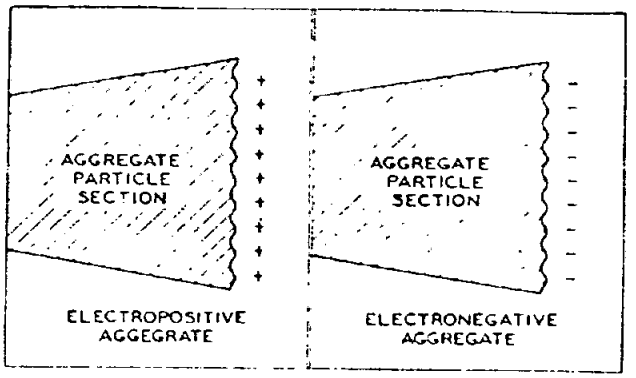


Fig. 13 A schematic diagram of the surface characteristics of two diverse types of aggregates.

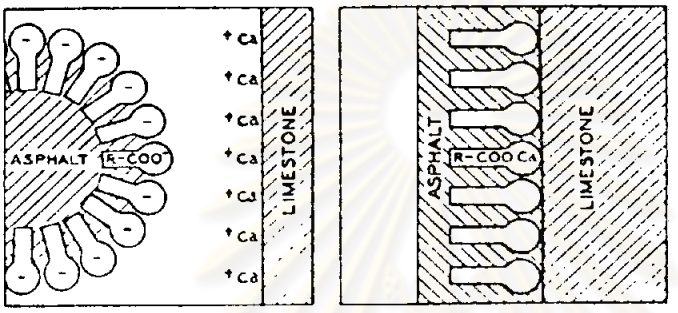


Fig. 14 Action of anionic asphalt emulsion upon calcareous (limestone) aggregates.

Fig. 15 Action of cationic asphalt emulsions upon silica aggregates.

โดยปกติที่ผิวหินจะไม่มีประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันทั้งหมด วัสดุหินส่วนมากจะมีประจุไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิดปนกัน ทั้งประจุลบและประจุบวก เช่น วัสดุหินประกอบด้วยซิลิคอน ซึ่งมีประจุไฟฟ้าลบและขณะเดียวกันก็มีแคลเซี่ยม แมกนิเซี่ยม อลูมิเนี่ยมหรือเหล็กซึ่งมีประจุไฟฟ้าบวก ดังรูปที่ 16

ถ้าวัสดุหินที่นำมาใช้งานมีทั้งประจุบวกและประจุลบใกล้เคียวกัน สามารถเลือกใช้ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นชนิดที่มีประจุบวกหรือประจุลบก็ได้ แต่ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นชนิดประจุบวกเหมาะที่จะเลือกใช้มากกว่าสามารถใช้กับหินได้กว้างกว่า ดังรูปที่ 17

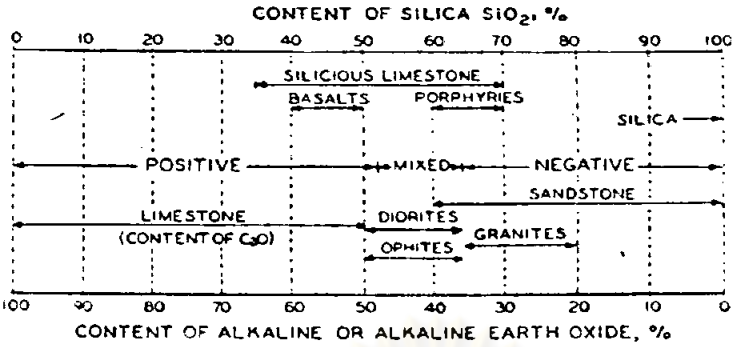


Fig. 16 Classification of aggregates

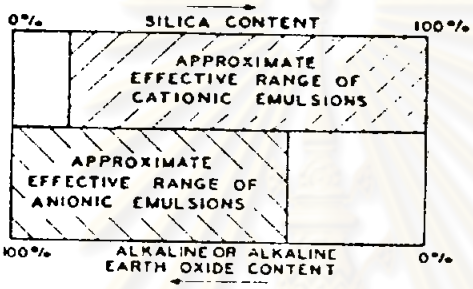


Fig. 17 Approximate effective range of cationic and anionic emulsions on various types of aggregates

การแตกตัวและการบ่ม (Breaking and Curing)[1]

