บทที่ 7
การจำแนกประเภทของดินในทางวิศวกรรม
(Engineering Classification of Soil)

7.1 เนื้อหาโดยสรุป

ดินเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยสิ่งต่างๆ หลายอย่างเช่น กรวด ทราย ตะกอนทราย ดินเหนียว สารอินทรีย์ เป็นต้น และคุณสมบัติของดินจะขึ้นกับองค์ประกอบต่างๆ ดังกล่าวนี้ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการจำแนกประเภทของดิน เพื่อบ่งถึงคุณสมบัติที่แตกต่างกันของดินแต่ละประเภท โดยจัดให้ดินที่มีลักษณะคล้ายกันมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน อยู่ในพวกเดียวกัน

การจำแนกประเภทของดินในทางวิศวกรรมโยธามีหลายระบบ การที่จะเลือกใช้ระบบไหน ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่เกี่ยวข้องและประโยชน์ใช้สอยเช่นงานถนนและงานสนามบิน ใช้ระบบการจำแนกประเภทดินของ AASHTO และงานวิศวกรรมทั่วๆ ไป ใช้ระบบการจำแนกประเภทดินของ Unified ดังนั้นการพูดถึงบทนี้เราจะพูดถึงการจำแนกประเภทของดินตามหลักของวิศวกรรมทั้ง 2 แบบคือ ระบบการจำแนกดินแบบ AASHTO และระบบการจำแนกดินแบบ Unified

7.1.1 การจำแนกดินระบบ AASHTO (AASHTO Classification System)

การจำแนกประเภทของดินโดยวิธีนี้ จุดประสงค์ก็เพื่อการพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้เป็นดินคันทาง (Sub grade) ในงานก่อสร้างถนนหลวง (งานทางหลวง) และสนามบินโดยการแบ่งดินออกเป็นทั้งหมด 7 กลุ่มคือ A-1 ถึง A-7 ซึ่งจะเรียงตามคุณสมบัติของดินที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นดินคันทางกล่าวคือ ดินกลุ่ม A-1 จะดีที่สุดและดิน A-7 จะเลวที่สุด ตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. ขนาดของเม็ดดิน (Grain Size)
   - กรวด (Gravel) → ผ่านกระแกรงขนาด 75-mm แต่ไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 10 (2-mm)
   - ทราย (Sand) → ผ่านกระแกรงขนาด 10 (2-mm) แต่ไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075-mm)
   - Silt และ Clay → ผ่านกระแกรงขนาด 200 (0.075-mm)

2. ดัชนีความข้นเหลว (Plasticity Index)

   - Silt ⟶ ดัชนีความข้นเหลว (Plasticity Index ; PI) จะต้อง ≤ 10

   - Clay ⟶ ดัชนีความข้นเหลว (Plasticity Index ; PI) จะต้อง ≥ 11

3. ก้อนหินขนาดใหญ่และเรียบ (cobbles and boulders)

   - ที่ขนาดใหญ่กว่า 75 mm จะแยกออกไปจากการแข่งแยกระบบ AASHTO การแบ่งแยกโดยระบบนี้สามารถแสดงการแบ่งแยกได้ตามตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 การแบ่งแยกวัสดุของชั้นทาง Sub-grade ในระบบ AASHTO

General classification	Granular materials (35% or less of total sample passing No. 200)						
	A-1			A-2			
Group classification	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Sieve analysis (percentage passing)							
No. 10	50 max.						
No. 40	30 max.	50 max.	51 min.				
No. 200	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
Characteristics of fraction passing No. 40							
Liquid limit				40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Plasticity index	6 max.		NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Usual types of significant constituent materials	Stone fragments, gravel, and sand		Fine sand	Silty or clayey gravel and sand			
General subgrade rating	Excellent to good						

General classification	Silt-clay materials (more than 35% of total sample passing No. 200)			
				A-7
Group classification	A-4	A-5	A-6	A-7-5[a] / A-7-6[b]
Sieve analysis (percentage passing)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Characteristics of fraction passing No. 40				
Liquid limit	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Plasticity index	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Usual types of significant constituent materials	Silty soils		Clayey soils	
General subgrade rating	Fair to poor			

[a] For A-7-5, $PI \leq LL - 30$

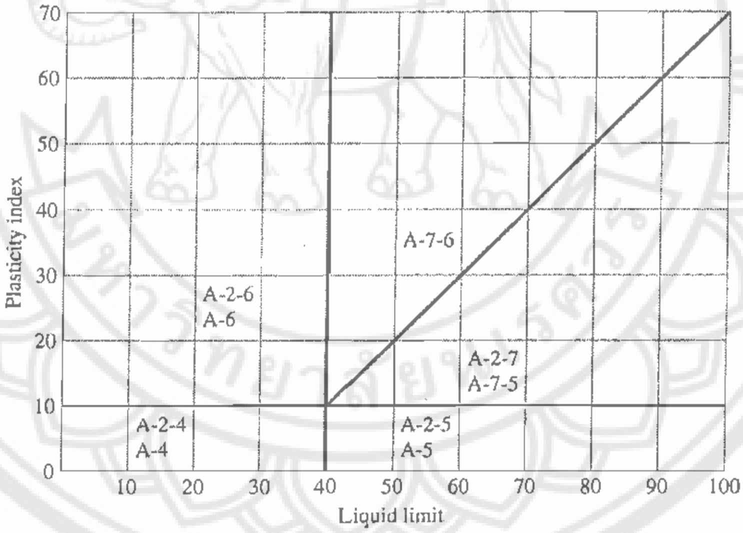
[b] For A-7-6, $PI > LL - 30$

ในตารางที่ 7.1 ได้แยกดินเม็ดหยาบ (A-1 ถึง A-3) โดย A-1 เป็นพวกกรวดและทรายที่มีขนาดคละกันดี โดยจะแบ่งย่อยออกเป็น A-1-d และ A-1-b A-3 เป็นพวกทรายที่มีขนาดคละกันไม่ดี ส่วนพวก A-2 เป็นพวกกรวดและทรายที่มีดินพวกเม็ดละเอียด เช่น Silt หรือ Clay ปะปนอยู่ โดยสามารถจะแบ่งกลุ่มย่อยได้อีกคือ A-2-4, A-2-5, A-2-6 และ A-2-7

และในกลุ่มของดินเม็ดละเอียด (A-4 ถึง A-7) โดย A-4 และ A-5 เป็นพวกตะกอนทราย (Silt) ส่วนพวก A-6 และ A-7 เป็นพวกดินเหนียว ซึ่ง A-7 ยังสามารถแบ่งย่อยออกไปเป็น A-7-5 และ A-7-6

สำหรับการใช้ตารางที่ 7.1 ในการแบ่งแยก เมื่อเราได้คุณสมบัติของดินแล้วเราก็จำแนกจากซ้ายไปขวา ก็คือข้อมูลที่ได้ทางด้านซ้ายถูกต้องหรือไม่ถ้าถูกต้องตามข้อกำหนดก็ได้เลย แต่ถ้าไม่ถูกต้องก็เลื่อนมาพิจารณาทางขวาทีละช่วงจนกว่าจะได้ชนิดที่ถูกต้อง แต่การจำแนกดินชนิดนี้เราก็จะต้องบอกค่าดรรชนีของกลุ่ม (Group Index) ไว้ด้านหลังด้วยซึ่งจะกล่าวต่อไป

การแบ่งแยกอาจจะทำได้ง่ายขึ้นโดยใช้เพียงแค่ Liquid limit และ Plasticity Index ในการจำแนกได้เฉพาะดินกลุ่มที่มีค่าพวกนี้เท่านั้นคือ A-2, A-4, A-5, A-6 และ A-7 ซึ่งเป็นไปตามรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 ช่วงของ Liquid Limit และ Plasticity Index สำหรับดินกลุ่ม A-2, A-4, A-5, A-6 และ A-7

โดยจากรูปที่ 7.1 การจำแนกทำได้โดยการนำค่า Liquid Limit กับค่า Plasticity Index มาพล็อตลงในแผนภูมิก็จะสามารถแบ่งแยกชนิดได้เลย หลังจากนั้นเราก็ไปหาค่าดัชนีกลุ่ม (Group Index)

ซึ่งคำว่าดรรชนีกลุ่มนี้จะบอกถึงลักษณะดินว่าดีหรือไม่ดี เหมาะสมต่อการนำมาใช้งานเป็นดินคันทางหรือไม่ กล่าวคือถ้าคำว่าดรรชนีกลุ่มต่ำ ดินก็จะดีเหมาะสมต่อการใช้งาน ถ้าค่าดรรชนีกลุ่มสูง ดินนั้นก็จะไม่ค่อยดี ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยค่าดรรชนีกลุ่ม (Group Index) นี้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 7.1

$$GI = (F_{200}-35)[0.2 + 0.005 (LL - 40)] + 0.01 (F_{200}-15)(PI - 10) \quad \text{(สมการที่ 7.1)}$$

โดยที่ GI = ดรรชนีกลุ่ม (Group Index)

F_{200} = ดินส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200

LL = Liquid Limit

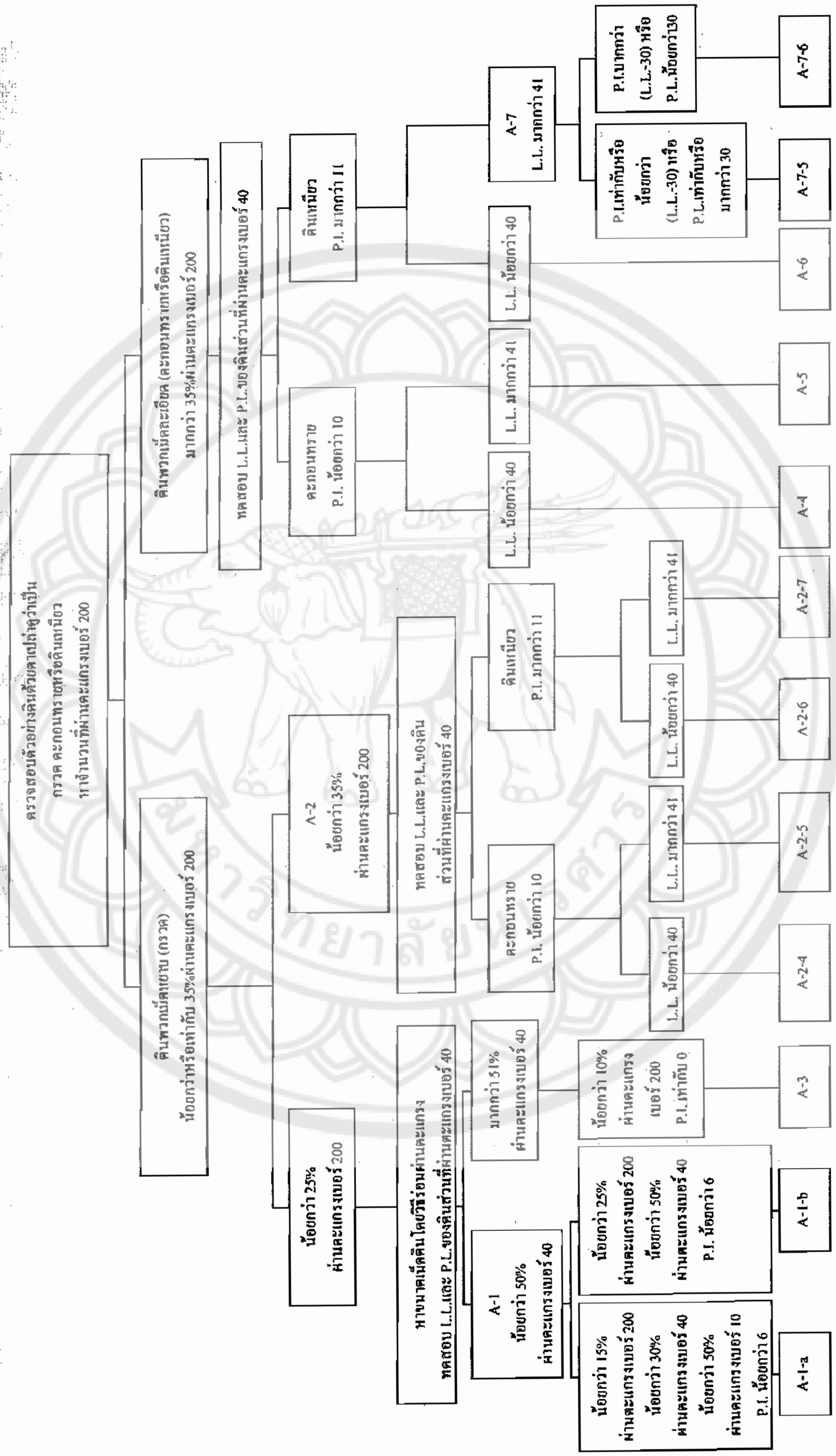
PI = Plasticity Index

โดยจะมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- GI จะมีค่าเป็นบอกเสมอถ้าหาค่าออกมาได้ < 0 ให้ใช้เท่ากับ 0
- GI จะมีค่าเป็นจำนวนเต็มเสมอ
- GI ในกลุ่มดิน A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 และ A-3 จะใช้เท่ากับ 0
- ถ้าจำแนกดินแล้วอยู่ในประเภท A-2-6 และ A-2-7 ให้ใช้สมาการในการหา GI จาก

$$GI = 0.01 [F_{200} - 15] [PI - 10] \quad \text{(สมการที่ 7.2)}$$

จากการจำแนกชนิดของดินตามระบบ AASHTO สามารถแสดงแผนภาพขั้นตอนการจำแนกชนิดของดินได้ตามรูปที่ 7.2 ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการจำแนกชนิดของดินให้ง่ายขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 7.2 แผนผังสำหรับการจำแนกดินโดยระบบ AASHTO

7.1.2 **การจำแนกดินระบบ** Unified (Unified Soil Classification system)

การจำแนกประเภทของดินโดยวิธีนี้ เป็นที่นิยมแพร่หลายมากกว่าวิธีอื่น เหมาะกับงานวิศวกรรมทั่วๆ ไป เช่น งานดินถมและงานฐานรากเป็นต้น โดยแบ่งดินออกเป็นกลุ่มๆ โดยใช้อักษรภาษาอังกฤษเป็นสัญลักษณ์แทนชื่อกลุ่มของดิน แต่ละกลุ่มจะมีอักษรอย่างน้อย 2 ตัวโดยตัวแรกจะเป็นกลุ่มหลักและตัวที่ 2 จะเป็นกลุ่มย่อยออกไปซึ่งตัวอักษรแต่ละตัวจะมีความหมายในตัวของในเองดังแสดงในตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified

สัญญลักษณ์	ลักษณะดิน	ย่อมาจาก
G	พวกกรวด	Gravel
S	พวกทราย	Sand
M	พวกตะกอนทราย	Mo = Silt
C	พวกดินเหนียว	Clay
O	พวกสารอินทรีย์	Organic
Pt	มีสารอินทรีย์สูง	Peat
W	มีขนาดคละกันดี	Well graded
P	มีขนาดคละกันไม่ดี	Poorly graded
L	L.L. น้อยกว่า 50%	Low Liquid Limit
H	L.L. มากกว่า 50%	High Liquid Limit

โดยการจำแนกนั้นจะพิจารณาตามลักษณะขนาดของเม็ดดินตามลักษณะการกระจายตัวของเม็ดดินและตามคุณสมบัติความข้นเหลวของดิน โดยก่อนจะใช้ตารางในการจำแนกจะต้องพิจารณาเกณฑ์ดังนี้ก่อน

- การแบ่งแยกดินชนิดดินจะต้องผ่านตะแกรงขนาด 75 mm (3 in) ทั้งหมด
- Coarse Fraction = เปอร์เซ็นต์ที่ค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 200 = $100 - F_{200} = R_{200}$
- Fine fraction = เปอร์เซ็นต์ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 = F_{200}
- Gravel fraction = เปอร์เซ็นต์ที่ค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 4 = $100 - F_4 = R_4$

จากนั้นนำไปพิจารณาในตารางที่ 7.3 ก็จะจำแนกชนิดของดินได้เป็นสัญลักษณ์ (Group Symbol)

ตารางที่ 7.3 การจำแนกดินระบบ Unified (ในพื้นฐานที่ว่าดินผ่านตะแกรงขนาด 75 mm.)

Major division		Group symbol	Criteria
$F_{200} < 50$	Gravels	GW	$F_{200} < 5$; $C_u \geq 4$; $1 \leq C_z \leq 3$
		GP	$F_{200} < 5$; Not meeting the GW criteria of C_u and C_z
	$\frac{R_4}{R_{200}} > 0.5$	GM	$F_{200} > 12$; $PI < 4$ or plots *below* A-line (Fig. 4.2)
		GC	$F_{200} > 12$; $PI > 7$ and plots *on or above* A-line (Fig. 4.2)
		GM-GC	$F_{200} > 12$; PI plots in the hatched area (Fig. 4.2)
		GW-GM	$5 \leq F_{200} \leq 12$; satisfies C_u and C_z criteria of GW and meets the PI criteria for GM
		GW-GC	$5 \leq F_{200} \leq 12$; satisfies C_u and C_z criteria of GW and meets the PI criteria for GC
		GP-GM	$5 \leq F_{200} \leq 12$; does not satisfy C_u and C_z criteria of GW and meets the PI criteria for GM
		GP-GC	$5 \leq F_{200} \leq 12$; does not satisfy C_u and C_z criteria of GW and meets the PI criteria for GC
	Sands	SW	$F_{200} < 5$; $C_u \geq 6$; $1 \leq C_z \leq 3$
		SP	$F_{200} < 5$; Not meeting the SW criteria of C_u and C_z
	$\frac{R_4}{R_{200}} \leq 0.5$	SM	$F_{200} > 12$; $PI < 4$ or plots *below* A-line (Fig. 4.2)
		SC	$F_{200} > 12$; $PI > 7$ and plots *on or above* A-line (Fig. 4.2)
		SM-SC	$F_{200} > 12$; PI plots in the hatched area (Fig. 4.2)
		SW-SM	$5 \leq F_{200} \leq 12$; satisfies C_u and C_z criteria of SW and meets the PI criteria for SM
		SW-SC	$5 \leq F_{200} \leq 12$; satisfies C_u and C_z criteria of SW and meets the PI criteria for SC
		SP-SM	$5 \leq F_{200} \leq 12$; does not satisfy C_u and C_z criteria of SW and meets the PI criteria for SM
		SP-SC	$5 \leq F_{200} \leq 12$; does not satisfy C_u and C_z criteria of SW and meets the PI criteria for SC
$F_{200} \geq 50$	Silts and Clays $LL < 50$	ML	$PI < 4$ or plots *below* A-line (Fig. 4.2)
		CL	$PI > 7$ and plots *on or above* A-line (Fig. 4.2)
		CL-ML	PI plots in the hatched area (Fig. 4.2)
		OL	$\frac{LL_{(\text{oven dried})}}{LL_{(\text{not dried})}} < 0.75$; PI plots in the OL area in Fig. 4.2
	Silts and Clays $LL \geq 50$	MH	PI plots *below* A-line (Fig. 4.2)
		CH	PI plots *on or above* A-line (Fig. 4.2)
		OH	$\frac{LL_{(\text{oven dried})}}{LL_{(\text{not dried})}} < 0.75$; PI plots in the OH area in Fig. 4.2
	Highly organic matter	Pt	Peat

Note: C_u = uniformity coefficient $= \frac{D_{60}}{D_{10}}$; C_z = coefficient of gradation $= \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$

LL = liquid limit on minus 40 sieve fraction

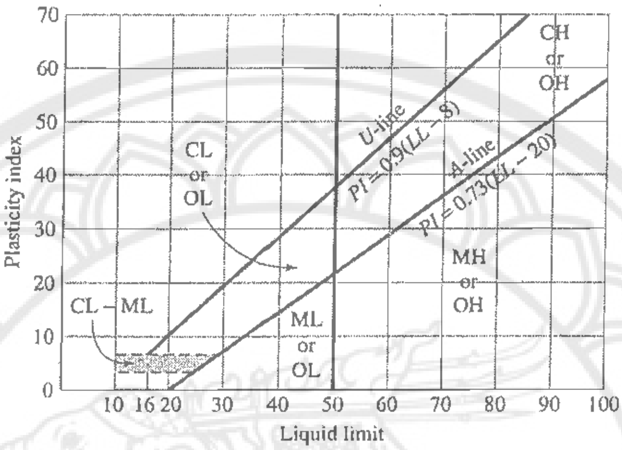
PI = plasticity index on minus 40 sieve fraction

การจำแนกดินตามตารางจะจำแนกออกเป็น 2 จำพวกคือ

1. Coarse-grained soils คือพวกดินเม็ดหยาบที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50% จะใช้สัญลักษณ์ G และ S

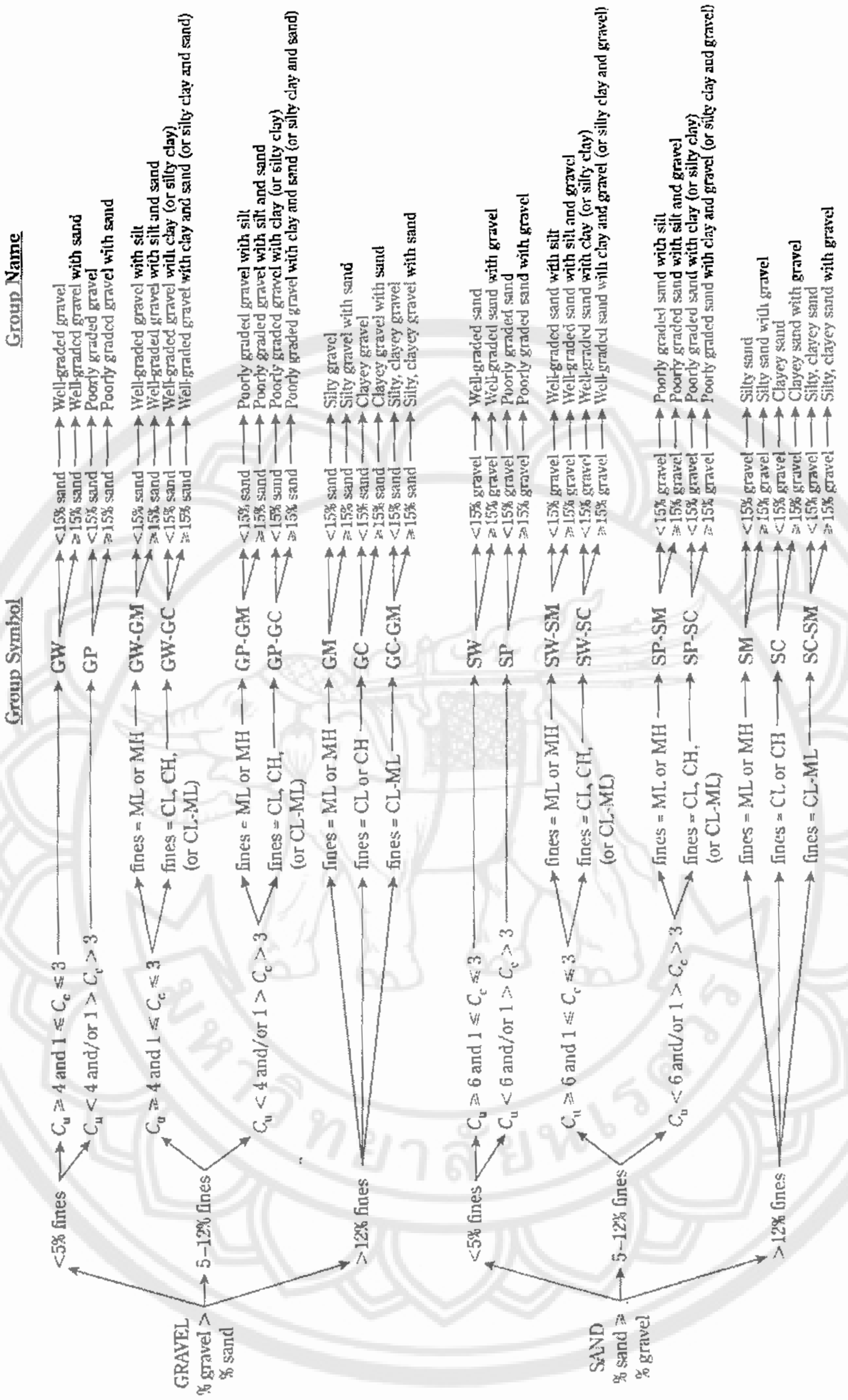
2. Fine-grained soils คือพวกดินเม็ดละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50% จะใช้สัญลักษณ์ M, C และ O

จากตารางข้างต้นเราสามารถจะจำแนกประเภทของดินได้เลยจากค่าของ Liquid limit และ Plasticity Index โดยเรานำค่าทั้ง 2 นำลงไปพล็อตใน Plasticity chart จากนั้นเราก็จะสามารถจำแนกประเภทของดินได้เลย ซึ่ง Plasticity chart แสดงตารางรูปที่ 7.3

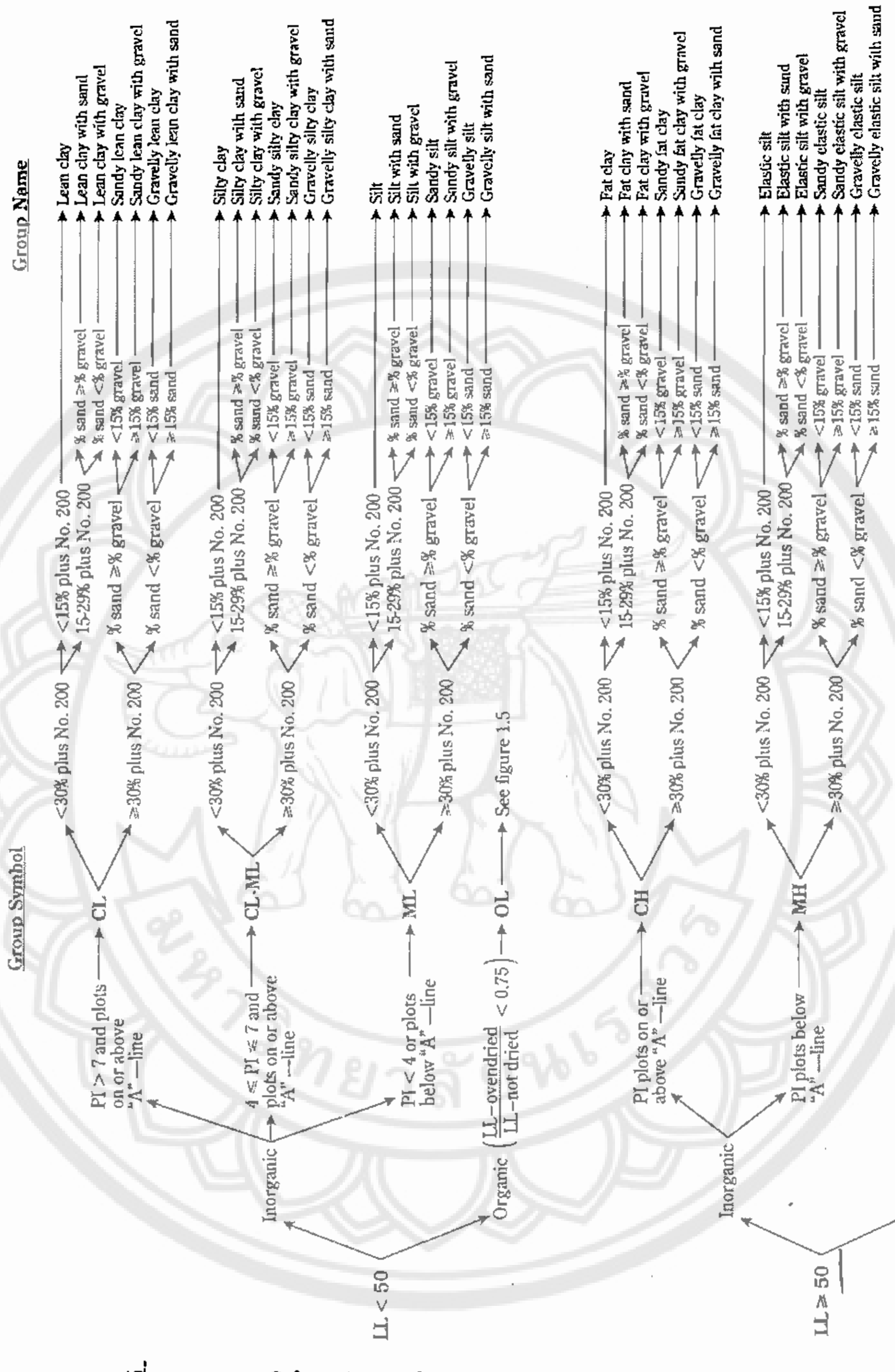


รูปที่ 7.3 แผนภูมิความเหนียว (Plasticity Chart)

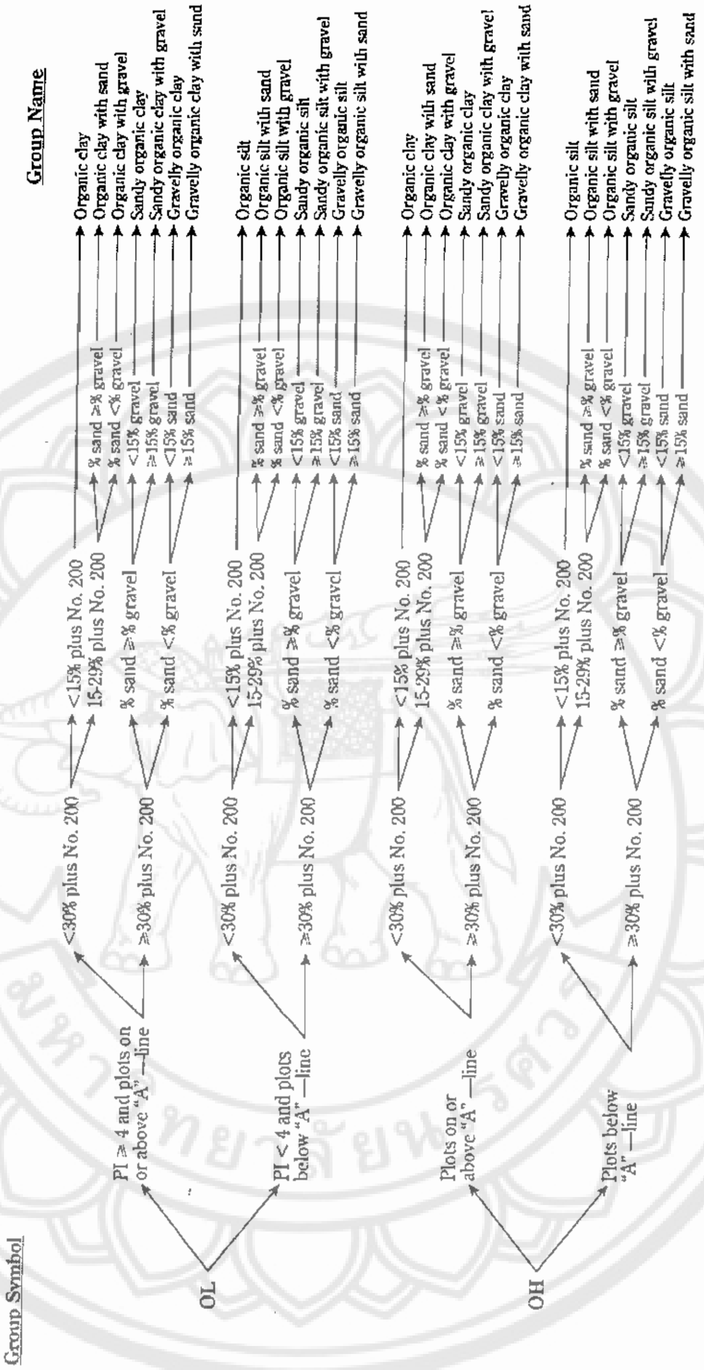
จากการจำแนกชนิดทั้งหมดเราก็จะได้เพียงสัญลักษณ์กลุ่ม (Group Symbol) เท่านั้น จากนั้นเราจะใช้มาตรฐาน ASTM designation D-2487 ในการนำสัญลักษณ์กลุ่มมาแปรเป็นชื่อของดิน (Group names) ดังแสดงในรูปที่ 7.4, 7.5 และ 7.6



รูปที่ 7.4 แผนภูมิสำหรับการจำแนกดินประเภท Coarse-Grained Soil

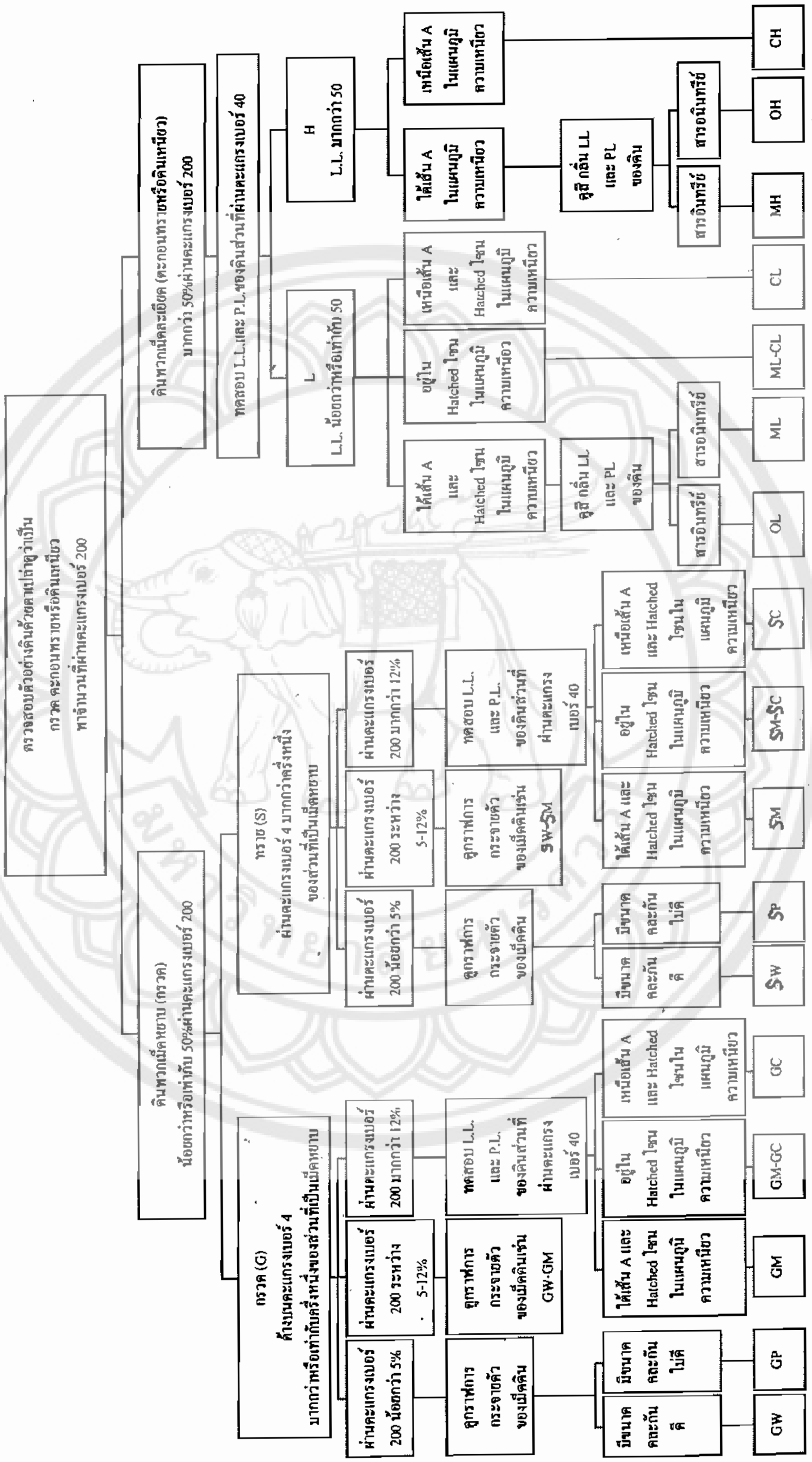


รูปที่ 7.5 แผนภูมิสำหรับการจำแนกดินประเภท Fine-Grained Soil



รูปที่ 7.6 แผนภูมิสำหรับการจำแนกดินชนิด Organic Fine-Grained Soil

จากการจำแนกชนิดของดินตามระบบ Unified สามารถแสดงแผนภาพขั้นตอนการจำแนกชนิดของดินได้ตามรูปที่ 7.7 ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการจำแนกชนิดของดินให้ง่ายขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 7.7 แผนผังสำหรับการจำแนกดินโดยระบบ Unified

เมื่อเราจำแนกชนิดของดินได้เราก็สามารถนำไปใช้งานที่เราต้องการได้ตามแสดงได้ในหัวข้อต่อไปนี้

7.1.3 คุณสมบัติและลักษณะการใช้งานด้านวิศวกรรมของดินประเภทต่าง ๆ

การจำแนกประเภทของดินออกเป็นกลุ่มๆ โดยระบบต่างๆ ดังกล่าวมาแล้วนั้น ดินในแต่ละกลุ่มจะมีคุณภาพแตกต่างกันออกไปแล้วแต่อัตราส่วนและคุณสมบัติของวัสดุที่ผสมกันอยู่ในดินกลุ่มนั้น ซึ่งจะทำให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับงานแต่ละอย่างไม่เหมือนกันดังแสดงในตารางที่ 7.4, 7.5, 7.6 และ 7.7

ตารางที่ 7.4 คุณสมบัติและความเหมาะสมในการใช้งานด้านวิศวกรรม

สัญลักษณ์ของกลุ่มดิน	คุณสมบัติที่สำคัญ			
	ความซึมได้เมื่อบดอัดแน่นแน่นแล้ว	กำลังต้านทานแรงเฉือนเมื่อบดอัดแน่นแล้วและดินอิ่มตัว	การยุบอัดตัวเมื่อบดอัดแน่นแล้วและดินอิ่มตัว	การบดอัดแน่นได้ง่ายเมื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง
GW	ง่าย	ดีเลิศ	ไม่ยุบตัว	ดีเลิศ
GP	ง่ายมาก	ดี	ไม่ยุบตัว	ดี
GM	ปานกลางถึงยาก	ดี	ไม่ยุบตัว	ดี
GC	ยาก	ดี ถึง พอใช้	น้อยมาก	ดี
SW	ง่าย	ดีเลิศ	ไม่ยุบตัว	ดีเลิศ
SP	ง่าย	ดี	น้อยมา	พอใช้
SM	ปานกลาง ถึง ยาก	ดี	น้อย	พอใช้
SC	ยาก	ดี ถึง พอใช้	น้อย	ดี
ML	ปานกลาง ถึง ยาก	พอใช้	ปานกลาง	พอใช้
CL	ยาก	พอใช้	ปานกลาง	ดี ถึง พอใช้
OL	ปานกลาง ถึง ยาก	เลว	ปานกลาง	พอใช้
MH	ปานกลาง ถึง ยาก	พอใช้ ถึง เลว	มาก	เลว
CH	ยาก	เลว	มาก	เลว
OH	ยาก	เลว	มาก	เลว
Pt	-	-	-	-

ตารางที่ 7.4 (ต่อ) คุณสมบัติและความเหมาะสมในการใช้งานด้านวิศวกรรม

สัญลักษณ์กลุ่มดิน	ความเหมาะสมในการใช้งานต่างๆ									
	เขื่อนดินถม			คลอง		ฐานราก		ถนน		
	ชนิดเดียวกันทั้งเขื่อน	แกนเขื่อน	หุ้มแกนเขื่อน	ป้องกันการกันเซาะ	คลองดินบดอัดแน่น	การรั่วซึมมีความสำคัญ	การรั่วซึมไม่มีความสำคัญ	คันดินถม		ผิวถนน
								ไม่มีโอกาสเยือกแข็ง	มีโอกาสเยือกแข็ง	
GW	-	-	1	1	-	-	1	1	1	3
GP	-	-	2	2	-	-	3	3	3	-
GM	2	4	-	4	4	1	4	4	9	5
GC	1	1	-	3	1	2	6	5	5	1
SW	-	-	3 ปนกรวด	6	-	-	2	2	2	4
SP	-	-	4 ปนกรวด	7 ปนกรวด	-	-	5	6	4	-
SM	4	5	-	8 ปนกรวด	5 ระวังการกัดเซาะ	3	7	8	10	6
SC	3	2	-	5	2	4	8	7	6	2
ML	6	6	-	-	6 ระวังการกัดเซาะ	6	9	10	11	-
CL	5	3	-	9	3	5	10	9	7	7
OL	8	8	-	-	7 ระวังการกัดเซาะ	7	11	11	12	-
MH	9	9	-	-	-	8	12	12	13	-
CH	7	7	-	10	8 ระวังการเปลี่ยนแปลงปริมาตร	9	13	13	8	-
OH	10	10	-	-	-	10	14	14	14	-
Pt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : หมายเลข 1 หมายถึงดีที่สุด

ตารางที่ 7.5 คุณลักษณะสำหรับงานดินถมและฐานราก

สัญลักษณ์ของกลุ่มดิน (1)	การใช้ในงานเขื่อน (2)	สัมประสิทธิ์ของความซึมได้ k (ซม. / วินาที) (3)	คุณลักษณะและเครื่องจักรในการบดอัด (4)
GW	มั่นคงมาก ใช้ถมทำนบหรือเขื่อนตรงส่วนที่ให้น้ำซึมผ่านได้ (Shell)	$> 10^{-2}$	ดี ใช้รถแทรกเตอร์ รถบดล้อยาง รถบดล้อเหล็ก
GP	มั่นคง ใช้ถมทำนบหรือเขื่อน ตรงส่วนที่ให้น้ำซึมผ่านได้	$> 10^{-2}$	ดี ใช้รถแทรกเตอร์ รถบดล้อยาง รถบดล้อเหล็ก
GM	มั่นคง ไม่เหมาะกับส่วนที่น้ำซึมได้ใช้ถมแกนเขื่อนป้องกันน้ำซึม หรือคลุมดิน (Blanked)	10^{-3}-10^{-6}	ดี ต้องควบคุมอย่างใกล้ชิด รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ
GC	ค่อนข้างมั่นคง ใช้ถมแกนเขื่อน ป้องกันน้ำซึม	10^{-6}-10^{-8}	พอใช้ รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ
SW	มั่นคงมาก ใช้ถมส่วนที่ให้น้ำซึมผ่านได้ แต่จะต้องป้องกันลาดเขื่อน	$> 10^{-3}$	ดี ใช้รถแทรกเตอร์
SP	มั่นคงมาก ใช้สำหรับเขื่อนที่มีความลาดไม่มาก	$> 10^{-3}$	ดี ใช้รถแทรกเตอร์
SM	ค่อนข้างมั่นคง ไม่เหมาะกับส่วนที่น้ำซึมได้ ใช้ถมแกนเขื่อนป้องกันน้ำซึม	10^{-3}-10^{-6}	ดี ต้องควบคุมอย่างใกล้ชิด รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ
SC	ค่อนข้างมั่นคง ใช้ถมแกนเขื่อนสำหรับเขื่อนป้องกันน้ำท่วม	10^{-6}-10^{-8}	พอใช้ รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ
ML	ไม่มั่นคง ใช้ถมทำนบดินซึ่งต้องควบคุมให้เหมาะสม	10^{-3}-10^{-6}	ดี ถึงเลว การควบคุมอย่างใกล้ชิดเป็นสิ่งสำคัญมาก รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ
CL	มั่นคง เหมาะสำหรับถมแกนเขื่อนป้องกันน้ำซึมและใช้คลุมดิน	10^{-6}-10^{-8}	พอใช้ถึงดี รถบดตีนแกะ รถบดล้อยาง
OL	ไม่เหมาะสำหรับใช้เป็นดินถม	10^{-4}-10^{-6}	พอใช้ถึงเลว รถบดตีนแกะ
MH	ไม่มั่นคง ใช้ถมแกนเขื่อนโดยวิธีชลศาสตร์ ไม่เหมาะที่จะใช้รถบดอัด	10^{-4}-10^{-6}	เลวหรือไม่เหมาะ รถบดตีนแกะ
CH	ค่อนข้างมั่นคงสำหรับความลาดไม่มาก แกนเขื่อนบางๆ และคลุมดิน	10^{-6}-10^{-8}	พอใช้ถึงเลว รถบดตีนแกะ
OH	ไม่เหมาะสำหรับใช้เป็นดินถม	10^{-6}-10^{-8}	เลวหรือไม่เหมาะ รถบดตีนแกะ
Pt	ไม่ใช้ในงานก่อสร้าง	-	ไม่เหมาะในการบดอัด

หมายเหตุ : 1. ค่าในช่อง (3) และ (5) สำหรับเป็นแนวทางเท่านั้น ในการคำนวณออกแบบต้องอาศัยผลจากการทดสอบ

2. ในช่อง (4) เครื่องจักรบดอัดดังกล่าวจะให้ความแน่นตามต้องการต่อเมื่อสภาพความชื้นของดิน ความหนาของดินบดอัดและจำนวนเที่ยวของการบดอัดจะต้องควบคุมให้เหมาะสมและถูกต้อง

ตารางที่ 7.5 (ต่อ) คุณลักษณะสำหรับงานดินถมและฐานราก

สัญลักษณ์ของกลุ่มดิน (1)	ความหนาแน่นแห้ง (ρ_d) (มก. / ม^3) (5)	การใช้ในงานฐานราก (6)	ความต้องการเพื่อป้องกันน้ำซึม (7)
GW	2.00-2.16	ความสามารถในการรับน้ำหนักดี	ทำแกนลดความเร็วของน้ำซึม
GP	1.84-2.00	ความสามารถในการรับน้ำหนักดี	ทำแกนลดความเร็วของน้ำซึม
GM	1.92-2.16	ความสามารถในการรับน้ำหนักดี	ทำร่องที่ปลายลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ บางครั้งไม่จำเป็น
GC	1.84-2.08	ความสามารถในการรับน้ำหนักดี	ไม่จำเป็น
SW	1.76-2.08	ความสามารถในการรับน้ำหนักดี	คลุมดินปลายเขื่อนด้านเหนือน้ำและระบายน้ำปลายลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ หรือฝังท่อสูบน้ำ
SP	1.60-1.92	ความสามารถในการรับน้ำหนักดีถึงเลว ขึ้นกับความหนาแน่น	คลุมดินปลายเขื่อนด้านเหนือน้ำและระบายน้ำปลายลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ หรือฝังท่อสูบน้ำ
SM	1.76-2.00	ความสามารถในการรับน้ำหนักดีถึงเลว ขึ้นกับความหนาแน่น	คลุมดินปลายเขื่อนด้านเหนือน้ำและระบายน้ำปลายลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ หรือฝังท่อสูบน้ำ
SC	1.68-2.00	ความสามารถในการรับน้ำหนักดีถึงเลว	ไม่จำเป็น
ML	1.52-1.92	เลวมาก อาจเกิดการเลื่อนตัว	ทำร่องที่ปลายลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ บางครั้งไม่จำเป็น
CL	1.25-1.92	ความสามารถในการรับน้ำหนักดีถึงเลว	ไม่จำเป็น
OL	1.28-1.60	ความสามารถในการรับน้ำหนักดีถึงเลว อาจเกิดการทรุดตัวมาก	ไม่จำเป็น
MH	1.12-1.52	ความสามารถในการรับน้ำหนักต่ำ	ไม่จำเป็น
CH	1.20-1.68	ความสามารถในการรับน้ำหนักพอใช้ถึงเลว	ไม่จำเป็น
OH	1.04-1.60	ความสามารถในการรับน้ำหนักต่ำมาก	ไม่จำเป็น
Pt	-	ขุดออกจากฐานรากและไม่นำมาใช้	

หมายเหตุ : 3. ในช่อง (5) เป็นค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของดินที่จุดปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum) ซึ่งได้จากการบดอัดดินโดยวิธีมาตรบานของ AASHTO หรือ Proctor

ตารางที่ 7.6 คุณลักษณะสำหรับงานถนนและสนามบิน

สัญลักษณ์ของกลุ่มดิน (1)		การใช้เป็นดินคันทางในกรณีไม่มีการเยือกแข็ง (2)	การใช้เป็นรองพื้นทางในกรณีไม่มีการเยือกแข็ง (3)	การใช้เป็นพื้นทางในกรณีไม่มีการเยือกแข็ง (4)	โอกาสที่จะเยือกแข็ง (5)
GW		ดีมาก	ดีมาก	ดี	ไม่มีถึงมีน้อยมาก
GP		ดีถึงดีมาก	ดี	พอใช้ถึงดี	ไม่มีถึงมีน้อยมาก
GM	d	ดีถึงดีมาก	ดี	พอใช้ถึงดี	น้อยถึงปานกลาง
	u	ดี	พอใช้	ไม่ดีถึงไม่เหมาะสม	น้อยถึงปานกลาง
GC		ดี	พอใช้	ไม่ดีถึงไม่เหมาะสม	น้อยถึงปานกลาง
SW		ดี	พอใช้	ไม่ดี	ไม่มีถึงมีน้อยมาก
SP		พอใช้ถึงดี	พอใช้ถึงดี	ไม่ดีถึงไม่เหมาะสม	ไม่มีถึงมีน้อยมาก
SM	d	พอใช้ถึงดี	พอใช้	ไม่ดี	น้อยถึงมาก
	u	พอใช้	ไม่ดีถึงพอใช้	ไม่เหมาะสม	น้อยถึงมาก
SC		ไม่ดีถึงพอใช้	ไม่ดี	ไม่เหมาะสม	น้อยถึงมาก
ML		ไม่ดีถึงพอใช้	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ปานนกลางถึงสูงมาก
CL		ไม่ดีถึงพอใช้	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ปานกลางถึงสูง
OL		ไม่ดี	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ปานกลางถึงสูง
MH		ไม่ดี	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ปานกลางถึงสูงมาก
CH		ไม่ดีถึงพอใช้	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ปานกลาง
OH		ไม่ดีถึงพอใช้	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ปานกลาง
Pt		ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	น้อย

ตารางที่ 7.6 (ต่อ) คุณลักษณะสำหรับงานถนนและสนามบิน

สัญลักษณ์กลุ่มดิน (1)		การยุบอัดตัวและขยายตัว (6)	การระบายน้ำ (7)	เครื่องจักรที่ใช้ในการบดอัด (8)
GW		ไม่มี	ดีมาก	รถแทรคเตอร์ตีนตะขาบ รถบดล้อยาง รถบดล้อเหล็ก
GP		ไม่มี	ดีมาก	รถแทรคเตอร์ตีนตะขาบ รถบดล้อยาง รถบดล้อเหล็ก
GM	d	น้อยมาก	พอใช้ถึงทึบน้ำ	รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ ; ควบคุมความชื้นอย่างใกล้ชิด
	u	น้อย	ไม่ดีถึงทึบน้ำ	รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ
GC		น้อย	ไม่ดีถึงทึบน้ำ	รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ
SW		ไม่มี	ดีมาก	รถแทรคเตอร์ตีนตะขาบ รถบดล้อยาง
SP		ไม่มี	ดีมาก	รถแทรคเตอร์ตีนตะขาบ รถบดล้อยาง
SM	d	น้อยมาก	พอใช้ถึงไม่ดี	รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ ; ควบคุมความชื้นอย่างใกล้ชิด
	u	น้อยถึงปานกลาง	ไม่ดีถึงทึบน้ำ	รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ
SC		น้อยถึงปานกลาง	ไม่ดีถึงทึบน้ำ	รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ
ML		น้อยถึงปานกลาง	พอใช้ถึงไม่ดี	รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ ; ควบคุมความชื้นอย่างใกล้ชิด
CL		ปานกลาง	ทึบน้ำ	รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ
OL		ปานกลางถึงสูง	ไม่ดี	รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ
MH		สูง	พอใช้ถึงไม่ดี	รถบดตีนแกะ รถบดล้อยาง
CH		สูง	ทึบน้ำ	รถบดตีนแกะ รถบดล้อยาง
OH		สูง	ทึบน้ำ	รถบดตีนแกะ รถบดล้อยาง
Pt		สูงมาก	พอใช้ถึงไม่ดี	ไม่เหมาะในการบดอัด

ตารางที่ 7.6 (ต่อ) คุณลักษณะสำหรับงานถนนและสนามบิน

สัญลักษณ์ของกลุ่มดิน (1)		ความหนาแน่นแห้ง (มก. / ม.^{3}) (9)	การใช้ในงานออกแบบ CBR (10)	การใช้ในงานออกแบบ Modulus ของดินคันทาง (กก. / ซม.^{3}) (11)
GW		2.00-2.24	40-80	8.3-13.8
GP		1.76-2.24	30-60	8.3-13.8
GM	d	2.00-2.32	40-60	8.3-13.8
	u	1.84-2.16	20-30	5.5-13.8
GC		2.08-2.32	20-40	5.5-13.8
SW		1.76-2.08	20-40	5.5-11.1
SP		1.68-2.16	10-40	4.1-11.1
SM	d	1.92-2.16	15-40	4.1-11.1
	u	1.60-2.08	10-20	2.8-8.3
SC		1.60-2.16	5-20	2.8-8.3
ML		1.44-2.08	15 หรือน้อยกว่า	2.8-5.5
CL		1.44-2.08	15 หรือน้อยกว่า	1.4-4.1
OL		1.44-1.68	5 หรือน้อยกว่า	1.4-2.8
MH		1..28-1.68	10 หรือน้อยกว่า	1.4-2.8
CH		1.44-1.84	15 หรือน้อยกว่า	1.4-4.1
OH		1.28-1.76	5 หรือน้อยกว่า	0.7-2.8
Pt		-	-	-

หมายเหตุ :

1. ในช่อง (1) GM และ SM แบ่งย่อยเป็น d และ u เฉพาะกรณีงานถนนและสนามบินเท่านั้น โดยอาศัยค่า Atterberg's Limits เช่น d (ตัวอย่างเช่น GMd) ใช้เมื่อ L.L. $\leq$ 5 ส่วน u ใช้ในกรณีนอกเหนือจากนี้

2. ในช่อง (8) เครื่องจักรบดอัดดังกล่าว จะให้ความแน่นตามต้องการต่อเมื่อสภาพความชื้นของดิน ความหนาของชั้นดินบดอัด และจำนวนเที่ยวในการบดอัด จะต้องควบคุมให้เหมาะสมและถูกต้อง เนื่องจากคุณสมบัติของดินแต่ละประเภทต่างกัน จึงต้องใช้เครื่องจักบดอัดต่างกัน บางครั้งดินในกลุ่มเดียวกันก็อาจมีคุณสมบัติต่างกัน จึงต้องมีเครื่องมือหลายชนิด และบางกรณีจำเป็นต้องใช้เครื่องมือ 2 ชนิดร่วมกัน

ก. วัสดุทำพื้นทางที่เลือกสรรและวัสดุอื่นๆ :

ใช้รถบดล้อเหล็กในการบดอัดวัสดุที่แข็ง มีเหลี่ยมคม และมีเม็ดละเอียดจำกัด สำหรับวัสดุอ่อน แตกง่ายใช้รถบดล้อยาง

ข. การตบแต่งสุดท้าย :

สำหรับการตบแต่งงานดินครั้งสุดท้าย ใช้รถบดล้อยางกับงานดินทั่วไป และวัสดุอื่นที่เลือกสรรแล้ว

ค. ขนาดของเครื่องจักร :

ในการก่อสร้างสนามบิน ซึ่งต้องให้มีความหนาแน่นสูงตามต้องการ จะต้องใช้เครื่องจักรตามขนาดดังนี้

- รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ....น้ำหนักทั้งหมดจะต้องมากกว่า 15 ตัน
- รถบดล้อยาง....น้ำหนักล้อจะต้องมากกว่า 7.5 ตัน สำหรับวัสดุบางชนิด บางครั้งต้องใช้น้ำหนักล้อ 20 ตัน (ความดันสัมผัสประมาณ 450-1,000 กน. / ม.^{2})
- รถบดตีนแกะ....โดยทั่วไปใช้หน่วยความดันประมาณ 1,750 กน. / ม.^{2} (สำหรับพื้นที่ของตีนแกะ 40-80 ซม.^{2}) แต่วัสดุบางชนิดถ้าจะให้ได้ความหนานแน่นตามที่ต้องการจะต้องใช้หน่วยความดัน 4,500 กน. / ม.^{2} พื้นที่ของตีนแกะจะต้องมากกว่า 5% ของพื้นที่รอบล้อ

3. ในช่อง (9) เป็นค่าความหนานแน่นแห้งสูงสุดของดินที่จุดปริมาณความชื้นที่เหมาะสม ซึ่งได้จากการบดอัดดินโดยวิธีโมดิฟายด์ AASHTO หรือ Proctor

4. ในช่อง (10) ค่าสูงสุดที่สามารถนำไปใช้ในการคำนวณออกแบบสนามบินนั้น ในบางกรณีขึ้นอยู่กับขนาดคละของเม็ดดินและความเหนียวที่ต้องการ

ตารางที่ 7.7 ความเหมาะสมของดินที่จะนำไปใช้งาน

การจำแนกประเภท		การใช้ในงานเขื่อน	การใช้ในงานฐานรากรับแรงแบกทาน	การใช้ในงานป้องกันน้ำซึม	การใช้ในงานถนน ทำชั้นรองพื้นใต้ผิวลาดยาง
กลุ่มดิน	คำอธิบาย				
GW	กรวดหรือกรวดผสมทราย มีหลายขนาดคละกันมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย	เสถียรมาก, ใช้ทำเขื่อนหรือทำนบตรงส่วนที่ให้น้ำซึมผ่านได้	ดี	ทำแกนลดความเร็วของน้ำซึม	ดี
GP	กรวดหรือกรวดผสมทราย มีขนาดเดียวกัน มีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย	เสถียรมาก, ใช้ทำเขื่อนหรือทำนบในส่วนที่ให้น้ำซึมผ่านได้	ดี	ทำแกนลดความเร็วของน้ำซึม	เลวหรือดี
GM	กรวดปนตะกอนทราย กรวดปนทรายและตะกอนทรายมีเม็ดขนาดเดียวกัน	เสถียรมาก, ไม่ค่อยเหมาะกับส่วนที่น้ำซึมได้ใช้กันน้ำซึมหรือคลุมดิน	ดี	ใช้สำหรับปลายลาดเขื่อนด้านใต้น้ำบางครั้งไม่จำเป็น	พอใช้หรือดี
GC	กรวดปนดินเหนียว, กรวด ทราย และดินเหนียว ปนคละกัน มีเม็ดขนาดเดียว	ค่อนข้างเสถียรใช้ทำแกนกันน้ำซึม	ดี	ไม่จำเป็น	ไม่ดี
SW	ทรายหลายขนาดคละกัน, ทรายปนกรวด มีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย	เสถียรมาก ใช้ทำส่วนที่ให้น้ำซึมผ่านได้ แต่จะต้องป้องกันความลาดของเขื่อน	ดี	ใช้คลุมดินปลายเขื่อนด้านเหนือน้ำ และปลายลาดเขื่อนด้านใต้น้ำ	ไม่ดี
SP	ทรายเม็ดขนาดเดียวกัน, ทราย ปนกรวด มีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย	เสถียรมาก ใช้สำหรับเขื่อนที่มีความลาดไม่มาก	ดีไม่ขึ้นกับความหนาแน่น	ใช้คลุมดินปลายเขื่อนด้านเหนือน้ำ และปลายลาดเขื่อนด้านใต้น้ำ	ไม่ดีหรือไม่เหมาะ
SM	ทรายปนตะกอนทราย ทรายปนตะกอนทรายมีเม็ดขนาดเดียวกัน	ค่อนข้างเสถียร ไม่ค่อยเหมาะกับส่วนที่น้ำซึมได้ ใช้ทำแกนกันน้ำซึม	ดีไม่ขึ้นกับความหนาแน่น	ใช้คลุมดินปลายเขื่อนด้านเหนือน้ำ และปลายลาดเขื่อนด้านใต้น้ำ	ไม่ดี
SC	ทรายปนดินเหนียว, ของผสมของทรายกับดินเหนียวมีขนาดเดียวกัน	ค่อนข้างเสถียร ใช้ทำแกนสำหรับเขื่อนกันน้ำท่วม	อาจดีหรือเลว	ไม่จำเป็น	ไม่เหมาะสม
ML	ตะกอนทรายอนินทรีย์, ทรายละเอียดมาก, หินฝุ่น, ทรายละเอียดปนตะกอนทราย หรือดินเหนียวมีสภาพพลาสติกเล็กน้อย	เสถียรภาพไม่ดี ใช้เป็นดินถมถ้าปรับได้ถูกต้อง	เลวมาก อาจเกิดการเลื่อนตัว	ใช้สำหรับปลายลาดเขื่อนด้านใต้น้ำ บางครั้งก็ไม่จำเป็น	ไม่เหมาะสม
CL	ดินเหนียวอนินทรีย์ มีสภาพพลาสติกต่ำกว่าปกติ ดินเหนียวปนกรวดหรือปนทรายหรือปนตะกอนทราย, ดินเหนียวมีความหนืดเล็กน้อย	เสถียร, เหมาะสำหรับทำแกนกันน้ำซึม	อาจดีหรือเลว	ไม่จำเป็น	ไม่เหมาะสม
OL	ตะกอนทรายอินทรีย์ มีสภาพพลาสติกเล็กน้อยและดินเหนียวปนตะกอนทราย	ไม่เหมาะสำหรับใช้เป็นดินถม	อาจดีหรือเลว อาจเกิดการทรุดตัวมาก	ไม่จำเป็น	ไม่เหมาะสม
MH	ตะกอนทรายอนินทรีย์, ดินเหนียวปนทรายหรือตะกอนชาย มีไม่มากหรือดินเบาผสม	ขาดเสถียรภาพ ใช้ทำแกนโดยวิธีชลศาสตร์ไม่เหมาะที่จะใช้รถบด	ต่ำ	ไม่จำเป็น	ไม่เหมาะสม
CH	ดินเหนียวอนินทรีย์ มีสภาพพลาสติกมาก ดินเหนียวมีความหนืดสูง	ค่อนข้างเสถียรสำหรับความลาดไม่มาก ใช้ทำแกนเขื่อน	อาจดีหรือเลว	ไม่จำเป็น	ไม่เหมาะสม
OH	ดินเหนียวอนินทรีย์มีสภาพพลาสติกสูงกว่าปกติ, ตะกอนทราย อินทรีย์	ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นดินถม	ต่ำมาก	ไม่จำเป็น	ไม่เหมาะสม
Pt	พีตและดินอินทรีย์สูงอื่นๆ	ไม่ใช้ในงานก่อสร้าง	เอาออกจากดินฐานราก	และไม่นำมาใช้	ไม่เหมาะสม

7.4 การจำแนกประเภทของดินในสนาม

การจำแนกประเภทของดินออกเป็นกลุ่มๆ โดยระบบต่างๆ เช่น AASHTO และ Unified ดังกล่าวมาแล้ว จะต้องอาศัยผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ 2 อย่าง คือ

1. การทดสอบหาขนาดของเม็ดดิน (Sieve analysis หรือ Mechanical analysis)
2. การทดสอบหา L.L. และ P.L. (Atterberg's Limits)

แต่การจำแนกประเภทของดินในสนามโดยอาศัยระบบของ Unified นี้ ไม่ต้องอาศัยผลการทดสอบดังกล่าวสามารถกระทำได้โดยดูด้วยตาเปล่าสำหรับดินพวกเม็ดใหญ่ และทำการทดสอบง่ายๆ บางอย่างสำหรับดินพวกเม็ดละเอียด ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เมื่อได้ตัวอย่างดินมาแล้ว นำมาแผ่กระจายกับพื้น เพื่อตรวจดูว่าเป็นดินพวกเม็ดหยาบ หรือดินพวกเม็ดละเอียด โดยประมาณว่าพวกไหนมีจำนวนมากกว่า ก็ถือพวกที่มากกว่าเป็นหลักในการตรวจขั้นต่อไป

2. ถ้าดินพวกเม็ดหยาบมีมากกว่า ตรวจดูเฉพาะส่วนที่เป็นเม็ดหยาบว่า กรวดมีมากกว่าทรายหรือทรายมีมากกว่ากรวด

3. ถ้ามีกรวดมากกว่าทราย ถือว่าดินนั้นเป็นกรวด ใช้อักษรย่อตัวนำหน้าว่า "G" แล้วตรวจต่อไปว่าดินตัวอย่างนั้นสะอาดหรือสกปรก การดูว่าสะอาดหรือสกปรกนี้ ดูโดยจำนวนดินเม็ดละเอียดที่มีอยู่ในดินตัวอย่างนั้นเป็นเกณฑ์ ถ้าดินเม็ดละเอียดมากก็ถือว่า ค่อนข้างสกปรกหรือสกปรก ทั้งนี้แล้วแต่จำนวนดินเม็ดละเอียดจะมากน้อยแค่ไหน

4. ถ้าเป็นกรวดสะอาด (คือมีดินเม็ดละเอียดปนอยู่น้อยมาก หรือไม่มีเลย) การตรวจขั้นสุดท้ายก็คือดูลักษณะการกระจายตัวของเม็ดดินว่าเป็นอย่างไร

ถ้ามีขนาดต่างๆ คละกันอย่างเหมาะสม ถือว่ามีขนาดคละกันดี ใช้อักษรย่อ "W" ต่อท้าย "G" ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้จะเป็น "WG" หมายถึง **กรวดมีขนาดคละกันดี** กรวดผสมทรายมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย

ถ้ามีขนาดเดียวกัน หรือขนาดขาดช่วง ซึ่งถือว่ามีขนาดคละกันไม่ดี ใช้อักษรย่อ "P " ต่อท้าย "G" ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มดินของดินตัวอย่างนี้จะเป็น "GP" หมายถึง **กรวดมีขนาดคละกันไม่ดี** กรวดผสมทราย มีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย

5. ถ้าเป็นกรวดสกปรก (คือมีดินเม็ดละเอียดปนอยู่มาก) การตรวจขั้นสุดท้ายก็คือ ดูว่าดินเม็ดละเอียดที่ปนอยู่นั้นมีคุณสมบัติเป็นตะกอนทราย หรือดินเหนียว

ถ้าดินเม็ดละเอียดที่ปนอยู่มีคุณสมบัติเป็นตะกอนทราย ใช้อักษรย่อ "M" ต่อท้ายด้วย "G" ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้จะเป็น "GM" หมายถึง **กรวดมีตะกอนทรายปน** กรวด-ทราย-ตะกอนทราย ขนาดคละกันไม่ดีผสมกัน

ถ้าดินเม็ดละเอียดที่ปนอยู่มีคุณสมบัติเป็นดินเหนียว ใช้อักษรย่อ “C” ต่อท้ายด้วย “G” ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้จะเป็น “GC” หมายถึง **กรวดมีดินเหนียวปน** กรวด-ทราย-ดินเหนียวขนาดคละกันไม่ดีผสมกัน

6. จากการตรวจในข้อ 2 ถ้าปรากฏว่ามีทรายมากกว่ากรวด ก็ถือว่าดินนั้นเป็นทราย ใช้อักษรย่อ ตัวนำหน้าว่า “S” การตรวจขั้นต่อไป กระทำเช่นเดียวกับการตรวจกรวด และจะสามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด เช่นเดียวกับ กรวด (ข้อ 3 ถึง 5) ดังนี้

ถ้าเป็นทรายสะอาด แบ่งได้ 2 ชนิดคือ

ถ้ามีขนาดคละกันดี ใช้อักษรย่อ “W” ต่อท้าย “S” ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้จะเป็น “SW” หมายถึง **ทรายมีขนาดคละกันดี** ทรายปนกรวด มีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย

ถ้ามีขนาดคละกันไม่ดี ใช้อักษรย่อ “P” ต่อท้าย “S” ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้จะเป็น “SP” หมายถึง **ทรายมีขนาดคละกันไม่ดี** ทรายปนกรวด มีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย

ถ้าเป็นทรายสกปรก ก็แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

ถ้าดินเม็ดละเอียดที่ปนอยู่ มีคุณสมบัติเป็นตะกอนทราย ใช้อักษรย่อ “M” ต่อท้าย “S” ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้จะเป็น “SM” หมายถึง **ทรายมีตะกอนทรายปน** ทราย-ตะกอนทรายขนาดคละกันไม่ดีผสมกัน

ถ้าดินเม็ดละเอียดที่ปนอยู่ มีคุณสมบัติเป็นดินเหนียว ใช้อักษรย่อ “C” ต่อท้าย “S” ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้จะเป็น “SC” หมายถึง **ทรายมีดินเหนียวปน** ทราย-ดินเหนียว ขนาดคละกันไม่ดีผสมกัน

7. จากการตรวจในข้อ 1 ถ้าพบว่าดินตัวอย่างนั้นส่วนมากเป็นดินพวกเม็ดละเอียด ก็นำดินพวกเม็ดละเอียดนั้นมาตรวจดูว่า มีคุณสมบัติอย่างไร

8. ถ้ามีคุณสมบัติเป็นตะกอน ชนิด Liquid Limit ต่ำ และความสามารถในการยุบอัดตัว (Compressibility) ต่ำ ก็ใช้อักษรย่อ “L” ต่อท้าย “M” ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้จะเป็น “ML” หมายถึง **ตะกอนทรายอนินทรีย์** และทรายละเอียดมาก หินฝุ่น ทรายละเอียดปนตะกอนทรายหรือดินเหนียวมีความเหนียวเล็กน้อย

9. ถ้ามีคุณสมบัติเป็นดินเหนียว ชนิดความสามารถในการยุบอัดตัวต่ำ (Plasticity) ต่ำ ก็ใช้อักษรย่อ “L” ต่อท้าย “C” ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้จะเป็น “CL” หมายถึง **ดินเหนียวอนินทรีย์** มีความเหนียวต่ำถึงปานกลาง ดินเหนียวปนกรวด ดินเหนียวปนตะกอนทราย ดินเหนียวล้วน

10. ถ้ามีคุณสมบัติเป็นสารอินทรีย์ ชนิดความเหนียวต่ำ ก็ใช้อักษรย่อ “L” ต่อท้าย “O” ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้จะเป็น “OL” หมายถึง **ตะกอนทรายอนินทรีย์** และดินเหนียวปนตะกอนทรายอินทรีย์ มีความเหนียวต่ำ

11. ถ้ามีคุณสมบัติเป็นตะกอนทราย ชนิด Liquid Limit สูง และความสามารถในการยุบอัดตัวสูงก็ใช้อักษรย่อ "H" ต่อท้าย "M" ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้จะเป็น "MH" หมายถึง **ตะกอนทรายอนินทรีย์** ทรายละเอียดหรือตะกอนทรายปนไมก้า หรือดินเบา ตะกอนทรายที่ยืดหยุ่น

12. ถ้ามีคุณสมบัติเป็นดินเหนียว ชนิดความสามารถในการยุบอัดตัวสูง และความเหนียวสูง ก็ใช้อักษรย่อ "H" ต่อท้าย "C" ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้จะเป็น "CH" หมายถึง **ดินเหนียวอนินทรีย์** มีความเหนียวสูง ดินเหนียวมีความหนืดสูง

13. ถ้ามีคุณสมบัติเป็นสารอินทรีย์ ชนิดความเหนียวสูง และความเหนียวสูง ก็ใช้อักษรย่อ "H" ต่อท้าย "O" ดังนั้นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้จะเป็น "OH" หมายถึง **ดินเหนียวอินทรีย์** มีความเหนียวปานกลางถึงสูง

14. ถ้าเป็นสารอินทรีย์ชนิดที่สลายตัวยังไม่หมด และเห็นเป็นรูปร่างหรือชิ้นส่วนของพืชเหลืออยู่ ใช้อักษรย่อ "Pt" เป็นสัญลักษณ์กลุ่มของดินตัวอย่างนี้ หมายถึง พีต โคลนสีดำ และดินอินทรีย์สูงอื่นๆ

การจำแนกประเภทของดินในสนามโดยอาศัยระบบของ Unified นี้ สามารถดูรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

1. Dry Strength (ความต้านทานต่อแรงบีบ)

นำตัวอย่างดินส่วนที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 40 (โดยการหยิบเม็ดดินที่ใหญ่กว่าออก ไม่จำเป็นต้องร่อนด้วยตะแกรง) มาจำนวนหนึ่ง ผสมน้ำจนปั้นเป็นก้อนได้ แล้วทำให้แห้งโดยการอบหรือตากแดด หรือปล่อยทิ้งไว้ในอากาศ หรืออาจจะใช้ก้อนดินแห้งในธรรมชาติก็ได้ นำก้อนดินแห้งมาบีบให้แตก แล้งบีบให้เป็นผงด้วยนิ้วมือ โดยสังเกตดูว่าดินแห้งก้อนนั้นจะแตกและเป็นผงด้วยแรงบีบมากน้อยเพียงใด

ก. มี Dry strength น้อยมาก ก้อนดินแห้งนั้นสามารถบีบให้แตกเป็นผงได้ง่าย แสดงว่า ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน มีดินเหนียวปนอยู่น้อยมากหรือไม่มี ส่วนใหญ่จะเป็นพวกตะกอนทราย

ข. มี Dry strength ปานกลาง ต้องออกแรงบีบจึงจะแตกเป็นผง แสดงว่ามีแรงยึดเหนียวระหว่างเม็ดดิน และความเหนียวบ้างพอสมควร มีดินเหนียวปนอยู่บ้าง

ค. มี Dry strength สูง ไม่สามารถบีบให้เป็นผงได้ทั้งหมด แสดงว่ามีความเหนียวมาก หรือมีวัสดุเชื่อมแน่นมาก นั่นคือมีดินเหนียวปนอยู่มาก

2. Dilatancy (ปฏิกิริยาต่อการเขย่า)

นำตัวอย่างดินส่วนที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 40 มาจำนวนหนึ่ง ผสมน้ำให้ทั่ว แล้วปั้นเป็นก้อนขนาด 1-3 ลบ.ซม. ใส่ในอุ้งมือ เขย่าไปมาในแนวราบ จนเห็นว่ามีน้ำออกมาเยิ้มที่ผิวดิน แล้วใช้นิ้วมือบีบก้อนดินนั้น สังเกตดูน้ำที่เยิ้มที่ผิวดินนั้นจะถูกดูดเข้าไปในก้อนดินหรือไม่ ทำเช่นนี้หลายๆ ครั้ง แล้วสังเกตดูปฏิกิริยาที่น้ำเยิ้มออกมา และถูกดูดเข้าไปว่ารวดเร็วหรือช้าอย่างไร ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Reaction

ก. มีปฏิกิริยาเร็ว แสดงว่าดินนั้นไม่ทึบ โปร่ง มีความซึมได้สูง ไม่มีความเหนียว มีดินเหนียวปนอยู่น้อยมากหรือไม่มีเลย ส่วนใหญ่จะเป็นตะกอนทราย ถ้าเป็นทรายละเอียดจะมีปฏิกิริยาเร็วมาก

ข. มีปฏิกิริยาปานกลางถึงช้า แสดงว่าดินนั้นมีความซึมได้ปานกลาง มีความเหนียวบ้าง มีดินเหนียวปนอยู่บ้างพอสมควร และมีตะกอนทรายมาก

ค. ไม่มีปฏิกิริยา แสดงว่าดินนั้นทึบ มีความซึมได้ต่ำมาก มีความเหนียวสูง มีดินเหนียวปนอยู่มาก

3. Toughness (สถานะภาพใกล้จุด P.L.)

นำตัวอย่างดินส่วนที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 40 มาจำนวนหนึ่ง ผสมน้ำและคลุกเคล้าจนเข้ากันดี (ถ้าแห้งไปก็เติมน้ำ ถ้าเปียกไปก็ปล่อยให้แห้ง) แล้วนำมาประมาณ 1 ลบ.ซม. คลึงด้วยฝ่ามือหรือคลึงบนพื้นราบจนเป็นเส้นด้ายขนาด 3.2 มม. และมีรอยร้าวเกิดขึ้น (ถ้ายังไม่มีรอยร้าว พับแล้วคลึงใหม่ น้ำจะค่อยๆ หายไปจนกระทั่งได้ตามต้องการ) ปริมาณความชื้นที่จุดนี้เรียกว่า P.L. นำดินเส้นด้ายที่ได้นี้มารวมกันเป็นก้อน แล้วกดดูจนกระทั่งแตก และเอามาคลึงใหม่ (แรงต้านทานต่อการคลึงที่จุด P.L. นี้เรียกว่า Toughness)

ก. มี Toughness สูง ยังสามารถคลึงเป็นเส้นด้ายขนาด 3.2 มม. ได้ แม้ว่าปริมาณความชื้นจะน้อยกว่า P.L. แสดงว่าดินมีความเหนียวสูง มีดินเหนียวปนอยู่มาก

ข. มี Toughness ปานกลาง คลึงเป็นเส้นด้ายได้เมื่อมีปริมาณความชื้นเท่ากับ P.L. เท่านั้น แสดงว่าดินมีความเหนียวปานกลาง มีดินเหนียวปนอยู่บ้าง

ค. มี Toughness น้อยมาก ไม่สามารถคลึงเป็นเส้นด้ายได้ที่ปริมาณความชื้นเท่ากับ P.L. ดินจะแตกร่วน และไม่สามารถนำมารวมกันเป็นก้อนได้ แสดงว่าดินมีความเหนียวน้อยมากหรือไม่มีเลย มีดินเหนียวปนอยู่น้อยมากหรือไม่มี ส่วนใหญ่เป็นตะกอนทราย

ง. ไม่มี Toughness ไม่สามารถคลึงเป็นเส้นด้ายได้ไม่ว่าในกรณีใดๆ แสดงว่าดินไม่มีความเชื่อมแน่นเลย ส่วนใหญ่เป็นตะกอนทราย

7.5 เปรียบเทียบระหว่างระบบ AASHTO และระบบ Unified

ในปี 1967 นักวิชาการชื่อ Liu ได้เปรียบเทียบชนิดของดินทั้ง 2 ระบบไว้ตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.8 เปรียบเทียบระหว่างระบบ AASHTO กับระบบ Unified

Soil group in AASHTO system	Comparable soil groups in Unified system		
	Most probable	Possible	Possible but improbable
A-1-a	GW, GP	SW, SP	GM, SM
A-1-b	SW, SP, GM, SM	GP	—
A-3	SP	—	SW, GP
A-2-4	GM, SM	GC, SC	GW, GP, SW, SP
A-2-5	GM, SM	—	GW, GP, SW, SP
A-2-6	GC, SC	GM, SM	GW, GP, SW, SP
A-2-7	GM, GC, SM, SC	—	GW, GP, SW, SP
A-4	ML, OL	CL, SM, SC	GM, GC
A-5	OH, MH, ML, OL	—	SM, GM
A-6	CL	ML, OL, SC	GC, GM, SM
A-7-5	OH, MH	ML, OL, CH	GM, SM, GC, SC
A-7-6	CH, CL	ML, OL, SC	OH, MH, GC, GM, SM

* After Liu (1967)

ตารางที่ 7.9 เปรียบเทียบระหว่างระบบ Unified กับระบบ AASHTO

Soil group in Unified system	Comparable soil groups in AASHTO system		
	Most probable	Possible	Possible but improbable
GW	A-1-a	—	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
GP	A-1-a	A-1-b	A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
GM	A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-7	A-2-6	A-4, A-5, A-6, A-7-5, A-7-6, A-1-a
GC	A-2-6, A-2-7	A-2-4	A-4, A-6, A-7-6, A-7-5
SW	A-1-b	A-1-a	A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
SP	A-3, A-1-b	A-1-a	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
SM	A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-7	A-2-6, A-4	A-5, A-6, A-7-5, A-7-6, A-1-a
SC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6, A-4, A-7-6	A-7-5
ML	A-4, A-5	A-6, A-7-5, A-7-6	—
CL	A-6, A-7-6	A-4	—
OL	A-4, A-5	A-6, A-7-5, A-7-6	—
MH	A-7-5, A-5	—	A-7-6
CH	A-7-6	A-7-5	—
OH	A-7-5, A-5	—	A-7-6
Pt	—	—	—

* After Liu (1967)

7.2 โจทย์ทบทวนเนื้อหา ความรู้ และความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน

7.2.1 จากผลการทดสอบดิน 5 ชนิด ได้ผลตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.10 แสดงผลการทดสอบดินทั้ง 5 ชนิดที่ใช้ในข้อที่ 7.2.1

Sieve size	Percent Passing				
	A	B	C	D	E
No.4	94	98	100	100	100
No.10	63	86	100	100	100
No.20	21	50	98	100	100
No.40	10	28	93	99	94
No.60	7	18	88	95	82
No.100	5	14	83	90	66
No.200	3	10	77	86	45
0.01 mm	-	-	65	42	26
0.002 mm	-	-	60	47	21
Liquid Limit	-	-	63	55	36
Plasticity Index	NP	NP	25	28	22

จากตารางข้างต้น

7.2.1.1 ให้แบ่งแยกชนิดของดินตามระบบ AASHTD พร้อมทั้งบอก Group Index (GI) ด้วย

7.2.1.2 ให้แบ่งแยกชนิดของดินตามระบบ Unified พร้อมทั้งบอก Group Symbols และ Group Name ด้วย

วิธีทำ

7.2.1.1 ระบบ AASHTO ใช้ Flow chart ในการพิจารณา

1. ดินชนิด A ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรง #200 = 3% < 35% เป็นดินเม็ดหยาบอาจเป็นดินกลุ่ม A-1, A-2, A-3
- ผ่านตะแกรง #40 = 10% < 50% เป็นดินชนิด A-1

- แต่ผ่านตะแกรง #10 = 63% > 50% เป็นดินชนิด A-1-b
- GI = 0

2. ดินชนิด B ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้
   - ผ่านตะแกรง #200 = 10% < 35% เป็นดินเม็ดหยาบอาจเป็นดินกลุ่ม A-1, A-2, A-3
   - ผ่านตะแกรง #40 = 28% < 50% เป็นดินชนิด A-1
   -แต่ผ่านตะแกรง #10 = 80% > 50% เป็นดินชนิด A-1-6
   - GI = 0
3. ดินชนิด C ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้
   - ผ่านตะแกรง #200 = 77% < 35% เป็นดินเม็ดหยาบอาจเป็นดินกลุ่ม A-4, A-5, A-6, A-7
   - พิจารณาค่า PI = 25 > 11 แสดงว่าเป็นดินเหนียวอาจเป็นดินกลุ่ม A-6, A-7
   - พิจารณาค่า LL = 63 > 41 แสดงว่าเป็นดินกลุ่ม A-7
   - พิจารณาค่า LL-30 = 33 ดังนั้น PI = 25 < 33 แสดงว่าเป็นดินกลุ่ม A-7-5
   - สามารถหาค่า GI จากสมการที่ 7.1

$$GI = (F_{200}-35)[0.2+0.005(LL-40)]+0.01(F_{200}-15)(PI-10)$$
$$= (77-35)[0.2+0.005(63-40)]+0.01(77-15)(25-10)$$
$$= 22.53 \approx 23$$

4. ดินชนิด D ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้
   - ผ่านตะแกรง #200 = 86% > 35% เป็นดินเม็ดหยาบอาจเป็นดินกลุ่ม A-4, A-5, A-6, A-7
   - พิจารณาค่า PI = 28 > 11 แสดงว่าเป็นดินเหนียวอาจเป็นดินกลุ่ม A-6, A-7
   - พิจารณาค่า LL = 55 > 41 แสดงว่าเป็นดินกลุ่ม A-7
   - พิจารณาค่า LL-30 = 25 ดังนั้น PI = 28 > 25 แสดงว่าเป็นดินกลุ่ม A-7-6
   - สามารถหาค่า GI จากสมการที่ 7.1

$$GI = (F_{200}-35)[0.2+0.005(LL-40)]+0.01(F_{200}-15)(PI-10)$$
$$= (86-35)[0.2+0.005(55-40)]+0.01(86-15)(28-10)$$
$$= 26.805 \approx 27$$

5. ดินชนิด E ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรง #200 = 45% > 35% เป็นดินเม็ดหยาบอาจเป็นดินกลุ่ม A-4, A-5, A-6, A-7
- พิจารณาค่า PI = 22 > 11 แสดงว่าเป็นดินเหนียวอาจเป็นดินกลุ่ม A-6, A-7
- พิจารณาค่า LL = 35 < 40 แสดงว่าเป็นดินกลุ่ม A-6
- สามารถหาค่า GI จากสมการที่ 7.1

$$GI = (F_{200}-35)[0.2+0.005(LL-40)]+0.01(F_{200}-15)(PI-10)$$
$$= (45-35)[0.2+0.005(36-40)]+0.01(45-15)(22-10)$$
$$= 5.4 \approx 5$$

ดังนั้นสามารถสรุปเป็นตารางดังต่อไปนี้

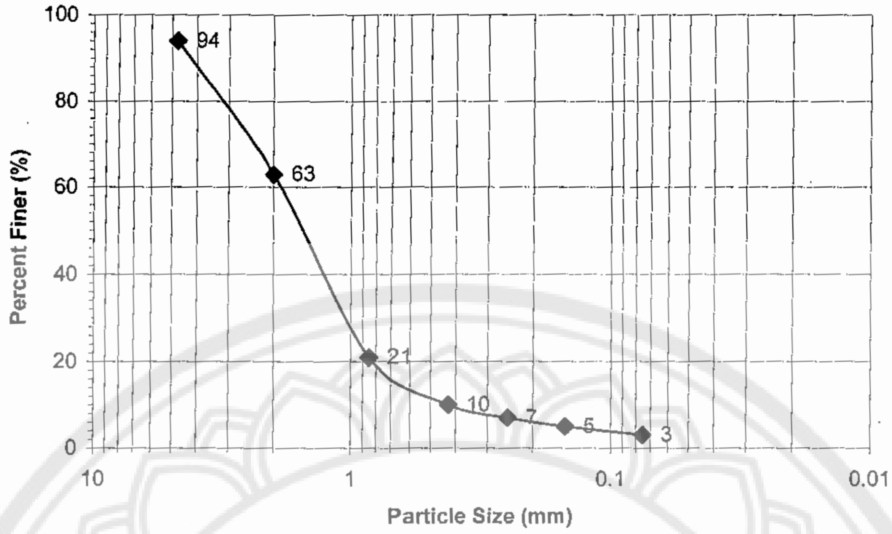
ตารางที่ 7.11 สรุปการแบ่งแยกชนิดของดินแบบ AASHTO

Soil	Classification	GI
A	A-1-6	0
B	A-1-6	0
C	A-7-5	23
D	A-7-6	27
E	A-6	5

7.2.1.2 Unified ใช้ Flow Chart ในการพิจารณา

1. ดินชนิด A ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรง #200 = 3% < 50% เป็นดินเม็ดหยาบอาจเป็นดินกลุ่ม**ของ**กรวด (G) หรือทราย (s)
- R_4/R_{200} = 0.062 < 0.5 แสดงว่าเป็นดินทราย (sand)
- ผ่านตะแกรง #200 = 3% < 5 อาจเป็นดินกลุ่ม SW, SP
- เขียนกราฟการกระจายตัวได้ดังนี้



รูปที่ 7.8 กราฟการกระจายตัวของดินชนิด A

- พิจารณาจากกราฟจะได้ D_{60} = 1.0, D_{30} = 0.93, D_{10} = 0.4

ดังนั้นจะได้ C_u= 2.5 < 6 และ C_c = 2.16 → 1 > C_c > 3

- แสดงว่าดินเป็นแบบ SP โดยที่ Group Name คือ Poorly graded sand เพราะ $\frac{R_4}{R_{200}}$ = 6.2% < 15% gavel

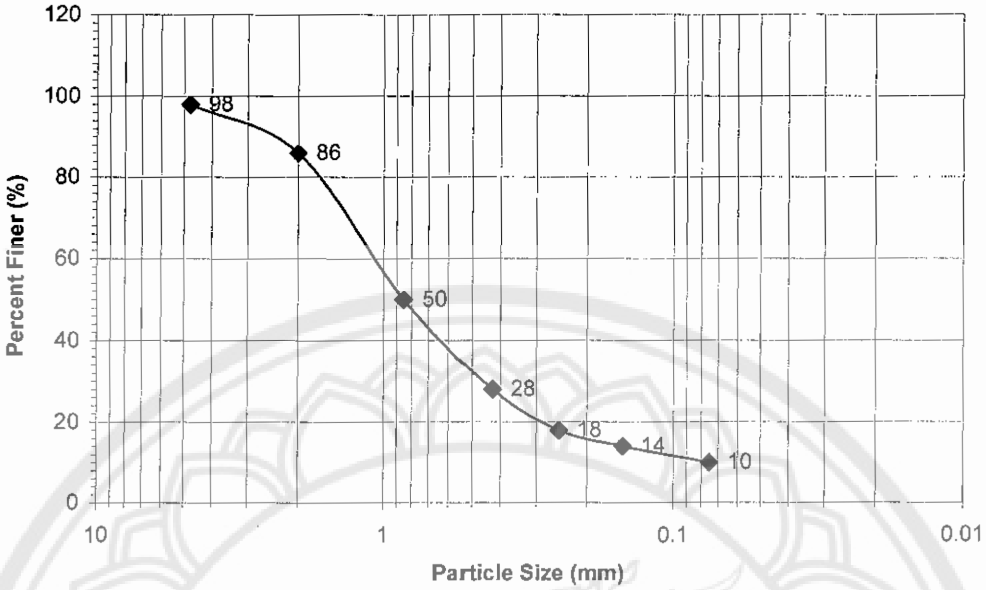
2. ดินชนิด B ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรง #200 = 10% < 50% เป็นดินเม็ดหยาบอาจเป็นดินกลุ่มของกรวด (G) หรือทราย (s)

- R_4/R_{200} = 0.022 < 0.5 แสดงว่าเป็นดินทราย (sand)

- ผ่านตะแกรง #200 = 10% < 5 F_{200} < 12 อาจเป็นกลุ่ม SW-SM, SW-SC, SP-SC, SP-SM

- เขียนกราฟการกระจายตัวได้ดังนี้



รูปที่ 7.9 กราฟการกระจายตัวของดินชนิด B

- พิจารณาจากกราฟจะได้ D_{60} = 1.9, D_{30} = 0.6, D_{10} = 0.075

  C_u= 2.5 < 6 และ C_c = 5.33 > 3 ดังนั้นไม่สามารถแยกประเภทของดินได้

- แต่ถ้าจะให้ใกล้เคียงที่สุดคือ SP-SM โดยมี Group Name คือ Poorly graded sand with Silt เพราะ $\frac{R_4}{R_{200}}$ = 2.2% < 15% Grovel

3. ดินชนิด C ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

   - ผ่านตะแกรง #200 = 77% > 50% เป็นดินเม็ดหยาบอาจเป็นดินกลุ่มของ Silt และ Clay
   - ค่า LL = 63 > 50 แสดงว่าอาจเป็นดินกลุ่ม MH, OH, CH
   - นำค่า PI และ LL ไปพล็อตลงใน Plasticity chart จะได้เป็นดินในกลุ่ม MH
   - โดยมี Group Name คือ Elastic silt with sand

4. ดินชนิด D ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

   - ผ่านตะแกรง #200 = 86% > 50% เป็นดินเม็ดหยาบอาจเป็นดินกลุ่มของ Silt และ Clay
   - ค่า LL = 55 > 50 แสดงว่าอาจเป็นดินกลุ่ม MH, OH, CH

- นำค่า PI และ LL ไปพล็อตลงใน Plasticity chart จะได้เป็นดินในกลุ่ม CH
- โดยมี Group Name คือ Fat Clay

5. ดินชนิด E ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้
- ผ่านตะแกรง #200 = 45% < 50% เป็นดินเม็ดหยาบอาจเป็นดินกลุ่ม Sand หรือ Gravel
- R_4/R_{200} = 0 < 0.5 แสดงว่าเป็นดินจำพวกดินทราย (sand)
- ผ่านตะแกรง # 200 = 45% > 12 % อาจเป็นดินชนิด SM-SC, SC
- ไปพล็อต LL และ PI ลงใน Plasticity chart จะได้เหนือเส้น A-line **และ** PI > 7 เป็นดิน SC
- โดยมี Group Name คือ Clayey sand เพราะ $\frac{R_4}{R_{200}}$ = D < 15% gravels

ดังนั้นสามารถสรุปเป็นตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.12 สรุปการแบ่งแยกชนิดของดินระบบ Unified

Soil	Classification	GI
A	SP	Poorly graded sand
B	SW-SM	Well graded sand with silt
C	MH	Elastic silfwith sand
D	CH	Fat Clay
E	SC	Clayey sand

7.2.2 ตัวอย่างดินนำมาจากที่ความลึกต่างๆ จากหลุมเจาะเดียวกัน ใช้ข้อมูลในตาราง**เพื่อ**จำแนกดินโดยใช้ระบบ Unified Soil Classification System สำหรับดินแต่ละความลึก

ตารางที่ 7.13 ผลการทดสอบของดินตัวอย่างในข้อที่ 7.2.2

ความลึก (m)	w (%)	LL. (%)	PL. (%)	(Percent Finer) No.4	No.10	No.40	No.200
2	42	46	24	88	78	46	36
8	16	21	15	97	94	88	67
12	23	46	19	100	97	87	75
20	25	N.P.	N.P.	100	92	49	3

วิธีทำ ที่ความลึก 2 m : % Finer # 200 = 36% < 50% ⟶ ดินเม็ดหยาบ

% Retain # 4 = 12% < $\frac{(100-36)}{2}$ ⟶ ดินทราย

% Fine # 200 = 36% > 12% ⟶ ทรายสกปรก

PI. = LL. – PL. = 22%

สำหรับดินเม็ดละเอียดนำค่า LL. และ PI. ไปพล็อตบน Plasticity Chart ⟶ อยู่เหนือเส้น A-line ⟶ เป็นดินเหนียว ⟶ C

∴ สรุปได้ว่าเป็นดินชนิด SC

ที่ความลึก 8 m : % Finer # 200 = 67% > 50% ⟶ ดินเม็ดละเอียด

PI. = LL. - PL. = 6%

นำค่า LL. และ PI. ไปพล็อตบน Plasticity Chart ⟶อยู่ใน hatch area ⟶ CL – ML

∴ สรุปได้ว่าเป็นดินชนิด CL – ML

ที่ความลึก 12 m : % Finer # 200 = 75% > 50% ⟶ ดินเม็ดละเอียด

PI. = LL. - PL. = 27%

นำค่า LL. และ PI. ไปพล็อตบน Plasticity Chart ⟶เป็นดินเหนียวที่มีความเหนียวต่ำ ⟶ CL

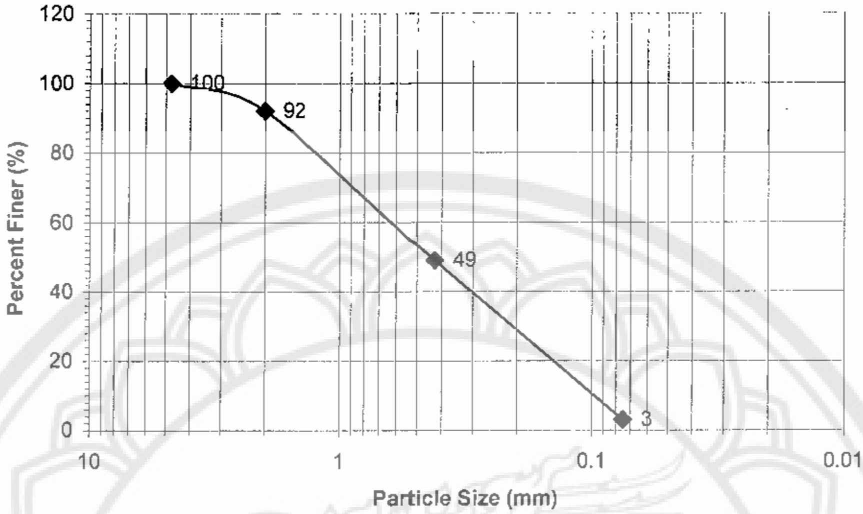
∴ สรุปได้ว่าเป็นดินชนิด CL

ที่ความลึก 20 m : % Finer # 200 = 3% < 50% ⟶ ดินเม็ดหยาบ

% Retain # 4 = 0 < $\frac{(100-36)}{2}$ ⟶ ดินทราย

% Finer # 200 = 3% < 12% ⟶ ดินทรายสะอาด

โดยสามารถเขียนกราฟการกระจายตัวของดินที่ความลึก 20 m ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 7.10 กราฟการกระจายตัวของดินที่ความลึก 20 m

จากกราฟ $D_{60} = 0.60$

$D_{30} = 0.25$

$D_{10} = 0.09$

$$\therefore C_u = \frac{0.60}{0.09} = 6.67 > 6$$

และ $C_c = \dfrac{0.25^2}{0.60 x\, 0.09} = 1.16 \rightarrow$ ระหว่าง 1 ถึง 3

∴ สรุปได้ว่าเป็นดินชนิด SW (ดินทรายที่มีขนาดคละดี)

7.2.3 จงจำแนกประเภทดิน ก และดิน ข ตามระบบ Unified Soil Classification System

ตารางที่ 7.14 ผลการทดสอบดินในข้อที่ 7.2.3

ดิน	LL.	PI.	%ผ่านตะแกรงเบอร์ 4	%ผ่านตะแกรงเบอร์200
ก	45	30	100	59
ข	55	15	100	85

<u>วิธีทำ</u>

ดิน ก. - ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 > 50% ⟶ ดินเม็ดละเอียด

- เนื่องจาก LL. = 45% < 50% ⟶ ดินที่มีความเหนียวต่ำ

- เมื่อนำ ค่า LL. และ PI. ไปพล็อตบนแผนภูมิพลาสติกซิตี้ ⟶ CL

∴ ดิน ก จึงจำแนกได้เป็นดินเหนียวที่มีพลาสติกซิตี้ต่ำ (CL)

ดิน ข. - ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 > 50% ⟶ ดินเม็ดละเอียด

- เนื่องจาก LL. > 50% ⟶ ดินที่มีความเหนียวสูง

- เมื่อนำ ค่า LL. และ PI. ไปพล็อตบนแผนภูมิพลาสติกซิตี้ ⟶ MH หรือ OH

∴ ดิน ข ถ้าเป็นดินอนินทรีย์ควรอยู่ในกลุ่ม MH

7.2.4 ตัวอย่างดินนำมาทดสอบการกระจายตัวของเม็ดดินได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.15

ตารางที่ 7.15 ผลการทดสอบดินที่ใช้ในข้อที่ 7.2.4

ขนาดตะแกรง	# 4	# 10	# 40	# 200
% ผ่าน	100	91.5	80	60

ดังนั้นจงจำแนกประเภทดินตามระบบ ASSHTO

<u>วิธีทำ</u> จากข้อมูลในตารางสามารถทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

- ค่า LL. กับ PL. สามารถระบุได้ว่าควรอยู่ในกลุ่ม A-7(A-7-5 หรือ A-7-6)
- PI. = LL. - PL. = 45 - 16 = 29% > LL. – 30 ⟶ 15% ⟶ อยู่ในกลุ่ม A-7-6
- โดยมีดัชนีกลุ่ม GI =(F - 35) [0.2 + 0.005(LL. - 40)] + 0.01(F - 15)(PL. - 10)

=(60 – 35)[0.2 + 0.005(45 - 40)] + 0.01(60 - 15)(29 - 10)

= 14.175 ≈14

∴ ตัวอย่างดินอยู่ในกลุ่ม A-7-6 (14)

7.2.5 ดิน ก และดิน ข มีคุณลักษณะที่จำแนกได้ดังแสดงในตารางที่ 7.16

ตารางที่ 7.16 ผลจากการทดลองที่ใช้ในข้อที่ 7.2.5

ดิน	LL.	PI.	กลุ่ม
ก	0	0	GW
ข	40%	40%	CL

จงบรรยายคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินทั้งสอง

ตอบ

- ดิน ก เป็นดินกรวดที่มีขนาดคละกันดี เหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุที่ระบายน้ำได้ดี และให้กำลังเฉือนสูงจึงเหมาะสำหรับเป็นวัดสุฐานราก
- ดิน ข เป็นดินเหนียวที่มีพิกัดความเหลวต่ำกว่า 50% ซึ่งหมายถึงว่าจะมีพลาสติกซิตี้ต่ำ เม็ดดินจึงอาจมีส่วนผสมของดินทรายละเอียดและดินตะกอนเป็นปริมาณมาก กำลังเฉือนของดินค่อนข้างต่ำจึงต้องออกแบบฐานรากบนดินประเภทนี้ ด้วยความระมัดระวัง

7.2.6 จงจำแนกดินในตารางที่ 7.17 ต่อไปนี้ตามระบบ AASHTO

ตารางที่ 7.17 ผลการทดสอบดินที่ใช้ในข้อที่ 7.2.6

ตะแกรงเบอร์	ดิน ก % ผ่าน	ดิน ข % ผ่าน
4	98	24
10	96	18
40	89	9
100	79	5
200	70	4
LL.	49	-
PL.	24	-

วิธีทำ สามารถทำได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ดิน ก : - % Finer # 200 = 70 > 35 → A – 4, A – 5, A – 6 หรือ A - 7

- LL. = 49% > 40% → A – 5 หรือ A - 7

- PI. = 49 – 24 = 25% → A - 7

∴ PI. = 25% > LL. – 30 = 19% → A – 7 - 6

- โดยมี GI =(F-35)[0.2 + 0.005(LL.-40)]+0.01(F-15)(PI - 10)

=(70-35)[0.2+0.005(49-40)]+0.01(70-15)(25-10)

= 16.83 ≈ 17

∴ ดิน ก จัดอยู่ในกลุ่ม A - 7 – 6 (17)

ดิน ข : % Finer # 200 = 4% < 35 → A – 1, A – 2 หรือ A - 3

% Finer # 400 = 9% < 30% }
% Finer # 10 = 18% < 50% } A – 1 - a

∴ ดิน ข จัดอยู่ในกลุ่ม A – 1 - a

7.2.7 จงจำแนกดินในตารางตามระบบ AASHTO

ตารางที่ 7.18 ผลการทดสอบของดินที่ใช้ในข้อที่ 7.2.7

ลักษณะ	ดิน				
	ก	ข	ค	ง	จ
% ผ่าน # 10	82	100	49	90	100
% ผ่าน # 40	48	91	28	75	81
% ผ่าน # 200	20	86	6	34	38
LL.	25	70	-	37	42
PI.	5	32	NP.	12	23

วิธีทำ

ดิน ก :% ผ่าน # 200 = 20% < 35 → A – 1, A – 2 หรือ A - 3

% ผ่าน # 40 = 48% < 50% }
% ผ่าน # 10 = 82% } A – 1 - b

∴ ดิน ก จัดอยู่ในกลุ่ม A – 1 - b

ดิน ข : % ผ่าน # 200 = 86% < 35 ⟶ A – 4, A – 5, A - 6 หรือ A - 7

LL. = 70
PI. = 32
LL. - 30 = 40 > PI. ⟶ A – 7 - 5
} A – 7

โดยมี GI = (86 - 35) [0.2 + 0.005(70 - 40)] + 0.01(86-15) (32-10)

= 33.47 ≈ 33

∴ ดิน ข จัดอยู่ในกลุ่ม A – 7 – 5 (33)

ดิน ค : % ผ่าน # 200 = 6 < 35% ⟶ A – 1, A – 2, A – 6 หรือ A - 3

% ผ่าน # 40 = 28 < 30
% ผ่าน # 10 = 49 < 50
PI. < 6
} A – 1 - a

∴ ดิน ค จัดอยู่ในกลุ่ม A – 1 – a

ดิน ง : % ผ่าน # 200 = 34% < 35% ⟶ A – 1, A – 2 หรือ A - 3

% ผ่าน # 40 = 75%
% ผ่าน # 10 = 90%
LL. = 37
PI. = 12
} A – 2 - 6

โดยมี GI = 0.01(34-15)(12-10) = 0.38 ≈ 0

∴ ดิน ง จัดอยู่ในกลุ่ม A – 2 - 6 (0)

ดิน จ : % ผ่าน # 200 = 38% > 35% ⟶ A – 4, A – 5, A – 6 หรือ A – 7

LL. = 42
PI. = 23
LL. – 30 = 12 < PI. ⟶ A – 7 – 6
} A – 7

โดยมี GI = (38-35)[0.2+0.005(42-40)]+0.01(38-15)(23-10)

= 3.62 ≈ 4

∴ ดิน จ จัดอยู่ในกลุ่ม A – 7 - 6 (4)

7.2.8 เมื่อนำดิน A B และ C ทดสอบโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรงและทดสอบหาพิกัด Atterberge ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 7.19

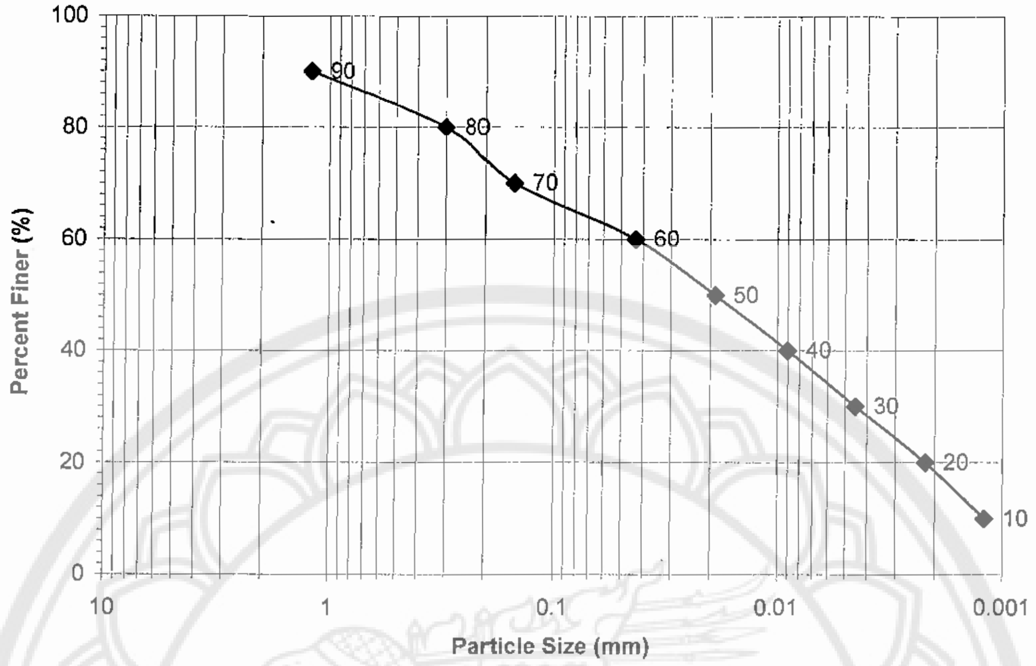
ตารางที่ 7.19 ผลการทดสอบดนที่ใช้ในข้อที่ 7.2.8

% Passing	ขนาดของเม็ดดิน (mm)		
	ดิน A	ดิน B	ดิน C
90	1.20	0.075	0.0017
80	0.30	0.068	0.0011
70	0.015	0.062	0.00072
60	0.043	0.056	0.00050
50	0.019	0.050	0.00036
40	0.009	0.045	0.00030
30	0.0045	0.040	0.00023
20	0.0022	0.029	0.00016
10	0.0012	0.020	0.00011
L.L	31	52	22
P.L.	27.1	35	-

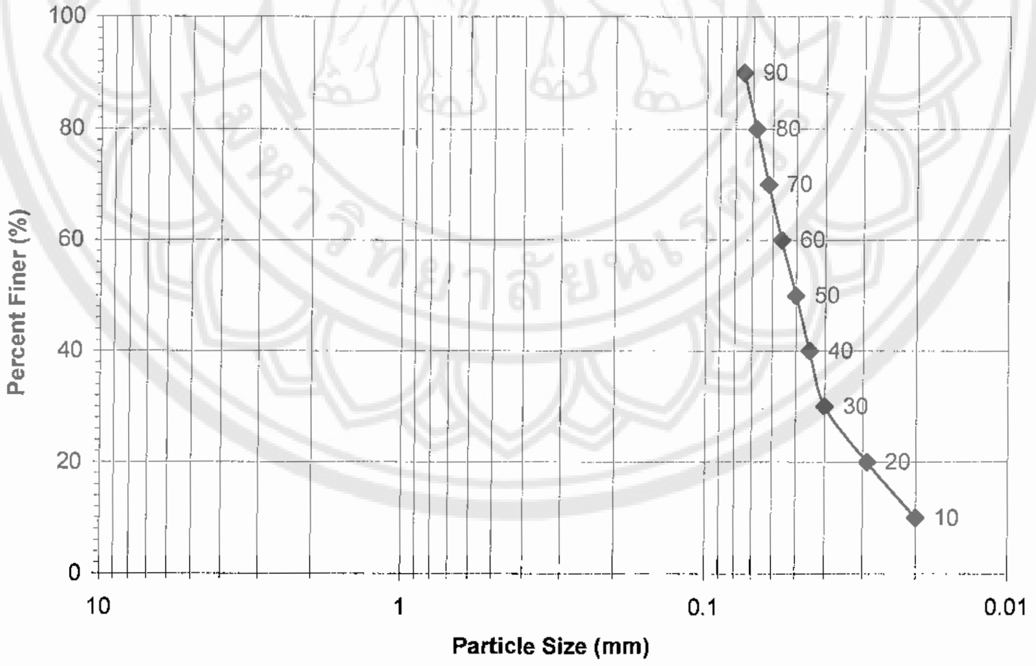
7.2.8.1 กราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน และหาค่า P.I. ของดินด A, B และ C

7.2.8.2 จงหาร้อยละของหิน ทราย ตะกอนทราย และดินเหนียวในดินแต่ละประเภท

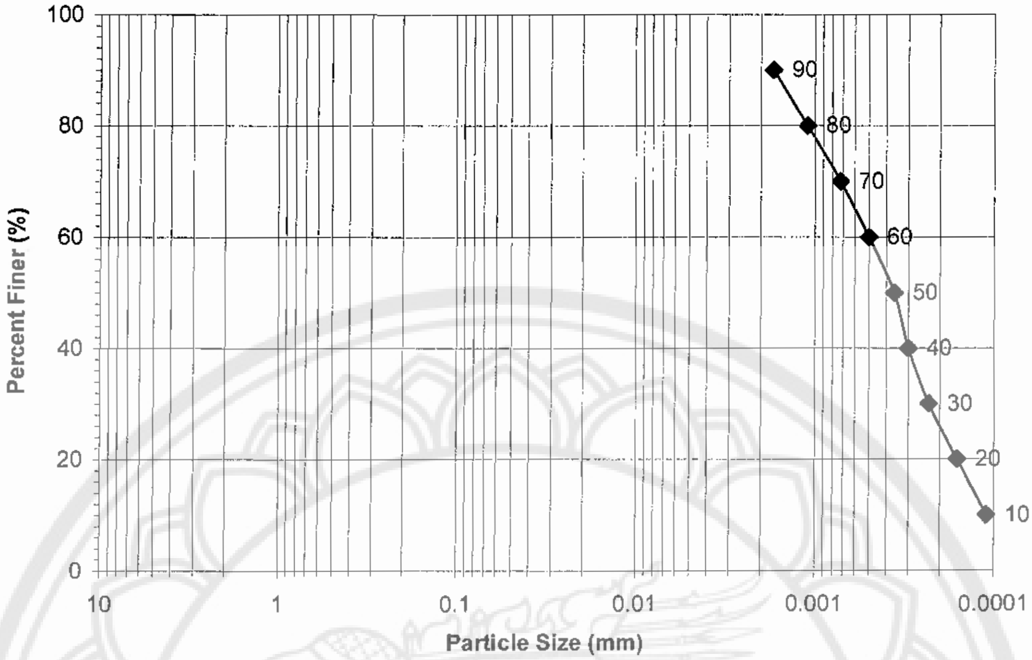
วิธีทำ 7.2.8.1 จากโจทย์เราจะสามารถเขียนกราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน ได้ตามรูปที่ 7.11, รูปที่ 7.12, รูปที่ 7.13 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 7.11 กราฟการกระจายตัวของดินชนิด A



รูปที่ 7.12 กราฟการกระจายตัวของดินชนิด B



รูปที่ 7.13 กราฟการกระจายตัวของดินชนิด C

สำหรับการหาค่า P.I. ทำได้สมการ P.I. = L.L. – P.L. ดังนั้น

- ดิน A จะมีค่า P.I. = 31-27.1 = 3.9%
- ดิน B จะมีค่า P.I. = 22-0 = 22%
- ดิน C จะมีค่า P.I. = 52-35 = 27%

7.2.8.2 จากกราฟการกระจายตัวของดินสามารถหาร้อยละของหิน ทราย ตะกอนทราย และดินเหนียวได้เช่น ดิน A จะได้ดินเหนียว = 18.5% ตะกอนทราย = 66.5 – 18.5 = 48% และทราย = 100 – 66.5 = 33.5%

7.3 โจทย์ทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้ความรู้ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในการทำงาน

7.3.1 งานก่อสร้างลานจอดรถ รอบตัวอาคาร Mae Nan Riverside Grand Hotel ระบุให้ใช้ดิน SP นายช่างจาตุรันต์ วิศวกรโยธาของบริษัทรับเหมา เสนอผลการทดสอบตัวอย่างจาก 4 แหล่งดิน (ดังแสดงในตารางที่ 7.20 ด้านล่าง) เพื่อให้นายช่างจิรายุทธ พิจารณาอนุมัติให้ใช้ดินในงานก่อสร้าง

ตารางที่ 7.20 ผลการทดสอบตัวอย่างที่ได้จากดิน

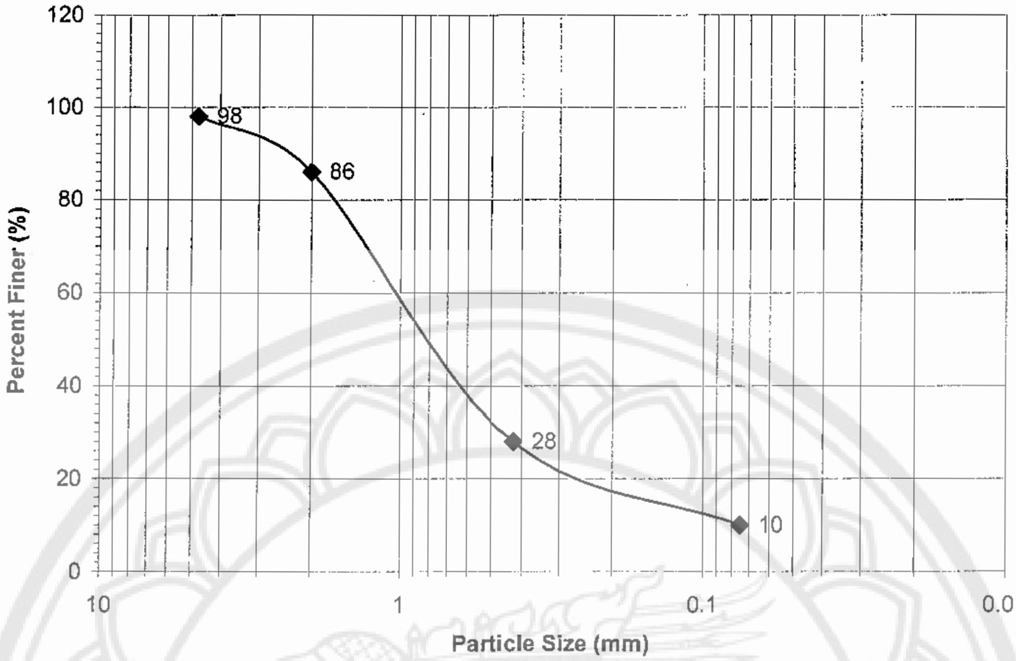
แหล่งดิน	% finer				Atterberg's Limits		
	No.4	No.10	No.40	No.200	LL	PL	SL
ลานกระบือ	98	86	28	10	NP	NP	NP
บ้านคลอง	100	100	99	86	63	38	28
บางระกำ	91	87	84	80	60	28	19
ท่าทอง	82	67	54	41	24	22	17

ในฐานะนายช่างจิรายุทธ ท่านจะพิจารณาอนุมัติให้ใช้ดิน จากแหล่งใด? เพราะเหตุใด?

วิธีทำ 1. แหล่งดินลานกระบือ

ใช้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรง # 200 = 10% < 50% เป็นดินเม็ดหยาบซึ่งอาจเป็น Gravel หรือ Sand
- R_4/R_{200} = 0.022 < 0.5 แสดงว่าเป็นดินพวก Sand
- ผ่านตะแกรง # 200 = 10% คืออยู่ใน 5 < R_{200} < 12 อาจเป็นดินกลุ่ม SW-SM, SW-SC, SP-SC, SP-SM
- เขียนกราฟการกระจายตัวได้ดังนี้



รูปที่ 7.14 แสดงกราฟการกระจายตัวของดินแหล่งลานกระบือ

- จากกราฟจะได้ D_{60} = 0.91, D_{30} = 0.45, D_{10} = 0.075
- ดังนั้นจะได้ C_u = 12.13 > 6 C_z = 2.96 จัดอยู่ในช่วง 1 < C_z < 3 ดังนั้นดินอาจอยู่ในพวก SW-SM

2. แหล่งดินบ้านคลอง

ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรง # 200 = 86% > 75% เป็นดินเม็ดละเอียดอาจเป็น Silt และ Clay
- ดังนั้นไม่สามารถเป็นดิน SP ได้

3. แหล่งดินบางระกำ

ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรง # 200 = 80% > 70% เป็นดินเม็ดละเอียดอาจเป็น Silt และ Clay
- ดังนั้นไม่สามารถเป็นดิน SP ได้

4. แหล่งดินท่าทอง

ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรง # 200 = 41% < 50%
- R_4/R_{200} = 0.31 < 0.5 แสดงว่าเป็นดินพวก Sand

- ผ่านตะแกรง # 200 = 41% > 12% อาจเป็นดินกลุ่ม SM, SC, SM-SC ซึ่งไม่สามารถเป็นดินชนิด SP ได้

∴ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าไม่มีแหล่งดินชนิดไหนใช้ได้เลย จึงต้องพิจารณาแหล่งดินชนิดอื่นต่อไป

7.3.2 กรุณาให้คำแนะนำต่อ Technician ในห้องปฏิบัติการในการสรุปหา Group Symbol เนื่องจากต้นฉบับงานพิมพ์มีความผิดพลาด

ตารางที่ 7.21 ผลการทดสอบดินในข้อที่ 7.3.2

Group Symbol	% Passing				LL	PI
	# 4	# 10	# 40	# 100		
CL or CH	85	75	70	64	70	28
CL or CH	70	65	60	55	49	18

<u>วิธีทำ</u> 1. ดินชนิดที่ 1 ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- พิจารณาค่า LL = 70 > 50 ดังนั้นเป็นดินในกลุ่ม H
- พล็อตค่า LL และ PL ลงใน Plasticity chart จะได้จุดอยู่ที่เหนือเส้น A-Line แสดงว่าดินชนิดนี้อยู่ในกลุ่ม CH

2. ดินชนิดที่ 2 ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- พิจารณาค่า LL = 49 > 50 ดังนั้นเป็นดินในกลุ่ม L
- พล็อตค่า LL และ PL ลงใน Plasticity chart จะได้จุดอยู่ที่เหนือเส้น A-Line แสดงว่าดินชนิดนี้อยู่ในกลุ่ม CL

7.3.3 ในงานออกแบบโครงการก่อสร้างเขื่อนดินแบบ zone dam เพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้ในการผลิตน้ำประปาสำหรับอาคารผู้โดยสารแห่งใหม่ของท่าอากาศยานพิษณุโลก ผู้ออกแบบได้กำหนดผ่าน group symbol ว่าให้ใช้ดิน CL, SW-SC, และ GW-GC บดอัดแกนเขื่อน (core), inner shell, และ outer shell ตามลำดับ

ในฐานะนายช่างหรือวิศวกรโยธา และรับผิดชอบงานทดสอบวัสดุดังกล่าว ได้โปรดกรุณาให้ข้อแนะนำว่า ควรจะใช้ดินจากแหล่งใด สำหรับการก่อสร้าง core, inner shell, และ outer shell พร้อมให้เหตุผลประกอบ

ตารางที่ 7.22 ผลการทดสอบดินที่มช้ในข้อที่ 7.3.3

แหล่งดิน	% Finer of sieve				C_u	C_c	LL	PL	G_s
	#4	#10	#40	#200					
บางกระทุ่ม	70			9	6.5	2.7	29	11	2.69
บางระกำ	60	30	10	8			24	10	2.67
ไผ่แดง	85	60	30	10			33	14	2.64
สมอแคลง	41	30	10	7			27	12	2.68

<u>วิธีทำ</u>

1. แหล่งดินบางกระทุ่ม ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้
   - ผ่านตะแกรง #200 = 9% < 50% เป็นดินเม็ดหยาบซึ่งอาจเป็น Grovel หรือ Sand
   - R_4/R_{200} = 0.33 < 0.5 แสดงว่าเป็นดินพวก Sand
   - ผ่านตะแกรง # 200 = 9% แสดงว่าดินอยู่ในกลุ่ม SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC
   - จากตาราง PI = LL - PL = 18 ซึ่งมากกว่า 7

   และ C_u = 6.5 ซึ่งมากกว่า 6.0 และ C_c = 2.7 อยู่ในช่วง $1 \leq C_c \leq 3$

   ∴ สรุปได้คือแหล่งดินอยู่ในกลุ่ม SW-SC

2. แหล่งดินบางระกำ ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้
   - ผ่านตะแกรง #200 = 8% < 50% เป็นดินเม็ดหยาบซึ่งอาจเป็น Grovel หรือ Sand
   - R_4/R_{200} = 0.434 < 0.5 แสดงว่าเป็นดินพวก Sand
   - ผ่านตะแกรง #200=8% แสดงว่าดินอยู่ในกลุ่ม SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC
   - จากตาราง PI = LL - PL = 14 ซึ่งมากกว่า 7

   และ $C_u = \dfrac{D_{60}}{D_{10}} = \dfrac{4.75}{0.425} = 11.18 > 6.0$

   และ $C_c = \dfrac{D_{30}^{\,2}}{D_{60}D_{10}} = \dfrac{2^2}{(4.75)(0.425)} = 1.98$ อยู่ในช่วง $1 < C_c < 3$

∴ สรุปได้คือแหล่งดินอยู่ในกลุ่ม SW-SC

3. แหล่งดินไผ่แดง ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรง #200 = 10% < 50% เป็นดินเม็ดหยาบซึ่งอาจเป็น Grovel หรือ Sand
- R_4/R_{200} = 0.167 < 0.5 แสดงว่าเป็นดินพวก Sand
- ผ่านตะแกรง # 200 = 10% แสดงว่าดินอยู่ในกลุ่ม SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC
- จากตาราง PI = LL - PL = 19 ซึ่งมากกว่า 7

และ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{2}{0.75}$ =26.67 > 6

และ $C_c = \frac{{D_{30}}^2}{D_{60}D_{10}} = \frac{(0.425)^2}{(2)(0.075)}$ 1.20 อยู่ในช่วง $1 < C_c < 3$

∴ สรุปได้คือแหล่งดินอยู่ในกลุ่ม SW-SC

4. แหล่งดินสมอแคลง ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรง #200 = 7% < 50% เป็นดินเม็ดหยาบซึ่งอาจเป็น Grovel หรือ Sand
- R_4/R_{200} = 0.63 < 0.5 แสดงว่าดินอยู่ในกลุ่ม Gravel
- ผ่านตะแกรง # 200= 7% แสดงว่าดินอยู่ในกลุ่ม GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC
- จากตาราง PI = LL - PL = 15 ซึ่งมากกว่า 7

และ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ = 11.18 > 4

และ $C_c = \frac{D^2{}_{30}}{D_{60}D_{10}}$ = 1.98 อยู่ในช่วง $1 < C_c < 3$

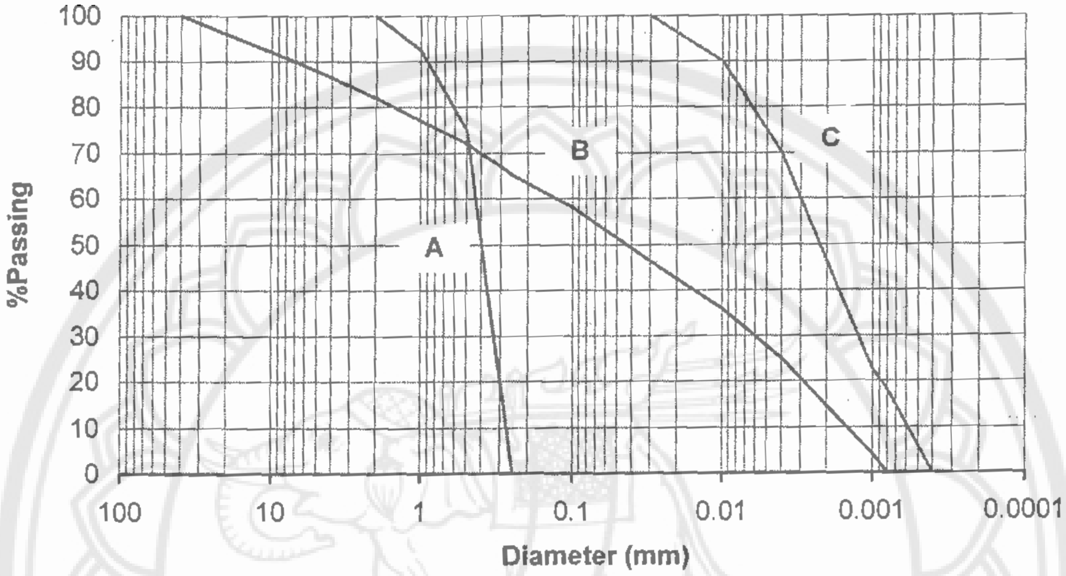
∴ สรุปได้คือแหล่งดินอยู่ในกลุ่ม GW-GC

ดังนั้นสามารถสรุปดังนี้

- การก่อสร้าง core นั้นไม่มีแหล่ดินที่ไหนเลยที่นำมาสร้างได้เพราะไม่มีดินชนิด CL
- การก่อสร้าง inner shell นั้นใช้แหล่งดินบางกระทุ่ม, บางระกำ, ไผ่แดง, มาสร้างได้เพราะคือดิน SW-SC
- การก่อสร้าง outer shell น้ำใช้แหล่งดินสมอแคลง ในการก่อสร้างเพราะคือดิน GW-GC

7.3.4 จากกราฟการกระจายตัวของดิน, ค่าพิกัดความเหลวและค่าพิกัดพลาสติกที่ได้จากการทดสอบดินในห้องปฏิบัติการทดสอบดินดังแสดงในรูปที่ 7.15

จงจำแนกประเภทดินทั้ง 3 ชนิดด้วย 7.3.4.1 ระบบ AASHTO และ 7.3.4.2 ระบบ Unified



รูปที่ 7.15 กราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน

ดิน	LL	P.L.	P.I.
A	NA	NA	-
B	36	22	14
C	42	26	16

<u>**วิธีทำ**</u> 7.3.4.1 ระบบ AASHTO

(1) ดิน A ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรง #200 = 0% ซึ่งน้อยกว่า 35% เป็นดินพวกเม็ดหยาบ
- ทดสอบ L.L. และ P.I. พบว่า P.I. = 0 เป็นกลุ่ม A-3
- คำนวณดัชนีของกลุ่ม (Group Index)

GI = 0.2(0) + 0.005(0)(0) + 0.01(0) = 0.0

∴ ดังนั้นดิน A เป็นกลุ่ม A-3(0)

(2) ดิน B ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรง #200 = 57% ซึ่งมากกว่า 35% เป็นดินกลุ่ม A-4, A-5 A-6 หรือ A-7
- ทดสอบ L.L. และ P.I. พบว่า P.I. = 22 มากกว่า 11 อาจเป็นกลุ่ม A-6 หรือ A-7
- คำนวณดัชนีของกลุ่ม (Group Index)
- L.L. = 36% น้อยกว่า 40 นั่นคือ ดิน B เป็นกลุ่ม A-6
- คำนวณดัชนีของกลุ่ม (Group Index)

GI = 6

∴ ดังนั้นดิน B เป็นกลุ่ม A-6(6)

(3) ดิน C ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรง #200 = 100% ซึ่งมากกว่า 35% เป็นดินกลุ่ม A-4, A-5 A-6 หรือ A-7
- ทดสอบ L.L. และ P.I. พบว่า P.I. = 16 มากกว่า 11 อาจเป็นกลุ่ม A-6 หรือ A-7
- L.L. = 42% มากกว่า 41 นั่นคือ ดิน C เป็นกลุ่ม A-7
- ค่า P.L. น้อยกว่า 30 เป็น A-7-6
- คำนวณดัชนีของกลุ่ม (Group Index)

$$
\begin{aligned}
GI &= (F-35)[0.2+0.005(L.L.-40)]+0.01(F-15)(P.I.-10) \\
&= (100-35)[0.2+0.005(42-40)]+0.01(100-15)(16-10) \\
&= 40(0.2+0.010)+0.01(40)(6) \\
&= 8.4+2.4 = 10.8 \approx 11
\end{aligned}
$$

∴ ดังนั้นดิน C เป็นกลุ่ม A-7-6(11)

7.3.4.2 ระบบ Unified

(1) ดิน A ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- จากกราฟรูปที่ 7.15 เป็นแบบ unified ได้ค่า D_{60} = 0.38 mm และ D_{10} = 0.28 mm

ดังนั้นค่า $C_u = \dfrac{D_{60}}{D_{10}} = \dfrac{0.38}{0.28} = 1.36$

(C_u น้อยกว่า 6 ถือว่าดินมีขนาดคละไม่ดี)

- จากกราฟรูปที่ 7.15 พบว่า น้อยกว่า 50% ที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 200 ดังนั้นถือว่าเป็นดินเม็ดหยาบ (กรวดหรือทราย)
- มากกว่า 50% ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และน้อยกว่า 12% ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ถือว่าเป็นทราย (s)
- C_u เท่ากับ 1.36 ซึ่งน้อยกว่า 6 ถือว่าดินมีขนาดคละไม่ดี (P)

∴ ดังนั้นดิน A เป็นกลุ่ม SP

(2) ดิน B ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- จากกราฟรูปที่ 7.15 พบว่า มากกว่า 50% ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ดังนั้นถือว่าเป็นดินเม็ดละเอียด (ตะกอนทรายหรือดินเหนียว)
- หากสามารถทดสอบหาค่า L.L. และค่า P.I. ถือว่าเป็นดินเหนียว (C)
- ให้พิจารณาจากค่า L.L. และค่า P.I. ซึ่งค่า L.L. = 36 และค่า P.I. = 14 นำไปเทียบกับแผนภูมิความเหนียวซึ่งจะได้จุดอยู่เหนือเส้น A-line

