

มรณแบบ pavement แบบ ยืดหยุ่น (Flexible Pavement Design)

สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด

1. ยืดหยุ่นแบบ ยืดหยุ่น (flexible pavement)
2. ยืดหยุ่นแบบ แข็ง (rigid pavement)

ยืดหยุ่นแบบ แข็ง ทำด้วยคอนกรีตปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ เป็นผิวซึ่งมีกำลังรับแรงดัด (flexural strength) สูงมาก จึงมีผลทำให้สามารถรับน้ำหนักของยานพาหนะได้มากกว่าชั้นผิวฐาน (base) และ ชั้นฐาน (subgrade) มรณแบบ โครงสร้างของ ยืดหยุ่นแบบ แข็ง จะต่างกับ ยืดหยุ่นแบบ ยืดหยุ่น

1. ยืดหยุ่นแบบ ยืดหยุ่น

เช่น โครงสร้างซึ่งแบบตื้น และ กระดาษ แผ่นกับบรรทุกไปบน ชั้นฐาน และ ชั้นผิว (interlock) และ ความเสียดทานระหว่างอนุภาค (particle friction) และ ความยึดเหนี่ยวเหนียวกันของอนุภาค (cohesion for stability) โครงสร้างแบบ ยืดหยุ่นแบบ ยืดหยุ่น ประกอบด้วย ผิวจราจร (high-quality bituminous wearing surface) ชั้นผิวจราจร (base) และ ชั้นฐาน (subgrade) โดยผิวจราจรจะรับน้ำหนักของยานพาหนะ ส่วนชั้นผิวจราจรจะรับน้ำหนักของยานพาหนะ ส่วนชั้นผิวจราจรจะรับน้ำหนักของยานพาหนะ

ในรูปที่ 1 แสดงแผนผังโครงสร้างแบบ ยืดหยุ่นแบบ ยืดหยุ่น โดยทั่วไป ส่วนประกอบหลักของโครงสร้างแบบ ยืดหยุ่นแบบ ยืดหยุ่น ประกอบด้วย ผิวจราจร (wearing surface) ชั้นผิวจราจร (base) และ ชั้นฐาน (subgrade) [ในรูปที่ 1 แสดงโครงสร้างแบบ ยืดหยุ่นแบบ ยืดหยุ่น] และ ชั้นฐาน (subgrade) 14 ข้อ ยืดหยุ่น และ ชั้นผิวจราจร ส่วนใหญ่ประกอบด้วย 2 ชั้นผิวจราจร ซึ่งอาจมีชั้นผิวจราจรชั้นเดียวก็ได้ และ ชั้นฐาน (subgrade) ส่วนใหญ่จะรับน้ำหนักของยานพาหนะ ส่วนใหญ่จะรับน้ำหนักของยานพาหนะ ส่วนใหญ่จะรับน้ำหนักของยานพาหนะ

ยืดหยุ่นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด 1. ยืดหยุ่นแบบ ยืดหยุ่น (flexible pavement) 2. ยืดหยุ่นแบบ แข็ง (rigid pavement) ยืดหยุ่นแบบ ยืดหยุ่น ทำด้วยคอนกรีตปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ เป็นผิวซึ่งมีกำลังรับแรงดัด (flexural strength) สูงมาก จึงมีผลทำให้สามารถรับน้ำหนักของยานพาหนะได้มากกว่าชั้นผิวฐาน (base) และ ชั้นฐาน (subgrade) มรณแบบ โครงสร้างของ ยืดหยุ่นแบบ แข็ง จะต่างกับ ยืดหยุ่นแบบ ยืดหยุ่น

* วิธีการคำนวณ (Empirical Method) 3.
 4 วิธีทางวิศวกรรม (T-)

