ความรู้ประกอบการขอเลื่อนระดับวุฒิวิศวกรเกี่ยวกับงานถนนและสะพาน

ศาสตราจารย์ ดร.พานิช วุฒิพฤกษ์

วุฒิวิศวกรสาขาวิศวกรรมโยธา

อนุกรรมการทดสอบความรู้ระดับวุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา

หน้าที่ของวุฒิวิศวกร

- งานให้คำปรึกษา หมายถึง การให้ข้อแนะนำ การตรวจวินิจฉัย หรือการตรวจรับรองงาน
- การที่จะปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างเหมาะสม บุคคลจึงควรมีความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรมเป็นอย่างดี
- มีประสบการณ์ในการทำงานที่เกี่ยวข้อง
- เคยทำงานที่พบอุปสรรคปัญหาและสามารถแก้ไขปัญหาได้ลุล่วง

การนำเสนอผลงาน

- จัดเตรียมผลงานเด่นเป็น POWER POINT ที่มีสาระสำคัญ
- นำเสนอผลงานโดยไม่ติดขัด ต้องมีความเข้าใจในสิ่งที่นำเสนอ
- สามารถชี้ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้น และการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมที่สำเร็จลุล่วง

ความรู้ประกอบการขอเลื่อนระดับวุฒิวิศวกรเกี่ยวกับงานถนน

- การออกแบบเชิงเรขาคณิต
- การออกแบบโครงสร้างชั้นทาง การเลือกใช้วัสดุ วิธีการทดสอบที่เกี่ยวข้อง
- ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ
- การแก้ไขปัญหาเชิงวิศวกรรม เช่นวัสดุที่ไม่เหมาะสม
- การตัดสินใจเลือกถนนระดับดินหรือยกระดับ
- ปัญหาเขตทาง ปัญหาการระบายน้ำ
- ปัญหาการพังทลายของลาดดิน การแก้ปัญหาการพังทลาย
- การออกแบบ ก่อสร้างคันทางเสริมกำลังในรูปแบบต่างๆ

ความรู้ในงานควบคุมการก่อสร้างถนน

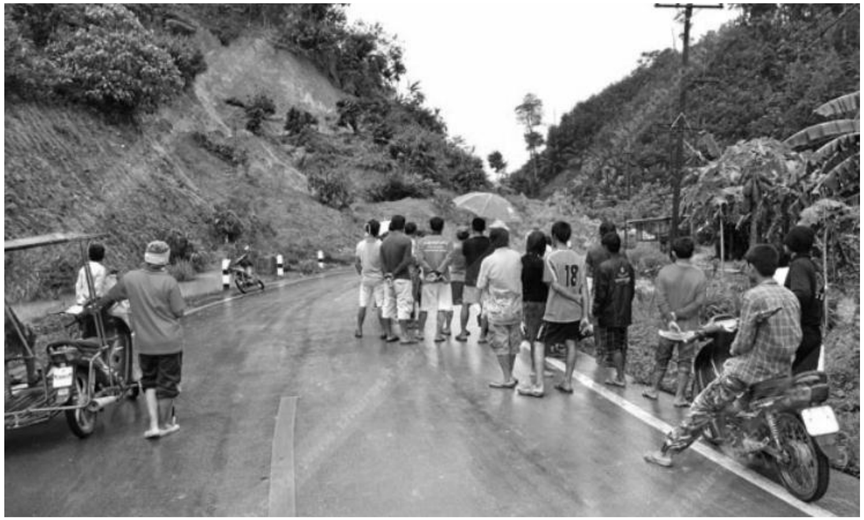
เสถียรภาพของถนน

- เสถียรภาพเชิงปริมาตร
- เสถียรภาพด้านความแข็งแรง
- เสถียรภาพด้านการซึมผ่านของน้ำในดิน
- เสถียรภาพด้านความคงทน

วัสดุที่นำมาก่อสร้างคันทาง

- ดินเป็นวัสดุทางวิศวกรรมที่หาได้ง่าย มีราคาถูกเมื่อเทียบกับวัสดุทางวิศวกรรมอื่นๆ แต่อาจมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามความต้องการหรือข้อกำหนด
- วิศวกรต้องตัดสินใจว่าจะออกแบบโครงการให้เป็นไปตามมาตรฐานโดยใช้ดินที่มีอยู่ในพื้นที่ หรือรื้อดินเดิมออกแล้วแทนด้วยดินหรือวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกว่า
- หรือนำดินเดิมมาเปลี่ยนคุณสมบัติให้กลายเป็นดินชนิดใหม่ที่มีเสถียรภาพตรงตามความต้องการด้วยวิธีการ “ปรับปรุงคุณภาพดิน”

การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของดิน



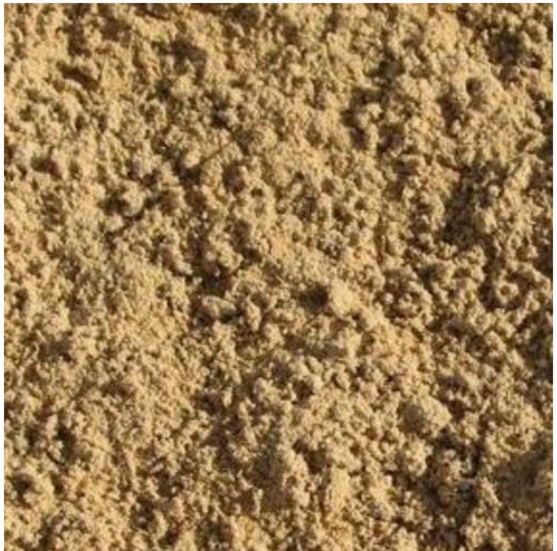
การสูญเสียความแข็งแรงของดิน

ปัญหาการซึมผ่านของน้า

การสูญเสียความคงทนของคันทาง

การจำแนกประเภทของดินตามขนาดของเม็ดดิน

- กรวด (Gravel) มีลักษณะเหมือนเศษก้อนหิน สามารถมองเห็นและแยกออกเป็นเม็ดเดี่ยวๆ ได้ด้วยตาเปล่า โดยทั่วไปกรวดมีขนาดตั้งแต่ 2 มิลลิเมตรจนถึง 150 มิลลิเมตร
- ทราย (Sand) มีขนาดเล็กกว่ากรวด สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ลักษณะเม็ดทรายจะค่อนข้างกลมและมักจะมีแร่เฟลสปาร์เป็นส่วนประกอบ ขนาดของเม็ดทรายจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.075 มิลลิเมตรถึง 2 มิลลิเมตร



การจำแนกประเภทของดินตามขนาดของเม็ดดิน

- ดินตะกอน (Silt) มีขนาดเล็กมากประมาณ 0.002 มิลลิเมตรถึง 0.075 มิลลิเมตร ดินประเภทนี้ไม่สามารถแยกเม็ดได้ด้วยตาเปล่า ลักษณะรูปร่างจะเป็นแผ่นบางๆ และมักจะมีแร่ไมกาเป็นส่วนประกอบ
- ดินเหนียว (Clay) ขนาดเม็ดดินของดินเหนียวจะมีขนาดเล็กมาก (เล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร) จึงไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เม็ดดินมีรูปร่างเป็นแผ่นบางๆ ตามลักษณะของแร่ดินเหนียว ดังแสดงในรูป ลักษณะพิเศษประการหนึ่งของดินเหนียวคือสามารถแสดงสภาพพลาสติกได้

ประเภทของผิวทาง

ผิวทางยืดหยุ่น (Flexible Pavement)

- ผิวทางก่อสร้างด้วยยางมะตอยและวัสดุมวลรวมหยาบ
- โครงสร้างประสานกันด้วยการขบเกี่ยวกัน (Interlock) แรงเสียดทาน (Friction) และแรงยึดเหนี่ยว (Cohesion) เพื่อรักษาเสถียรภาพ และกระจายน้ำหนักลงไปลงสู่ชั้นดินเดิม (subgrade)

ผิวทางแบบคงรูป (Rigid Pavement)

- ผิวทางก่อสร้างด้วยคอนกรีต
- สมมติว่ามีความแข็งแรงดัด (Flexural strength) สูงมากโดยคอนกรีตทำหน้าที่เสมือนคานที่เชื่อมความไม่สม่ำเสมอในชั้นพื้นทางและชั้นดินเดิม

ข้อควรคำนึงในการออกแบบผิวทาง

- สมรรถนะของผิวทาง
- การจราจร
- ดินคันทาง
- วัสดุก่อสร้างผิวทาง
- สิ่งแวดล้อม
- การระบายน้ำ
- ความน่าเชื่อถือได้
- ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน
- การออกแบบไหล่ทาง

ความเสียหายของผิวทางลาดยาง

อาจเนื่องมาจาก การล้าของผิวถนน การทรุดตัวในชั้นดินคันทาง พื้นทางหรือผิวทาง เกิดแรงเฉือนสูงเกินความสามารถของโครงสร้างทาง สังเกตได้จากรอยยุบและการทะลักของดินในบริเวณใกล้เคียง

รอยแตกแบบผิวจระเข้ (Alligator crack)

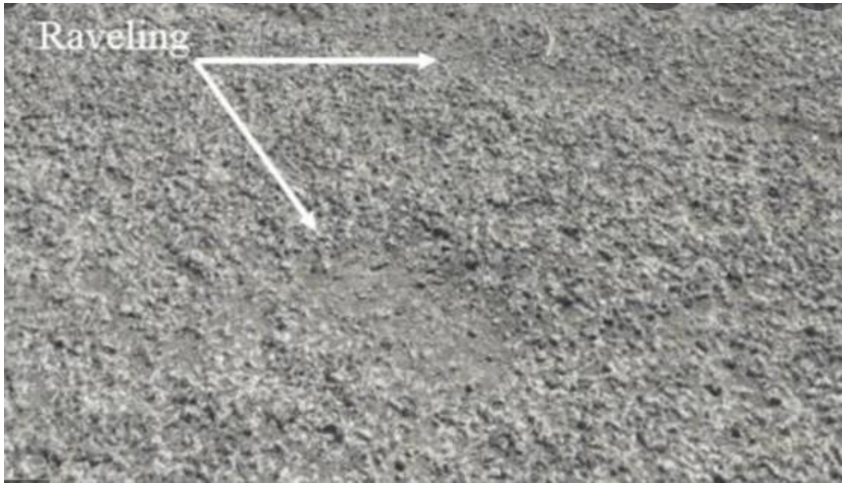
รอยร่องล้อ (Rutting depth)

ความเสียหายต่อผิวถนนคอนกรีต

การชำรุดของผิวทางคอนกรีตมีสาเหตุ 2 ประการคือ

- ประการแรก เกิดในเนื้อคอนกรีต เช่น ใช้ส่วนผสมไม่เหมาะสม ปูนซีเมนต์น้อยเกินไป หินที่ใช้มีความแกร่งไม่พอ น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตไม่สะอาด มีสารเคมีปะปน การเสริมเหล็กผิดตำแหน่ง
- ประการที่สอง เกิดจากพื้นทาง ดินคันทางไม่แข็งแรงเพียงพอเมื่อมีน้ำหนักยานพาหนะบดทับทำให้เกิดการเสียหาย เช่น การอัดทะลัก (Pumping) ส่งผลให้บริเวณมุมและรอยต่อของแผ่นคอนกรีตรอยเสียแตก