∴ ดังนั้นดิน B เป็นกลุ่ม SC

(3) ดิน C ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- จากกราฟรูปที่ 2.16 พบว่า ค้างบนตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 100% จะเห็นว่า มากกว่า 50% ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ดันนั้น เป็นดินเม็ดละเอียด (ตะกอนทรายหรือดินเหนียว)
- หากสามารถทดสอบหาค่า L.L. และ ค่า P.I. ถือว่าเป็นดินเหนียว (C)
- ให้พิจารณาจากค่า L.L. และ ค่า P.I. ซึ่งค่า L.L. = 42 และ P.I. = 16 นำไปเทียบกับแผนภูมิความเหนียวซึ่งจะได้จุดอยู่เหนือเส้น A-line

∴ ดังนั้นดิน C เป็นกลุ่ม CL

7.3.5 จากข้อมูลที่ให้ตามตารางที่ 7.23 มาจงจำแนกประเภทดินด้วย 7.3.5.1 ระบบ AASSHTO และ 7.3.5.2 ระบบ Unified

ตารางที่ 7.23 ผลการทดสอบตัวอย่างดินที่ใช้ในข้อที่ 7.3.5

ขนาดของตะแกรง	ร้อยละที่ผ่าน		
มาตรฐาน	ดิน A	ดิน B	ดิน C
No.4	42	72	95
10	33	55	90
40	20	48	83
100	18	42	71
200	14	38	55
L.L.	35	39	55
P.I.	22	27	24
ลักษณะทั่วไป	สีน้ำตาลเข้มมีกรวดปนมาก	สีน้ำลอมเทา มีกลิ่น	สีเทาอมน้ำเงินมีกรวดปน

วิธีทำ

7.3.5.1 ระบบ AASSHTO

(1) ดิน A ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 = 14% ซึ่งน้อยกว่า 35% อาจเป็นดินกลุ่ม A-1, A-2 หรือ A-3
- คำนวณค่า P.I. = 13 มากกว่า 11 เป็นดินกลุ่ม A-2-6 หรือ A-2-7
- L.L. = 35% น้อยกว่า 40% นั่นคือ ดิน A เป็นกลุ่ม A-2-6
- คำนวณดัชนีของกลุ่ม (Group Index)

$$GI = 0.2\ (0)+0.005(0)(0)+0.01(3) = 0.0$$

∴ ดังนั้นดิน A เป็นกลุ่ม A-2-6(0)

(2) ดิน B ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 = 38% ซึ่งมากกว่า 35% อาจเป็นดินกลุ่ม A-4, A-5, A-6 หรือ A-7
- คำนวณค่า P.I. = 12 มากกว่า 11 เป็นดินกลุ่ม A-6 หรือ A-7
- L.L. = 39% น้อยกว่า 40% นั่นคือ ดิน B เป็นกลุ่ม A-6
- คำนวณดัชนีของกลุ่ม หรือค่า GI = 0.9 หรือประมาณ 1.0

∴ ดังนั้นดิน B เป็นกลุ่ม A-6(1)

(3) ดิน C ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 = 55% ซึ่งมากกว่า 35% อาจเป็นดินกลุ่ม A-4, A-5, A-6 หรือ A-7
- คำนวณค่า P.I. = 31 มากกว่า 11 เป็นดินกลุ่ม A-6 หรือ A-7
- L.L. = 55% มากกว่า 41% นั่นคือ ดิน C เป็นกลุ่ม A-6
- P.I. มากกว่า L.L.-30 นั่นคือดิน C เป็นกลุ่ม A-7-6
- คำนวณดัชนีของกลุ่ม หรือค่า GI = 13.8 หรือประมาณ 14

∴ ดังนั้นดิน C เป็นกลุ่ม A-7-6(14)

7.3.5.2 ระบบ Unified

(1) ดิน A ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 < 50% เป็นพวกกรวด (G)
- L.L. = 35% จะได้ P.I. = 13 เทียบจาก A-line พบว่าเป็นดินเหนียว (CL)

∴ ดังนั้นดิน A เป็นกลุ่ม GC

(2) ดิน B ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 < 50% นั่นคือเป็นดินเม็ดหยาบพวกกรวดหรือทราย
- หาร้อยละที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และร้อยละที่ค้างตะแกรงเบอร์ 200 ได้ดังนี้

72-38 = 34% ทราย

100-72 = 28 กรวด

ส่วนที่เป็นเม็ดหยาบมากกว่าครึ่งเป็นทราย

- ผ่านตะแกรงเบอร์ 12 มากกว่า 12% และจาก L.L. = 39 และ P.I. = 12 พบว่าดินอยู่ใต้เส้น A-line

∴ ดังนั้นดิน B เป็นกลุ่ม SM

(3) ดิน C ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 = 55% เป็นดินเม็ดละเอียด
- L.L. = 55% และ P.I. = 31 ดินนี้อยู่เหนือเส้น A-line และอยู่เหนือเส้น LL. > 50

∴ ดังนั้นดิน C เป็นกลุ่ม CH

7.3.6 เมื่อนำดิน A B C และ D มาทดสอบโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรงและตกตะกอน และหาพิกัดอัตเทอร์เบิร์ก ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 7.24 สำหรับดิน C เป็น N.P. (non-plastic) และดิน D มีค่า L.L. = 42 และ P.I. = 24

จงจำแนกประเภทของดินแต่ละชนิดด้วยระบบ Unified

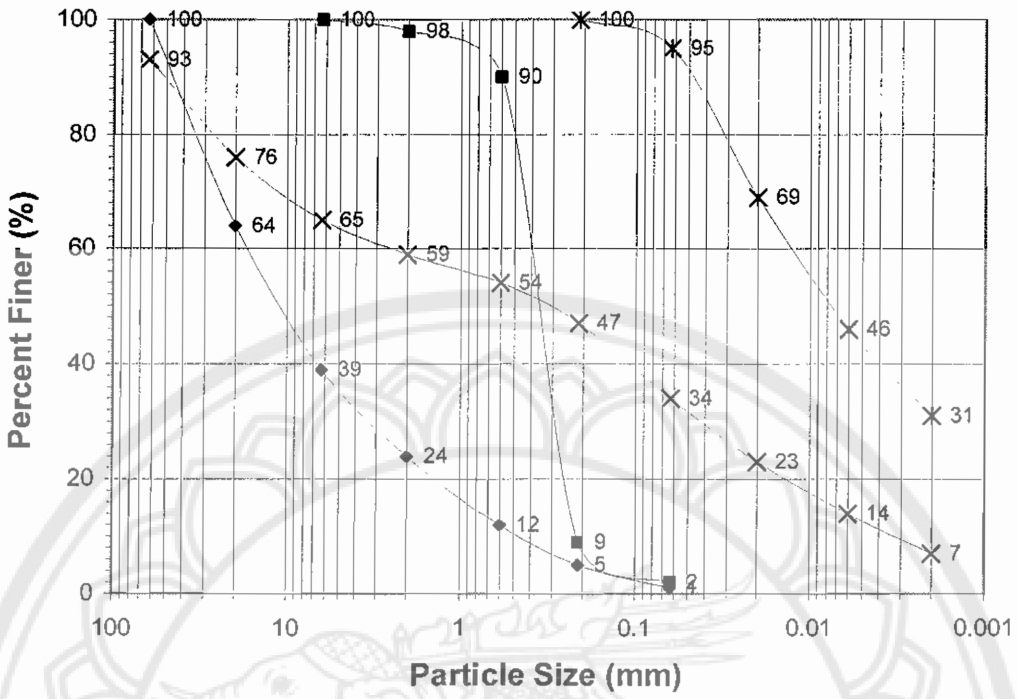
ตารางที่ 7.24 ผลการทดสอบการร่อนผ่านตะแกรงและตกตะกอน

ดิน	A	B	C	D
ขนาดของรูตะแกรง (mm)	% finer			
63	100		93	
20	64		76	
6.3	39	100	65	
2	24	98	59	
0.6	12	90	54	
0.212	5	9	47	100
0.063	1	2	34	95
0.020*			23	69
0.006*			14	46
0.002*			7	31

* หาจากการทดสอบการตกตะกอนโดยไฮโดรมิเตอร์

<u>**วิธีทำ**</u> สามารถเขียนกราฟการกระจายตัวได้ดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 7.16 กราฟการกระจายตัวของเม็ดดินของดินชนิดต่างๆ ในตารางที่ 7.24

จากกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินสำหรับดิน A, B และ C ดังรูปที่ 7.16 สามารถหาค่า D_{10}, D_{30} และ D_{60} ได้ดังแสดงในตารางที่ 7.25

ตารางที่ 7.25 ค่า D_{10}, D_{30} และ D_{60} และค่า C_u, C_c

ดิน	D_{10}	D_{30}	D_{60}	C_u	C_c
A	0.47	2.3	16	34	1.6
B	0.23	0.3	0.41	1.8	0.95
C	0.003	0.042	2.4	800	0.25

(1) ดิน A ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ปริมาณดินมากกว่า 50% ค้างตะแกรงเบอร์ 4(ขนาด 4.75 mm) ดูจากกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินพบว่าผ่านมากกว่า 30% และผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (ขนาด 0.075 mm) น้อยกว่า 5% จึงถือเป็นกรวด (Gravel)
- ค่า C_u มากกว่า 4 และ C_c เท่ากับ 1.6 ซึ่งอยู่ประมาณ 1-3 ถือว่าดินมีขนาดคละกันดี

∴ ดังนั้นดิน A เป็นกลุ่ม GW

(2) ดิน B ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- มากกว่า 50% ค้างตะแกรงเบอร์ 4(ขนาด 4.75 mm) คือประมาณ 96% และผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 5% จึงถือเป็นทราย
- ค่า C_u ประมาณ 1.8 ซึ่งน้อยกว่า 6 และ C_c เท่ากับ 0.95 ซึ่งไม่อยู่ประมาณ 1-3 ถือว่าดินมีขนาดคละกันไม่ดี

∴ ดังนั้นดิน B เป็นกลุ่ม SP

(3) ดิน C ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ดูจากกราฟพบว่า เม็ดดินเม็ดหยาบ 64% เมื่อพิจารณารายละเอียดจะพบว่าเป็นกรวด 40% และทราย 24% ดังนั้นจะได้ว่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของดินเม็ดหยาบเป็นกรวด
- ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 12% และดินเป็น N.P. (non-plastic) ทำให้ค่า C_u มาก และ C_c ไม่อยู่ระหว่าง 1-3 และแสดงว่าไม่มีดินเหนียวปนอยู่ ดังนั้นเหลือแค่ตะกอนทรายปนอยู่เท่านั้น

∴ ดังนั้นดิน C เป็นกลุ่ม GM

(4) ดิน D ให้พิจารณาตามขั้นตอนดังนี้

- ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 95% ถือว่าเป็นดินเม็ดละเอียด
- ทดสอบค่า L.L. = 42 ซึ่งน้อยกว่า 50 แล้วนำไปเขียนบนแผนภูมิความเหนียว เห็นว่าค่า L.L. = 42 ก และค่า P.I. = L.L. – P.L. เท่ากับ 18 ดังนั้นจุดอยู่เหนือ A-line

∴ ดังนั้นดิน D เป็นกลุ่ม CL

7.4 โจทย์ทดสอบความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในงานจริง

7.4.1 **เพื่อช่วยแก้ปัญหาการจัดการขยะจากชุมชนในเทศบาลเมืองพิจิตร อย่างยั่งยืน นั่นคือ ดำเนินงานอย่างไม่เป็นภัยคุกคามต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม (environmentally friendly) และคุณภาพชีวิตของประชาชน**

เทศบาลเมืองพิจิตร กำลังจัดเตรียมโครงการจัดหาที่ตั้ง (site) สำหรับก่อสร้างและดำเนินงานหลุมฝังกลบขยะอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (sanitary landfill) ซึ่งการออกแบบขั้นต้น (preliminary design) พบว่ารูปตัดของหลุมฝังกลบขยะ (landfill) ควรเป็นไปตามที่แสดงในรูปที่ 7.17 ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญ และชนิดของดิน (ตามระบบ USCS) ที่ต้องการใช้ สรุปได้ตามตารางที่ 7.26

ผลการสำรวจแหล่งในบริเวณข้างเคียง จำนวน 7 แหล่ง พบว่าข้อมูลดิน แสดงได้ดังตารางที่ 7.27 ในฐานะวิศวกรของโครงการ ให้ท่านช่วย

7.4.1.1 จำแนกดินจากแหล่งสำรวจ ทั้ง 7 แหล่ง ตามระบบ USCS (20 คะแนน) และเลือกว่าควรใช้ดินจากแหล่งใดทำการก่อสร้าง

7.4.1.2 compacted clay liner หรือ ชั้น “A” ในรูปที่ 7.17

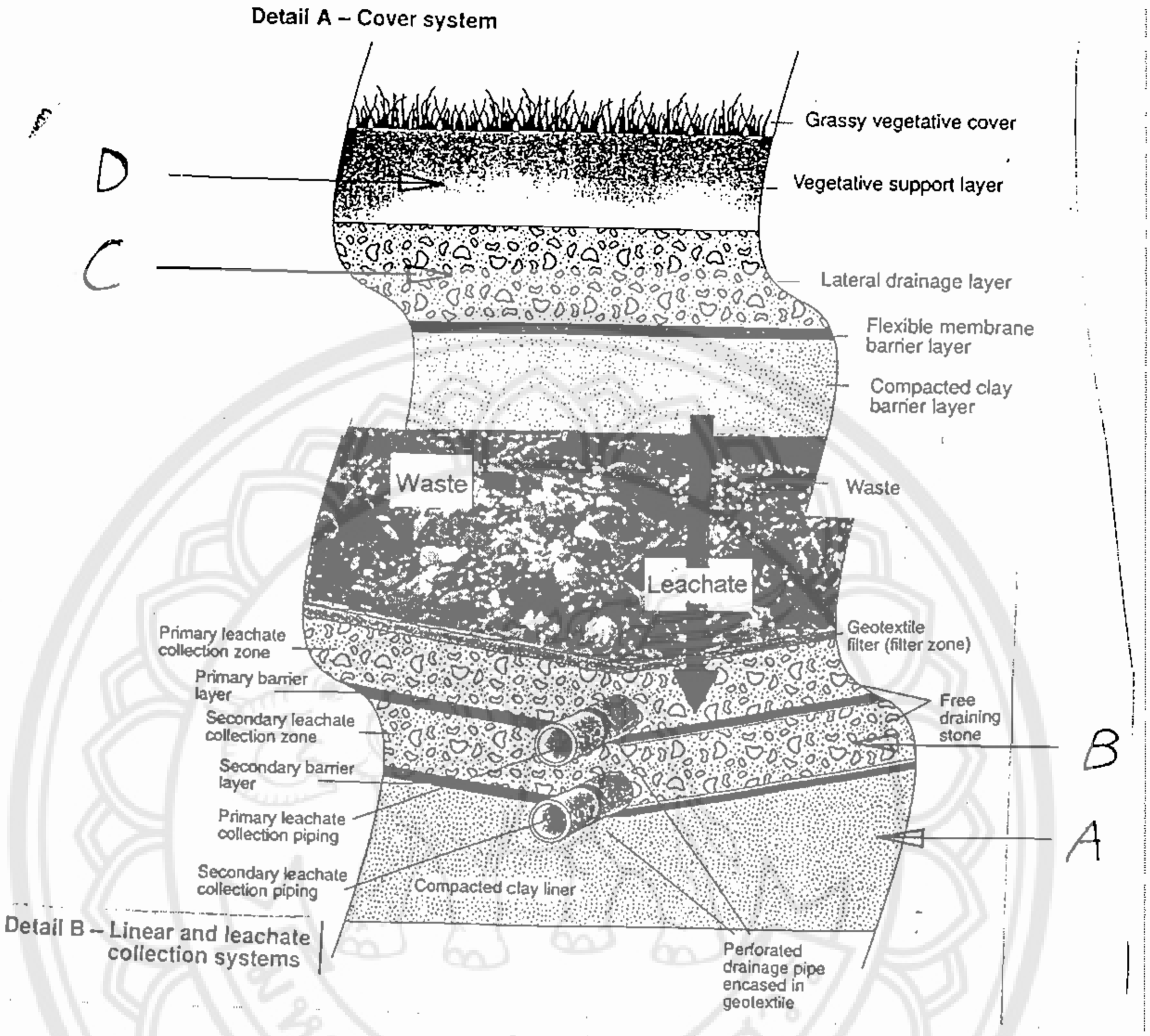
7.4.1.3 free drainage stone for leachate collection system หรือ ชั้น “B” ในรูปที่ 7.17

7.4.1.4 lateral drainage layer หรือ ชั้น “C” ในรูปที่ 7.17

7.4.1.5 vegetative support layer หรือ ชั้น “D” ในรูปที่ 7.17

ตารางที่ 7.26 องค์ประกอบที่สำคัญของ sanitary landfill และชนิดของดินที่ต้องการใช้

องค์ประกอบ	ชนิดของดินที่ต้องการใช้
1. compacted clay liner	CL; γ_T>1.9 T/m^3,% fine $\geq$ 50%
2. free drainage stone for leachate collection system	GW, % fine $\leq$ 50%
3. lateral drainage layer	SC, % fine $\leq$ 30%
4. vegetative support layer	SW-SM; % fine $\leq$ 30%



รูปที่ 7.17 รูปชั้นดินที่ใช้ในข้อที่ 7.4.1

ตารางที่ 7.27 ผลการสำรวจแหล่งดินบริเวณใกล้เคียง 7 แหล่ง

No.	แหล่งดิน	GRADATION % PASSNIN SIEVE NO.						NATURAL WATER CONTENT	ATTERBERG LIMITS AND INDICE (%)			γ_T
		4	10	40	60	100	200	$\% \omega_N$	LL	PL	LI	(T/m^3)
1	บัว	100	98	97	94	70	56	19	28	16	0.25	1.93
2	ภูคา	93	60	30	24	16	10	13	25	27	-7	1.87
3	ทุ่งช้าง	100	100	95	85	62	50	20	26	12	0.57	2.05
4	เมือง	100	98	41	36	28	25	15	34	18	-0.19	1.99
5	ปลวกแดง	100	100	99	98	97	96	24	59	28	-0.13	2.03
6	ภูเขียว	99	98	77	60	50	45	15	42	20	-0.23	2.11
7	ชนแดน	100	98	85	60	30	10	22	37	27	-1.5	2.04

7.4.2 จงจำแนกประเภทของดิน 4 ตัวอย่างที่แสดงผลการทดสอบในตารางที่ 7.28 โดยระบบของ

7.4.2.1 ตามระบบ AASHTO

7.4.2.2 ตามระบบ Unified

ตารางที่ 7.28 ผลการทดสอบที่ใช้ในข้อที่ 7.4.2

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	ร้อยละที่ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก (g)			
	A	B	C	D
1 นิ้ว	100	-	-	-
¾ นิ้ว	85	-	-	-
3/8 นิ้ว	60	100	-	100
No 4	48	72	100	95
No 10	30	55	93	90
No 40	16	48	81	83
No 100	10	42	70	71
No 200	2	35	60	55
L.L.	N.P.	39	39	55
P.I.	N.P.	27	23	24