2. วิธีการคำนวณ

วิธีวิธีการคำนวณแบบวิศวกรรมคำนวณค่าของ AASHTO, California Department of Transportation, National Crushed Stone Association (NCSA), The Asphalt Institute (TAI)*
 ในประเทศไทย: ค่าของ TAI ซึ่งประเทศไทยได้เคยปรับปรุง
 วิธีการคำนวณในประเทศไทย ส่วนวิธีอื่น ๆ จะใช้จากวิชา Pavement Design

3. องค์ประกอบของมรดกแบบความเค้น

มีองค์ประกอบหลัก 3 อย่างคือ

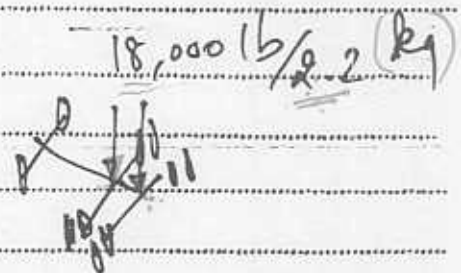
1. ค่าแรงบรรทุกจากจราจร (Traffic loading)
2. ความยาวและเวลา *
3. คุณสมบัติของวัสดุ

ค่าขององค์ประกอบอื่น ๆ ที่ต้องนำมาคิด เช่น ค่าของวิธีคำนวณ และ:
 การจราจร และ: design period (ความยาว)

4. ค่าแรงบรรทุกจากจราจร

มี 3 ปัจจัยหลัก คือ

1. ขนาดของพื้นที่บรรทุก (เช่น: รถบรรทุก)
2. ปริมาณและ: ส่วนประกอบของพื้นที่บรรทุก
3. ความถี่และ: ความถี่



ขนาดของพื้นที่บรรทุกจะคิดจาก: ความกว้างและความยาว

ปริมาณและ: ส่วนประกอบของพื้นที่บรรทุก จะคิดจาก: การจราจร

และ: การจราจรที่บรรทุกพื้นที่บรรทุก การจราจรที่บรรทุกพื้นที่บรรทุก

ค่าของพื้นที่บรรทุกจะคิดจาก: ความกว้างและความยาว เป็นค่าที่คิดจาก ค่าที่คิดจาก
 เช่นกัน วิธีคำนวณส่วนประกอบของพื้นที่บรรทุกที่คิดจาก ค่าที่คิดจาก
 (ค่าที่คิดจากพื้นที่บรรทุก)

5. ความยาวและเวลา

ปัจจัยหลักความยาวและเวลาที่จะคิด มี 2 อย่างคือ

1. ความยาว
2. ความถี่

4. การทดสอบการบดอัด: การบดอัดแบบ dry rodding หรือแบบ tamping
 5. การบดอัดแบบ dry rodding หรือแบบ tamping
 6. การบดอัดแบบ dry rodding หรือแบบ tamping

6. การบดอัดแบบ dry rodding หรือแบบ tamping

โดยทั่วไป การบดอัดแบบ dry rodding หรือแบบ tamping มีขั้นตอนดังนี้

1. วัสดุ asphalt: วัสดุ asphalt หรือ asphalt concrete ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม
2. อัตราส่วนส่วนผสม: อัตราส่วนส่วนผสมที่เหมาะสม (gradation) วัสดุ asphalt หรือ asphalt concrete ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม
3. การบดอัดแบบ dry rodding หรือแบบ tamping: วัสดุ asphalt หรือ asphalt concrete ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม
4. การบดอัดแบบ dry rodding หรือแบบ tamping: วัสดุ asphalt หรือ asphalt concrete ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

การบดอัดแบบ dry rodding หรือแบบ tamping มีขั้นตอนดังนี้

ASTM หรือ AASHTO

7. California bearing ratio (CBR) test

มาตรฐาน California Division of Highways หรือโดยกรม
 the Corps of Engineers และวิธีทดสอบมาตรฐานของกรมโยธาธิการ
 ในที่นี้: วัสดุที่จะทดสอบจะบดอัดให้มีความหนาแน่นสูงสุด (maximum dry density)