การแตกตัว

ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นจะทำหน้าที่เกาะยึดและกันน้ำได้ดีต่อเมื่อแอส[illegible]แยกตัวออกจากน้ำ ในการทำผิวทาง เซอร์เฟสทรีตเมนต์ หรือซีลโค้ท อีมัลชั่นจะแตกตัวเมื่อสัมผัสกับ[illegible]รวมคละ หรือผิวทางและอนุภาคเล็ก ๆ ของแอสฟัลท์จะรวมตัวกันอย่างต่อเนื่องเคลือบผิวหินหรือผิวทาง

สำหรับยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นที่ผสมกับหินที่มีการเรียงขนาดคละดี จะต้องเป็นชนิดที่แตกตัวช้าเพื่อการผสมและปูลงบนถนน การที่แอสฟัลท์จับตัวเป็นก้อนเรียกว่าการแตกตัว (breaking or setting) อัตราการที่อนุภาคแอสฟัลท์แยกตัวจากน้ำเรียกว่า เวลาในการแยกตัว (breaking or setting time) เช่นอีมัลชั่นชนิดแตกตัวเร็ว (RS) แตกตัวภายใน 1-5 นาที หลังจากลาดยางลงบนถนน สำหรับพวกแตกตัวเร็วปานกลาง (MS) หรือพวกแตกตัวช้า (SS) จะใช้เวลานานกว่า

ชนิดของหินจะมีผลต่อการดูดซึมน้ำ ซึ่งการดูดซึมจะสัมพันธ์กับการแตกตัวของแอสฟัลท์และน้ำ หินที่ดูดน้ำได้เร็วก็จะเร่งการแตกตัวได้เร็วกว่า

ในลักษณะการใช้งานโดยการผสมอีมัลชั่นกับวัสดุหิน ขนาดและปริมาณพื้นที่ผิวหินก็มีความสำคัญ ถ้าวัสดุหินในส่วนผสมมีพื้นที่ผิวมากก็จะทำให้อีมัลชั่นแตกตัวเร็วขึ้นในกรณีต้องการใช้งานในลักษณะนี้ให้ได้ประโยชน์สูงสุดจะต้องควบคุมขนาดหรือขนาดไล่เลี่ยงของหินและใช้อีมัลชั่นให้ถูกชนิด

<u>การบ่ม</u> (Curing)

ในงานลาดยางการแตกตัวของอีมัลชั่นชนิดมีประจุไฟฟ้าลบและชนิดมีประจุไฟฟ้าบวกขึ้นอยู่กับการระเหยของน้ำทำให้การเกาะยึดของหินค่อย ๆ เพิ่มขึ้น การระเหยของน้ำขึ้นอยู่กับสภาพฝน-ฟ้า-อากาศ (weather condition) สภาพที่เป็นอุปสรรคต่อการบ่ม คือ มีความชื้นในอากาศสูง อุณหภูมิต่ำหรือฝนตกหลังจากการทำงาน สภาพผิวและบรรยากาศมีผลต่ออีมัลชั่นชนิดมีประจุไฟฟ้าบวกน้อยกว่าชนิดมีประจุไฟฟ้าลบ ซึ่งเป็นข้อดีของอีมัลชั่นชนิดมีประจุไฟฟ้าบวกและทำให้แตกตัวเร็วกว่า

เมื่อใช้ยางอีมัลชั่นชนิดแตกตัวเร็ว (Rapid-set emulsion) ที่มีประจุไฟฟ้าลบหรือชนิดที่มีประจุไฟฟ้าบวก การแยกตัวของแอสฟัลท์เริ่มแรกเกิดจากปรากฏการณ์ทาง electro chemical แต่การเกาะยึดระหว่างหินและแอสฟัลท์ส่วนใหญ่เกิดหลังจากน้ำที่ผสมอีมัลซิไฟเออร์ได้สูญเสียไปแล้ว แอสฟัลท์จะค่อย ๆ แทนที่น้ำที่เคลือบอยู่นี้ เมื่อน้ำระเหยออกไป โดยแรงจากการบดอัดหรือโดยการดูดซึมของหิน