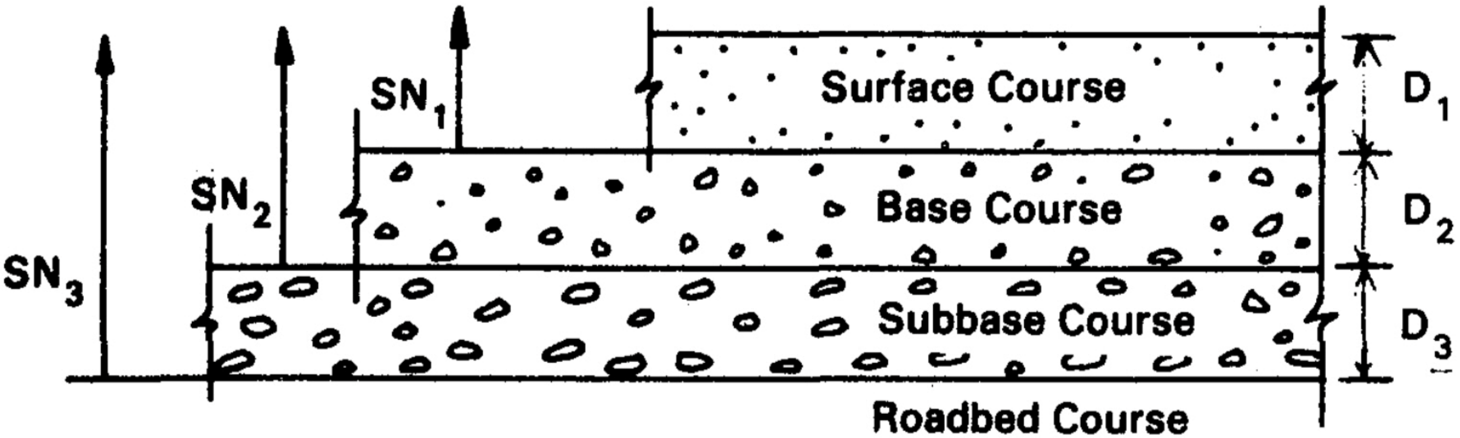
ความเสียหายผิวทางคอนกรีต



ผิวทางการหลุดร่อน

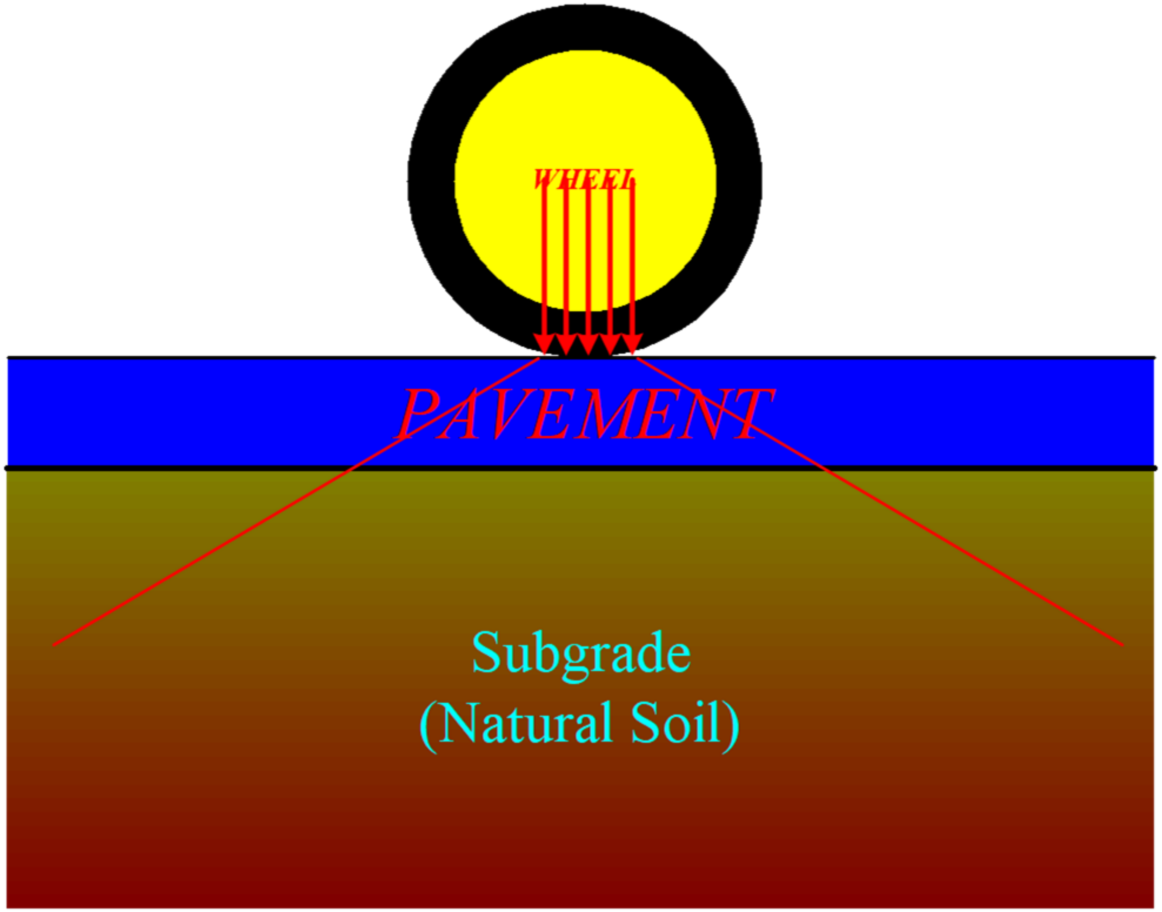
ผิวทางขยายตัว

การออกแบบโครงสร้างผิวทาง

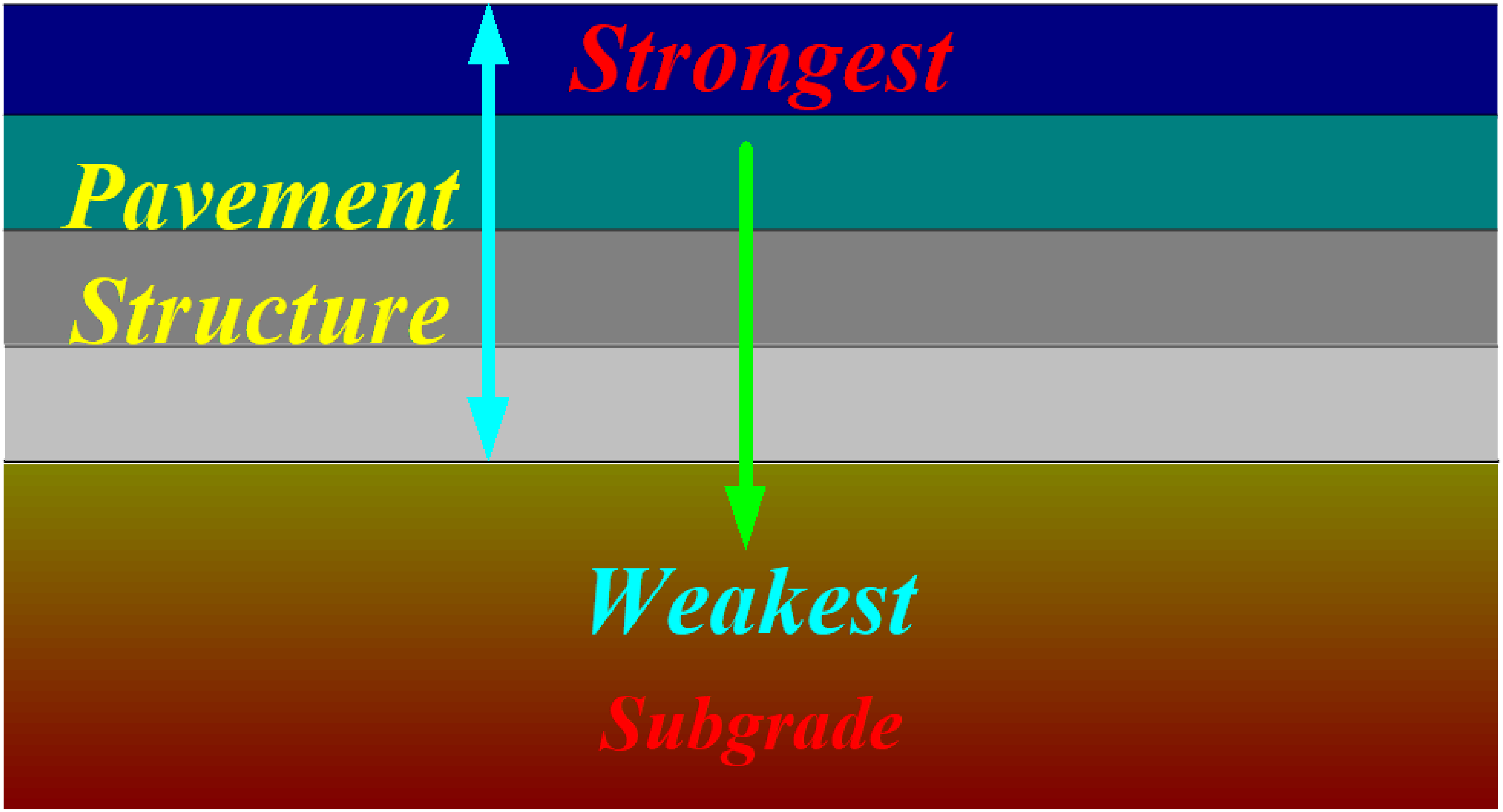


AASHTO (1993) Method

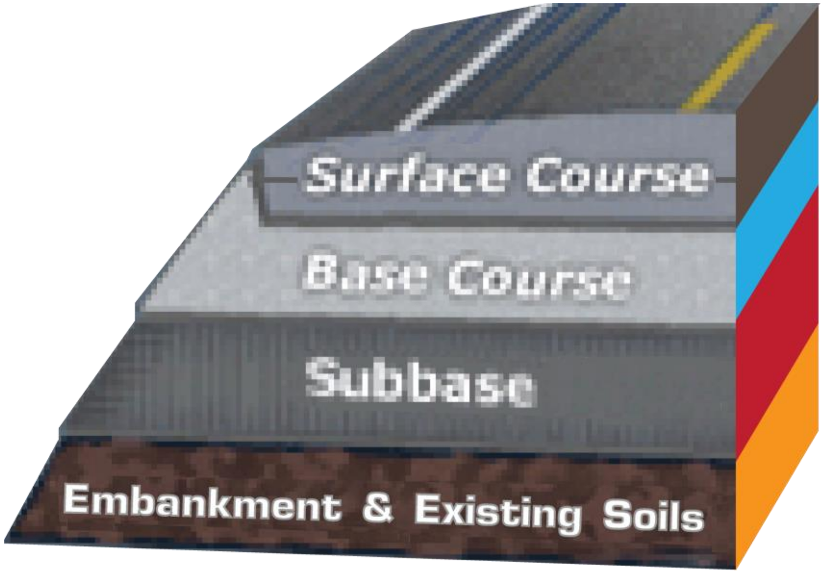
การถ่ายน้ำหนักจากล้อสู่ชั้นทาง



ความแข็งแรงของระบบชั้นทาง

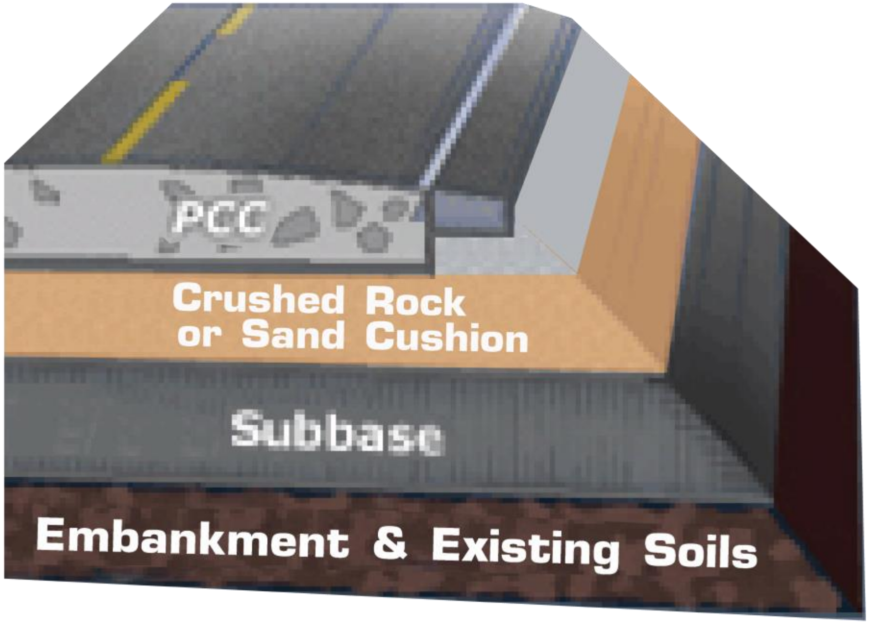


ผิวทางมีสองประเภท



ผิวทางแบบยืดหยุ่น

(Flexible Pavement)

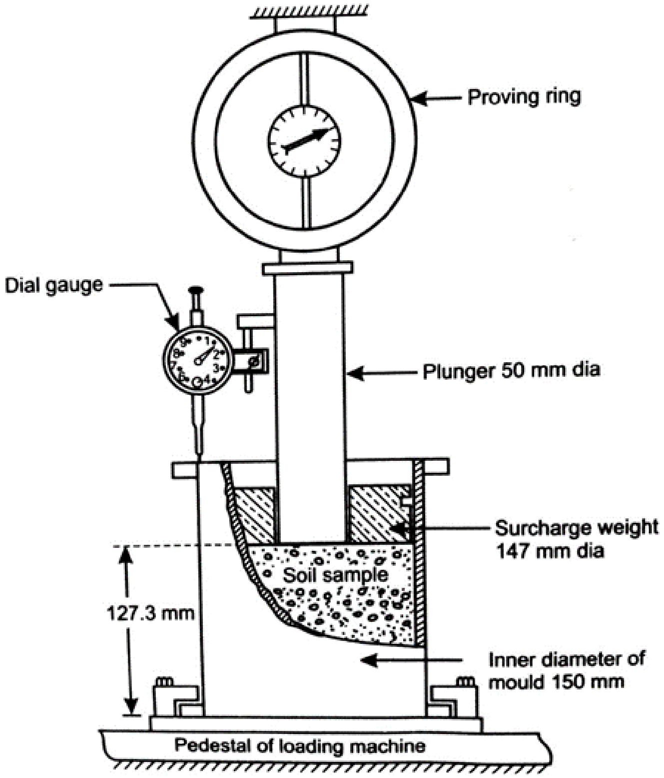


ผิวทางแบบคงรูป

Rigid Pavement

California Bearing Ratio (CBR)

- เป็นการวัดความแข็งแรงของดินเดิมและวัสดุผิวทางอื่น
- อัตราส่วนการรับแรงแบกทานที่จมตัวลงในวัสดุถึงความลึกที่กำหนดเปรียบเทียบกับน้ำหนักกดที่ให้ค่าการจมตัวที่เท่ากันลงในหินโม่มาตรฐาน
- วิธีนี้ไม่ได้ใช้หาค่าความแข็งแรงเฉือนหรือค่ามอดุลัสโดยตรง



California Bearing Ratio (CBR)

