



แอสฟัลต์ติกคอนกรีต และความต้านทานการสิ้นเปลืองของผิวทาง

2.1 คำนิยาม ของแอสฟัลต์ติกคอนกรีตแบบ Hot-Mix

แอสฟัลต์ติกคอนกรีตแบบ Hot-Mix ประกอบด้วยส่วนผสมระหว่างมวลรวมคละและวัสดุแอสฟัลท์ การผสมเป็นไปอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งมวลรวมคละถูกเคลือบด้วยยางแอสฟัลท์จนทั่ว ลักษณะการผสมเป็นการผสมร้อน ก่อนการผสมมวลรวมคละจะถูกทำให้ร้อนเพื่อให้แห้ง และวัสดุแอสฟัลท์จะถูกทำให้ร้อนเพื่อให้ความเหลวพอเหมาะต่อการผสมและให้การบดทับได้ดี

2.2 คุณสมบัติของแอสฟัลต์ติกคอนกรีต แอสฟัลต์ติกคอนกรีตจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

2.2.1 ความทนทาน (Durability) แอสฟัลต์ติกคอนกรีตจะต้องมีความคงทนต่ออิทธิพลของสภาพแวดล้อม เช่น อากาศ น้ำ และสารเคมีต่าง ๆ ยางแอสฟัลท์เมื่อสัมผัสกับอากาศนาน ๆ ไปจะแข็งตัวเนื่องจากเกิดปฏิกิริยา Oxidation ทำให้ยางแข็งเปราะไม่มีการยืดหยุ่น เป็นสาเหตุทำให้ผิวทางเกิดการหลุดร่อนและแตกกร้าว จึงต้องควบคุมปริมาณส่วนผสม (Mix Proportion) ของแอสฟัลต์ติกคอนกรีตให้มีปริมาณโพรงอากาศ (Air Voids) ภายหลังการบดทับอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

2.2.2 เสถียรภาพ (Stability) เป็นความต้านทานต่อการเสียความแข็งแรงหรือเสียรปร่างของแอสฟัลต์ติกคอนกรีตเมื่อถูกกระทำโดยน้ำหนักของยานพาหนะ ผิวทางที่มีความแข็งแรงจะต้องมีแรงยึดเกาะระหว่างมวลรวมคละเป็นอย่างดี ซึ่งขึ้นอยู่กับ การเลือกชนิดของยางแอสฟัลท์ที่เหมาะสม นอกจากนี้แรงเสียดทานซึ่งเกิดจากการอัดแน่นระหว่างมวลรวมคละจะช่วยต้านทานการเสียความแข็งแรงด้วย

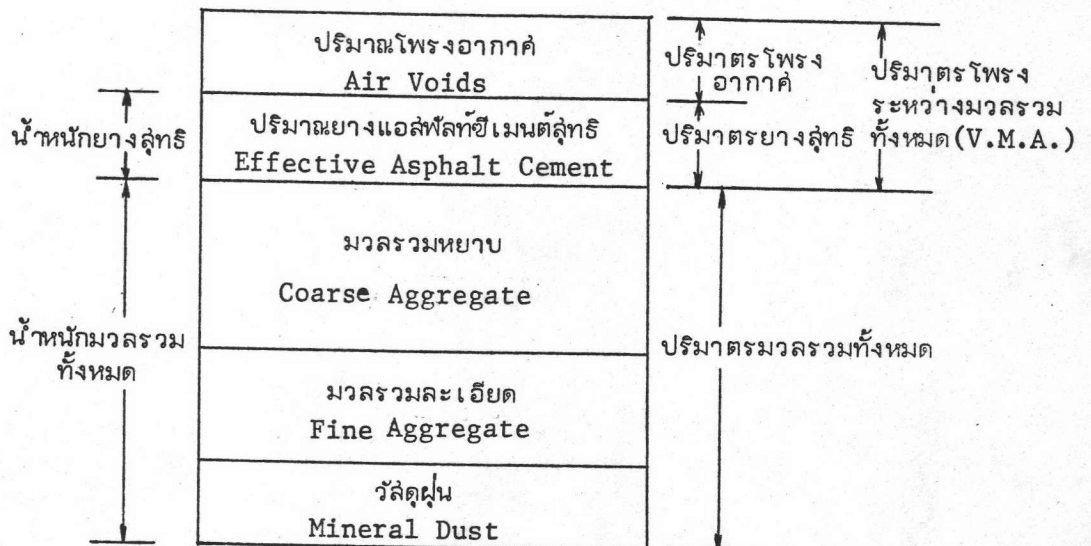
2.2.3 ความสามารถในการยืดหยุ่นตัวได้ (Flexibility) ผิวทางจะต้องมีความยืดหยุ่นตัวเพียงพอ เมื่อถูกกดทับด้วยน้ำหนักล้อรถแล้วไม่เกิดการแตกกร้าว (Cracking) บนผิว เพื่อให้ได้ผิวทางที่มีความยืดหยุ่นดี จะต้องใช้ปริมาณยางแอสฟัลท์ในส่วนผสมค่อนข้างสูง และมีส่วนผสมคละ (Gradation) ค่อนไปทาง Open-Graded

2.2.4 ความต้านทานการลื่นไถล (Skidding Resistance) ผิวทางที่จะให้ค่าความต้านทานการลื่นไถลดีจะต้องใช้มวลรวมที่มีความแข็ง มีแฉะนุ่มมาก ๆ ทนต่อการขัดสีได้ดี ซึ่งทำให้ผิวทางมีความหยาบ และมีความลึกของผิวทาง ความหยาบและความลึกของผิวทางจะก่อให้เกิดความฝืดและช่วยระบายน้ำออกไปจากผิว ทำให้หยุดยานที่แล่นขณะผิวทางเปียกไม่เกิดการลื่นไถล

2.2.5 ความสะดวกในการปฏิบัติงาน (Workability) แอสฟัลต์ดีคคอนกรีตที่ดีจะต้องมีปฏิภาณคล่องตัวของมวลรวมละเอียด และยางแอสฟัลท์ที่เหมาะสม อุณหภูมิของการผสมจะต้องพอเหมาะ เพื่อสะดวกในการผสม การขนย้าย และการบดทับ

2.3 ข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลต์ดีคคอนกรีต ตาม Marshall Method

2.3.1 องค์ประกอบของแอสฟัลต์ดีคคอนกรีต ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของแอสฟัลต์ดีคคอนกรีต

2.3.2 ข้อกำหนดของแอสฟัลต์ดีคคอนกรีต กรมทางหลวงฯ ได้กำหนดมาตรฐานเพื่อใช้ในการออกแบบแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตในงานก่อสร้างตาม Marshall Method ดังนี้

2.3.2.1 วัสดุแอสฟัลท์ (Bituminous Materials) วัสดุแอสฟัลท์ที่ใช้จะต้องเป็นแอสฟัลท์ซีเมนต์ (A.C.) ชนิด 80-100 Penetration Specifications -

