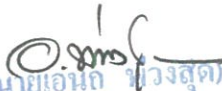

เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง

1. การเจาะสำรวจดิน
2. กำลังรับน้ำหนักเสาเข็ม
3. การทรุดตัวของโครงสร้างปรับการทรุดตัว


(นายเอก วงศ์)
วิชาโยธา 5
๗๖.๑.๔๓.



การเจาะสำรวจดิน

1. การเจาะสำรวจดิน

1.1 วัตถุประสงค์

- 1.1.1 เพื่อนำข้อมูลดินไปใช้ในการออกแบบฐานราก หรือโครงสร้างส่วนอื่นที่เกี่ยวข้องกับดินให้เป็นไปอย่างถูกต้อง มั่นคง และปลอดภัย ตามหลักวิชาวิศวกรรม
- 1.1.2 ลดความเสี่ยงของงานออกแบบ และก่อสร้างฐานรากที่อาจเกิดจากความแปรปรวนของสภาพชั้นดิน
- 1.1.3 เพื่อเป็นข้อมูลแนะนำในการวางแผนและควบคุมงาน ตลอดจนจัดสรรงบประมาณได้อย่างถูกต้อง

1.2 การวางแผนการเจาะสำรวจดิน

ก่อนที่จะทำการเจาะสำรวจชั้นดินควรทำการสำรวจพื้นที่ที่จะใช้ก่อสร้างสะพาน ว่าลักษณะดินที่จะใช้ทำฐานรากและถนนมีสภาพอย่างไร เช่น

- มีบริเวณอ่อนนุ่มของบ่อฝังกลบขยะหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือไม่
- บริเวณดินที่ร่อนน้ำไหลผ่านหรือไม่
- พบของเสียและมลภาวะต่าง ๆ ทางอุตสาหกรรมหรือไม่
- ดินไม้หรือตอไม้ในบริเวณที่จะก่อสร้างฐานรากหรือถนน
- ลักษณะของดินมองด้วยตาเปล่า (ดินเหนียว, ดินทราย, ติ)
- สภาพการใช้พื้นที่บริเวณข้างเคียง

การสำรวจสภาพพื้นที่และการใช้พื้นที่ทำให้สามารถวางแผนการเจาะสำรวจดินได้ดีขึ้น สามารถกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะและวิธีการเจาะสำรวจให้เหมาะสมกับสภาพดินที่จะทำการก่อสร้างสะพาน ตามรายการข้อกำหนดสำหรับงานสะพานจะทำการเจาะสำรวจดินในแม่น้ำ 1 แห่ง และเจาะดินบนตลิ่งข้างละ 1 แห่ง รวม 3 จุด แต่ถ้าหากพบว่าสภาพดินมีความแปรปรวนสูงก็จะทำการสำรวจเพิ่มเติมให้ได้ข้อมูลเพียงพอต่อการออกแบบ ความลึกในการเจาะสำรวจส่วนมากถ้าเป็นหลุมตื้น (ความลึกในการเจาะไม่เกิน 30 เมตร) จะกำหนดค่า SPT ไว้ 50 ครั้งต่อฟุต โดยเจาะลงไปในพื้นที่ไม่น้อยกว่า 4 เมตร ส่วนหลุมลึก (ความลึกมากกว่า 30 เมตร)

เช่น บริเวณพื้นที่จังหวัดรอบ ๆ กรุงเทพฯ ก็จะกำหนดค่า SPT ใช้ที่ประมาณ 30 ครั้งต่อฟุต ลงไปไม่น้อยกว่า 4 เมตร โดยความลึกที่ได้จะต้องเพียงพอเมื่อนำมาคำนวณหาค่ากำลังของเสาเข็ม

1.3 วิธีการเจาะสำรวจดิน

การเจาะสำรวจดินเพื่อนำข้อมูลดินไปใช้ในการออกแบบ ฐานรากสะพานได้แบ่งการเจาะสำรวจดินเป็น 2 ขั้นตอน คือ การเจาะสำรวจดินในสนามและการทดสอบดินในห้องปฏิบัติการ