Penetration		Standard Unit Load	
mm.	Inch.	ksc.	psi.
2.5	0.1	70.3	1,000
5.0	0.2	105.3	1,500
7.5	0.3	133.4	1,900
10.0	0.4	161.5	2,300

$$CBR = \frac{\text{Test Unit Load}}{\text{Standard Unit Load}} \times 100\ \%$$

การหาค่า CBR เพื่อใช้ออกแบบ

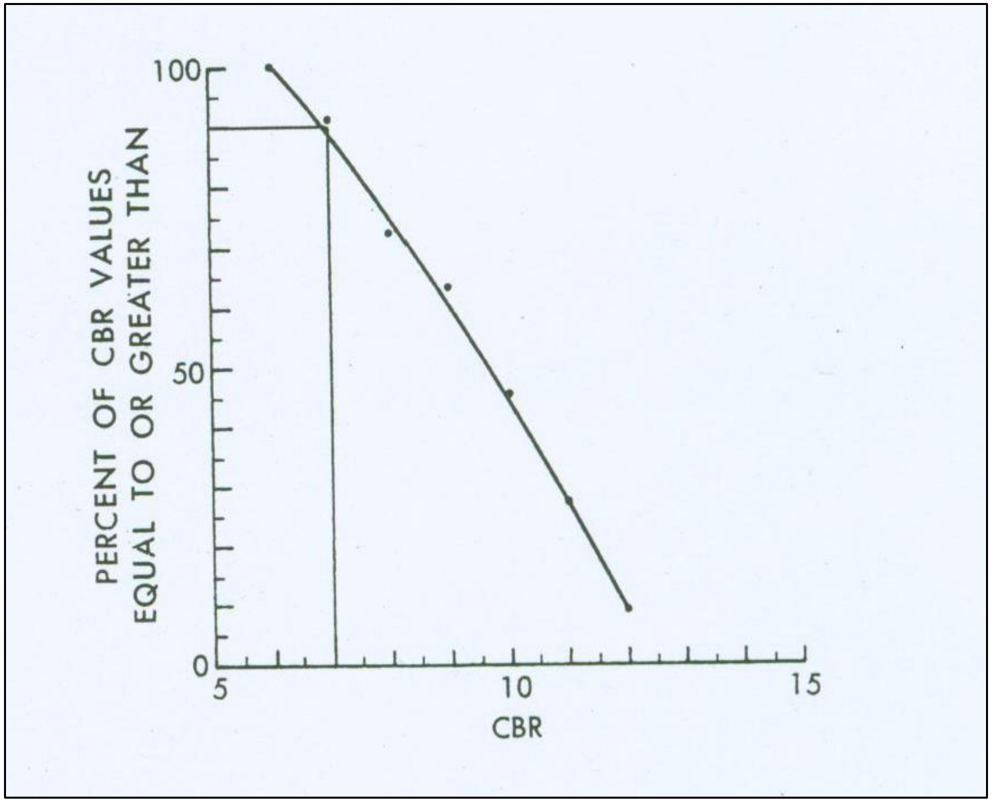
- **เก็บตัวอย่างจากบ่อยืม (Borrow Pits)**
- **เก็บตัวอย่างดินคันทาง (Subgrade)**
  - เก็บตัวอย่างตามแนวสายทางระยะห่าง 250 – 1000 เมตร
  - ระยะห่างจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามสภาพของดิน

การหาค่า CBR เพื่อใช้ออกแบบ

- **การทดสอบ CBR**
  - AASHTO T-193
  - DH-T 109/2517
  - ทดสอบหลังจากนำตัวอย่างที่บดอัดแช่น้ำนานสี่วัน

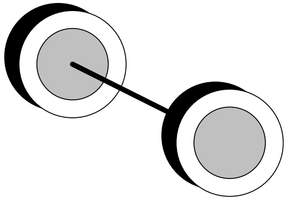
การหาค่า CBR เพื่อใช้ออกแบบ

- **ค่า CBR ที่ใช้ในการออกแบบคือค่า** CBR ที่ร้อยละ 90 ของค่า CBR ทั้งหมดตลอดแนวสายทางออกแบบมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า



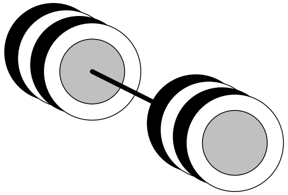
ปริมาณจราจร

รูปแบบเพลาและยาง



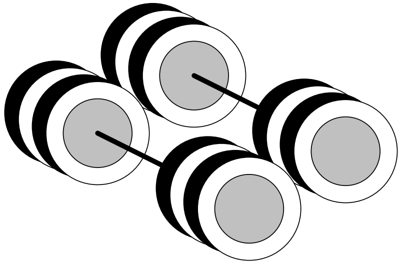
เพลาเดี่ยว ล้อเดี่ยว

Single Axle, Single Tire



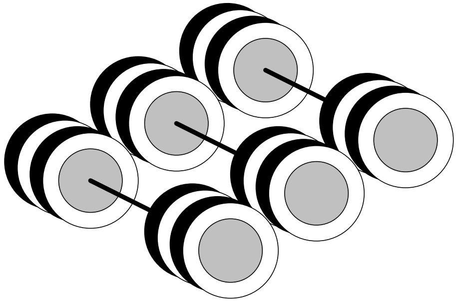
เพลาเดี่ยว ล้อคู่

Single Axle, Dual Tires



เพลาคู่ ล้อคู่

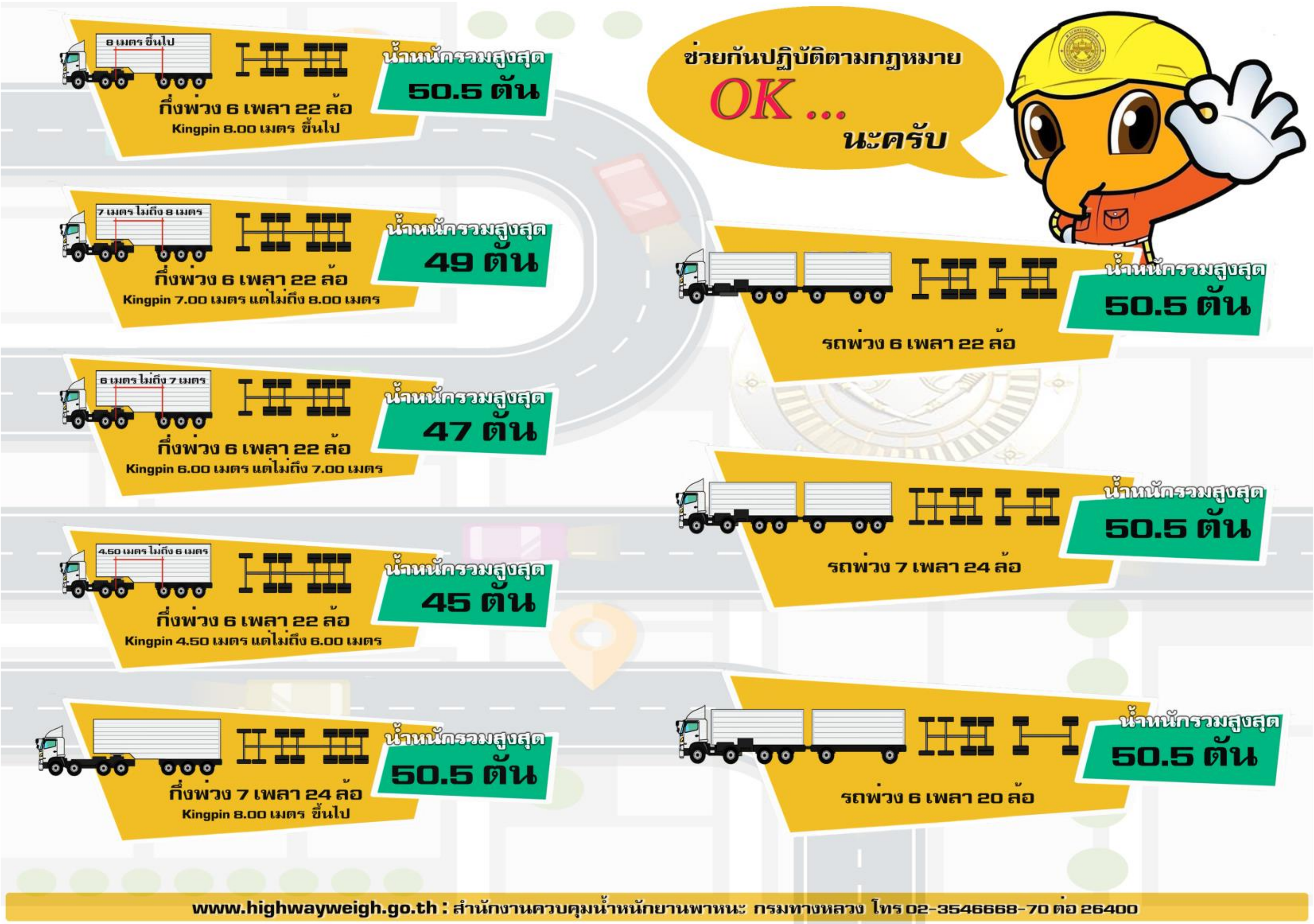
Tandem Axles, Dual Tires



สามเพลา ล้อคู่

Tridem Axles, Dual Tires

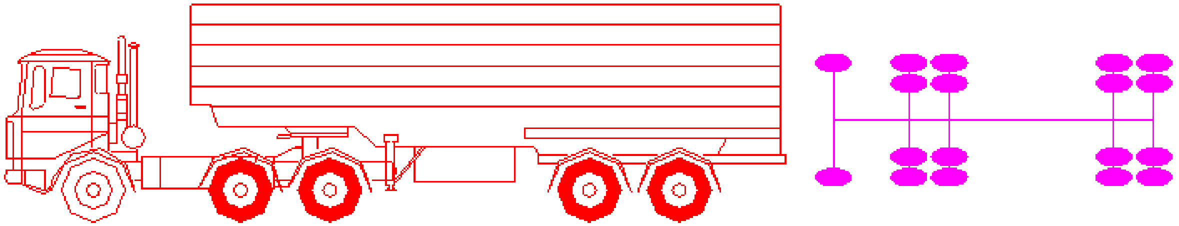
ขีดจำกัดน้ำหนักรถบรรทุก



น้ำหนักเพลาเดี่ยว (Equivalent Single Axle Load, ESAL)

น้ำหนักรถที่ทำให้โครงสร้างผิวทางเกิดความเสียหายในภาพรวมเทียบเท่ากับความเสียหายที่เกิดจากน้ำหนักรถเพลาเดี่ยว ล้อคู่ 18000 ปอนด์ วิ่งผ่านหนึ่งเที่ยว

ESAL Load Factor



	12,000 lbs	36,000 lbs	36,000 lbs
ESAL Load Factor	**0.189**	**1.380**	**1.380**

Σ All the ESAL Load Factor = 0.189 + 1.380 + 1.380 = 2.949

แฟคเตอร์รถบรรทุก (Truck Factor)

- จำนวนการประยุกต์ใช้น้ำหนักเพลาเดี่ยว 18,000 ปอนด์ ต่อน้ำหนักรถบรรทุก
- ผลรวมของ ESAL สำหรับรถบรรทุกทั้งหมด หารด้วยจำนวนรถบรรทุกทั้งหมด = แฟคเตอร์รถบรรทุก (Truck factor)

การวิเคราะห์ปริมาณจราจร (Traffic analysis)

$$ESAL = (ADT)_0 \times T \times T_f \times G \times D \times L \times 365$$

$(ADT)_0$	=	การจราจรเฉลี่ยต่อวันเมื่อเริ่มต้นของช่วงเวลาการออกแบบ (Average daily traffic at the beginning of the design period)
T	=	ร้อยละรถบบรทุก เฉลี่ยต่อวัน (Percentage of trucks in ADT)
T_f	=	แฟคเตอร์รถบรรทุก (Truck factor)
G	=	แฟคเตอร์การเพิ่มขึ้น (Growth factor)
D	=	แฟคเตอร์การกระจายเชิงทิศทาง (Directional distribution factor)
L	=	แฟคเตอร์การกระจายในช่องจราจร (Lane distribution factor)

แฟคเตอร์การเพิ่มขึ้น (Growth factor)

$$G = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$$

r = อัตราการเพิ่มขึ้นของการจราจรต่อปี (Traffic annual growth rate (%)

Y = ช่วงเวลาการออกแบบ (Design period) ปี

แฟคเตอร์การกระจายในช่องจราจร

(Land distribution factor)

จำนวนช่องจราจรในแต่ละทิศทาง (Number of lanes in each direction)	ร้อยละของ 18-kip ESAL ในช่องการออกแบบ (Percentage of 18-kip ESAL in design lane)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

วิธีออกแบบผิวทาง AASHTO (1993)

- เป็นวิธีเชิงประจักษ์ (Empirical Method)
- เป็นไปตามผลการทดสอบถนนของ AASHTO (AASHO Road Test)
- สมการการออกแบบดั้งเดิมได้รับการพัฒนาขึ้นภายใต้สภาพอากาศที่กำหนดด้วยชุดวัสดุผิวทางเท้าและดินเดิม (subgrade) จำเพาะเจาะจง
  - ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยประมาณ 34 นิ้ว (864 มม.)
  - ความลึกเฉลี่ยจากการแทรกซึมของความเย็นเยือกแข็งประมาณ 28 นิ้ว (711 มม.)
  - ชั้นดินเดิมประกอบด้วย A-6 และ A-7-6 ที่มีความสามารถในการระบายน้ำต่ำ (poorly drained)
  - ค่า CBR มีช่วงค่าระหว่าง 2 - 4

การบดอัดดิน (Compaction of Soils)

- การบดอัดเป็นการประยุกต์ใช้พลังงานเชิงกลกับดินเพื่อจัดเรียงอนุภาคใหม่และลดอัตราส่วนช่องว่าง ใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติของดินเดิมหรือในกระบวนการของการถมดินเช่นการสร้างคันทาง ฐานรองรับถนน ทางวิ่งในสนามบิน เขื่อนดิน และกำแพงกันดินเสริมกำลัง
- การบดอัดยังใช้เพื่อเตรียมพื้นผิวระดับระหว่างการก่อสร้างอาคาร ในการนี้โดยปกติจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำและขนาดของอนุภาคดิน

การบดอัดดิน (Compaction of Soils)

วัตถุประสงค์ของการบดอัดคือ:

- เพื่อเพิ่มความแข็งแรงเฉือนแก่ดิน ซึ่งทำให้ความสามารถการรับแรงแบกทานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย
- เพื่อลดการทรุดตัวในภายหลังภายใต้การรับน้ำหนักบรรทุก
- เพื่อลดความสามารถในการซึมผ่านของดินทำให้น้ำไหลผ่านได้ยากขึ้น

งานก่อสร้างถนนและผิวทาง

ผิวทางยืดหยุ่น (Flexible Pavement)

- ผิวทางก่อสร้างด้วยยางมะตอยและวัสดุมวลรวมหยาบ
- โครงสร้างประสานกันด้วยการขบเกี่ยวกัน (Interlock) แรงเสียดทาน (Friction) และแรงยึดเหนี่ยว (Cohesion) เพื่อรักษาเสถียรภาพ และกระจายน้ำหนักลงไปลงสู่ชั้นดินเดิม (subgrade)

ผิวทางคงรูป (Rigid Pavement)

- ผิวทางก่อสร้างด้วยคอนกรีต
- คอนกรีตถูกสมมติว่ามีความแข็งแรงดัด (Flexural strength) สูงมากโดยคอนกรีตทำหน้าที่เสมือนคานที่เชื่อมความไม่สม่ำเสมอในชั้นพื้นทางและชั้นดินเดิม

การควบคุมคุณภาพวัสดุ

วัสดุถมคันทาง (Embankment material)

หมายถึง วัสดุที่ได้จากบ่อยืมข้างทาง ถนนเดิม หรือที่อื่นๆ แล้วนำมาใช้ก่อสร้างคันทาง

- วัสดุถมคันทางประเภทวัสดุดินทั่วไป (Soil) เป็นวัสดุที่ปราศจากรากไม้ใบไม้หรือวัสดุอินทรีย์ ซึ่งเป็นสารผุพังปนอยู่อันอาจจะทำ ให้เกิดการยุบตัวเสียหายในอนาคต
- มีค่า ซี.บี.อาร์.จากห้องทดลอง (Lab C.B.R.) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 ที่ร้อยละ 95 ของค่าความแน่นแห้งสูงสุดแบบมาตรฐาน (Standard Proctor Density)
- มีค่าการบวมตัว (Swelling) ไม่มากกว่าร้อยละ 4

วัสดุดินทั่วไป

วัสดุรองพื้นทาง (Subbase)

หมายถึง วัสดุลูกรังหรือวัสดุมวลรวมดิน (Soil Aggregate) ซึ่งนำ มาเสริมบนชั้นคันทางหรือใช้เป็นชั้นพื้นทางของถนนชนิดที่มีผิวจราจรเป็นลูกรัง เป็นวัสดุประกอบด้วยเม็ดแข็ง ทนทานและมีวัสดุเชื้อประสานที่ดีผสมอยู่

- ปราศจากก้อนดินเหนียว (Clay Lump) Shale รากไม้หรือวัชพืชอื่นๆ
- ขนาดวัสดุใหญ่สุดไม่โตกว่า 5 เซนติเมตร
- ค่าขีดเหลว (Liquid Limit) ไม่มากกว่าร้อยละ 35 ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (Plasticity Index) ไม่มากกว่าร้อยละ 11

ลูกรัง (Lateritic soil)

วัสดุรองพื้นทาง (Subbase)

- ค่า ซี.บี.อาร์. จากห้องทดลอง (Lab C.B.R.) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ที่ร้อยละ 95 ของค่าความแน่นแห้งสูงสุดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor Density)
- ค่าจำนวนส่วนร้อยละของความสึกหรอ (Percentage of Wear) ไม่มากกว่าร้อยละ 60 ตามมาตรฐานการทดสอบหาความสึกหรอของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ (Coarse Aggregates) โดยใช้เครื่องมือทดสอบหาความสึกหรอ (Los Angeles Abrasion) สำหรับงานทาง
- มีมวลคละผ่านตะแกรง ตามมาตรฐานการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ (Sieve Analysis) ดังระบุตามข้อกำหนดวัสดุ

วัสดุพื้นทางชนิดหินคลุก

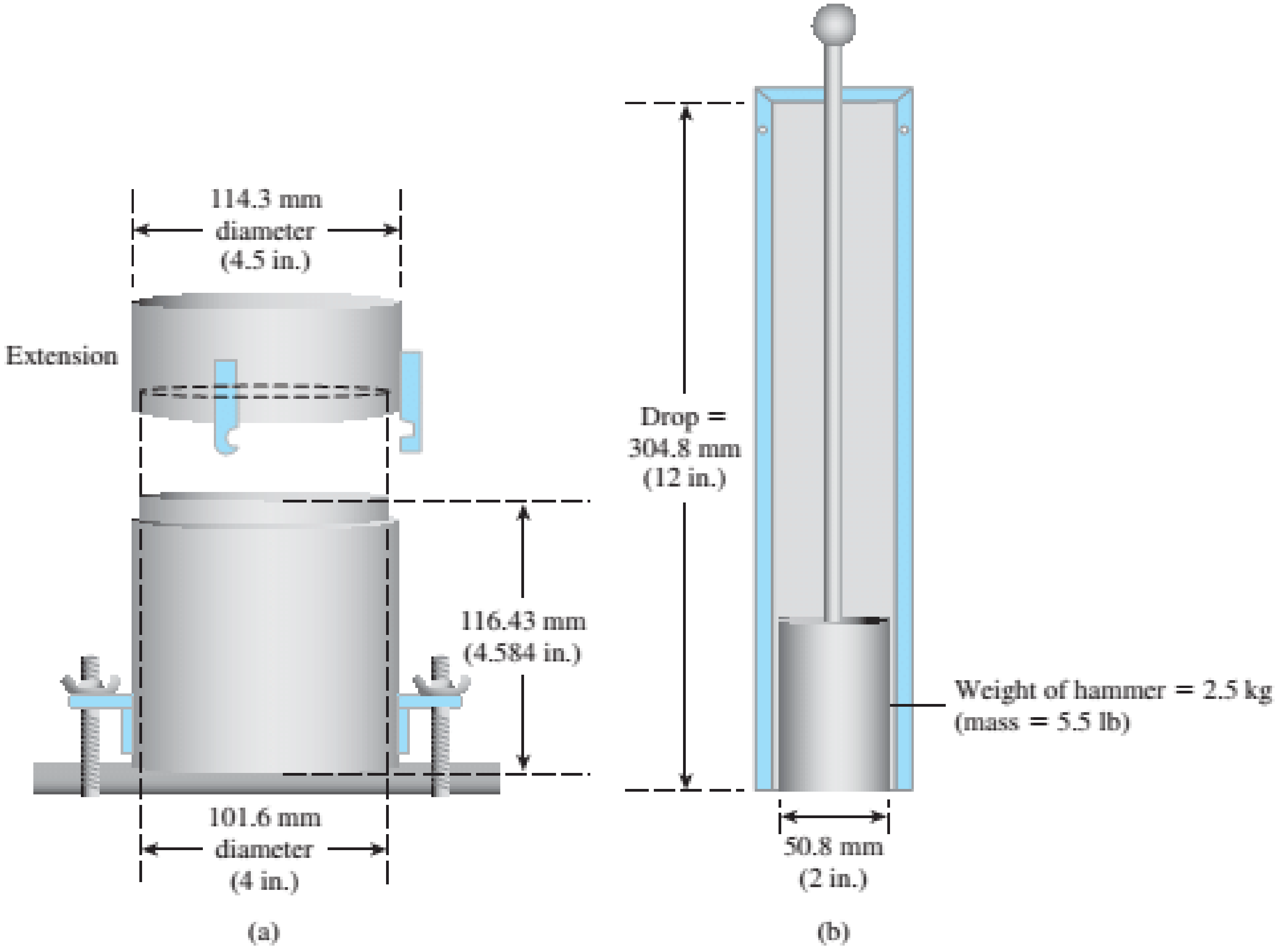
วัสดุพื้นทางชนิดหินคลุก

- ค่าขีดเหลว (Liquid Limit) ไม่มากกว่าร้อยละ 25 ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (Plasticity Index) ไม่มากกว่าร้อยละ 6
- ค่าจำนวนส่วนร้อยละของความสึกหรอ (Percentage of Wear) ไม่มากกว่าร้อยละ 40 ตามมาตรฐานการทดสอบหาความสึกหรอของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ โดยใช้เครื่องมือทดสอบหาความสึกหรอ (Los Angeles Abrasion) สำหรับงานทาง
- ค่า ซี.บี.อาร์. จากห้องทดลองไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ที่ร้อยละ 95 ของค่าความแน่นแห้งสูงสุดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor Density)
- มีมวลคละผ่านตะแกรงดังตาราง

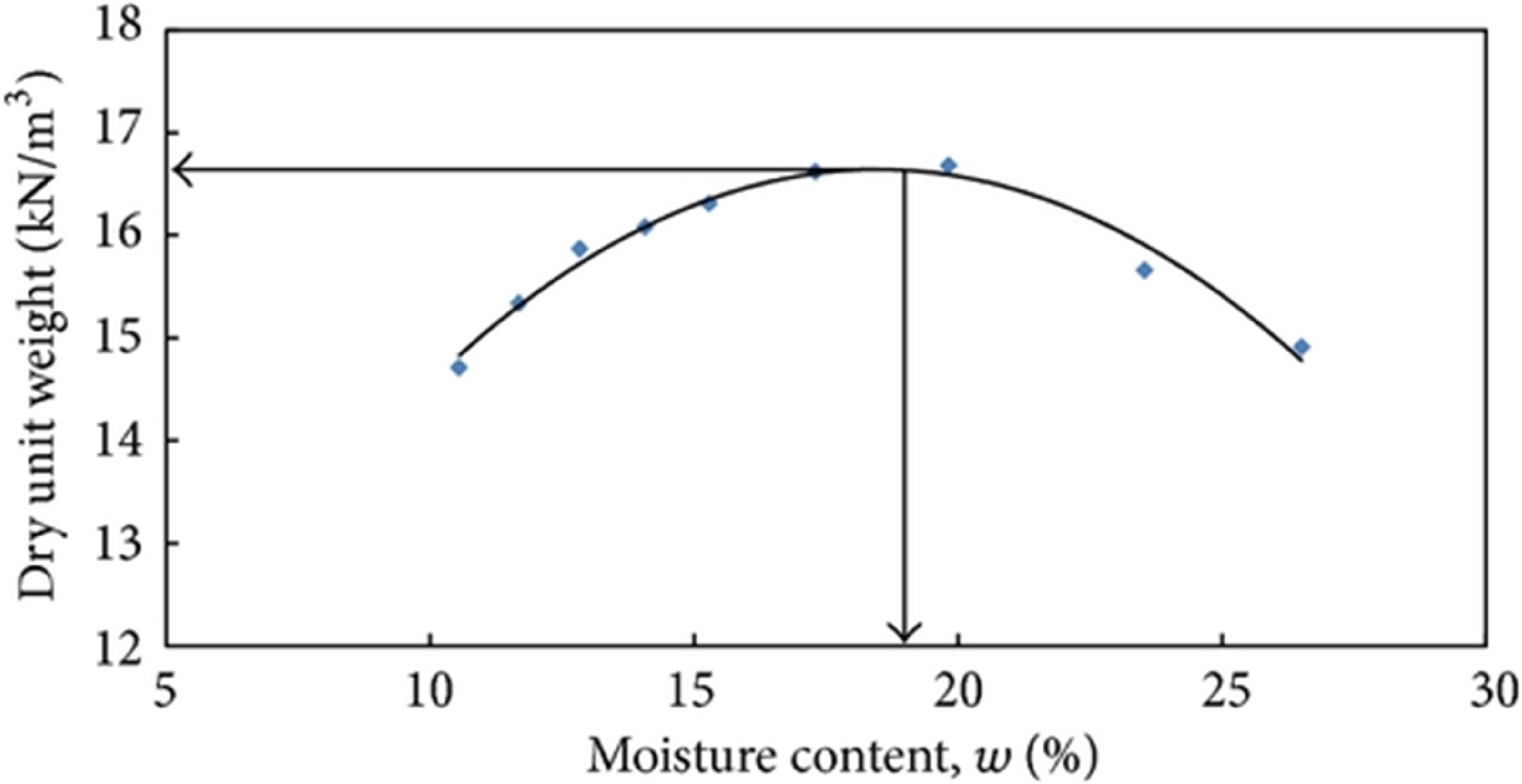
การทดสอบวัสดุคันทางในห้องปฏิบัติการ

- การบดอัดแบบมาตรฐาน (Standard Proctor test) ในกรณีดินทั่วไป
- การบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor test) ในกรณีมวลรวม ลูกรัง ทราย หินคลุก
- การทดสอบ CBR. (California Bearing Ratio)
- การร่อนผ่านตะแกรง (Sieve analysis)
- การทดสอบขีดจำกัดความข้นเหลว (Consistency Limit)
- การทดสอบการสึกกร่อน (Abrasion Test)