ของแอสฟัลท์เป็นไปตามข้อกำหนดการใช้งานของกรมทางหลวงฯ

2.3.2.2 วัสดุ (Aggregate) ส่วนที่ค้ำบนตะแกรงมาตรฐาน (U.S. Standard) เบอร์ 4 เรียกว่าวัสดุมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) ส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เรียกว่า วัสดุมวลรวมละเอียด (Fine Aggregate)

2.3.2.3 วัสดุมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) จะต้องมียุทธสมบัติ ดังนี้

- ผลการทดลองความสึกหรอไม่เกิน 40% เมื่อทดลองด้วย Los Angeles Abrasion Test (AASHTO T 96)

- ผลการทดลอง Stripping Test for Bituminous-Aggregate Mixture (AASHTO T 82-57) ผิววัสดุจะต้องมียางแอสฟัลท์เคลือบอยู่ไม่น้อยกว่า 95%

- ผลการทดลอง Flakiness Index และ Elongation Index จะต้องมียุทธสมบัติ Flakiness Index และ Elongation Index น้อยกว่า 30% ตามวิธีของ B.S. 812

2.3.2.4 วัสดุมวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) จะต้องเป็นหินฝุ่นหรือทรายที่สะอาดปราศจากสิ่งสกปรกของดินเหนียว Silt หรือ Organic Matter ผลัมหรือปะปนอยู่ และจะต้องไม่มีปฏิกิริยากับวัสดุแอสฟัลท์ ทำให้คุณภาพของแอสฟัลท์ติดคอนกรีตเสื่อมเสีย วัสดุมวลรวมละเอียดที่ใช้ให้นำมาทดลองโดยวิธี Sand Equivalent Test (AASHTO T 176-56) ผลการทดลองจะต้องมียุทธสมบัติ Sand Equivalent test มากกว่า 50

2.3.2.5 วัสดุฝุ่น (Mineral Filler) ใช้ในกรณีในส่วนละเอียดไม่เพียงพอ ต้องเป็น Stone Dust, Portland Cement, Silica Cement หรือวัสดุพวก Non Plastic วัสดุฝุ่นจะต้องแห้ง ไม่สับกันเป็นเม็ดกลม เมื่อนำมาร่อนผ่านตะแกรงแล้ว มีสัดส่วนดังตารางที่ 2.1

2.3.2.6 ส่วนประกอบของส่วนผสม (Composition of Mix) ส่วนผสมประกอบด้วยวัสดุมวลรวมละเอียด และยางแอสฟัลท์ซีเมนต์ วัสดุมวลรวมแต่ละขนาดที่นำมาผสมจะต้องมีขนาดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมาก เมื่อนำมาผสมกันแล้วต้องได้ส่วนผสมตามตารางที่ 2.2 อนึ่ง ส่วนขนาดละเอียดและปริมาณยางแอสฟัลท์ในตารางที่ 2.2 อาจเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อทดลองตัวอย่างแล้วได้ความแข็งแรงถูกต้องตามความประสงค์

ขนาดตะแกรงร่อน	% ผ่านตะแกรง
เบอร์ 30	100
เบอร์ 80	95 - 100
เบอร์ 200	65 - 100

ตารางที่ 2.1 วัสดุฝุ่น (Mineral Dust)

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน (U.S. Standard)	% ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก	
	เกรด A Dense Graded	เกรด B Coarse Graded
$\frac{3}{4}$ นิ้ว	100	100
$\frac{1}{2}$ นิ้ว	80 - 100	75 - 100
$\frac{3}{8}$ นิ้ว	70 - 90	60 - 85
เบอร์ 4	50 - 70	35 - 55
เบอร์ 8	35 - 50	20 - 35
เบอร์ 30	18 - 29	10 - 22
เบอร์ 50	13 - 23	6 - 16
เบอร์ 100	8 - 16	4 - 12
เบอร์ 200	4 - 10	2 - 8
ปริมาณยางแอสฟัลท์ซีเมนต์ (A.C. 80-100) %โดยน้ำหนักทั้งหมด	3.5 - 7.0	3.0 - 6.5

ตารางที่ 2.2 แสดงช่วงการสัดส่วนผลสัม และปริมาณยาง แอสฟัลท์ที่ใช้กำหนด
ในการออกแบบ Marshall Method

2.4 ความเสียหายของผิวทาง (6,7)

ความเสียหายหรือความเปลี่ยนแปลงที่ปรากฏให้เห็นบนผิวทางนั้น บางชนิดเกิดจากความแข็งแรงของทางไม่เพียงพอ ทำให้น้ำหนักรถทำลายโครงสร้างของทางได้ความเสียหายบางชนิดไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของทาง ผิวทางที่ดีจะต้องให้ความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการขับขี่ ลักษณะความเสียหายของผิวทางมีดังนี้

2.4.1 รอยแตกที่ผิว (Cracking) รอยแตกที่ผิวมีอยู่หลายลักษณะด้วยกัน เช่น รอยแตกตามแนวขอบผิวทาง (Edge Cracks) รอยแตกตามรอยต่อ (Joint Cracks) รอยแตกแบบหนังจระเข้ (Alligator Cracks) รอยแตกแต่ละลักษณะมีสาเหตุต่าง ๆ กัน เช่น ส่วนผสมของผิวทางไม่ดี น้ำหนักบรรทุกมากเกินไป ความไม่มั่นคงของคันทาง การก่อสร้างที่ทำรอยต่อไว้ไม่ดี เป็นต้น

2.4.2 การยุบตัว (Deformation) เป็นการบิดเบี้ยว หรือการเปลี่ยนสภาพทาง เช่น การปรากฏร่องล้นบนผิวทาง (Rust and Channels) การเกิดลักษณะคลื่นระนาดบนผิวทาง (Corrugation) การหลุดเฉพาะแห่งเป็นแอ่ง (Shoving) เป็นต้น

2.4.3 การหลุดร่อน (Disintegration) เป็นลักษณะที่ผิวทางแตกกร้าวและหลุดกระจายออกเป็นบริเวณ เช่น ลักษณะการเกิดหลุม (Pot holes) บนผิวทางลักษณะการแยกตัวของวัสดุผิวทางจากขอบผิวทางไปสู่ส่วนกลาง (Raveling) ทั้งนี้เกิดจากผิวทางมีความแข็งแรงไม่พอ การบดทับไม่พอ มีวัสดุสกรกเคืองปนหรือยางแอสฟัลท์เสื่อมคุณภาพ

2.4.4 การลื่นไถล (Skid Hazard) เป็นลักษณะที่ผิวทางเป็นมันลื่นเพราะผิวมวลรวมถูกขัดสี หรือการเฝ้มของยางแอสฟัลท์ขึ้นมาที่ผิว (Bleeding) ทำให้การขับขี่ไม่ปลอดภัยขณะผิวทางเปียก

2.5 ปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้พิจารณาการสิ้นเปลืองของรถ ขณะเมื่อรถสิ้นเปลืองไปจากทิศทางที่ต้องการ นั้น มีสิ่งต่าง ๆ ที่จะต้องพิจารณากว้าง ๆ 3 ประการ คือ

2.5.1 ปฏิกิริยาของคนขับ เช่น การเร่ง การเบรค เป็นต้น

2.5.2 สภาพของรถ เช่น การเสียวของศูนย์ถ่วง และความสมดุลย์ของเบรค เป็นต้น

2.5.3 ความเสียดทานระหว่างผิวทางและยางรถ

จะเห็นได้ว่าในข้อ 2.5.3 เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับสภาพและลักษณะของผิวทางในการออกแบบผิวทาง สิ่งต้องคำนึงถึงคุณสมบัติในข้อนี้ด้วย จากรูปที่ 2.2 ได้มีการแบ่งองค์ประกอบที่มีผลต่อการสัมผัสของหน้ายางรถบนผิวถนนเป็น 2 ส่วน คือ องค์ประกอบที่สำคัญ (Primary Factor) และองค์ประกอบรอง (Secondary factor) ส่วนขององค์ประกอบที่สำคัญ มีผลโดยตรงต่อความต้านทานการสิ้นเปลือง และสำหรับองค์ประกอบรอง เช่น สภาพดินฟ้าอากาศ ปริมาณรถ ก็นับว่ามีผลต่อการพิจารณาความต้านทานการสิ้นเปลือง และมีความสำคัญที่จะต้องพิจารณาร่วมไปกับองค์ประกอบที่สำคัญด้วยเช่นกัน

2.6 องค์ประกอบของแรงเสียดทานระหว่างผิวยางรถและผิวทาง (รูปที่ 2.3)

แรงเสียดทานระหว่างผิวยางรถและผิวทางประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ

2.6.1 แรงยึดเกาะ (Adhesion Forces) เป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวยางรถและผิวทางแรงนี้ขึ้นกับกำลังเสียดและพื้นที่สัมผัส

2.6.2 แรงฮิสเตอรีซิส (Hysteresis) เป็นการดูดกลืนพลังงาน เมื่อน้ำยางยืดตัวขณะแล่นผ่านบนผิวรวมรวม ถ้ายางยืดตัวมากมีการดูดกลืนมาก แรงนี้ไม่ขึ้นกับสิ่งหล่อลื่นระหว่างผิวสัมผัส แต่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของยางรถและอุณหภูมิ

2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างผิวมหภาคและผิวจุลภาคต่อความต้านทานการสิ้นเปลือง

ความขรุขระและความหยาบของผิวทาง เป็นตัวที่ทำให้เกิดความผิดบนผิวทาง ลักษณะการขัดสีของมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด จะเป็นเครื่องแสดงถึงการคงสภาพความผิดรูปที่ 2.4 แสดงลักษณะความขรุขระ ความหยาบของผิวทางและสามารถอธิบายได้ด้วยคำดังต่อไปนี้

2.7.1 ผิวมหภาค (Macro Texture) คือ การพิจารณาผิวในลักษณะ Large Scale ซึ่งพิจารณาจากขนาดและรูปร่างของมวลรวมบนผิวทาง ผิวมหภาคที่ดี ขณะที่รถแล่นด้วยความเร็วสูง จะให้การระบายน้ำระหว่างยางและผิวทางที่บริเวณจุดสัมผัสได้สะดวกและช่วยให้ยางยุบตัว ซึ่งจะทำให้เกิดแรง Hysteresis ขึ้น

2.7.2 ผิวจุลภาค (Micro Texture) คือ การพิจารณาผิวในลักษณะ Fine Scale เป็นการพิจารณาถึงความหยาบของผิวของแต่ละก้อนมวลรวมบนผิวทาง ผิวจุลภาคที่ดีจะให้ความหยาบและคงสภาพความหยาบของผิว เพื่อให้คงความต้านทานการสิ้นไถลได้ดี

2.8 คุณสมบัติของมวลรวมและวัสดุผสมที่มีผลต่อความต้านทานการสิ้นไถล

คุณสมบัติของมวลรวมที่โผล่ปรากฏบนผิวทาง จะต้องมึลักษณะเป็นเหลี่ยมมุมมีความแข็ง ทนต่อการขัดสี (Polished) ของยางรถได้ดี ให้การขับน้ำระหว่างผิวทาง และผิวยางเป็นไปด้วยความรวดเร็ว และให้ยางสามารถยุบตัวได้ ความต้านทานการสิ้นไถลของผิวทางแอสฟัลท์คืดขึ้นอยู่กับการขัดสีของมวลรวมหยาบในส่วนผสมมากกว่ามวลรวมละเอียดเจมส์⁽¹²⁾ ได้ให้หลักเกณฑ์ของมวลรวมที่สมควรนำมาใช้ผิวทางดังนี้ (รูปที่ 2.5)

2.8.1 มวลรวมที่แข็งมาก (Very hard Materials) พวกนี้จะทนต่อการสึกและขัดสีของยางได้ดี เช่น คอรันดัม

2.8.2 มวลรวมที่เกิดจากเม็ดแข็งเล็ก ๆ รวมกัน (Conglomerate) พวกนี้จะคงความคมไว้โดยหลุดไปที่ละเม็ด เช่น ดินทราย

2.8.3 มวลรวมที่มีการกระจายของวัสดุเนื้อแข็งในเนื้อที่อ่อนกว่า (Dispersion of Hard Particles in Soft Matrix) เมื่อเนื้อวัสดุที่หุ้มสึก เม็ดวัสดุเนื้อแข็งจะหลุดทำให้ผิวคงความหยาบอยู่เสมอ

2.8.4 มวลรวมที่แตกแล้วให้ผิวที่ไม่เป็นระเบียบและล้าก เช่น แคลไซน์ต์ฟลิน (Calcined Flint)

2.8.5 มวลรวมที่มีเนื้อพรุน (Porous Aggregate) เช่น ตะกรัน เตาถลุง หินฟิวมีล์ ดินเผา พวกนี้ให้ความต้านทานการสิ้นไถลดีกว่าวัสดุเนื้อแน่น

Hosking ได้ศึกษาวัสดุที่มีเนื้อพรุนชนิดต่าง ๆ พบว่า ความต้านทานการสิ้นไถลเป็นสัดส่วนกับความพรุน ช่วงขนาดรูพรุนที่ดีที่สุด คือ 150-300 ไมครอน

วิจัย⁽³⁾ ได้ทำการทดลองเอาดินเหนียวมาอัดเป็นเม็ด แล้วทำการเผาที่อุณหภูมิสูง ด้วย Monotube Rotary Kiln พบว่า เมื่อกรวดดินถูกเผาด้วยอุณหภูมิสูง จะได้มวลรวมเบา (Light Weight Aggregate) ที่มีความพรุนเนื่องจากการขยายตัวขณะถูกเผาที่อุณหภูมิสูง

เจน⁽¹⁾ ได้ทำการศึกษาในห้องทดลองถึงคุณสมบัติของกรวดดินเผาเมื่อใช้เป็นมวลรวมหยาบในส่วนผสมแอสฟัลท์ติกคอนกรีต โดยเปรียบเทียบระหว่างกรวดดินเผาที่ถูกเผาที่อุณหภูมิสูงต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 800°C ถึง 1200°C การออกแบบเป็น Hot Mix Type ตามข้อกำหนดของ Marshall Method เขาพบว่ากรวดดินที่ถูกเผาที่อุณหภูมิ 1000°C ให้คุณสมบัติที่เหมาะสมนำไปใช้ในงานผิวทางแอสฟัลท์ติกคอนกรีตได้

ชวลิต⁽³⁰⁾ ได้ศึกษาคุณสมบัติด้านการขัดสีของมวลรวมหลายชนิด โดยศึกษาค่า PSV พบว่า กรวดดินเผาให้ค่า PSV หลังขัดสูงกว่หินปูน (ดินเผา 56-64 หินปูน 36-45)

2.9 ผลของความเปียกของผิวทางต่อความต้านทานการสิ้นไถล

ถนนในสภาพผิวทางแห้ง จะให้ความปลอดภัยในการขับขี่ เนื่องจากเกิดการสัมผัสระหว่างผิวยางรถและผิวทางได้ดี ส่วนในสภาพผิวทางเปียก ค่าความต้านทานการสิ้นไถลของผิวทางจะมีค่าต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากสภาพผิวทางเปียก จะปรากฏชั้นฟิล์มของน้ำ ขึ้นอยู่ระหว่างผิวยางรถและผิวทางซึ่งจะทำหน้าที่เป็นชั้นหล่อลื่นระหว่างผิวทั้งสอง ทำให้ความเสียดทานระหว่างผิวทั้งสองลดลง The British Road Research Laboratory⁽¹⁴⁾ (TRRL) พบว่า เมื่อกำหนดให้ความเร็วรถคงที่ ความต้านทานการสิ้นไถลของผิวทางในช่วงแรกจะมีค่าลดลง ขณะที่ฟิล์มของน้ำมีความหนาเพิ่มขึ้น และจะมีค่าคงที่ลุ่ม ๆ เสมอเมื่อฟิล์มของน้ำมีความหนามากกว่า 0.010 นิ้ว (ดูรูปที่ 2.6) ซึ่งได้พิจารณาให้ใช้ค่าความหนาของฟิล์มน้ำ 0.020 นิ้ว ถือเป็นค่าที่เพียงพอสำหรับการวัดความต้านทานการสิ้นไถลของผิวทางเปียก

น้ำส่วนใหญ่อ้อยู่ระหว่างผิวสัมผัสของยางรถและผิวทาง จะต้องถูกขับออกตามร่องมวลรวมหรือดอกยาง ด้วยการระบายซึ่งเกิดจากลักษณะผิวมหภาคที่ดี น้ำส่วนที่เหลืออยู่บริเวณผิวสัมผัสจะถูกขับออกด้านข้างโดยผิวจุลภาค สำหรับผิวจุลภาคที่ดี ความหยาบของเม็ดที่ผิวมวลรวมสามารถเจาะทะลุผิวหน้า ช่วยให้เกิดการสัมผัสและเกิดแรงยึดเกาะระหว่างผิวยางรถและผิวทางได้ดีขึ้น

ระยะเวลาของการสัมผัสระหว่างผิวยางรถและผิวทาง ขึ้นอยู่กับความเร็วของรถที่แล่นผ่าน เมื่อความเร็วรถสูงขึ้น เวลาของการสัมผัสระหว่างผิวทั้งสองจะลดลง และเวลาที่ใช้ในการขับน้ำจะลดลงด้วย เมื่อน้ำถูกขับออกไม่ทัน จะเกิดแรงดันระหว่างผิวทางและผิวยางรถ เมื่อแรงดันนี้สูงขึ้นจนถึงระดับเดียวกับแรงดันที่ยางมีต่อผิวทาง ยางจะร้อนไปบนผิวหน้า

เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า "ไฮโดรเพลนนิ่ง (Hydroplaning)⁽¹⁵⁾ จากรูปที่ 2.7 จะเห็นได้ว่า เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ในภาพผิวทางเปียก ค่าความเสียดทานระหว่างผิวจะลดลงมาก

2.10 ผลของปัจจัยอื่น ๆ ต่อความต้านทานการสั่นไถล

ผิวทางที่มีความลาดเอียงทางด้านข้าง (Cross-Slope) มากเพียงพอจะให้การระบายน้ำขณะฝนตกออกจากผิวได้ดีและรวดเร็ว เพื่อให้เหลือปริมาณน้ำบนผิวน้อยที่สุด ทำให้เกิดความปลอดภัยในการขับขี่⁽¹⁶⁾

อุณหภูมิของผิวทางมีผลต่อแรงฮิสเตอรีซิส (Hysteresis losses) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงฮิสเตอรีซิสของยางจะลดลง เป็นผลให้ความต้านทานการสั่นไถลของผิวทางลดลงด้วย (รูปที่ 2.8)^(17,18) Lander⁽¹⁷⁾ ได้สรุปผลว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่า SFC (Sideway-Force Coefficient) จะลดลงประมาณ 0.003 หน่วยต่อ °C และผิวทางที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงแนวโน้มของค่า SFC จะมีการลดมากกว่า บนผิวทางแห้ง ขณะรถวิ่งด้วยความเร็วสูง อุณหภูมิที่เกิดจากการขัดสีระหว่างผิวยางรถและผิวทาง ซึ่งอาจสูงถึง 1000°F มีผลทำให้ยางระหว่างผิวทั้งสองละลายเยิ้ม ยางที่ละลายจะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นระหว่างผิว ทำให้ความต้านทานการสั่นไถลลดลง

ในผิวทางแอสฟัลต์ค็อคคอนกรีต ปริมาณยางในส่วนผล์มที่มากเกินไป จะทำให้เกิดการเยิ้มของยางปรากฏที่ผิว (Bleeding) ทำให้ผิวทางสั่น นอกจากนี้ปริมาณรถที่แล่นผ่านไปบนผิวทาง ทำให้ผิวทางถูกบดทับเพิ่มขึ้น ยางในส่วนผล์มจะถูกบีบให้เยิ้มขึ้นมาบนผิวได้

2.11 การประมาณค่า SFC จากค่า PSV ค่า SFC ซึ่งเป็นค่าความต้านทานการสั่นไถลของผิวทางวัดโดย Side Force Friction Tester. Szatkowski และ Hosking ได้ให้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า SFC, PSV และปริมาณการจราจร ดังนี้

$$SFC = 0.024 - 0.663 \times 10^{-4} Q_{cv} - 1 \times 10^{-2} PSV$$

Q_{cv} = ปริมาณการจราจร (คัน/ช่องทาง/วัน)

PSV = Polished Stone Value คือ ความทนต่อการขัดสีได้จากการทดสอบวัสดุในห้องทดลอง

สูตรดังกล่าวเป็นประโยชน์ในการประมาณค่า SFC ของผิวทางโดยที่ยังไม่ต้องสร้างจริง และเป็นแนวทางในการเลือกวัสดุที่จะนำไปใช้ เพื่อให้ได้ค่าความต้านทานการสั่นไถลตามมาตรฐานที่ต้องการ

2.12 การพิจารณาค่าความต้านทานการสั่นไถลเพื่อใช้งาน ตารางที่ 2.3 ได้แนะนำค่าความต้านทานการสั่นไถลบนผิวทางเปียกออกเป็น 4 ประเภท ทั้งนี้เพื่อใช้ประกอบเป็นแนวทางในการพิจารณาการออกแบบ

มาตรฐานกำหนดค่าวัดความต้านทานการสั่นไถล

เครื่องมือทดสอบ The portable tester

ประเภท	ลักษณะถนนและเส้น	ค่าวัดความต้านทานการสั่นไถล	ผลการทดลอง
A	ถนนลาดธารณะในลุ่มของทางโค้ง, วงเวียน, รัศมีโค้งน้อยกว่า 500 ฟุต, ความลาดชันมากกว่า 1:20 ระยะความลาดชันยาวกว่า 100 หลา ไกลจุดไฟสัญญาณการจราจร,	มากกว่า 65	ดี
B*	ถนนลาดธารณะโดยทั่วไปคือ ถนนที่ไม่ได้จัดอยู่ในประเภท A และ C	มากกว่า 55	ดีพอ
C*	ถนนลาดธารณะในลุ่มที่ปลอดภัย ในทางตรง ความลาดชันน้อย รัศมีโค้ง การต่อโค้งที่ดี	มากกว่า 45	ดีพอในกรณีที่สภาพการจราจรและสิ่งแวดล้อมดี
D	ถนนลาดธารณะโดยทั่วไป	น้อยกว่า 45	เกิดการสั่นไถลขึ้น

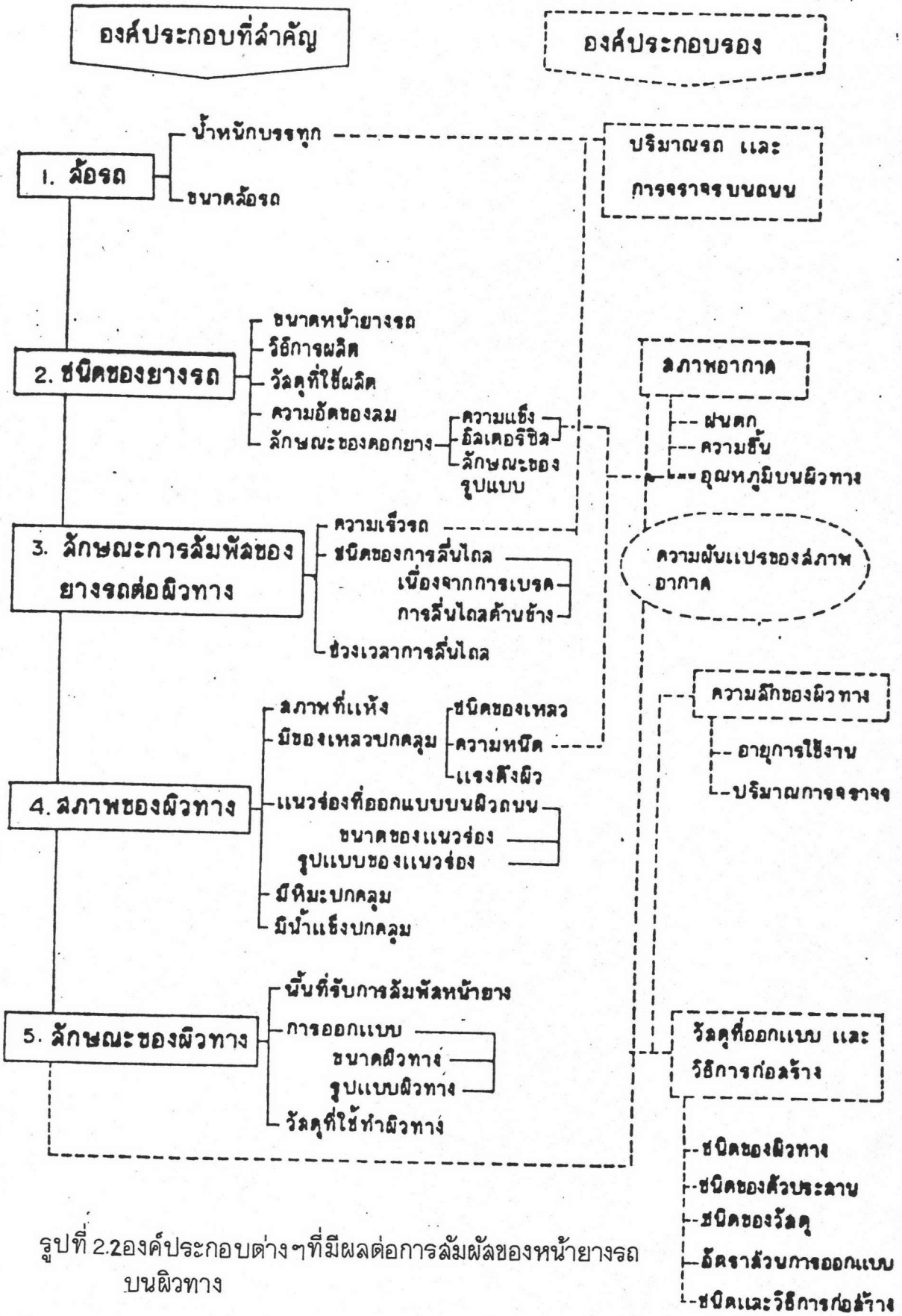
*หมายเหตุ ผิวถนนที่เรียบ (Smooth-looking) หรือวัสดุผิวละเอียด (Fine texture) หน้ายางรถสึกไม่มียดอก การทดลองหาค่าความต้านทานการสั่นไถลจะไม่สมบูรณ์ ดังนั้นการพิจารณาถึงอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจะต้องแน่ใจว่าเป็นสาเหตุจากการสั่นไถลเมื่อเปียก

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานกำหนดค่าวัดความต้านทานการสั่นไถล

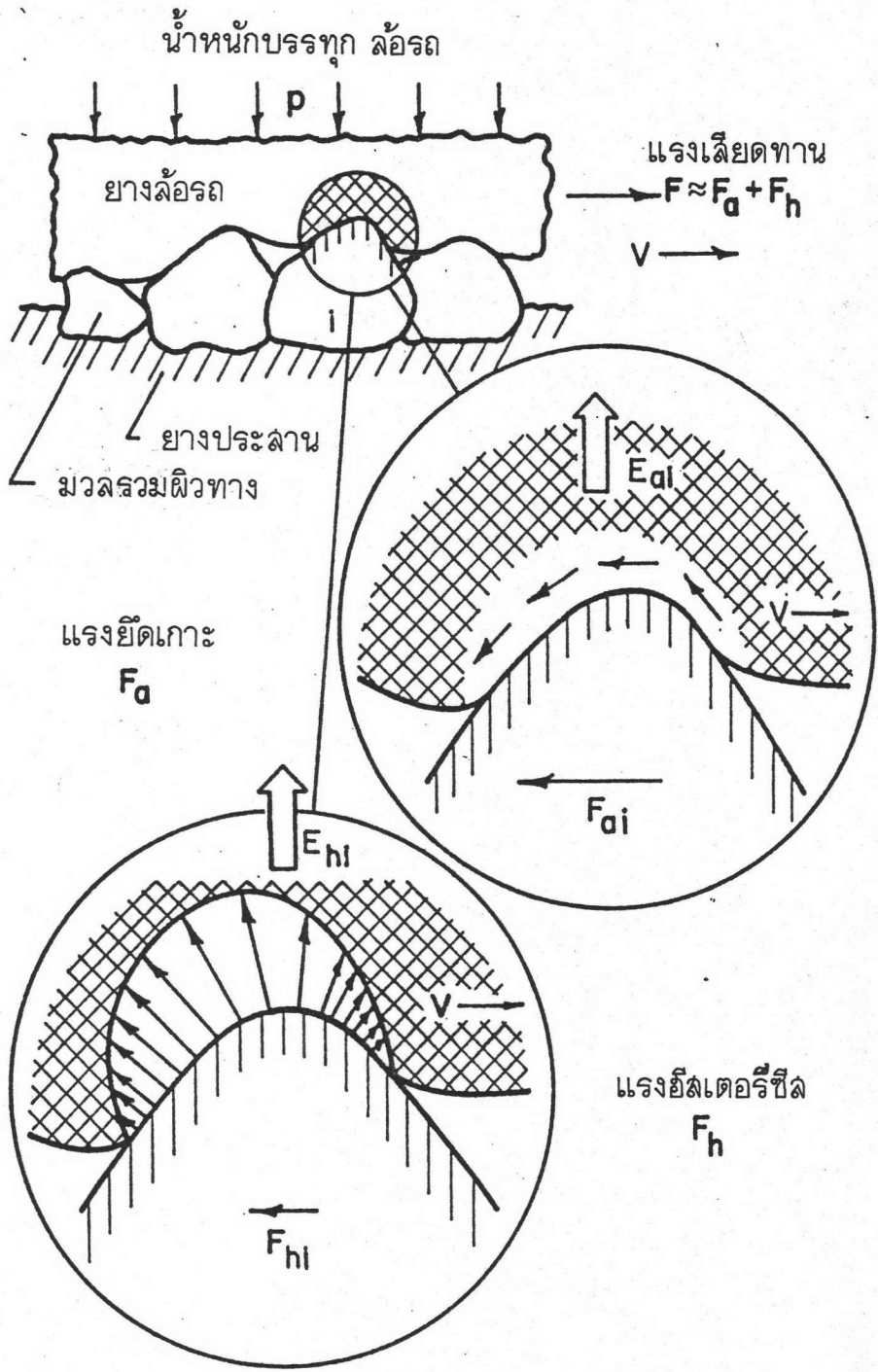
สำหรับในประเทศไทย Bunnag, et al. ได้เสนอแนะค่าความต้านทานการสิ้นไกล
ชั้นต่ำในสภาพผิวทางเปียกของถนนประเภทต่างๆ ดังตารางที่ 2.4

ตำบลที่บนผิวทาง	ค่าที่วัดจาก British Portable Tester	ค่าที่วัดจาก Mu Meter tester
จุดอันตราย เช่น โค้งวงเวียนทาง ชั้นจุดไกลไฟสัญญาณและจุดที่เกิด อุบัติเหตุบ่อย	50	30
ทางหลวงชั้น 1 ชั้น 2 และถนนแยก ที่มีปริมาณการจราจรเกิน 1,500 คันต่อวัน	45	25

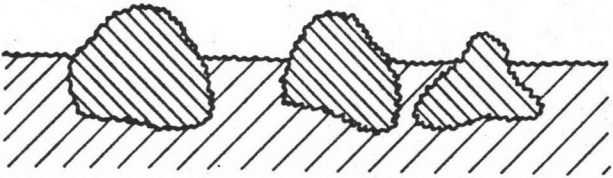
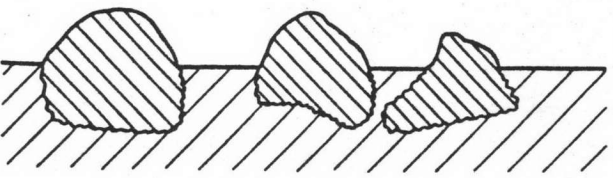
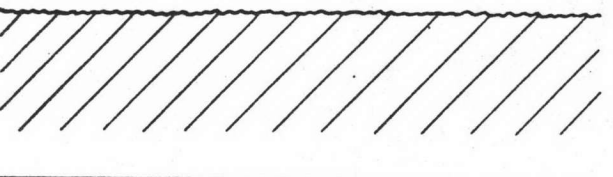
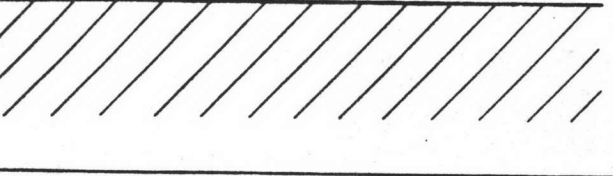
ตารางที่ 2.4 ค่ากำหนดมาตรฐานของความต้านทานการสิ้นไกลในประเทศไทย



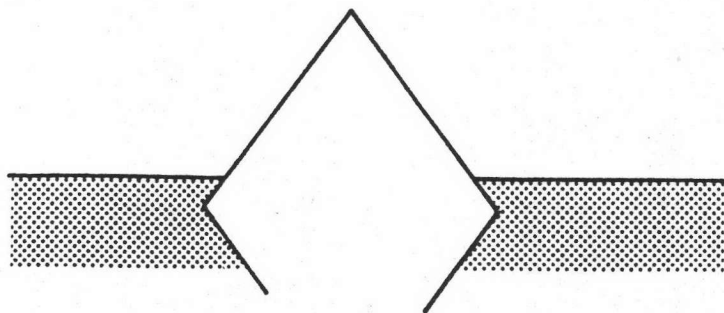
รูปที่ 2.2 องค์ประกอบต่างๆ ที่มีผลต่อการล้มพืดของหน้ายางรถบนผิวทาง



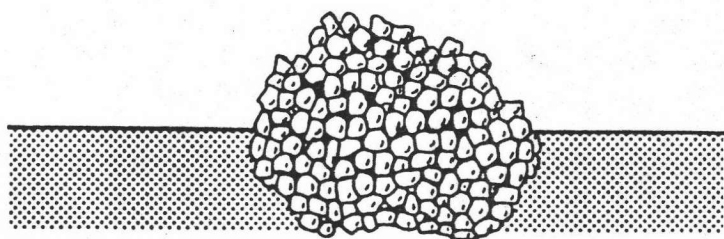
รูป 2.3 องค์ประกอบของแรงเสียดทานระหว่างหน้ายางรถและผิวทาง

ลักษณะผิว		ขนาดของลักษณะผิว	
		ผิวมหภาค (ขนาดใหญ่)	ผิวจุลภาค (ขนาดเล็ก)
		ขรุขระ	หยาบ
		ขรุขระ	เนียน
		เรียบ	หยาบ
		เรียบ	เนียน

2.4 ภาพแสดงความแตกต่างของลักษณะผิว



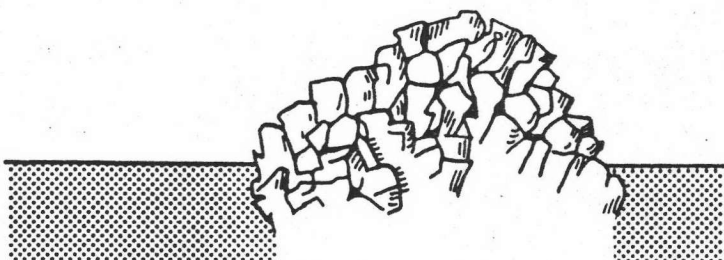
1 มวลรวมที่มีเนื้อแข็งมาก



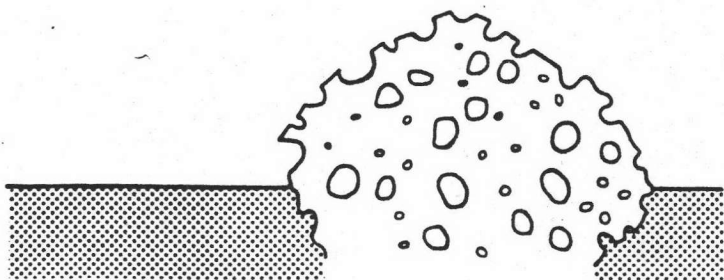
2 มวลรวมที่ประกอบด้วยเม็ดแข็งเล็กๆรวมกัน



3 มวลรวมที่มีการกระจายของเม็ดแข็งในเนื้อที่อ่อนกว่า

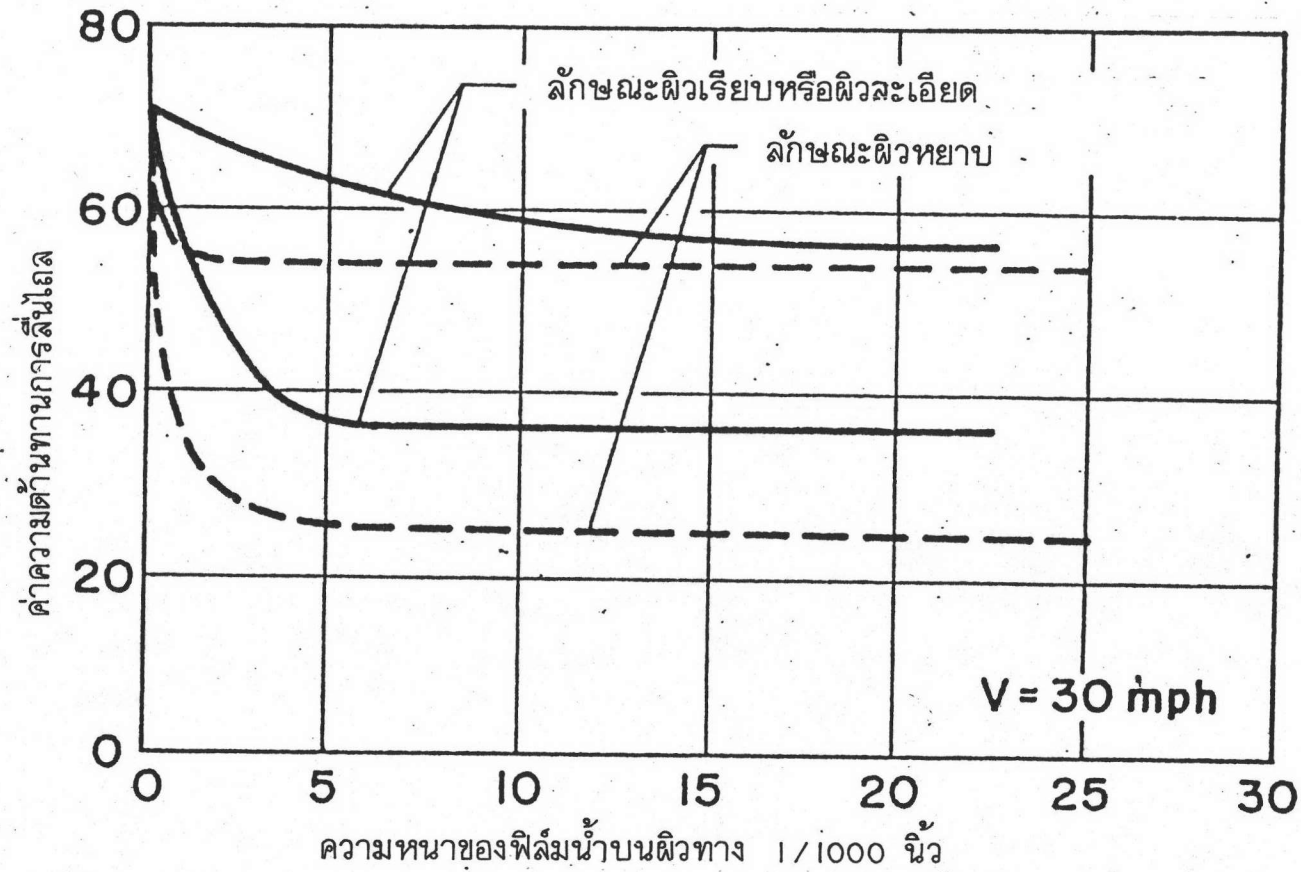


4 มวลรวมที่แตกแล้วให้ผิวที่ไม่เป็นระเบียบ

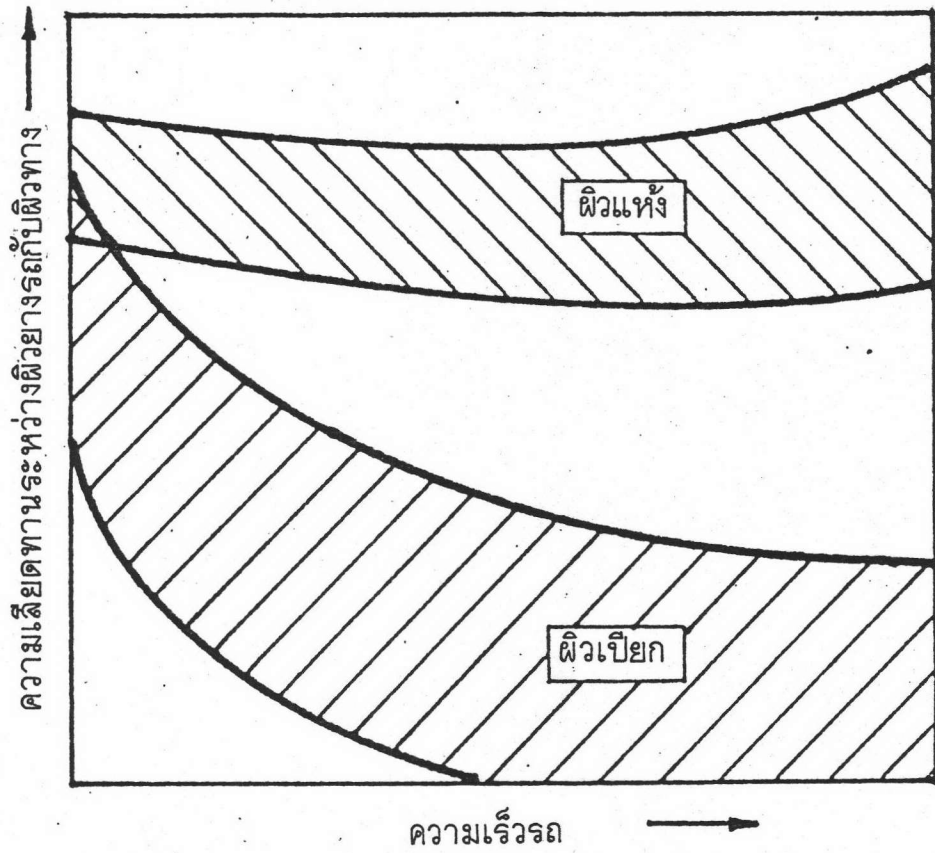


5 มวลรวมที่มีเนื้อพรุน

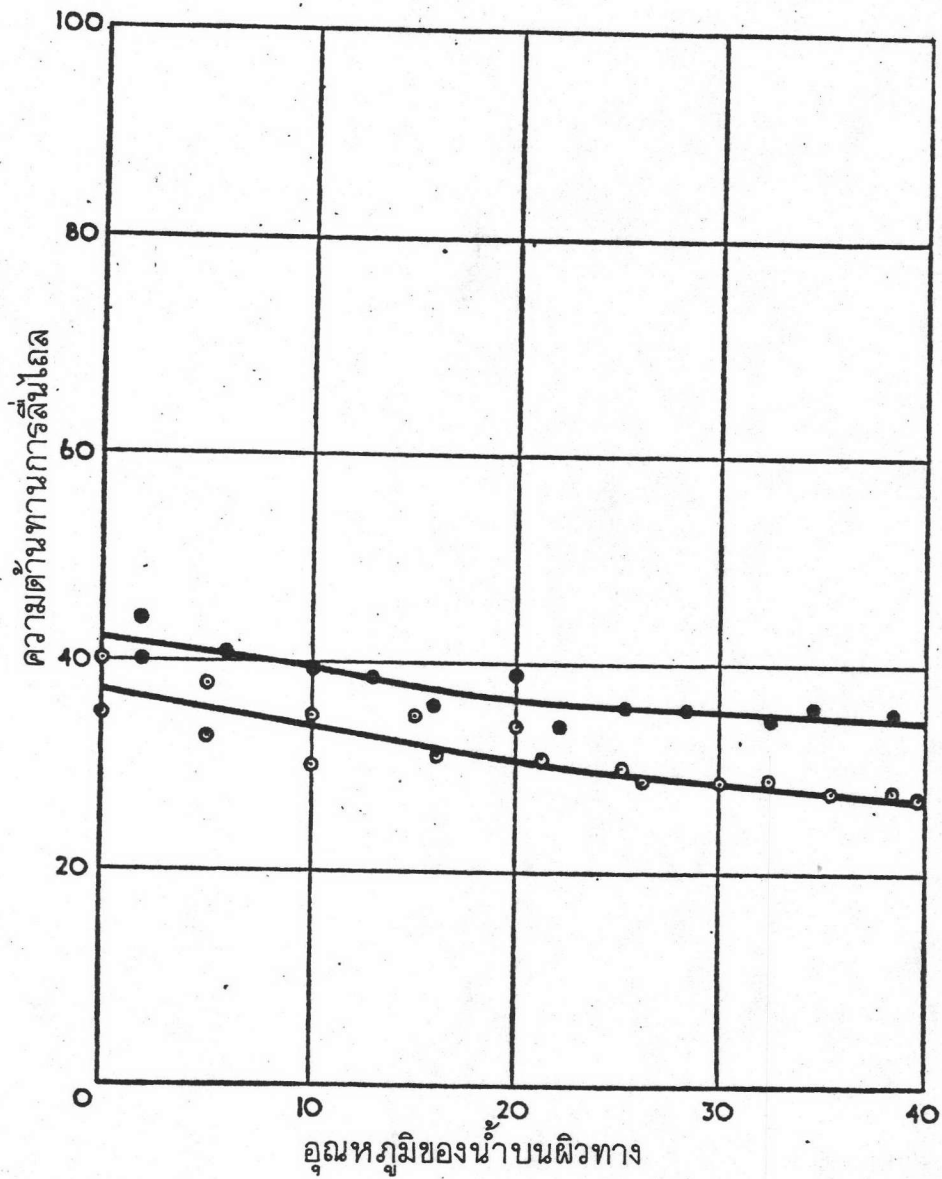
รูปที่ 2.5 แบบของมวลรวมที่ใช้ทำผิวทางเพื่อให้เกิดความต้านทานการสึกหรอง



รูป 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มน้ำกับความต้านทานการสิ้นไถล



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความเลียดทาน
เมื่อความเร็วรถเปลี่ยนไปบนผิวทางแห้งและผิวทางเปียก



รูป 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทานการสิ้นเปลือง