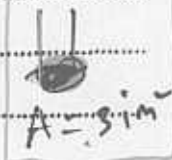
วัสดุที่จะทดสอบจะบดอัดให้มีความหนาแน่นสูงสุด (maximum dry density) 150-175 g/cm³ หรือ 150-175 lb/ft³

วัสดุที่จะทดสอบจะบดอัดให้มีความหนาแน่นสูงสุด (maximum dry density) 150-175 g/cm³ หรือ 150-175 lb/ft³

วัสดุที่จะทดสอบจะบดอัดให้มีความหนาแน่นสูงสุด (maximum dry density) 150-175 g/cm³ หรือ 150-175 lb/ft³

หาความลึกของแอมบดความลึก 1 นิ้ว แล้ว หาแรงดันที่กระทำกับมวลดิน
 1 นิ้ว แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว
 แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว
 แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว

$$CBR(\%) = \frac{\text{ค่าของค่าเฉลี่ยที่กระทำ 0.1"} \times 100}{1000}$$



การหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว
 แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว

หา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 0.2" แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 0.2"
 แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 0.2" แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 0.2"

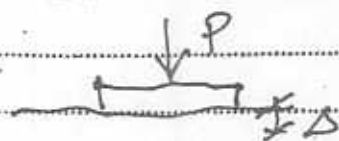
8. Plate bearing test method

การหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว
 แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว

หา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว
 แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว
 แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว

หา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว
 แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว

หา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว
 แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว แล้วหา CBR ของมวลดินที่กระทำกับมวลดิน 1 นิ้ว



$$k = P/\delta$$

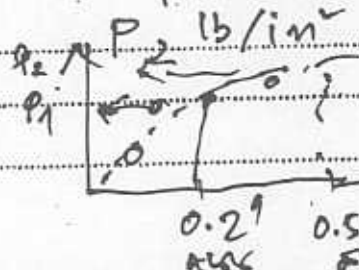


$D = 12$ นิ้ว
 $= 30$ นิ้ว

k = modulus of subgrade reaction (lb/in³)

p = plate pressure (lb/in²)

δ = plate deflection (in)



$$k_1 = \frac{P_1}{\delta_1} = \frac{15}{0.2} = 75 \text{ lb/in}^3$$

$$k_2 = \frac{P_2}{\delta_2} = \frac{15}{0.5} = 30 \text{ lb/in}^3$$

9. The Asphalt Institute method

มองภาพด้านหน้าของระบบที่เป็นแบบ multilayered elastic system
ซึ่งมีชั้นเป็นชั้นๆ จากพื้นผิวที่ติดล้อมา ไปตามแนวนอน และจะลดลงตามความลึก
ซึ่งรวมกันเป็นค่าเฉลี่ย 2 ชั้นคือ

1. ชั้นผิวหน้าคือ "W" ถูกกดลงไปด้วยน้ำหนักเป็นวงกลมด้วยขนาดเส้น
ผ่าศูนย์กลางคือ P_0 จากนั้นแรงจะกระจายลงไปในโครงสร้างตาม
ไปจนถึงชั้นฐาน ด้วยแรง P_1 ซึ่งค่า P_1 นี้ ดูรูปที่ 2

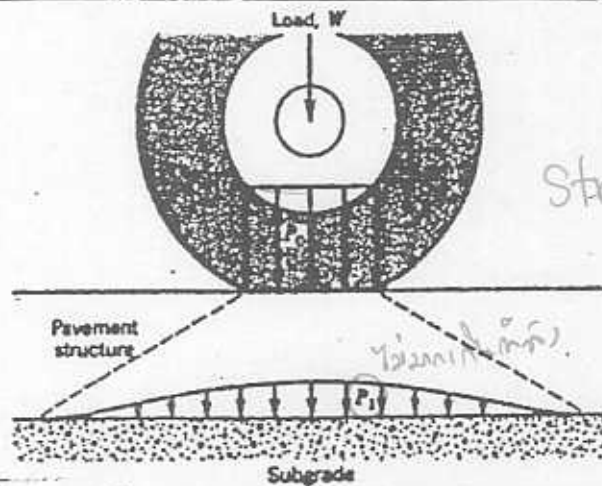


FIGURE 2 Spread of wheel load pressure through pavement structure. (Courtesy The Asphalt Institute.)