การบดอัดแบบมาตรฐาน

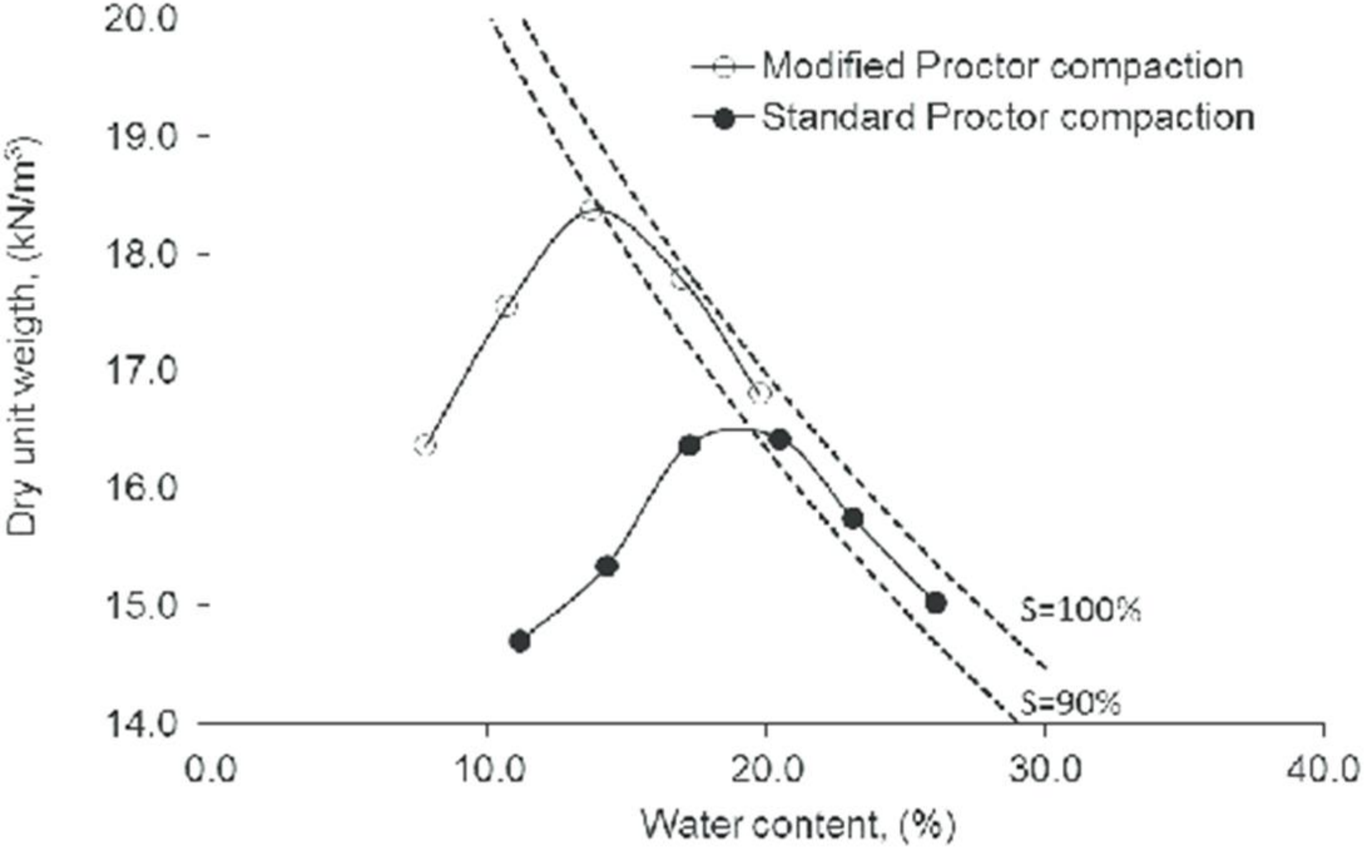


กราฟ



18
17
16
15
14
13
12
Dry unit weight (kN/m³)
5
10
15
20
25
30
Moisture content, w (%)

การบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน



การร่อนผ่านตะแกรง (Sieve analysis)

- เป็นวิธีการทดสอบเพื่อหาการกระจายของขนาดเม็ดดิน (Particle Size Distribution) ทั้งชนิดเม็ดละเอียดและหยาบ
- โดยร่อนผ่านตะแกรงที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ จนถึงขนาดเล็กที่มีขนาดช่องผ่าน 0.075 มม. (เบอร์ 200) แล้วเปรียบเทียบน้ำ หนักที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่างๆ กับน้ำหนักทั้งหมดของตัวอย่าง

การร่อนผ่านตะแกรง (Sieve analysis)

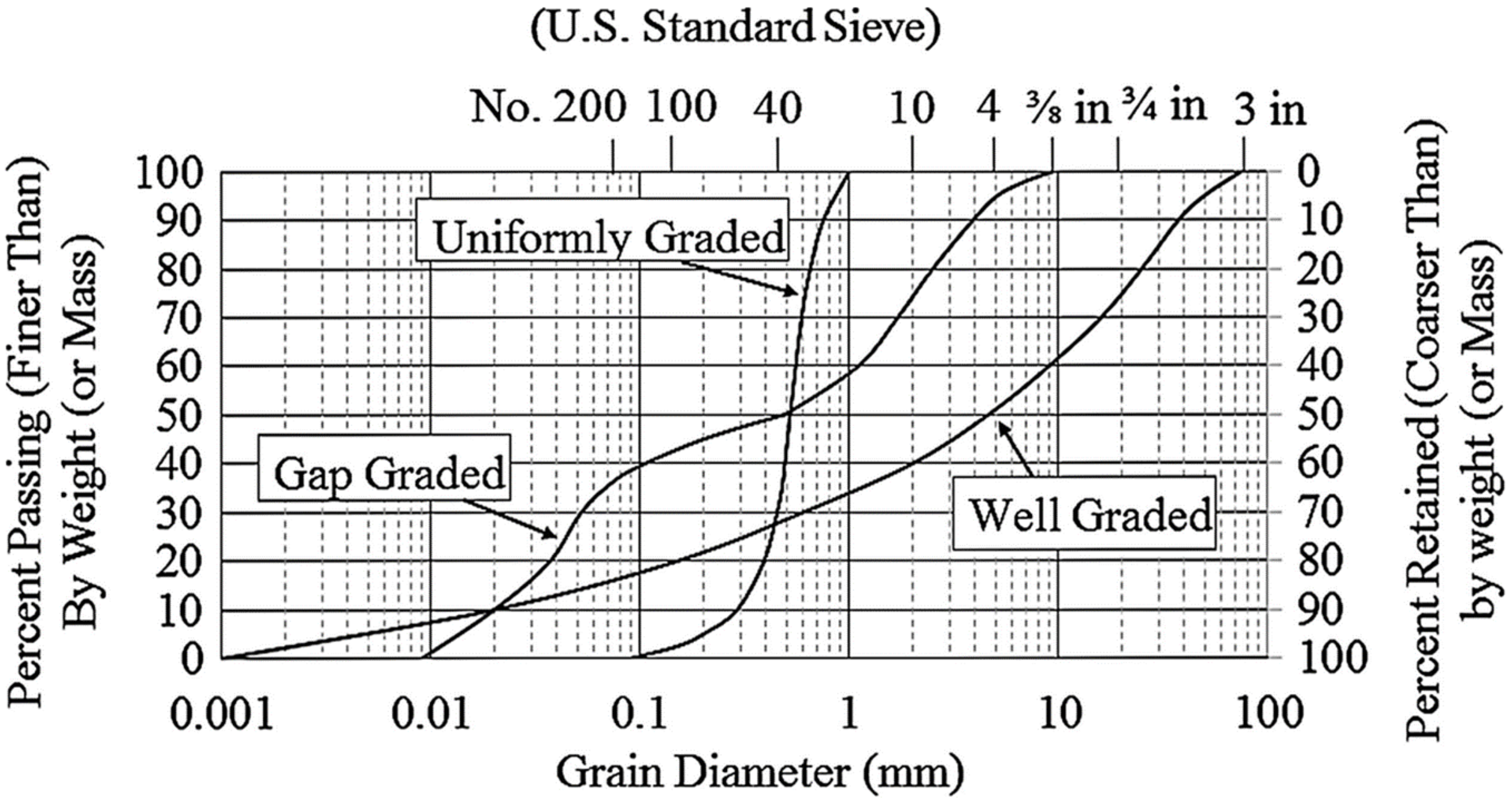
การคำนวณ

- คำนวณหาร้อยละผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก (Percentage Passing) ได้ดังนี้
- ให้รายงานค่าร้อยละผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ โดยน้ำ หนักด้วยทศนิยม 1 ตำแหน่ง

ร้อยละผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก

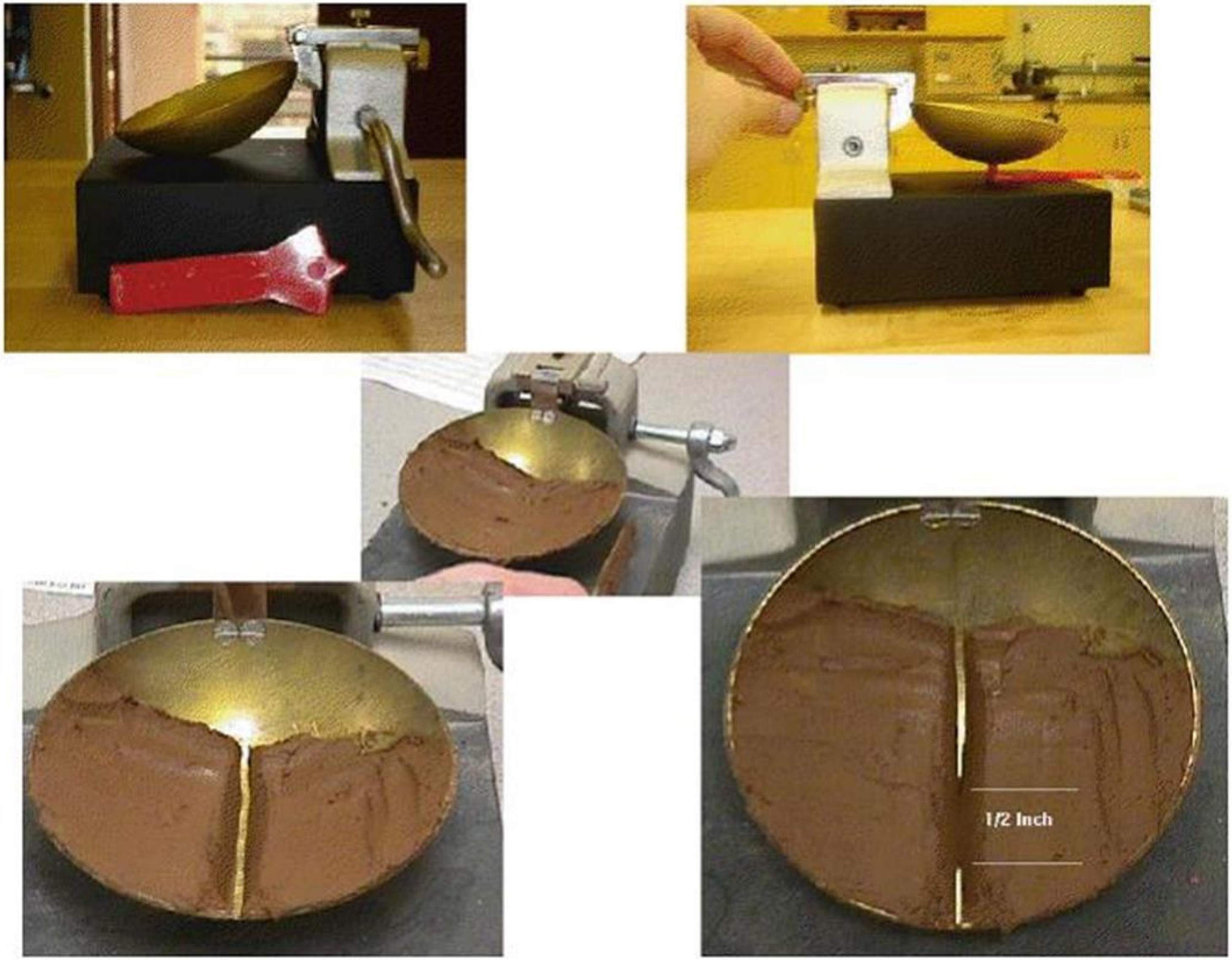
= [น้ำหนักค้างตะแกรงแต่ละขนาด/น้ำหนักตัวอย่างแห้งทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ] x 100

