Sub grade and soil classification

Assistant Professor Dr.Weerakaset Suanpaga (D.ENG)

Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering , Kasetsart University
Bangkok, Thailand

http://pirun.ku.ac.th/~fengwks/pavement

https://course.ku.ac.th/lms/files/resources_files/20939/84155/2subgrade_soilclass.pdf

Content

- ชั้นของดิน
- ระบบการจำแนกดิน
- ดินคันทาง
- คุณสมบัติของดินคันทาง
- การทดสอบบดอัด
- การสำรวจดินคันทาง
- โครงสร้างอื่นๆที่สร้างพร้อมงานถนน
- การเลือกเครื่องมือบดอัดให้เหมาะสมกับชนิดของวัตถุ

ชั้นของดิน

- ถ้าพิจารณาถึงชั้นดินเริ่มจากผิวดินลงไปแล้วทางวิศวกรรมแบ่งชั้นดินออกเป็น 3 ระดับ
- ระดับ A อยู่ช่วงบริเวณผิวบนของชั้นดิน ดินชั้นนี้จะผ่านกระบวนการการกัดเซาะมากที่สุด
- ระดับ B เป็นชั้นที่มีการสะสมสารละลายน้ำและแร่ธาตุจากชั้นบนไว้มากสุด
- ระดับ C เป็นชั้นหินซึ่งเป็นต้นกำเนิดแหล่งดินที่ยังไม่ถูกทำลาย

การจำแนกดิน
Soil Classification

- ดินประกอบไปด้วย 1. น้ำ 2. อากาศ 3. ของเหลว
- ดินเกิดจากการเสื่อมสลายของหินและอินทรีย์วัตถุต่างๆปนกัน กระบวนที่ทำให้เกิดการเสื่อมสลายตัวของหินมีทั้งทางเคมีและกายภาพ ตลอดจนปฏิกริยาทางเคมีที่เกิดในทางธรรมชาติยังผลให้เกิดการสึกกร่อนและสลายแตกตัวเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยกลายเป็นเม็ดดินในครั้งสุดท้าย

ระบบการจำแนกดิน

- การจำแนกดินในระบบ AASHTO
- การจำแนกดินในระบบ Unified Soil Classification
- การจำแนกดินในระบบ FAA Soil Classification

การจำแนกดินในระบบ AASHTO

$$GI=0.2a+0.005ac+0.01bd$$

a = 35 % ≤ pass#200 ≤ 75% (0 ≤a ≤40)

b = 15 % ≤ pass#200 ≤ 55% (0 ≤ b ≤40)

c = 40 % ≤ LL ≤ 60% (0 ≤ c ≤20)

d = 10 % ≤ PI ≤ 30 % (0 ≤a ≤20)

การแบ่งกลุ่มดินตามระบบ AASHTO

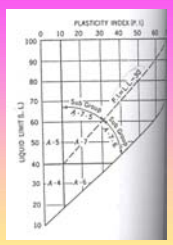
American Association of State Highway and Transportation Officials Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures, with Suggested Subgroups

AASHTO Designation M145

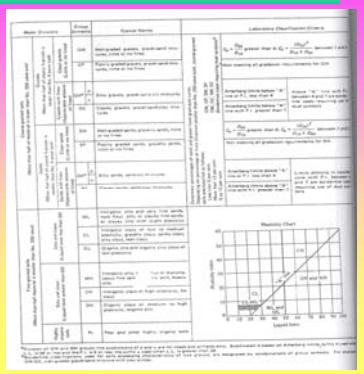
General Classification	Granular Materials (35% or Less Passing No. 200 Sieve)							Silt-Clay Materials (More Than 35% Passing No. 200 Sieve)			
	A-1			A-2				A-7			
Group Classification*	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5, A-7-6
Sieve analysis: % passing:											
No. 10 (2.00 mm)	50 max.										
No. 40 (0.425 mm)	30 max.	50 max.	51 min.								
No. 200 (0.075 mm)	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Characteristics of fraction passing No. 40 (0.425 mm)											
Liquid limit				40 max.	41 min.	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Plasticity index	6 max.		NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.†
Group index‡	0		0	0		4 max.		8 max.	12 max.	16 max.	20 max.
Usual types of significant constituent materials	Stone fragments, gravel and sand		Fine sand	Silty or clayey gravel and sand				Silty soils			Clayey soils
General rating as subgrade	Excellent to good							Fair to poor			

*Classification procedure: With required test data available, proceed from left to right on above chart, and correct group will be found by process of elimination. The first group from the left into which the test data will fit is the correct classification.
†Plasticity index of A-7-5 subgroup is equal to or less than LL minus 30. Plasticity index of A-7-6 subgroup is greater than LL minus 30.
‡See group index formula for method of calculation.