อีมัลชั่นชนิดแตกตัวเร็วปานกลาง (Medium-set emulsion) และชนิดแตกตัวช้า (Slow-set emulsion) จะมีความคงตัวสูงโดยจะไม่ค่อยคำนึงถึงระหว่างประจุไฟฟ้าของหินกับยางมะตอย เมื่อใช้อีมัลชั่น 2 ชนิดนี้ทำผิวชนิดผสม (paving mix) หินที่ใช้ควรจะมีความชื้นเพื่อสะดวกในการผสมและการที่แอสฟัลท์จะเคลือบหินได้ดีขึ้น การเพิ่มกำลังเมื่อใช้อีมัลชั่นชนิดแตกตัวช้าส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการระเหยของน้ำและการดูดซึมของหิน อีมัลชั่นชนิดแตกตัวปานกลางและแตกตัวช้าที่มีประจุบวกวัสดุหินที่ใช้จะต้องมีความชื้นสูงสุดเพื่อช่วยในการผสมและการที่แอสฟัลท์จะเคลือบหิน

อีมัลชั่นบางชนิดมีพวกน้ำมันผสมอยู่ด้วย เพื่อช่วยในการผสมและการเคลือบหิน ถึงแม้ว่าน้ำมันเหล่านี้จะไม่เกี่ยวกับกลไกในการแตกตัว แต่ก็ต้องให้เวลาเพื่อให้น้ำมันระเหยออกไปก่อน (cure) จึงจะใช้งาน แต่ถ้าลาดยางหลาย ๆ ชั้นก่อนทำชั้นต่อไปต้องรอให้น้ำมันระเหยออกไปให้หมดเสียก่อน

<u>การเลือกใช้ยางให้เหมาะสม</u> (Selecting the Right Type of Asphalt Emulsion)

ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นสามารถนำมาใช้ตามจุดมุ่งหมายต่าง ๆ ในงานทางได้เกือบทั้งหมด เช่น ทำซีลโค้ต ไพร์มโค้ต แท็คโค้ต เซอร์เฟสทรีตเมนต์ และอื่น ๆ ดังนั้นจะต้องเลือกใช้ชนิดของยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นให้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายในการใช้งาน

การพิจารณาเลือกใช้

อันดับแรกจะต้องพิจารณาชนิดของงานที่จะนำไปใช้ เช่น ซีลโค้ต ไพร์มโค้ต เซอร์-เฟสทรีตเมนต์ และใช้ทำแอสฟัลท์ติกคอนกรีต สิ่งอื่น ๆ ที่ต้องพิจารณาประกอบคือ

- สภาพอากาศที่คาดว่าจะเกิดในขณะก่อสร้าง เช่น ร้อนหรือหนาว
- ชนิดของหินที่จะนำมาใช้งาน
- อุปกรณ์ก่อสร้างที่จะนำมาใช้งาน
- แหล่งน้ำที่จะมาใช้ผสม เพื่อชลอการแตกตัว
- ปัญหาการจราจรที่ผ่านในบริเวณก่อสร้าง
- พิจารณาถึงสภาพแวดล้อม

การปฏิบัติการในห้องทดลอง เป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะเลือกใช้ชนิดของยางแอสฟัลท์อีมัลชั่น ปริมาณของยางแอสฟัลท์อีมัลชั่น จำนวนน้ำที่จะต้องเพิ่มเข้าไปในส่วนผสม ระยะเวลาในการแตกตัว

แต่ละเกรดของยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นได้ผลิตขึ้นมาเพื่อจุดมุ่งหมายในการใช้งานต่าง ๆ กัน คือ

<u>ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นชนิดแตกตัวเร็ว</u> (Rapid-Setting Emulsions)

ออกแบบเพื่อให้มีปฏิกริยาไวเมื่อสัมผัสกับหินและเปลี่ยนสภาพจากยางมะตอยน้ำกลับไปเป็นแอสฟัลท์ เวลาเคลือบหินจะเป็นแผ่นหนาเหมาะสำหรับใช้พ่น เช่นทำเซอร์เฟสทรีตเมนต์ ที่นิยมใช้ในประเทศไทย คือ CRS-2, CRS-3 เกรดนี้จะมีความหนืด (Viscosity) สูงเพื่อป้องกันการที่ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นไหลออกจากผิวทาง

<u>ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นชนิดแตกตัวเร็วปานกลาง</u> (Medium-Setting Emulsions)

ออกแบบเพื่อใช้กับหินหยาบ (coarse aggregate) เกรดนี้จะไม่แตกตัว (breaking) ทันทีที่สัมผัสกับหิน หลังจากที่ผสมเข้ากับหินดีแล้วจะมีเวลา 2-3 นาทีเพื่อนำไปใช้งาน ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่น เกรดนี้จะมีความหนืดต่ำกว่าชนิดแตกตัวเร็ว