กราฟแสดงผลทดสอบ

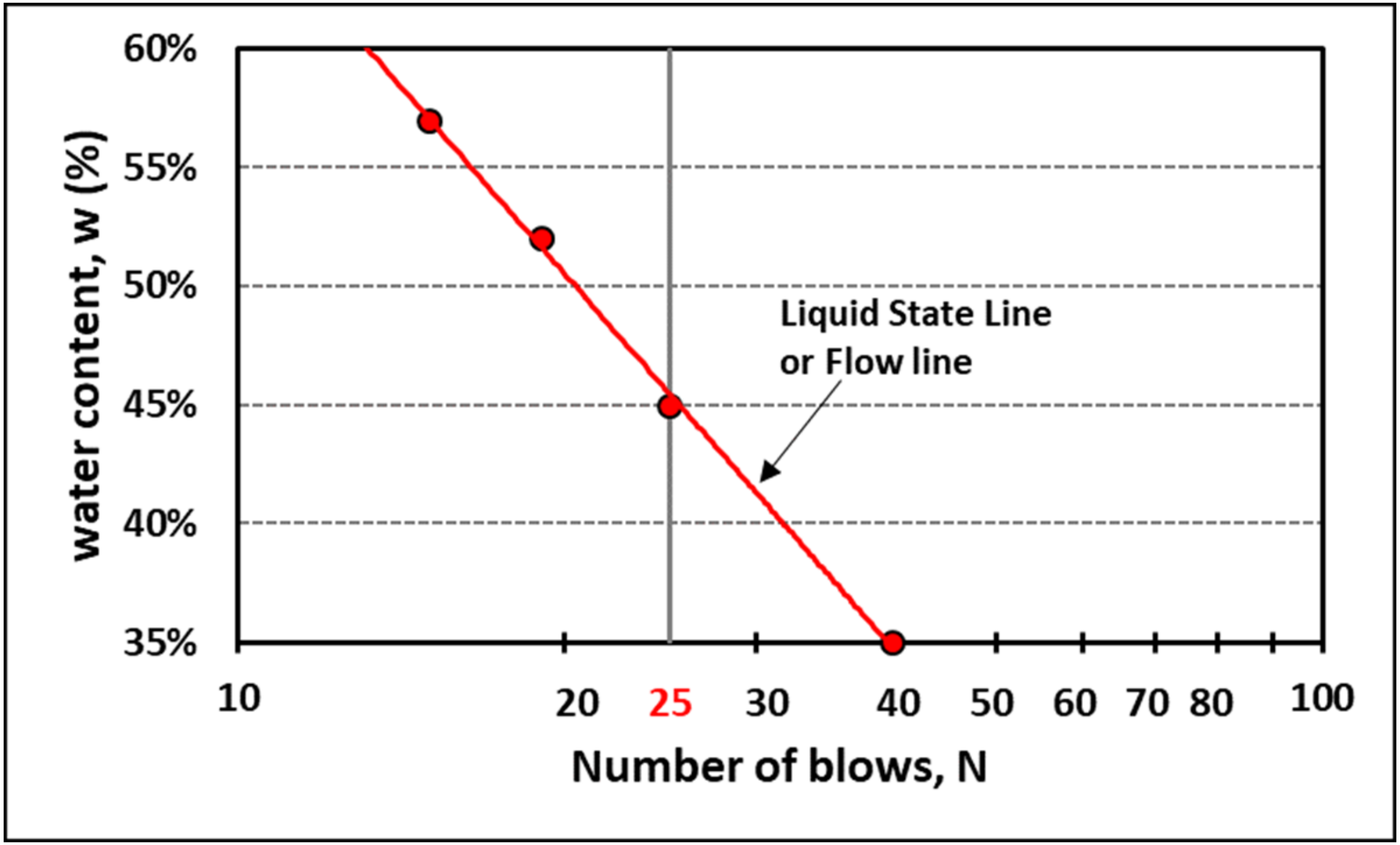


การทดสอบขีดจำกัดความข้นเหลว (Consistency Limit)

- “ขีดจำกัดเหลวของดิน, Liquid Limit” คือ ปริมาณน้ำ เป็นร้อยละที่ผสมอยู่ในดิน ซึ่งพอเหมาะที่ทำให้ดินเปลี่ยนจากภาวะพลาสติก (Plastic) มาเป็นภาวะเหลว (Liquid) โดยเปรียบเทียบกับน้ำ หนักของเนื้อดินนั้นเมื่ออบแห้ง
- ส่วนดินที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 คือ ดินที่จะนำไปใช้ทดสอบ
- ตรวจดูถ้วยทองเหลืองของเครื่องทดสอบขีดจำกัดเหลวว่ายกได้สูง 1 ซม. แล้วสามารถตกระทบพื้นได้อย่างอิสระ
- หมุนเคาะถ้วยทองเหลืองด้วยอัตราเร็ว 2 ครั้งต่อวินาที จนดินสองข้างของร่องเลื่อนมาชนกันที่ก้นถ้วยทองเหลืองยาว ประมาณ 12.7 มม. (0.5 นิ้ว) บันทึกจำนวนครั้งที่เคาะไว้ การทดสอบนี้ต้องใช้เวลาไม่เกิน 3 นาที


1/2 Inch

กราฟขีดจำกัดเหลว

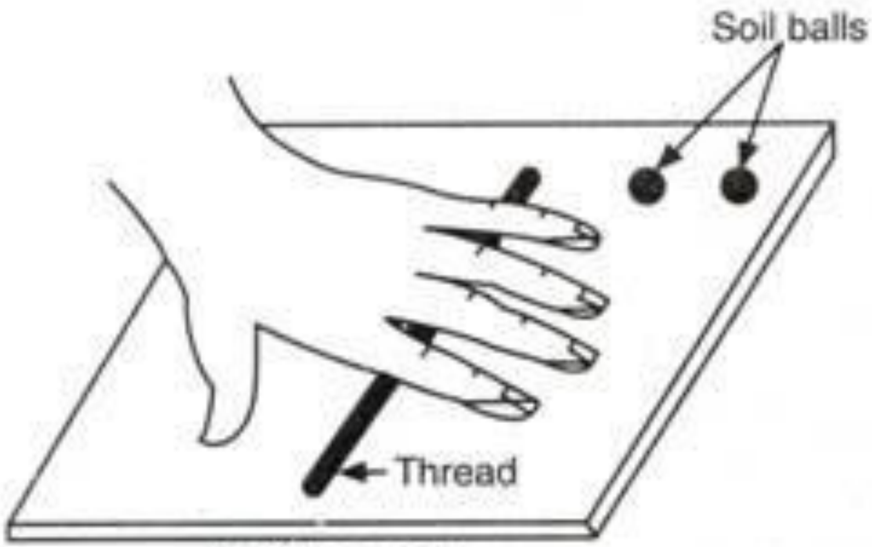


ขีดจำกัดพลาสติกของดิน (Plastic Limit)

- “ขีดพลาสติกของดิน” หมายถึง ปริมาณน้ำจำนวนน้อยที่สุดที่วัดได้ ซึ่งยังคงทำให้ดินมีสภาพเป็นพลาสติก โดยมีค่าเป็นร้อยละของน้ำต่อน้ำหนักดินอบแห้ง
- “ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (Plasticity Index : P.I.) ของดิน” หมายถึง ปริมาณน้ำ ในดินช่วงหนึ่ง ซึ่งดินนั้นยังคงสภาพเป็นพลาสติก มีค่าเป็นผลต่างระหว่างค่าขีดเหลวกับขีดพลาสติกของดินนั้น

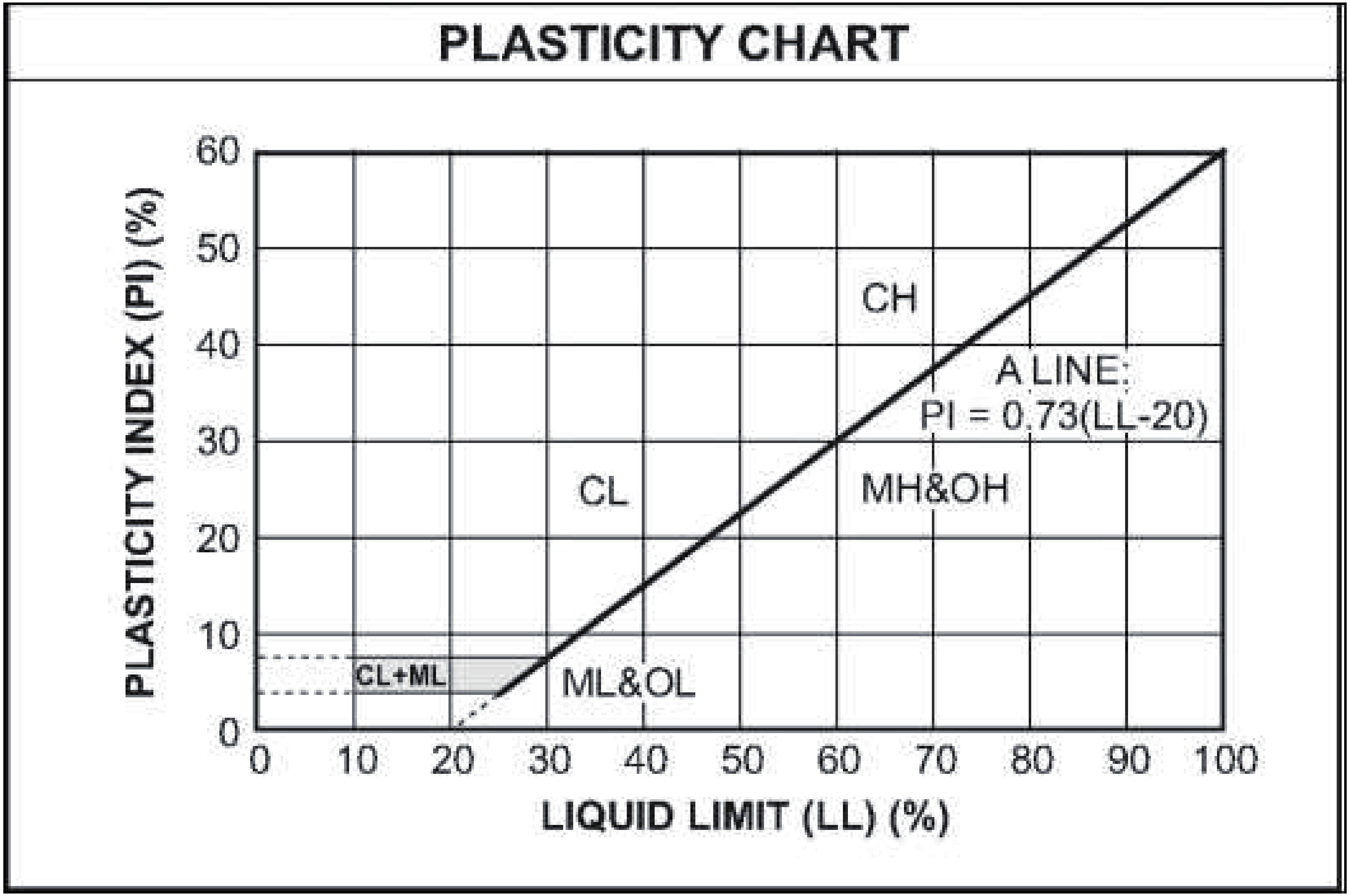
ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (P.I.) = ค่าขีดเหลว (L.L.) – ขีดพลาสติก (P.L.)

ขีดจำกัดพลาสติกของดิน



(a) Glass plate

(b)

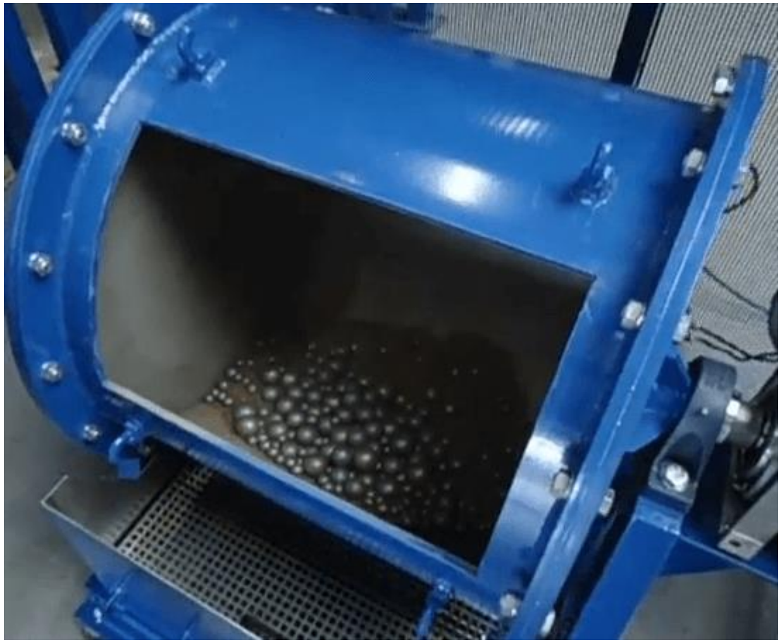

PLASTICITY CHART
PLASTICITY INDEX (PI) (%)
LIQUID LIMIT (LL) (%)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
CH
A LINE:
PI = 0.73(LL-20)
CL
MH&OH
CL+ML
ML&OL

การทดสอบการสึกกร่อน (Abrasion Test)

- “วัสดุชนิดเม็ดหยาบ (Coarse Aggregate)” หมายถึง วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างชั้นทางต่างๆ ของถนน ที่มีขนาดเม็ดตั้งแต่ 4.75 มิลลิเมตร ขึ้นไป
- เครื่องมือทดสอบหาความสึกหรอ ประกอบด้วยทรงกระบอกเหล็กปิดหัวและท้าย มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 711±5 มม. (28±0.2 นิ้ว) ความยาวภายใน 508±5 มม. (20±0.2 นิ้ว)
- ทรงกระบอกนี้ติดอยู่กับเพลาและหมุนรอบแกนได้ในแนวราบ มีช่องสำหรับใส่วัสดุพร้อมฝาเหล็กปิด ฝาเหล็กเมื่อปิดแล้ว ต้องมีลักษณะผิวเหมือนกับผิวด้านในของทรงกระบอกเหล็กและเสมอกัน ซึ่งไม่ทำให้ลูกเหล็กทรงกลม (Abrasive Charge) สะดุดเวลากลิ้งผ่านรอยต่อ

Los Angeles Abrasion

- มีแผ่นเหล็กขวางสูง 89±2 มม. (3.5±0.1 นิ้ว) ยาว 508±2 มม. (20±0.2 นิ้ว) ติดแน่นตามยาวด้านในทรงกระบอกเหล็ก ระยะจากแผ่นเหล็กขวางถึงช่องสำหรับใส่วัสดุไม่น้อยกว่า 1,270 มม. (50 นิ้ว) วัดตามความยาวเส้นรอบวงภายนอกทรงกระบอกเหล็ก