การจำแนกดินแบบ unified soil



6.3 การจำแนกดินกลุ่ม A-4 ถึง A-7



การแบ่งชนิดดินตามขนาดเม็ดดิน

		ตะแกรงมาตราฐาน	
ชนิด	ขนาด	ผ่าน	ค้าง
Bouider	>75.0	-	3 in
Gravel	75-2	3 in	NO.10
Coarse Sand	2-0.425	NO.10	NO.40
Fine Sand	0.425-0.075	NO.40	NO.200
Silt	0.075-0.002	NO.200	-
Clay	0.002-0.001	-	-
Colloid Clay	0.001<	-	-

เปรียบเทียบการจำแนกดินระบบAASHTO-Unified Soil Classification

ASSHTO	Unified
A-1-a	GW,GP,GM
A-1-b	SW,SM
A-2-4	GM,SM
A-2-5	GM,SM
A-2-6	GC,SC
A-2-7	GC,SC
A-3	SP
A-4	ML
A-5	MH
A-6	CL
A-7-5	CL,OL
A-7-6	CH,OH

การทดสอบดิน
Soil Testing

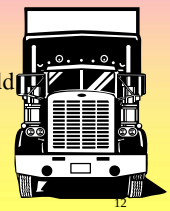
- การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุงานทางจะเน้นถึงการหาขนาดคละและการกระจายของเม็ดดินที่จะนำมาใช้งานให้มีความเหมาะสมหาความชื้นในดินในสภาวะต่างๆ หาความสามารถในการรับน้ำหนักของมวลดิน ทดสอบความแข็งแรง ความทนทาน

วิธีการทดสอบดิน 1

วิธีการทดสอบดิน

- การทดสอบการกระจายของเม็ดดิน
- Atterberg ‘s Limit
- Compaction Test
- การทดสอบการบดอัดดินในสนาม (Field density test by sand cone)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_t}{1+\omega}$$



วิธีการทดสอบดิน 2

- การทดสอบ Strength ของดิน
- Plate Bearing Test
- Resisting & Cohesive
- Triaxial Test
- Resilient Modulus

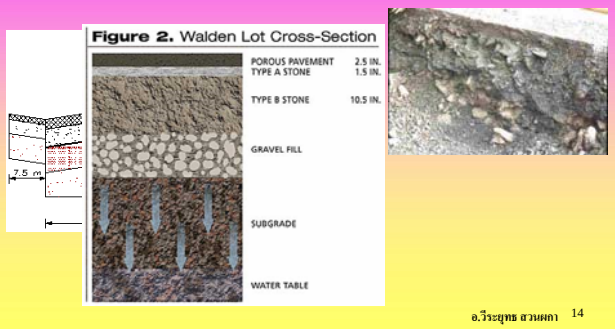
(ratioof axial vertical stress recoverstrain)

$$CBR = \frac{\text{Test UnitLoad}}{\text{standardunitload}} x100\%$$

MR=1500 CBR (psi)

Sub grade

ดินคันทาง



ดินคันทาง

คุณสมบัติสำคัญของผิวทาง คือ มีผิวเรียบไม่เป็นคลื่นหรือหลุมบ่อรับน้ำหนักล้อยานพาหนะได้ดีตลอดฤดูกาล ขณะเดียวคุณสมบัติของดินคันทางก็มีอิทธิพลสะท้อนถึงผิวทาง เพราะดินคันทางเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิประเทศ บางพื้นที่ดินคันทางที่มีสมบัติทางวิศวกรรมสูง ส่งผลให้ทางแข็งแรงทนทาน ใช้งานได้นานปี มีค่าบำรุงรักษาที่ต่ำในทางตรงกันข้าม ถ้าดินคันทางอ่อนก็จะมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมต่ำผิวทางและโครงสร้างทางผิวทางจะต้องหนาสิ้นเปลืองค่าก่อสร้าง อายุการใช้งานสั้น แต่ดินคันทางโดยทั่วไปมีคุณสมบัติแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการสำรวจและเก็บตัวอย่างตลอดแนวก่อสร้างเพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติทางวิศวกรรมให้ละเอียดเพียงพอที่จะใช้ออกแบบ

คุณสมบัติของดินคันทาง

- ดินที่มีไมก้า (Mica) หรือสารอินทรีย์ปนอยู่มาก กำลังรับน้ำหนักจะลดลง
- ถ้าความชื้นของดิน (Natural Moisture Content) มากกว่า LL ดินนั้นอ่อนมาก คุณสมบัติใกล้ของเหลว
- ดินบางชนิดเมื่อได้รับความชื้นแล้วเกิดการบวมหรือหดตัวเมื่อแห้งดังนั้นการออกแบบความหนาของโครงสร้างชั้นบนต้องกำหนดความหนาให้มากพอที่ทำให้น้ำหนักโครงสร้างกดทับลดการบวมให้เหลือน้อยที่สุด
- การระบายน้ำของดินคันทางก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งในด้านความแข็งแรงหรือความมั่นคงของโครงสร้าง

การสำรวจดินคันทาง

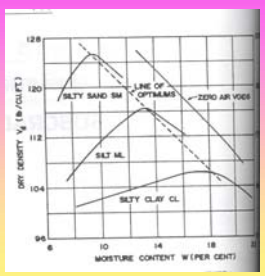
- ในเบื้องต้นสำรวจอย่างคร่าวๆจากข้อมูลที่พอหาได้เช่น จากภาพถ่ายทางอากาศ
- เจาะสำรวจโดยใช้สว่านมือ เจาะตัวอย่างลึก 1-3 เมตรทุกระยะ 100เมตร
- เก็บตัวอย่างดินที่ได้ส่งเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรม (Atterberg limit ,soil classification)

การทดสอบบดอัด (Compaction Test)

เป็นการทดสอบที่สำคัญมากสำหรับการก่อสร้างถนนหรือสนามบิน การบดอัดเป็นการเพิ่มความแน่นของดินและเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน จากภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งกับปริมาณความชื้น

การเพิ่มน้ำหนักให้สูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม(**OMC**) ลดต่ำลงขณะเดียวกันความหนาแน่นแห้งจะสูงขึ้น วัสดุประเภทมวลหยาบจะมีค่าความหนาแน่นแห้งและปริมาณความชื้นที่เหมาะสมต่ำกว่ามวลละเอียด ทำให้กราฟของดินทรายชันกว่าดินเหนียว ส่งผลให้การควบคุมความชื้นในดินทรายในช่วง (**OMC**) ในการบดอัดในสนามยากกว่าดินเหนียว

- โดยบอกในรูปความแน่นแห้ง $\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1+\omega}$

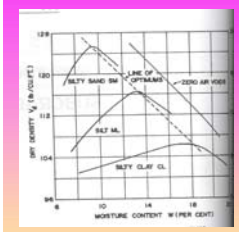


รูป 5.1 ผลการบดอัดดินประเภท CL ML และ SM โดยวิธี AASHTO

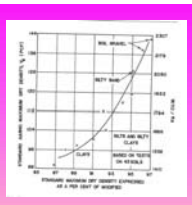
การทดสอบบดอัด

การบดอัดถ้าออกแบบให้รับน้ำหนักมากในพื้นที่มีปริมาณการจราจรสูง ก็กำหนดค่าบดอัดตามวิธี Modified AASHTO เช่น สนามบิน ถนนสายประธาน

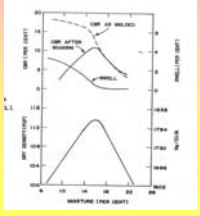
จะเห็นได้ว่าการรับน้ำหนักของดินขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นของดินและค่าความชื้นของดินที่บดอัด ค่า CBR ที่บดอัดเสร็จใหม่ๆจะมีค่าสูงกว่า Soaked CBR หลังจากแช่น้ำแล้ว 4 วัน ระหว่างแช่น้ำดินจะมีการดูดซึมน้ำและเกิดการบวมตัว(swell) ตามชนิดดิน การบวมตัวสูงการรับน้ำหนักก็ลดลง อัตราการบวมตัวจะลดลงเมื่อเปอร์เซนต์ความชื้นใกล้เคียงกับ OMC ดังนั้นในบริเวณที่ดินมีการบวมตัวสูงจึงต้องมีการควบคุมความชื้นให้ใกล้เคียง OMC มากที่สุด



รูป 5.2 การเพิ่มพลังงานการบดอัดดินมีผลทำให้ γ_d สูงขึ้นและ ω ลดลง



รูป 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบ standard กับ modified AASHOTH