High float (HF) คือยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นที่อยู่ในเกรดแตกตัวเร็วปานกลางโดยจะให้ประจุไฟฟ้าลบ วิธีวัด high float ได้จากการทดสอบเนื้อยาง (asphalt residue) โดย Float Test (AASHO T 50 หรือ ASTM D139) ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นชนิด high float จะเคลือบหินได้ดีและเหมาะกับสภาพอากาศรุนแรง แอสฟัลท์ชนิดธรรมดาจะไหล (flow) ที่อุณหภูมิ 60^{o}ซ (140^{o}ฟ) แต่ชนิด high float จะไหลที่อุณหภูมิ 71^{o}ซ (160^{o}ฟ) ชนิด high float จะไม่ค่อย เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ อ่อนตัวน้อยในฤดูร้อนและไม่แข็งตัวมากในฤดูหนาว

<u>ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นชนิดแตกตัวช้า</u> (Slow-Setting Emulsions)

ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นชนิดนี้จะมีความคงตัว (stability) สูง ใช้เวลาในการแตกตัวนาน ทำให้มีเวลาในการทำงานนาน สามารถนำไปใช้ผสมกับมวลรวมคละที่มีการเรียงขนาดดี (dense-grade aggregate) เมื่อผสมน้ำให้เจือจางทำให้ความหนืด (viscosity) ลดลง สามารถนำไปใช้ทำแทคโค้ต (tack coats) พ่นเพื่อกำจัดฝุ่นและฉีดเป็นฝอยบาง ๆ (fog seal) การแตกตัวจะขึ้นอยู่กับการระเหยของน้ำ ถ้าต้องการเร่งให้แตกตัวเร็วขึ้นให้ผสมกับปูนซิเมนต์หรือปูนขาว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17959263

ในตารางที่ 2 ได้แนะนำการเลือกใช้ยางแอสฟัลท์อีมัลชั่นที่เหมาะสมกับงานลักษณะต่าง ๆ

TABLE 2 GENERAL USES OF EMULSIFIED ASPHALT

ASTM D 3628

NOTE – Only those grades of emulsified asphalt in general use have been indicated herein. It is possible that under certain variations of aggregates, or climatic conditions, or both, additional selections might be appropriate. Where the use of emulsified asphalt for applications other than those listed in the table are contemplated, the emulsion supplier should be consulted.

Type of Construction[A]	Specification D 977							Specification D 2397 (Cationic)					
	RS-1	RS-2	MS-1, HFMS-1	MS-2, HFMS-2	MS-2h, HFMS-2h	SS-1	SS-1h	CRS-1	CRS-2	CMS-2	CMS-2h	CSS-1	CSS-1h
Bituminous-aggregate mixtures:													
For pavement bases and surfaces:													
Plant mix (hot) (D 3515)	...	...	...	...	X[B]	...	...	...	...	...	...	...	...
Plant mix (cold)													
Open-graded aggregate	...	...	...	X	X	...	...	...	...	X	X	...	...
Dense-graded aggregate	...	...	...	...	...	X	X	...	...	...	...	X	X
Sand	...	...	...	...	...	X	X	...	...	...	...	X	X
Mixed-in-place:													
Open-graded aggregate	...	...	X	X	X	...	...	...	...	X	X	...	...
Dense-graded aggregate	...	...	...	...	...	X	X	...	...	...	...	X	X
Sand	...	...	...	...	...	X	X	...	...	...	...	X	X
Sandy soil	...	...	...	...	...	X	X	...	...	...	...	X	X
Slurry seal	...	...	...	...	...	X	X	...	...	...	...	X	X
Bituminous-aggregate applications:													
Treatments and seals:													
Single surface treatment (Chip Seal)	X	X	...	...	...	...	...	X	X	...	...	...	...
Multiple surface treatment	X	X	...	...	...	...	...	X	X	...	...	...	...
Sand seal	X	X	X	...	...	...	...	X	X	...	...	...	...
Penetration macadam:													
Large voids	...	X	...	...	...	...	...	...	X	...	...	...	...
Small voids	X	...	...	...	...	...	...	X	...	...	...	...	...
Bituminous applications:													
Fog seal	...	...	X[C]	...	...	X[D]	X[D]	...	...	...	...	X[D]	X[D]
Prime coat-penetrable surface	...	...	...	...	...	X[D]	X[D]	...	...	...	...	X[D]	X[D]
Tack coat	...	...	X[C]	...	...	X[D]	X[D]	...	...	...	...	X[D]	X[D]
Dust binder	...	...	...	...	...	X[D]	X[D]	...	...	...	...	X[D]	X[D]
Mulch treatment	...	...	...	...	...	X[D]	X[D]	...	...	...	...	X[D]	X[D]
Crack filler	...	...	...	X	X	X	X	...	...	X	X	X	X
Maintenance mix:													
Immediate use	...	...	X	X	X	...	...	...	...	X	X	...	...