นำตัวอย่างไปแยกขนาดตามชั้น ถ้าเข้าได้หลายชั้นให้เลือกใช้ตัวที่ใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการใช้งานมากที่สุด

ขนาดตะแกรง (มม.)		น้ำหนัก (กรัม) และ ชั้นของตัวอย่าง						
ผ่าน	ค้าง	A	B	C	D	E	F	G
75.0	63.0					2,500±50		
63.0	50.8					2,500±50		
50.8	37.5					5,000±50	5,000±50	
37.5	25.0	1,250±25					5,000±25	
25.0	19.0	1,250±25						5,000±25
19.0	12.5	1,250±10	2,500±10					5,000±25
12.5	9.5	1,250±10	2,500±10					
9.5	6.3			2,500±10				
6.3	4.75 (#4)			2,500±10				
4.75 (#4)	2.36 (#8)				5,000±10			
น้ำหนักตัวอย่างรวม		5,000±10	5,000±10	5,000±10	5,000±10	10,000±100	10,000±75	10,000±50
จำนวนรอบ		500				1,000		

จำนวนลูกเหล็กทรงกลมที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชั้น (Grading)

ชั้น	ลูกเหล็กทรงกลม (ลูก)	น้ำหนักรวม (กรัม)
A	12	5,000±25
B	11	4,584±25
C	8	3,330±25
D	6	2,500±25
E	12	5,000±25
F	12	5,000±25
G	12	5,000±25

ร้อยละการสึกหรอ = [(W1-W2) / W1] x 100

เมื่อ W1= น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ

W2 = น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 12

การทดสอบความหนาแน่นของดินในสนาม

- ทราย ใช้ทรายออตตาวา (Ottawa Sand) หรือเตรียมจากทรายที่มีในท้องที่หรือวัสดุอื่นใดที่คล้ายทราย ต้องสะอาด แห้ง ไหลได้อย่างอิสระ (Free Flowing) ปราศจากวัสดุเชื่อมประสาน แข็ง กลม ไม่มีรอยแตก ไม่มีเหลี่ยมมุม ขนาดผ่านตะแกรงขนาด 0.85 มม. (เบอร์ 20) และค้างบนตะแกรงขนาด 0.425 มม. (เบอร์ 40) และมีความแน่น (Bulk Density) เปลี่ยนแปลงได้ไม่เกินร้อยละ 1

การทดสอบความหนาแน่นของดินในสนาม

ผิวทางคอนกรีต

รอยต่อในผิวทางคอนกรีต

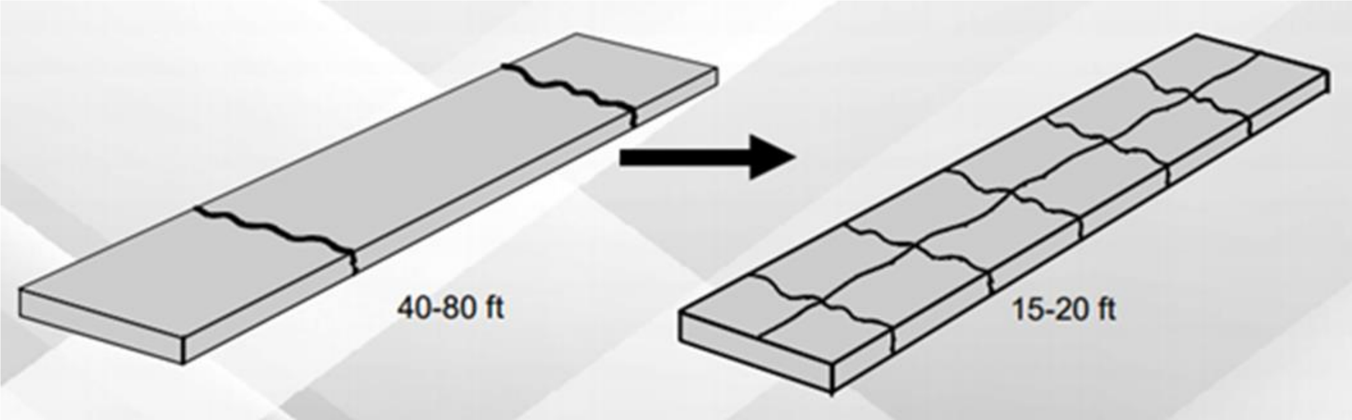
เนื่องจากคอนกรีตหดตัว

- เมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นมีการใช้น้ำเกิด การหดตัวเกิดขึ้นขณะแห้ง
- เกิดการหดตัวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอุณหภูมิ ขณะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดความร้อนซึ่งเย็นตัวลงเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลง
- เกิดการหดตัวทางเคมี

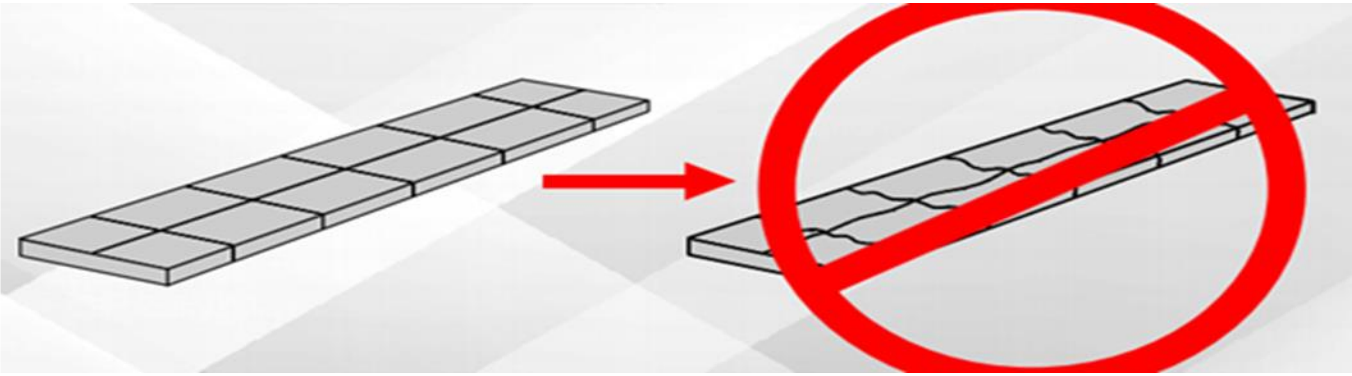
เมื่อผิวทางหดตัวแต่ไม่มีการยึดรั้งด้านล่างจะไม่เกิดรอยแตก แต่ใต้ผิวทางคอนกรีตเป็นดินบดอัดแน่นจึงเกิดแรงเสียดทาน ทำให้เกิดการยึดรั้งไม่ให้การหดตัวเกิดขึ้นอิสระ ทำให้เกิดรอยแตกขึ้นในผิวทางคอนกรีต

รอยต่อในผิวทางคอนกรีต

- หากไม่มีรอยต่อจะเกิดรอยแตกตามธรรมชาติในแนวขวางและแนวยาวดังรูป



- เราใส่รอยต่อในระยะที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดรอยแตกตามธรรมชาติ



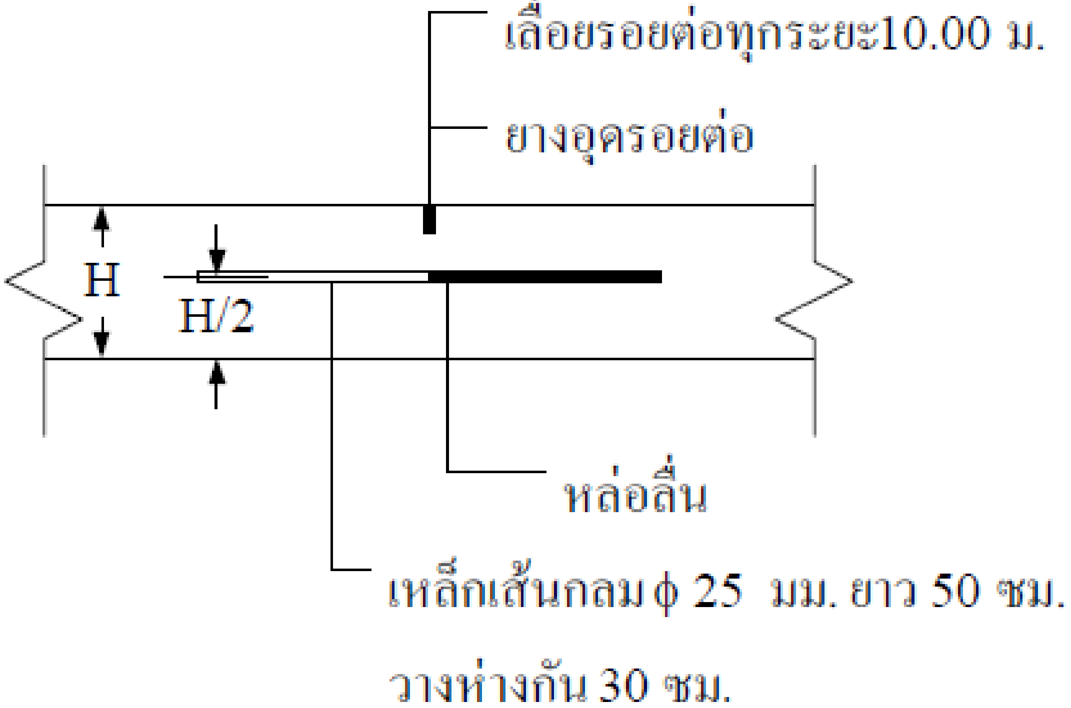
รอยต่อในถนนคอนกรีต

- ถนนคอนกรีตจำเป็นต้องมีรอยต่อ เพื่อป้องกันไม่ให้ถนนคอนกรีตเกิดความเสียหายจากการยืด-หดตัวของคอนกรีต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น รวมทั้งเป็นจุดต่อระหว่างการก่อสร้างคอนกรีตแผ่นต่อแผ่นด้วย รอยต่อในถนนคอนกรีตแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด ดังนี้

รอยต่อหดตัว (Contraction Joint)

- เป็นรอยต่อตามขวาง (Transverse Joint) ที่มีทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการจราจร รอยต่อชนิดนี้มีไว้เพื่อควบคุมรอยแตก (Crack) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการหดตัว (Shrinkage) ของคอนกรีต
- ทำได้โดยการเลื่อยผิวคอนกรีตให้เป็นร่องก่อนที่คอนกรีตจะแข็งตัวเต็มที่ เมื่อคอนกรีตหดตัวแล้วเกิดรอยแตก รอยแตกจะถูกควบคุมให้เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อเนื่องจากที่รอยต่อผิวคอนกรีตมีความหนาต่ำกว่าที่อื่น
- เมื่อรอยต่อเกิดรอยแตก คอนกรีตจะสูญเสียการถ่ายแรงไป จึงต้องมีเหล็กเดือย (Dowel Bar) เพื่อถ่ายแรงจากแผ่นคอนกรีตไปสู่แผ่นคอนกรีตอีกแผ่นหนึ่ง
- โดยปกติรอยต่อชนิดนี้จะก่อสร้างให้มีระยะห่างกันประมาณ 10-15 เมตร ในถนนคอนกรีตแบบมีรอยต่อ

รอยต่อหดตัว (Contraction Joint)

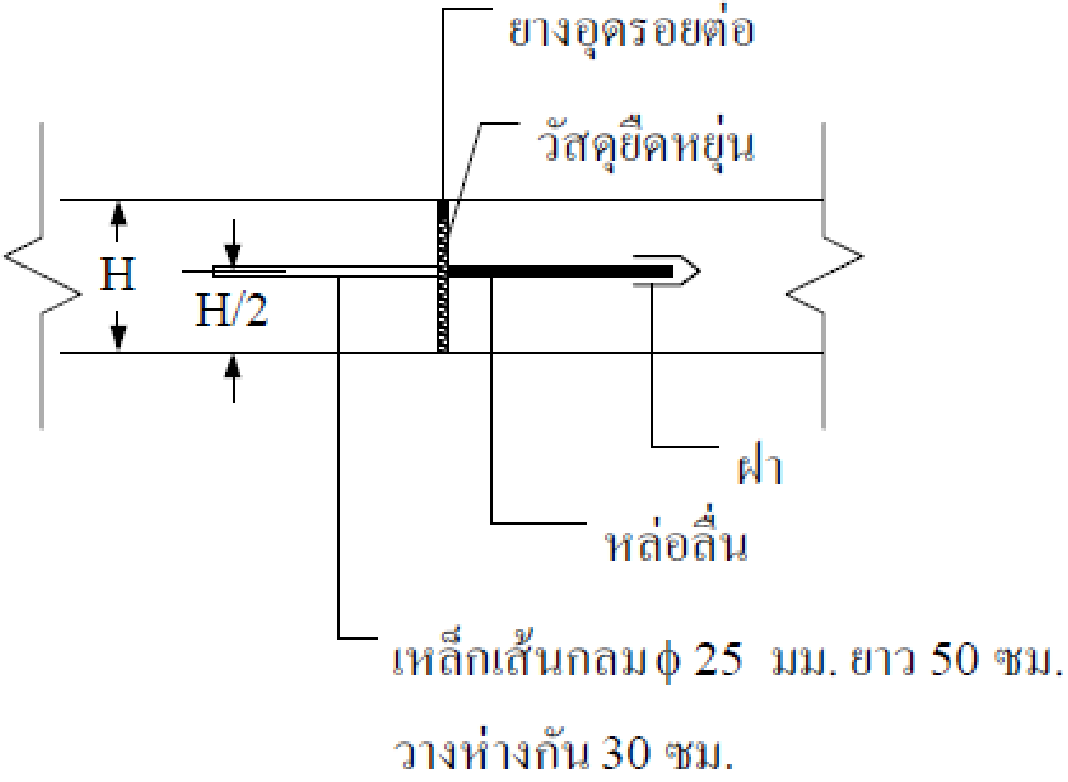


(a) Contraction Joint

รอยต่อขยายตัว (Expansion Joint)