รูป 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง CBR กับ ดินเหนียว γd

การบดอัดดินในสนาม

การบดอัดดินในสนามมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อความคงทนแข็งแรงของผิวทาง ถ้าการบดอัดกระทำได้ตามข้อกำหนดทุกตารางพื้นที่แล้ว ผิวทางนั้นจะทนทาน นานปีไม่ชำรุดเสียหาย

จากผลการทดลองค่าในห้องปฏิบัติการค่าความชื้นที่ได้ OMC มาค่าหนึ่ง แต่สภาพความเป็นจริงค่อนข้างที่จะทำการควบคุมความชื้นได้ยากและเสียค่าใช้จ่ายสูง วิศวกรผู้ออกแบบอาจจะต้องใช้ประสบการณ์ในการเลือกกำหนดค่าลดลงค่าความหนาแน่นแห้งลดลง

การเลือกเครื่องมือบดอัดให้เหมาะสมกับชนิดของวัตถุ

เพื่อให้ได้ความหนาแน่นแห้งสูงสุด การเลือกใช้เครื่องมือที่ถูกต้องนับว่ามีผลอย่างมาก เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการก่อสร้าง

ลูกกลิ้งตีนแกะ(Sheep Foot Roller) เหมาะที่จะใช้กับดินเหนียว ดินลูกรัง

ลดบดล้อยาง (Rubber Tire Roller)เหมาะกับงานดินทราย

รถบดล้อเหล็ก(Smooth Wheel Roller) มีทั้งประเภท 2 ล้อและ 3 ล้อ เหมาะสำหรับบดอัดหินและดินเพื่อแต่งผิวสุดท้ายให้เรียบ หลังจากบดทับด้วยล้อยางแล้ว

รถบดสั่นกระแทก(Vibrating Compactor) เหมาะกับดินประเภทวัสดุมวลหยาบ เช่น ทราบ กรวด หินคลุก ดินลูกรัง

จำนวนเที่ยวของการบดอัดที่ดีมีประสิทธิภาพควรบดอัดด้วยจำนวนเที่ยวน้อยที่สุดและได้ความแน่นตามต้องการ ทำให้สินเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายน้อย จำนวนเที่ยวบดอัดควรอยู่ระหว่าง 6-10 เที่ยว ในขณะเดียวกันน้ำหนักของเครื่องมือก็มีผลต่อจำนวนเที่ยวเช่นกัน

ในช่วงดินตัดบริเวณนั้นมีความหนาแน่นไม่สูงพอจำเป็นต้องรื้อบดอัดใหม่ลงไปอย่างน้อย 15 ซม. ถ้า OMC ในดินมีสูงมาก จะต้องรื้อเกลี่ยตากให้แห้งจนมีความชื้นที่เหมาะสมแล้วทำการบดอัดใหม่

ผลของน้ำหนักล้อบดทับซ้ำกันจำนวนมากครั้ง

ขณะที่ล้อยานพาหนะเคลื่อนที่ไปบนผิวทางจะเกิดหน่วยแรง (Stress) และการแอ่นตัว(Deflection)ยานพาหนะเคลื่อนที่เร็วจะเกิดแรงมากกว่าการเคลื่อนที่ช้า ตัวถนนเมื่อรับน้ำหนักซ้ำกันบ่อยครั้งก็จะเกิด Elastic Deformation หรือ Plastic Deformation ในดินคันทางส่งผลให้ผิวทางชำรุดได้

การระบายน้ำใต้ดินคันทาง

ในบางพื้นที่การไหลซึมผ่านของน้ำใต้ดินก่อเกิดปัญหาในด้านความแข็งแรงและความมั่นคงของโครงสร้างทาง เช่น บริเวณเนินดิน ไหลเขา ทำให้โครงสร้างทางเกิดการพังทลายหรือเลื่อนไหลหลุดออกไปจากแนวเส้นทาง จึงจำเป็นต้องสร้างระบบระบายน้ำเพื่อรับน้ำดังกล่าว โดยมีท่อเจาะรูพรุนโดยรอบและถมกลบล้อมรอบด้วยวัสดุที่มีขนาดเรียงตัวอย่างเหมาะสมที่ไม่ทำให้เกิดการอุดตันในระบบระบายน้ำ จากการวิเคราะห์โดยวิธีการกระจายตัวของเม็ดดินขนาดของวัสดุที่เป็นตัวกรองและวัสดุดินคันทางที่สามารถกรองเฉพาะน้ำให้ไหลซึมผ่านได้ดีไม่มีเม็ดดินไหนหลุดออกมา