[A] For definitions of terms used in this table, refer to Section 2.

[B] Specification D 3515 permits the use of other emulsion grades by note, "Grades of emulsion other than MS-2h may be used where experience has shown that they give satisfactory performance."

[C] Diluted with water by the manufacturer.

[D] Diluted with water.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, is entirely their own responsibility.

2. ยางคัทแบคแอสฟัลท์ (Cutback Asphalts)

แอสฟัลท์ชนิดนี้ทำได้โดยการผสมแอสฟัลท์ซีเมนต์กับสารละลาย (Solvents) ซึ่งได้แก่น้ำมันต่าง ๆ เช่น Neptha (Gasolene), Kerosene และ Diesel Oil แอสฟัลท์ชนิดนี้จะมีลักษณะเหลวในอุณหภูมิธรรมดา โดยเมื่อนำไปใช้งาน เช่นใช้ทำผิวจราจร เมื่อนำไปลาดแล้วน้ำมันที่ใช้ผสมจะระเหยตัวไปคงเหลือแต่แอสฟัลท์ซีเมนต์

ยางคัทแบคแอสฟัลท์ในอุณหภูมิปกติจะมีลักษณะข้นจนกระทั่งเหลว จะข้นเหลวมากน้อยขึ้นอยู่กับ Penetration Grade ของยางแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมและชนิดของสารละลาย (Cutter stock) ตลอดจนสัดส่วนระหว่างสารละลายกับแอสฟัลท์ซีเมนต์ แอสฟัลท์ชนิดนี้ประเภทที่เหลวมากอาจนำไปใช้งานได้โดยตรงโดยไม่ต้องให้ความร้อนหรือให้เพียงเล็กน้อยก็พอ สำหรับประเภทที่เหลวปานกลางโดยปกติให้ความร้อน 150^{0}ฟ - 200^{0}ฟ ก็เพียงพอในการทำงาน สำหรับชนิดที่ข้นมากอาจจะต้องให้ความร้อนระหว่าง 200^{0}ฟ-350^{0}ฟ

ก. Rapid Curing Liquid asphalts (R.C.)

แอสฟัลท์ชนิด R.C. นี้เป็นประเภทที่แข็งตัวไว (Fast setting) ทั้งนี้เนื่องจากเกิดจากส่วนผสมระหว่าง Naptha (Gasoline) ซึ่งเป็นน้ำมันซึ่งระเหยง่ายกับแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 85/100 หรือ 60/70 แอสฟัลท์ชนิด R.C. นี้ทั่ว ๆ ไปใช้ในงานก่อสร้างประเภทเซอเฟสทรีตเมนท์ เพเนเตชั่นแมคคาดัม และ Open-graded paving mixtures

ข. Medium Curing Liquid Asphalt (M.C.)

แอสฟัลท์ชนิดนี้ผลิตได้โดยผสมแอสฟัลท์ซีเมนต์ เกรด 120/150 กับ Kerosene ฉนั้นแอสฟัลท์ชนิดนี้จึงใช้เวลาในการแข็งตัว (Setting) นานกว่าชนิด R.C. เนื่องจาก Kerosene ระเหยตัวได้ช้ากว่า Naptha

แอสฟัลท์ชนิดนี้ใช้ในงานที่ต้องการระยะเวลาบ่มตัว (Curing) นาน เช่น ในการทำ Prime coat ทั้งนี้เพื่อให้ M.C. มีโอกาสซึมลงไปใต้ผิวชั้นพื้นทางได้มากหรือใช้ในการทำ Dense Grade Paving Mixtures

ค. Slow Curing Liquid Asphalt (S.C.)

แอสฟัลท์ชนิด S.C. นี้โดยทั่วไปผลิตได้โดยผสมแอสฟัลท์ซีเมนต์ เกรด 150-200 กับพวกน้ำมันหนัก เช่น Diesel Fuel Oil หรืออาจผลิตได้จากการกลั่นโดยตรง S.C. นี้ มักนิยมเรียกว่า "Road Oils"

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย