บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การก่อสร้างถนนโดยเฉพาะอย่างยิ่งชั้นผิวถนน (Surface Course) และชั้นพื้นถนน (Base Course) ที่เป็นแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete) ต้องการวัสดุที่มีคุณภาพสูง เช่น หิน แต่สำหรับบางพื้นที่ของประเทศไทย เช่น ทางอีสานบางจังหวัดวัสดุคุณภาพดีประเภทหินค่อนข้างหายากและขาดแคลน ทรายเป็นวัสดุที่มีคุณภาพดีอีกชนิดหนึ่งซึ่งหาได้ง่ายในท้องที่บางแห่งที่ขาดแคลนหิน ดังนั้นจึงน่าที่จะได้มีการศึกษาเกี่ยวกับวัสดุผสมของทรายกับยางมะตอย (Sand Asphalt Mixture) เพื่อที่จะพัฒนานำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างแทนหินในแอสฟัลติกคอนกรีตต่อไป

1.2 ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวกับการวิจัย

1.2.1 วัสดุผสมแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Mixture)

คือวัสดุผสมของวัสดุมวลรวมกับยางมะตอย ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ วัสดุมวลรวม (Mineral Aggregate) ฝุ่น (Mineral Filler) และ ยางมะตอย (Asphaltic Cement)

McLeod (1970) ได้รวบรวมเรื่องราวเกี่ยวกับคุณสมบัติของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมของแอสฟัลติกคอนกรีต ดังต่อไปนี้

1. รูปร่างและลักษณะผิวของเม็ดวัสดุมวลรวม ตามหลักทฤษฎี ส่วนคละ (Gradation) ของวัสดุมวลรวมที่จะให้ความแน่น (Density) สูงสุด ได้จากการสมมติว่าเม็ดวัสดุที่ประกอบอยู่มีรูปร่างเป็นทรงกลม รูปร่างและลักษณะผิว (Surface Texture)

ของมันจะมีอิทธิพลต่อเสถียรภาพ (Stability) และความยากง่ายในการบดทับแอสฟัลติกคอนกรีต เม็ดวัสดุที่มีเหลี่ยมมุม มีรูปร่างใกล้เคียงกับทรงกลม และมีลักษณะผิวที่ดีเพียงพอจะทำให้วัสดุผสมของวัสดุมวลรวมกับยางมะตอยมีมุมของแรงเสียดทานภายใน (Angle of Internal Friction) สูงกว่าเม็ดวัสดุที่มีรูปร่างกลม

2. <u>ส่วนคละของวัสดุมวลรวม</u> ส่วนคละของวัสดุมวลรวมมีอิทธิพลต่อช่องว่างระหว่างเม็ดของวัสดุมวลรวม (Void in Mineral Aggregate) ช่องว่างอากาศ (Air Void) เสถียรภาพและความแน่นของวัสดุผสมฯ[1/] ภายหลังการบดทับแล้ว นอกจากนี้ยังมีผลต่อความยากง่ายในการบดทับให้ได้ความแน่นตามความต้องการอีกด้วย ส่วนคละที่ต้องการนั้นขึ้นอยู่กับรูปร่างและลักษณะผิวของเม็ดวัสดุ วัสดุมวลรวมที่มีส่วนคละเดียวกันแต่มีรูปร่างของเม็ดวัสดุแตกต่างกัน จะทำให้มีช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุแตกต่างกัน ดังนั้นส่วนคละที่เหมาะสมของวัสดุมวลรวมควรจะเป็นส่วนคละที่มีช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุเพียงพอ ทั้งนี้เพื่อให้ยางมะตอยสามารถเข้าไปแทรกอยู่ได้ตามปริมาณที่ต้องการ และเพื่อให้วัสดุผสมฯ ง่ายต่อการทำงาน มีเสถียรภาพเพียงพอและทนทาน

ส่วนคละของวัสดุมวลรวมที่ให้ความแน่นสูงสุด และให้ช่องว่างระหว่างเม็ดน้อยที่สุดสามารถหาได้จากสมการของ ฟูลเล่อร์ (Fuller's Equation)

$$p = 100 \left(\frac{d}{D}\right)^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ p = ปริมาณเป็นร้อยละที่ผ่านช่องตะแกรงใด ๆ

d = ขนาดช่องตะแกรงใด ๆ

D = ขนาดช่องตะแกรงที่ใหญ่ที่สุด

1/ คำว่า วัสดุผสมฯ หมายถึงวัสดุผสมของวัสดุมวลรวมกับยางมะตอย

3. ความแข็งแรงของวัสดุมวลรวม วัสดุมวลรวมที่ดีจะต้องมีความแข็งแรงและทนทานเพียงพอต่อการแตก ซึ่งจะทำให้ส่วนคละผิดไปในระหว่างการบดทับและการจราจรตลอดจนการทนทานต่อสภาวะดินฟ้าอากาศด้วย

4. ชนิดและคุณสมบัติของยางมะตอย ยางมะตอยเมื่อผสมกับวัสดุมวลรวมจะมีผลต่อวัสดุผสมฯ ในขณะที่ทำการผสมและปริมาณช่องว่างอากาศ ยางมะตอยจะเป็นตัวหล่อลื่นในขณะบดทับและป้องกันไม่ให้เกิดการแยกขนาด (Segregation) ของเม็ดวัสดุมวลรวม ชนิดของยางมะตอยที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของวัสดุผสม ฯ ใด ๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิอากาศ ปริมาณจราจร และส่วนประกอบในวัสดุผสม ฯ ยางมะตอยจะต้องมีความแข็งเพียงพอ เพื่อที่จะทำให้วัสดุผสม ฯ มีเสถียรภาพเพียงพอในการรับน้ำหนักทั้งแบบชั่วขณะและแบบระยะเวลานาน (Short and Long Time Loading) ภายใต้อุณหภูมิที่เป็นจริงในสนาม รอยแตกที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำมีสาเหตุเนื่องมาจากการใช้ยางมะตอยที่มีความแข็งเกินไป คุณสมบัติสำคัญของยางมะตอยที่มีผลต่อการผสมและการบดทับของวัสดุผสม ฯ ก็คือ ความหนืด (Viscosity) ในอุณหภูมิขณะที่ทำการบดทับของมัน ซึ่งจะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของยางมะตอย

1.2.2 คุณสมบัติสำคัญของวัสดุผสมของวัสดุมวลรวมกับยางมะตอย McLeod (1970) ได้ให้ข้อสังเกตุที่สำคัญ 4 ประการเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุผสม ฯ ดังนี้

1. เสถียรภาพ (Stability) เสถียรภาพของชั้นโครงสร้างวัสดุผสม ฯ หมายถึงความต้านทานต่อการทรุดตัวของชั้นวัสดุผสม ฯ ภายใต้น้ำหนักที่กระทำต่อมัน ดังนั้นการออกแบบจึงต้องคำนึงถึงเสถียรภาพของมัน ซึ่งจะต้องเพียงพอต่อชนิดและปริมาณการจราจรที่ประมาณไว้

2. ความทนทาน (Durability) หมายถึง ความต้านทานต่อการเสื่อมคุณภาพของยางมะตอยและวัสดุมวลรวม ตลอดจนการหลุดร่อนของเม็ดวัสดุมวลรวมจากผิวของถนนอันเนื่องมาจากสภาวะภูมิอากาศ และการจราจร

การเสื่อมคุณสมบัติของยางมะตอยมีสาเหตุดังนี้

การแข็งตัวของยางมะตอย ออกซิเจนในอากาศและแสงอุลตร้าไวโอเลตจะสันดาป

ยางมะตอยในวัสดุผสม ฯ บนผิวถนน ทำให้ยางมะตอยแข็งขึ้น แต่จะมีผลน้อยสำหรับวัสดุผสม ฯ ที่มีความแน่นสูง

น้ำ ถ้าช่องว่างในชั้นโครงสร้างวัสดุผสม ฯ ของถนนมีปริมาณมาก จะทำให้น้ำสามารถเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างชั้นของยางมะตอยที่เคลือบเม็ดของวัสดุมวลรวมอยู่ จะมีผลทำให้เกิดการหลุดลอกของยางมะตอย เมื่อมีน้ำหนักเนื่องจากการจราจรมากระทำหรือแรงจากการบิดงอตัวของมันเอง ทำให้เกิดรอยแตกและเสถียรภาพลดลง

อุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้เกิดการขยายตัวและหดตัวในโครงสร้างชั้นต่าง ๆ ของถนน ซึ่งเป็นผลให้เกิดแรงเค้น (Stress) ขึ้นในชั้นโครงสร้างต่าง ๆ โดยปกติแรงเค้นที่เกิดขึ้นจะมีค่าไม่สูงเมื่อความเครียด (Strain) มีค่าน้อย ๆ และสามารถลดลงได้ด้วยการไหล (Flow) ของวัสดุผสม ฯ แต่การซ้ำซ้อนของแรงเค้นนี้ จะมีผลต่อความทนทานของวัสดุผสม ฯ

ปฏิกริยาทางเคมี หยดน้ำมันจากรถที่หยดลงบนผิวถนนจะทำให้ยางมะตอยอ่อนตัวลงได้ แต่จะมีผลน้อยเมื่อวัสดุผสม ฯ มีความแน่นสูง

การจราจร เมื่อรถเคลื่อนที่ไปบนถนนด้วยอัตราความเร็วสูงจะทำให้เกิดแรงเค้นแตกต่างกันในแต่ละเม็ดของวัสดุมวลรวมสูงมาก และถ้ายางมะตอยแข็งเกินไปก็จะทำให้เกิดรอยแตกและเม็ดของวัสดุมวลรวมก็จะหลุดร่อนออกได้ ในอีกกรณีหนึ่ง น้ำหนักเนื่องจากการกดทับของล้อรถลงบนผิวถนนจะทำให้เกิดการโค้งงอและเกิดแรงเค้นดึง (Tensile Stress) ในส่วนล่างของชั้น ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดรอยแตกขึ้น

3. ความต้านทานต่อการลื่นไถล (Skid Resistance) ความต้านทานต่อการลื่นไถลของผิวถนน ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิวของมัน ซึ่งมีความสามารถระบายน้ำออกไปได้รวดเร็วเพียงพอ เพื่อที่จะให้ยางล้อรถสามารถสัมผัสกับส่วนของเม็ดวัสดุมวลรวมบนผิวถนน ความต้านทานต่อการลื่นไถลจะเสียไปเมื่อยางมะตอยทะลักขึ้นมาบนผิวถนนและเม็ดวัสดุมวลรวมจมลงไปในยางมะตอยหรือเมื่อเม็ดวัสดุมวลรวมถูกขัดสีจนเรียบแล้ว

4. <u>ความสามารถในการยืดหยุ่นตัวได้</u> (Flexibility) เมื่อรถเคลื่อนที่ไปบนถนน ผิวของถนนจะถูกกดทับด้วยน้ำหนักของล้อรถ จะทำให้เกิดการยุบตัวในชั้นผิวถนนซ้ำ ๆ กัน ซึ่งจะทำให้เกิดแรงเค้นอัดและแรงเค้นดึง (Compressive and Tensile Stresses) ขึ้นที่ส่วนบนและส่วนล่างของโครงสร้างชั้นผิวถนนและส่วนล่างมักจะเกิดความเสียหาย

1.2.3 <u>เสถียรภาพของวัสดุผสม ฯ ภายใต้น้ำหนักบรรทุกจร</u> (Moving Load) เนื่องจากวัสดุผสม ฯ จะต้องมีความแข็งแรง และสามารถทนทานต่อน้ำหนักที่กระทำซ้ำ ๆ กัน (Repeated Load) ได้ ดังนั้นจึงเป็นการไม่สมควรที่จะยึดถือเอาค่าสูง ๆ ของเสถียรภาพตามวิธีของมาร์แชลมาเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบ การที่จะตัดสินใจว่าค่าเสถียรภาพควรเป็นเท่าไรนั้น พิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างค่าเสถียรภาพกับค่าการไหลของมัน

Nijboer (1954) ได้แนะนำไว้ว่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน (Coefficient of Friction) สำหรับอัตราการลดความเร็วปกติ ตามที่ Moyer (1942) ได้ศึกษาไว้ จะต้องมีค่าไม่เกิน 0.4 ดังนั้นค่าแรงเค้นเฉือนวิกฤต (Critical Shear Stress) ที่เกิดขึ้นในผิวถนนจะเป็นร้อยละ 40 ของค่าแรงเค้นตามแนวดิ่ง (Normal Stress) (ค่าแรงเค้นตามแนวดิ่งจะมีค่าเท่ากับความดันในยางล้อรถโดยประมาณ) ระยะเวลาที่น้ำหนักกระทำสามารถคำนวณได้โดยพิจารณาจากอัตราความเร็วของรถ เมื่อมีความเร็วน้อย ๆ เช่น 3.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (เท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที) ความยาวของการสัมผัสระหว่างยางล้อรถกับผิวถนนเท่ากับ 30 เซนติเมตร หรือ 1 ฟุต และเวลาที่สัมผัสเท่ากับ $\frac{1}{3}$ วินาที และพบว่าวัสดุผสม ฯ สามารถยืดหยุ่นและคืนตัว (Elastic Recovery) อย่างรวดเร็วได้ถ้าความเครียดไม่เกินร้อยละ 1 ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการทรุดตัว (Deformation) ของโครงสร้างถนนในชั้นวัสดุผสม ฯ อันเนื่องมาจากการจราจร ค่าความเครียดภายใต้แรงเค้นเฉือน (Shearing Stress) อันใดอันหนึ่ง จึงไม่ควรเกินร้อยละ 1

$$S_G\,(t,\,T) = \frac{\text{แรงเค้นเฉือน}}{\text{ความเครียด}}$$

$$S_G(t = \frac{1}{3},\ T \text{ at max.}) = \frac{0.4p}{0.01}$$

$$S_G(t = \frac{1}{3},\ T \text{ at max.}) = 40p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

เมื่อ $S_G(t = \frac{1}{3},\ T \text{ at max.})$ = สติฟเนสโมดูลัส (Stiffness Modulus) ของวัสดุผสม ฯ เนื่องมาจากแรงเฉือนที่เวลา $\frac{1}{3}$ วินาที และเมื่ออุณหภูมิสูงสุดในสนาม มีค่าเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว

p = น้ำหนักกดทับขณะยางล้อรถสัมผัสผิวถนน ซึ่งเท่ากับความดันในยางล้อรถโดยประมาณ มีค่าเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ในการทดลองเพื่อที่จะหาค่าสติฟเนสโมดูลัสนั้น เป็นการยุ่งยากมาก แต่ถึงกระนั้นการทดลองตามวิธีของมาร์แชล ก็ยังสามารถใช้หาค่าสติฟเนสโมดูลัสโดยประมาณได้ โดยสมมุติให้น้ำหนักกระทำลงบนหน้าตัดที่มากที่สุดของก้อนตัวอย่างวัสดุผสม ฯ อย่างสม่ำเสมอและมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเครียดในแนวดิ่ง ค่าสติฟเนสโมดูลัส สามารถคำนวณได้จากการทดลองตามวิธีของมาร์แชลดังนี้

$$S_E(t,\ T) = \frac{\text{แรงเค้น}}{\text{ความเครียด}}$$

$$S_E(t,\ T) = \frac{\text{เสถียรภาพ}}{\text{พื้นที่หน้าตัดที่มากที่สุด}} \div \frac{\text{การไหล}}{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางของก้อนตัวอย่าง}}$$

$$= \frac{P}{10} \div \frac{F1}{(100)(4)}$$

$$S_E(t,\ T) = \frac{40P}{F1} \text{ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

เมื่อ $S_E(t, T)$ = ค่าสติฟเนสโมดูลัสของวัสดุผสม ฯ ที่ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ทดลอง (สำหรับการทดลองตามวิธีของมาร์แชล $t \cong 4$ วินาที และ $T = 140^{\circ}$ ฟาเรนไฮท์

P = ค่าเสถียรภาพตามวิธีของมาร์แชล มีค่าเป็นปอนด์

Fl = ค่าการไหล มีค่าเป็น $\frac{1}{100}$ นิ้ว

เปรียบเทียบสมการ (1) และ (2) จะต้องมีการแก้ไขเพื่อให้ใช้ได้กับระยะเวลาที่น้ำหนักกระทำ (Time of Loading) ใด ๆ ในการทดลองตามวิธีของมาร์แชล ระยะเวลาที่น้ำหนักกระทำ ประมาณ 4 วินาที เมื่อเป็นการแก้ไขและปรับให้เข้ากับระยะเวลาที่น้ำหนักล้อรถกระทำเท่ากับ $\frac{1}{3}$ วินาทีในสนามที่อุณหภูมิเดียวกัน จึงต้องใช้ค่า $\frac{2.5}{3}$ เป็นตัวประกอบ (Correction Factor)

เนื่องจาก $S_G(t, T) = S_E(t, T) \frac{2.5}{3}$

$$S_G(t,T)(\text{ที่น้อยที่สุด}) = 40p = \frac{40P}{Fl} \times \frac{2.5}{3}$$

$$\frac{P}{Fl} \geq 1.2p$$

1.2.4 <u>มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างของถนนชั้นวัสดุผสม ฯ ของวัสดุมวลรวมกับยางมะตอยตามวิธีของมาร์แชล</u>

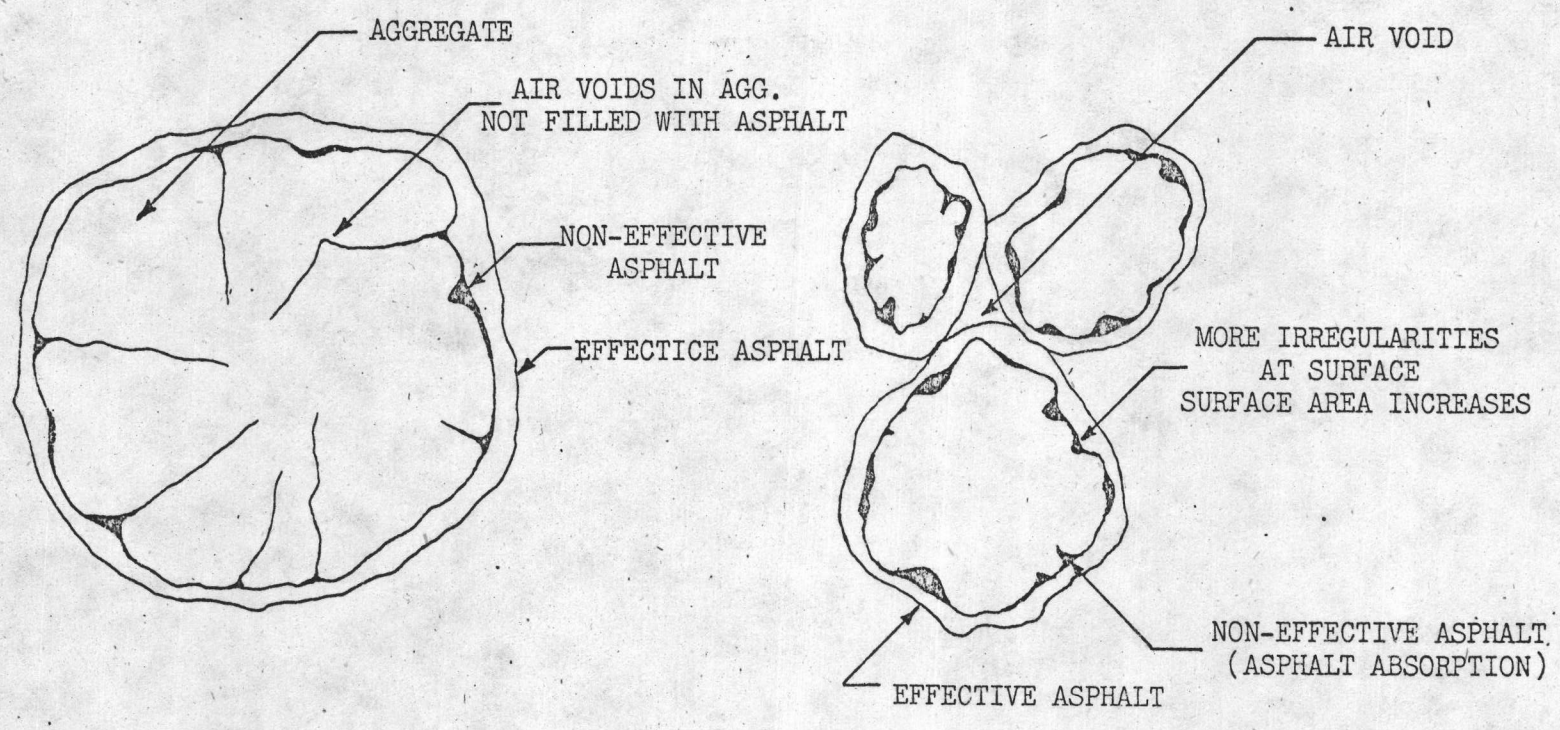
<u>ช่องว่างอากาศ</u> (Air Void) การออกแบบวัสดุผสม ฯ จะต้องให้มีช่องว่างอากาศเพียงพอโดยภายหลังจากการบดทับจนถึงที่สุดแล้ว จะยังคงมีช่องว่างอากาศอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 ของปริมาตรทั้งหมด ด้วยเหตุที่ยางมะตอยเป็นของเหลวหนืด ถ้าหากวัสดุผสม ฯ มีช่องว่างอากาศน้อยเกินไป และเมื่อมีค่าเท่ากับศูนย์แล้ว น้ำหนักที่มากระทำต่อวัสดุผสม ฯ จะถ่ายลงสู่ยางมะตอยที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวม ทำให้แรงเค้น

ระหว่างเม็ดวัสดุลดลง ซึ่งจะทำให้เสถียรภาพของวัสดุผสม ฯ ลดลงไปด้วย จากประสบการณ์รอยร่องล้อ และการทะลักของวัสดุผสม ฯ จะเกิดขึ้นเมื่อวัสดุผสม ฯ มีช่องว่างอากาศน้อยกว่าร้อยละ 1 ถึงแม้จะมีปริมาณยางมะตอยน้อยก็ตาม

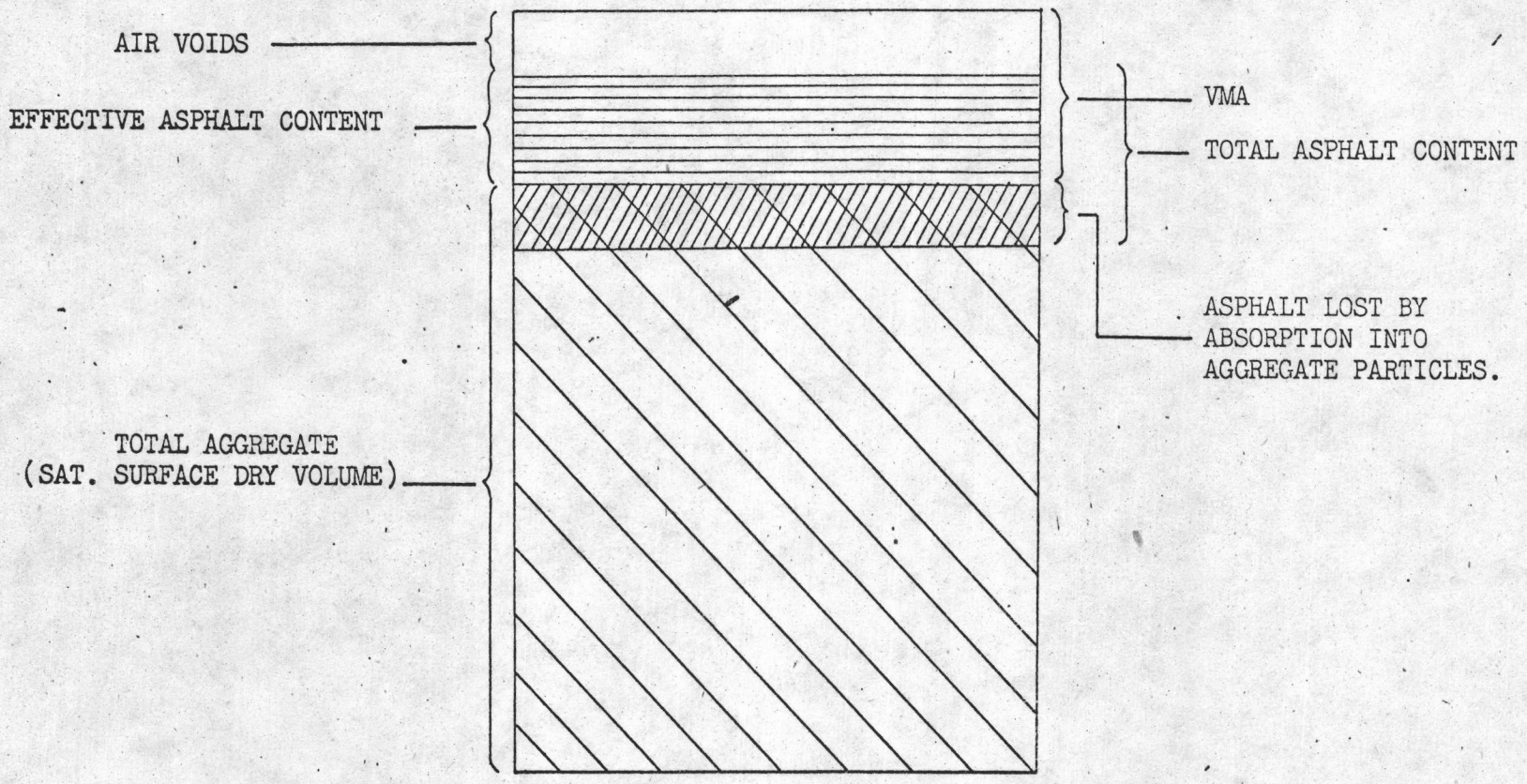
ความสัมพันธ์ระหว่างการบดทับในห้องปฏิบัติการและการบดทับในสนามยังไม่มีการกำหนดขึ้นโดยสมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตาม the U.S. Crop. of Engineers (1948) ได้แนะนำไว้ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดความแน่นมากเกินไปในสนามอันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกบนล้อยางซึ่งมีความดันประมาณ 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ตัวอย่างวัสดุผสม ฯ ในห้องปฏิบัติการที่ได้รับการบดทับตามวิธีของมาร์แชล จะต้องมีช่องว่างอากาศไม่น้อยกว่าร้อยละ 3 และเพื่อเป็นการลดการเสื่อมคุณภาพของยางมะตอยอันเนื่องมาจากสภาวะภูมิอากาศ ช่องว่างอากาศจะต้องไม่มากกว่าร้อยละ 5 ของปริมาตรทั้งหมด

ช่องว่างระหว่างเม็ดของวัสดุมวลรวมในวัสดุผสม ฯ หมายถึงช่องว่างที่บรรจุยางมะตอยและช่องว่างอากาศไว้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1.1 และ 1.2 เพื่อที่จะให้วัสดุผสม ฯ มีความต้านทานต่อน้ำหนักกระทำที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ กัน ความหนาของชั้นยางมะตอยที่เคลือบเม็ดวัสดุจะต้องไม่บางเกินไป ไม่เช่นนั้นแล้วชั้นของยางมะตอยที่เคลือบอยู่นั้นจะไม่สามารถรับความเครียดที่เกิดขึ้น จะทำให้เกิดรอยแตกร้าวได้ ปริมาณยางมะตอยที่ใช้นั้นสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวของเม็ดวัสดุมวลรวม ฉะนั้นขนาดเม็ดที่ใหญ่ที่สุดของวัสดุมวลรวมจึงมีความสัมพันธ์ด้วย McLeod (1959) ได้เสนอแนะขีดจำกัดต่ำสุดของช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมในวัสดุผสม ฯ ซึ่งจะให้ค่าความหนาที่น้อยที่สุดของชั้นยางมะตอยที่เคลือบเม็ดวัสดุอยู่ได้โดยไม่ทำให้มีช่องว่างอากาศน้อยเกินไป ความสัมพันธ์นี้แสดงไว้ในรูปที่ 1.3

ค่าการไหล (Flow Value) McLaughlin และ Goetz (1952) ได้พบความสัมพันธ์ของ Ø (ค่ามุมของแรงเสียดทานภายใน) = 60 - ค่าการไหล ในวัสดุผสม ฯ ชั้นผิวถนนซึ่งจะต้องมีความทนทานต่อแรงเค้นอันเนื่องจากการจราจร จะต้องมีค่า Ø ไม่น้อยกว่า 40 และการไหลไม่เกิน 20 ในกรณีที่ค่าการไหลต่ำมาก (ต่ำกว่า 6) จะเป็นสิ่งที่แสดงว่าวัสดุผสม ฯ นั้นจะแตกง่าย หรือมีปริมาณยางมะตอยน้อยเกินไป

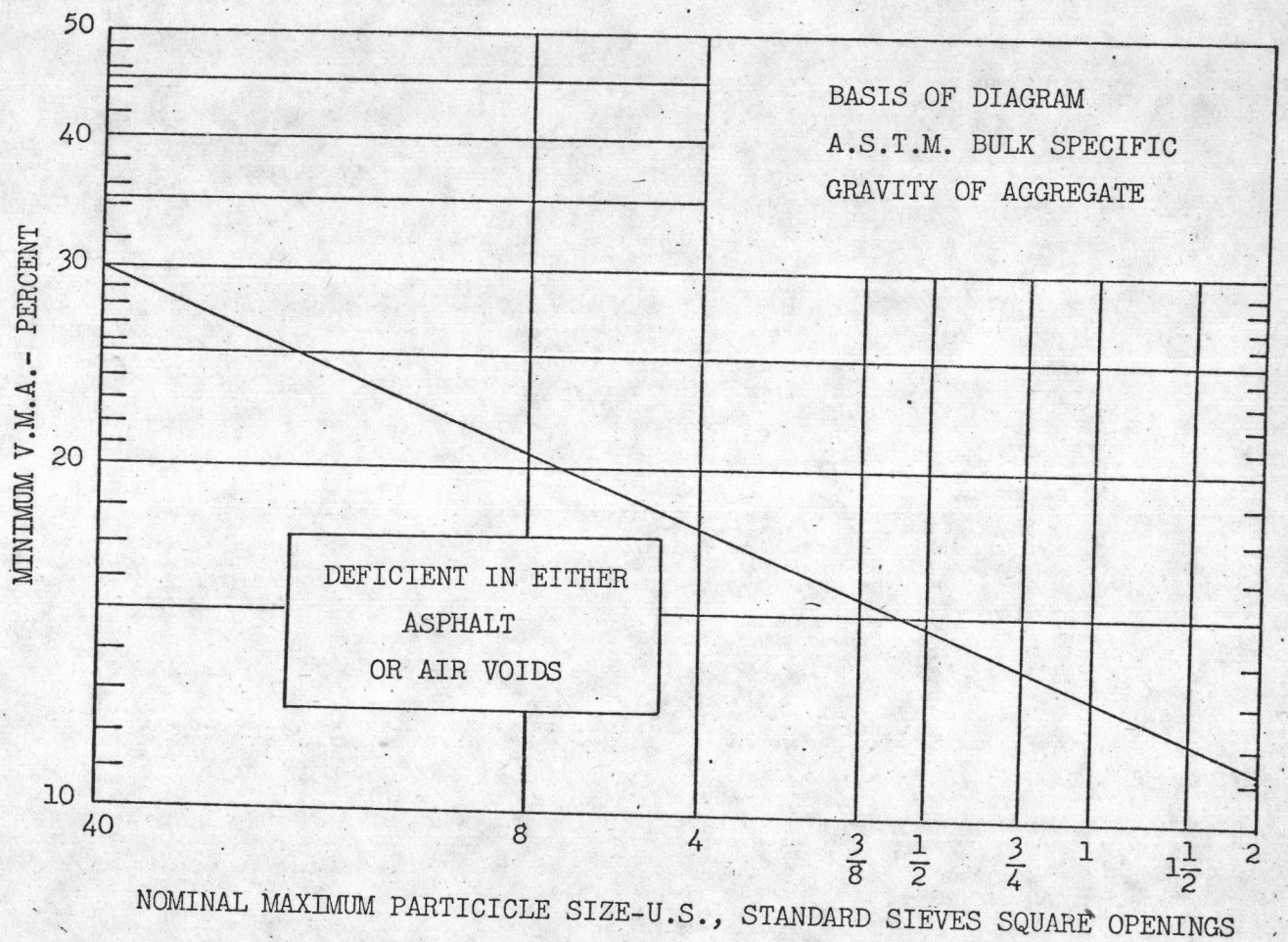


รูปที่ 1.1 แสดงช่องว่างอากาศ ยางมะตอยยึดเกาะ ยางมะตอยที่ดูดซึมโดยวัสดุมวลรวมในวัสดุผสมบดทับเป็นผิวจราจร



รูปที่ 1.2 แสดงความสัมพันธ์ตามปริมาตรระหว่างยางมะตอยทั้งหมดยางมะตอยยึดเกาะ และวัสดุมวลรวมทั้งหมด ในวัสดุผสมที่บดทับเป็นผิวจราจร

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมที่น้อยที่สุดกับขนาดเม็ดที่ใหญ่ที่สุดในวัสดุผสมที่บดทับเป็นผิวจราจร

1.2.5 มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างถนนชั้นวัสดุผสมของวัสดุมวลรวมกับยางมะตอยตามวิธีการทดลองของมาร์แชลสำหรับปริมาณการจราจรปานกลาง

จำนวนการบดทับแต่ละด้าน	50	ครั้ง
ค่าเสถียรภาพต่ำสุด	500	ปอนด์
ค่าการไหล	8-18	
ช่องว่างอากาศ (ร้อยละ)		
ชั้นผิวทาง	3-5	
ชั้นพื้นทาง	3-8	

ช่องว่างระหว่างเม็ดของวัสดุมวลรวมในวัสดุผสม ฯ ขึ้นอยู่กับขนาดเม็ดที่ใหญ่ที่สุดของวัสดุมวลรวมที่ใช้ ดูตามรูปที่ 1.3

สำหรับมาตรฐานการออกแบบเฉพาะของวัสดุผสมของวัสดุมวลรวมซึ่งเป็นทรายกับยางมะตอย (Sand Asphalt Mixture) นั้นใช้สำหรับชั้นพื้นถนน (Base Course) เท่านั้น มีดังนี้

จำนวนการบดทับแต่ละด้าน	50	ครั้ง
ค่าเสถียรภาพต่ำสุด	200	ปอนด์
ค่าการไหลสูงสุด	20	
ช่องว่างอากาศ (ร้อยละ)	3-18	

1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติของทรายธรรมชาติจากแหล่งต่าง ๆ เมื่อนำมาผสมกับยางมะตอย และทดลองตามวิธีของมาร์แชล รวมถึงการปรับปรุงเสถียรภาพของวัสดุผสมทรายกับยางมะตอย โดยการเพิ่มหินฝุ่นและฝุ่นเข้าไปในส่วนผสม

1.4 แผนการวิจัย

การวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. เก็บและคัดเลือกตัวอย่างทรายจากแหล่งต่าง ๆ
2. ศึกษาคุณสมบัติของตัวอย่างทรายที่คัดเลือกแล้ว
3. ทดลองตามวิธีของมาร์แชล
   - 3.1 ใช้ทรายผสมกับยางมะตอย โดยเปลี่ยนแปลงอัตราของยางมะตอย
   - 3.2 ใช้ทรายผสมหินฝุ่นและยางมะตอย โดยเปลี่ยนแปลงอัตราของหินฝุ่น
   - 3.3 ใช้ทรายผสมหินฝุ่น ฝุ่น และผสมยางมะตอย โดยเปลี่ยนแปลงอัตราของฝุ่น
   - 3.4 ใช้ทรายผสมหินฝุ่น ฝุ่น และยางมะตอย โดยเปลี่ยนแปลงอัตราของยางมะตอย
   - 3.5 ทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการบดทับวัสดุผสมทรายกับยางมะตอย