2. ชั้นผิวหน้าคือ "W" ถูกให้แรงกดลงด้วยน้ำหนักเป็นวงกลม เกิดการ
แอ่นลงของผิวหน้าและชั้นโครงสร้างตามรูปที่ 3

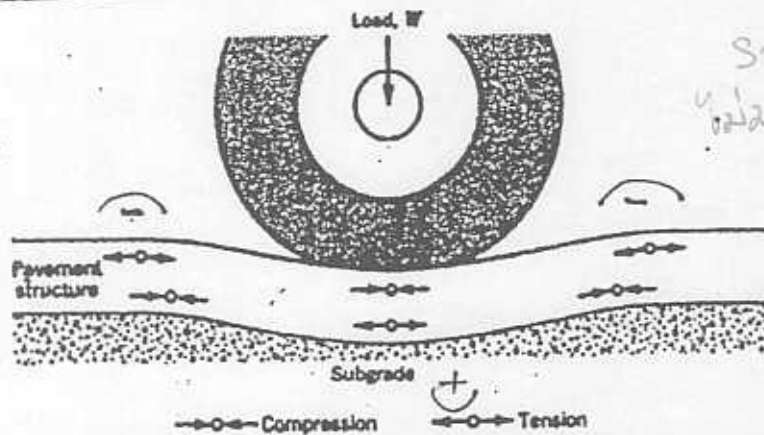


FIGURE 3 Pavement deflection results in tensile and compressive stresses in pavement structure. (Courtesy The Asphalt Institute.)

ในการหาความเครียดจากแรงดันในแบบถนน ที่เกิดในชั้นผิวล่างของพื้น (E_t)
 และ ความเครียดจากแรงอัดในแนวตั้งที่ เกิดในชั้นผิวบนของผิวจราจร (E_c)
 รูปที่ 4

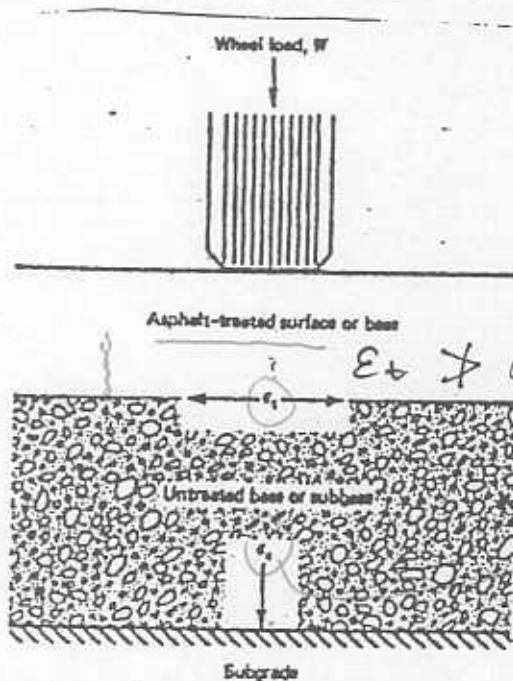


FIGURE 4 Strains in a flexible pavement.

ชั้นผิว คือ ชั้นที่รับแรงอัด และ ความเครียดจากแรงดันของรถบรรทุก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ modulus of elasticity
 * ผิวจราจร คือ ชั้นที่รับแรงอัด และ ความเครียดจากแรงดันของรถบรรทุก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ modulus of elasticity
 และ ชั้นที่รับแรงอัด และ ความเครียดจากแรงดันของรถบรรทุก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ modulus of elasticity
 ความเครียดจากแรงอัด และ ความเครียดจากแรงดันของรถบรรทุก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ modulus of elasticity
 modulus of elasticity และ
 Poisson ratio ซึ่งใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในแนวตั้งกับความเครียดในแนวนอน
 ความเครียดจากแรงอัด และ ความเครียดจากแรงดันของรถบรรทุก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ modulus of elasticity
 design chart

หมายเหตุ เมื่อได้ค่า S_r แล้วนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานตามตารางที่ 1

ค่า S_r ของผิวผิว surface treatment ซึ่งได้ไปไว้ที่ 2.0 ในกรณีนี้
บรรทัด ที่ค่าที่ได้อยู่กับค่ามาตรฐานแล้วนำมาดูที่ค่า S_r ของผิวผิว
ในกรณีนี้ค่ามาตรฐานค่ามาตรฐานคือ 2.0 : 2.5 จากค่ามาตรฐานค่ามาตรฐาน
ตามตัวอักษร คือ Design CBR

ค่า S_r ของผิวผิว 3 นิ้ว คือ CBR = ②, ③ และ ⑤ *

ค่า S_r ของผิวผิว 4 นิ้ว คือ CBR = ⑧ *

ค่า S_r ของผิวผิว 6 นิ้ว คือ CBR = ②⑤ *

จากค่า S_r ที่ได้ TA = 32, 27, 22, 18 และ 11 ตามลำดับ

* ค่ามาตรฐานค่ามาตรฐานของผิวผิว คือ $S_r = 2.0$

จาก CBR ของผิวผิว 6 นิ้ว คือ 25 และ TA = 11 ซม.

ค่า S_r ที่ได้จาก CBR = 25 คือ Asphaltic concrete ที่มีความ
แข็งแรงมาตรฐาน 11 ซม. แปลงค่ามาตรฐานให้มีความแข็งแรงของผิวผิว
ได้ $11 \times 2.0 \approx 22$ ซม. แล้วใช้ค่า 20 ซม.

* ค่ามาตรฐานค่ามาตรฐานของผิวผิว คือ $S_r = 2.7$

จาก CBR ของผิวผิว 4 นิ้ว คือ 8 และ TA = 18 ซม.

ค่า S_r ที่ได้จาก Asphaltic concrete ที่มีความแข็งแรงของผิวผิว
มาตรฐาน 18 ซม.

จากกรณีที่ค่ามาตรฐานค่ามาตรฐานของผิวผิว 4 นิ้ว คือ 20 ซม. ซึ่งค่า
TA = $20 / 2.0 = 10$ ซม. : 1. ค่า S_r ที่ได้จาก TA 8 ซม. = 18 - 10 ซม. = 8 ซม.
แปลงค่ามาตรฐานให้มีความแข็งแรงของผิวผิว 4 นิ้ว ได้ $8 \times 2.7 \approx 22$ ซม.
แล้วใช้ค่า 20 ซม.

* ค่ามาตรฐานค่ามาตรฐานของผิวผิว คือ $S_r = 2.7$

ค่า S_r ของผิวผิว CBR ของผิวผิว 5 นิ้ว คือ TA = 22 ซม.

ค่า S_r ที่ได้จาก Asphaltic concrete ที่มีความแข็งแรงของผิวผิว
มาตรฐาน 22 ซม. จากกรณีที่ค่ามาตรฐานค่ามาตรฐานของผิวผิว 4 นิ้ว คือ 20 ซม. ซึ่ง
ค่า S_r ที่ได้จาก TA = $20 / 2.0 = 10$ ซม. และ ค่ามาตรฐานค่ามาตรฐานของผิวผิว 4 นิ้ว คือ 20 ซม.
ซึ่งค่า S_r ที่ได้จาก TA = $20 / 2.7 = 7.4$ ซม. หรือ TA ที่ใช้ไปคือ = 17.4 ซม.