โครงสร้างอื่นๆที่สร้างพร้อมงานถนน

โครงสร้างอื่นๆที่มีผลต่องานถนน

ในปัจจุบันเราสามารถพบเห็นสิ่งก่อสร้างมากมายในชีวิตประจำวัน ที่สร้างขึ้นแล้วมีการส่งผลทำให้ต้องมีการพิจารณาเกี่ยวกับงานถนนมากกว่าที่เป็นไปตามแบบปกติ เนื่องจากเหตุผลทางด้านความสามารถในการรับแรงลดลง หรือเพื่อเพิ่มความปลอดภัยมากขึ้น ทำให้สามารถใช้งานถนนได้ระยะเวลานานขึ้น

การเลือกใช้ท่อหรือสะพาน

การเลือกใช้ท่อหรือสะพานที่เหมาะสมนั้น นอกจากประหยัดแล้ว ยังใช้งานได้ดีและปลอดภัยอีกด้วย การพิจารณาเลือกใช้ท่อหรือสะพานนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ความรู้และประสบการณ์ของผู้เลือก วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง เครื่องจักรเครื่องมือต่างๆ แรงงานและวัสดุ เป็นต้น แนวทางในการพิจารณาเลือกใช้ท่อหรือสะพานมีดังนี้

ท่อกลม

ในกรณีที่เป็นทางน้ำเล็กๆ ไม่ลึกมาก ฤดูน้ำแห้ง ไม่มีสิ่งลอยน้ำ สำหรับแบบมาตรฐานของโครงสร้างท่อกลมที่กรมทางหลวงใช้อยู่ขณะนี้เป็นแบบคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งหมด ไม่ว่าท่อใหญ่หรือท่อเล็กก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากต้องรับน้ำหนักบรรทุกมากทั้งน้ำหนักดินและน้ำหนักขวดยานที่วิ่งไปมาบนท่อ

ท่อเหลี่ยม

ใช้ในลำน้ำที่ไม่ใหญ่นัก ขนาดกว้างไม่เกิน 15.00 เมตร และลึกไม่เกิน 3.50 ในฤดูน้ำแล้ง(ถ้ามีน้ำตลอดปี การเลือกใช้ท่อเหลี่ยมมักไม่ค่อยเหมาะสมนัก) ไม่มีการจราจรทางน้ำ ไม่มีสิ่งลอยน้ำอื่นๆ

1.แบบท่อเหลี่ยม(single barrel) มีขนาดกว้าง * สูงต่างๆหลายขนาด โดยมีความกว้าง(s)และความสูง(d)

2.ท่อตับ(multiple cells) มีขนาดกว้าง*สูงหรือ s * d เพียงแต่เพิ่มจำนวนท่อคิดเข้าไปข้างท่อเดี่ยวเท่านั้น

สะพาน

ใช้ในลำน้ำที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้ท่อกลมหรือท่อเหลี่ยม สะพานควรใช้ในลำน้ำที่กว้างเกินกว่า 10 เมตร และลึกเกินกว่า 4.00 มีน้ำไหลตลอดปี มีเรือวิ่งและสิ่งลอยน้ำต่างๆ การเลือกขนาดของสะพานควรมีความยาวพอและพยายามให้จำนวนตอม่ออยู่ในลำน้ำน้อยที่สุด ในทางทฤษฎีแล้วไม่ควรมีเลย แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้ เพราะสะพานช่วงยาวมากๆจะมีราคาแพง

50

สะพานที่กรมทางหลวงใช้

1.สะพานไม้ เป็นสะพานกึ่งถาวร ไม่มีทางเท้าและราวสะพานไม่จัดอยู่ในข่ายของราวะพานที่จะรับแรงได้ตามมาตรฐานสากลของราวสะพาน

2.สะพานเหล็ก ไม่มีทางเท้า ไม่มีราวสะพานที่ออกแบบไว้โดยเฉพาะ แต่อาศัยโครงสะพานซึ่งเป็นตัวแบกน้ำหนักของตัวสะพานโดยตรง

3.สะพานคอนกรีตเสริมเหล็กและสะพานคอนกรีตอัดแรง นับเป็นสะพานที่สมบูรณ์แบบและถูกต้องตามมาตรฐานการออกแบบให้มีประโยชน์ที่ใช้สอยและรับน้ำหนักมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป

51