- เป็นรอยต่อตามขวาง มีหน้าที่ป้องกันความเสียหายของถนนคอนกรีต เนื่องจากการขยายตัว (Expansion)
- เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ที่รอยต่อจะมีเหล็กเดือยเพื่อถ่ายแรง เหล็กเดือยต้องหล่อลื่นที่ปลายข้าง หนึ่ง และต้องมีพื้นที่ให้เหล็กเดือยเคลื่อนที่ไปมาได้
- โดยการติดตั้งฝา (Cap) ไว้ที่ปลายเหล็กเดือย โดยปกติ จะติดตั้ง Expansion Joint ทุก ๆ ระยะ 100 – 150 เมตร

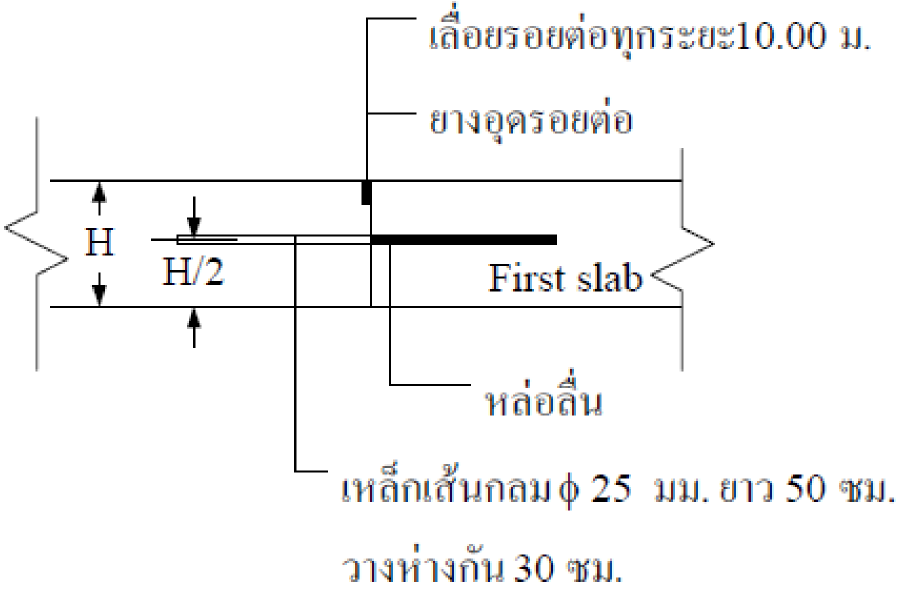
รอยต่อขยายตัว (Expansion Joint)



(b) Expansion Joint

รอยต่อก่อสร้าง (Construction Joint)

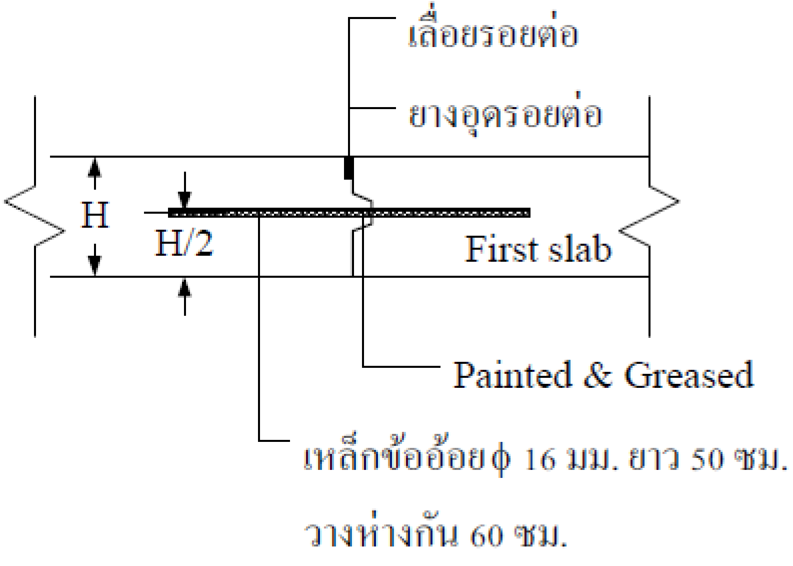
3. Construction Joint เป็นรอยต่อตามขวาง เป็นรอยต่อที่เกิดขึ้นเมื่อมีการหยุดพักการก่อสร้าง แล้วกลับมาก่อสร้างต่อรอยต่อชนิดนี้มีลักษณะคล้าย Contraction Joint



(c) Construction Joint

รอยต่อตามแนวยาว (Longitudinal Joint)

4. Longitudinal Joint ในการก่อสร้างถนนคอนกรีต โดยทั่วไปจะไม่ทำการเทคอนกรีตทีเดียวเต็มความกว้างของถนน แต่จะเทคอนกรีตกว้างทีละ 1 ช่องจราจร ดังนั้นจึงทำให้เกิดรอยต่อระหว่างแผ่นคอนกรีตในทิศทางเดียวกับทิศทางการจราจร หรือตามยาว รอยต่อนี้ต้องถูกยึดติดกันเพื่อให้เกิดการถ่ายแรงที่สมบูรณ์โดยใช้เหล็กยึด (Tie Bar)



(d) Longitudinal Joint

เหล็กเดือย (Dowel)

- ใช้สำหรับการถ่ายแรงบริเวณรอยต่อตามขวาง
- ตามมาตรฐานกรมทางหลวง เหล็กเดือย (Dowel) เป็นเหล็กเส้นกลม ชั้นมาตรฐาน SR24 ยาว 50 เซนติเมตร และควรมีการหล่อลื่นที่ปลายข้างหนึ่ง
- เส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเดือยที่เหมาะสมคือ 25 มิลลิเมตร สำหรับผิวคอนกรีตหนา 20-25 เซนติเมตร
- เหล็กเดือยจะถูกจัดวางห่างกัน 30 ซม. ที่รอยต่อตามขวาง และจะถูกจัดวางขนานกันกับแนวถนนและอยู่ในแนวระดับ

เหล็กยึด (Tie Bar)

- ใช้เพื่อป้องกันการแยกตัวของแผ่นคอนกรีตบริเวณรอยต่อตามยาว
- ตามมาตรฐานกรมทางหลวงเหล็กยึดเป็นเหล็กข้ออ้อย ชั้นมาตรฐาน SD40 เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ยาว 50 ซม.
- ไม่มีการหล่อลื่นและวางห่างกัน 60 ซม. ที่กึ่งกลางความหนาของคอนกรีตบริเวณแนวรอยต่อตามยาว

สิ่งที่ควรทราบในผิวทางลาดยาง

“Prime Coat” หมายถึง การราดยางมะตอยเหลวลงบนพื้นทางที่ได้ตบแต่งและเตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว เพื่อให้วัสดุผิวหน้าของพื้นทางเกาะยึดได้ดีและช่วยป้องกันน้ำ มิให้ไหลซึมเข้าไปในพื้นทางได้ด้วย

- ยางมะตอยเหลวที่จะนำ มาใช้ต้องมีคุณสมบัติผ่านการทดสอบตรงตามมาตรฐานแอสฟัลต์แต่ละประเภทและ เกรด ดังนี้
- Cut Back Asphalt ได้แก่ MC.-30, MC.-70
- Asphalt Emulsions ได้แก่ CSS-1, CSS-1h
- ปริมาณยางแอสฟัลต์ที่ใช้ประมาณ 0.8-1.4 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวนยางที่ราดจะมีปริมาณเท่าไร ขึ้นอยู่กับลักษณะผิวของพื้นทาง

สิ่งที่ควรทราบในผิวทางลาดยาง

- Tack Coat หมายถึงการราดยางแอสฟัลต์ชนิดเหลว (Liquid Asphalt) บน prime coat เดิมที่แห้งจนไม่สามารถทำหน้าที่ยึดเกาะได้
- การทดสอบมาร์เชลเพื่อหา Stability และ flow
- การล้างยางเพื่อหาร้อยละของยางมะตอย

อุปกรณ์ทดสอบวิธีมาร์แชลล์

รูปที่ 12.1 ชุดค้อนบดอัด

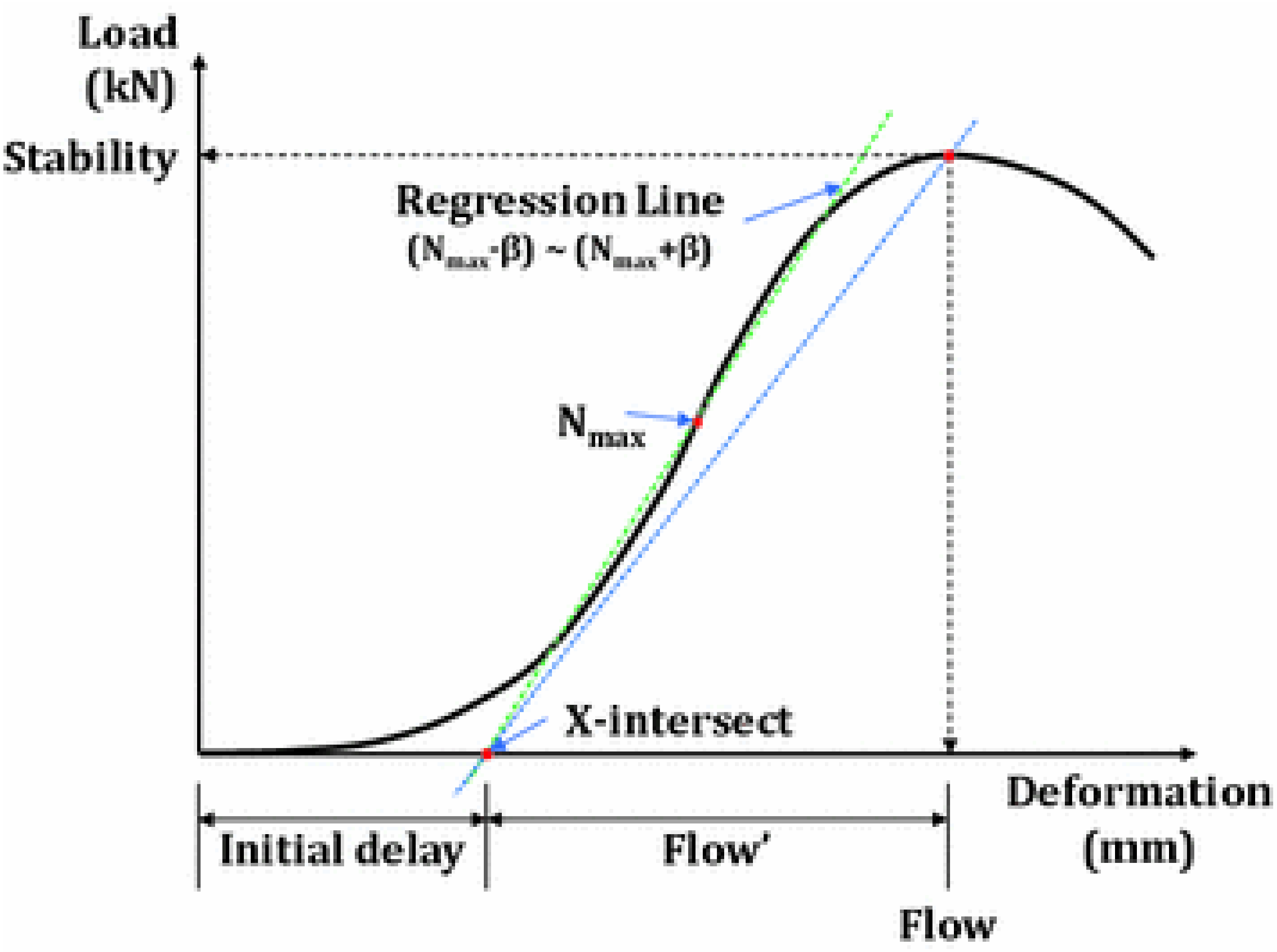
รูปที่ 12.3 ชุดหัวทดสอบ

รูปที่ 12.4 เครื่องทดสอบแรงกด

การทดสอบแอสฟลทติกคอนกรีตโดยวิธีมารแชลล์

- คาเสถียรภาพ (Stability) ของตัวอยางทดสอบ เปนคาความตานทานแรงกดสูงสุด มีหนวยเปนนิวตัน (ปอนด) ซึ่งทดสอบที่อุณหภูมิ 60 C (140 F)
- สวนคาการไหล (Flow) เปนคาการเคลื่อนที่หรือหนวยการยุบตัว (strain) วัดจากระยะทางที่ตัวอยางยุบตัวระหวางขณะที่ไมมีแรงกระทำกับขณะที่มีแรงกระทำสูงสุดของการทดสอบเสถียรภาพ มีหนวยเปน 0.25 ม.ม. (1/100 นิ้ว)

Stability and flow



ความรู้ประกอบการขอเลื่อนระดับวุฒิวิศวกรเกี่ยวกับงานสะพาน

- การก่อสร้างฐานรากเสาเข็ม
- การทดสอบเสาเข็ม
- ขั้นตอนการก่อสร้างโครงสร้างสะพาน
- รูปแบบของสะพาน
- อุปสรรคปัญหาระหว่างการก่อสร้าง
- การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

เชิญติดตามรายการโยธาน่ารู้กับลุงพานิช