1.3.1 การเจาะสำรวจดินในสนาม

เครื่องเจาะที่ใช้เป็นแบบ Hydraulic หลุมเจาะมีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ทำการเจาะโดยใช้สว่านในช่วงต้นๆ ประมาณ 3 เมตรแรก หลังจากนั้นจึงใช้วิธีเป่าล้างด้วยน้ำผสม Bentonite ในส่วนที่เหลือ ในระหว่างเจาะสำรวจได้ฝังปลอกเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาวประมาณ 9-12 เมตร ในชั้น Soft Clay เพื่อป้องกันหลุมพัง ในส่วนอื่น ที่ดินค่อนข้างแข็งและชั้นทรายจะใช้ Bentonite Slurry เป็นตัวป้องกันหลุมพัง (Stabiliser) ขณะเจาะจะทำการบันทึกความลึกที่มีการเปลี่ยนของชั้นดินไปด้วย

1.3.1.1 การเก็บตัวอย่างดิน

ในชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงดินเหนียวแข็งให้ทำการเก็บตัวอย่างด้วยกระบอกเปลือกบาง (Thin-Walled Tube) ตามมาตรฐาน ASTM-D1587 หรือ AASHTO-T207 สำหรับชั้นดินเหนียวแข็งมาก ดินดาน และ ดินทรายให้ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Standard Penetration Test (SPT) และใช้กระบอกผ่า (Split-Barrel) เป็นกระบอกเก็บตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM-D1586 หรือ AASHTO-T206 โดยให้เก็บตัวอย่างดินทุกระยะ 1.50 เมตร

1.3.2 การทดสอบดินในห้องปฏิบัติการ

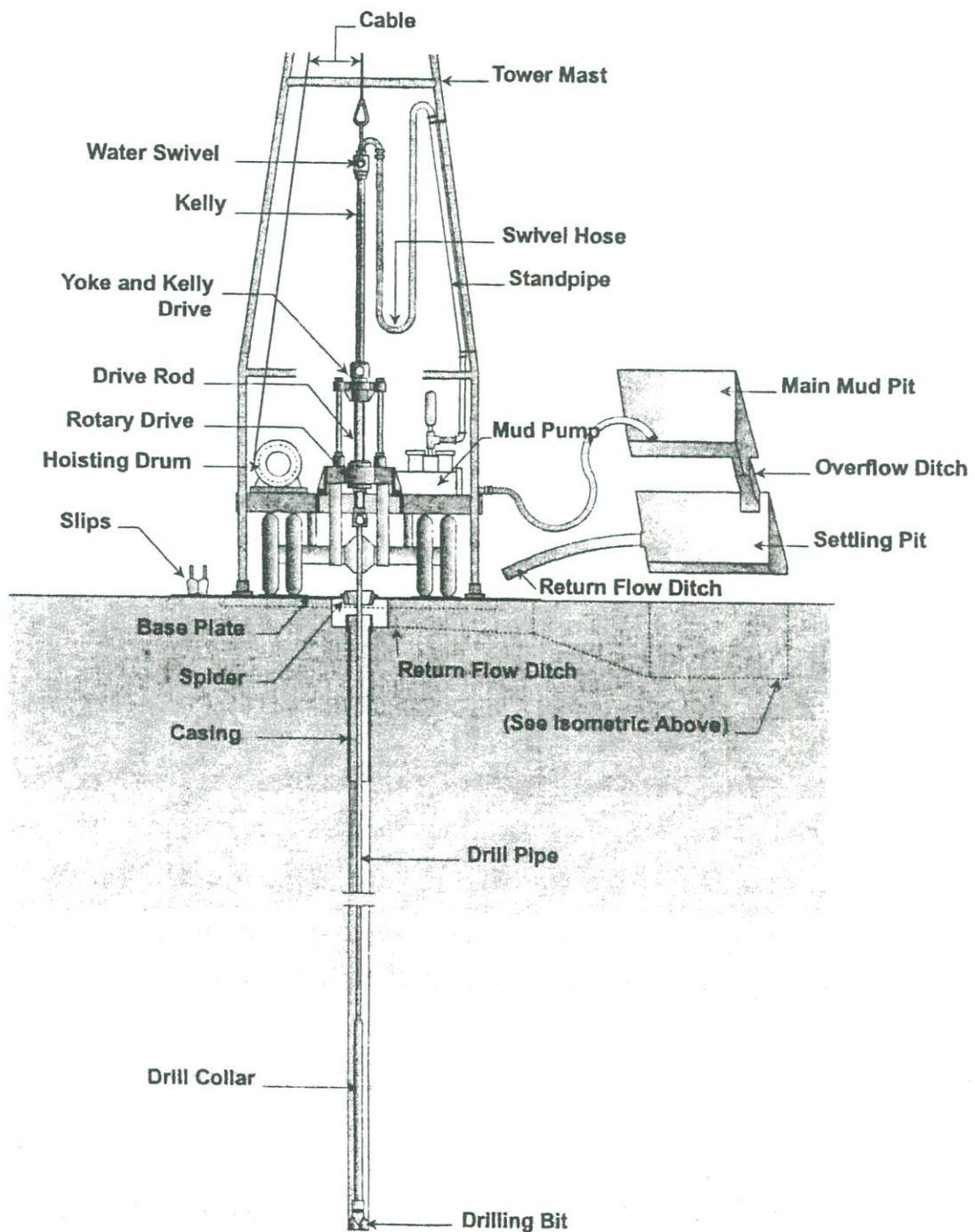
- 1.3.2.1 Sieve Analysis, ASTM-D422 or AASHTO-T88
การทดสอบการร่อนในตะแกรง (method sieve)
- 1.3.2.2 Atterberg Limit, ASTM-D4318 or AASHTO-T89,T90
พลาสติก
- 1.3.2.3 Water Content, ASTM-D2216 or AASHTO-T265
ไม่พบบทที่ตรงกับชื่อ
- 1.3.2.4 Unit Weight
- 1.3.2.5 Unconfined Compressive Strength, ASTM-D2166 or AASHTO-T208, for Undisturbed Samples
น้ำหนักของดินเหนียวที่แน่น

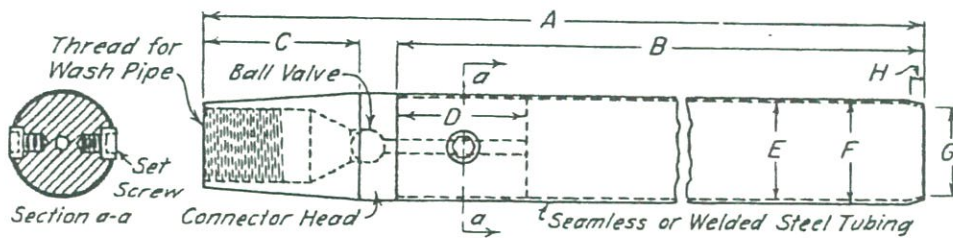
1.3.3 การรายงานผลการเจาะสำรวจดิน

- 1.3.3.1 หลังเจาะสำรวจดินในภาคสนามแล้วเสร็จแต่ละหลุม ให้ส่งรายงานภาคสนาม (Field Log) ให้ทันทีที่ เจาะสำรวจดินเสร็จ
- 1.3.3.2 จัดทำแผนที่รายละเอียดของตำแหน่งหลุมเจาะดิน และตำแหน่งอ้างอิง
- 1.3.3.3 ขณะทำการเจาะสำรวจดินให้ถ่ายรูปหลุมเจาะทุกหลุมพร้อมทั้งติดรูปใส่ไว้ในรายงานทุกเล่ม
- 1.3.3.4 ให้จัดทำ Boring Log และ ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ
- 1.3.3.5 ให้จัดทำรูปตัดชั้นดินพร้อมทั้งวัดค่าระดับน้ำขณะเจาะสำรวจ
- 1.3.3.6 หลังจากทดสอบในห้องปฏิบัติการเสร็จแล้ว ให้รายงานผลสรุปการทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยใส่ไว้ในรายงาน
- 1.3.3.7 ให้จำแนกชนิดของดินตามระบบ Unified Soil Classification

**รูปภาพแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเจาะสำรวจดิน
และรายละเอียดขั้นตอนการทดสอบ
ในห้องปฏิบัติการ**

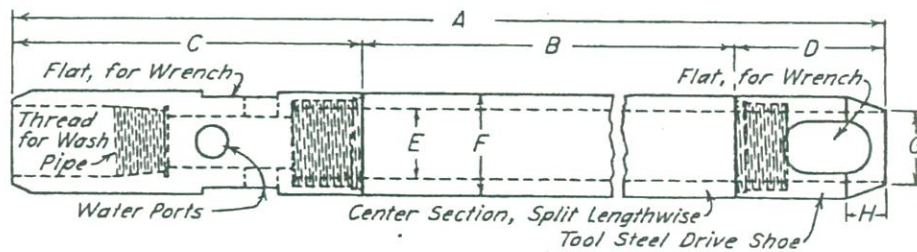
- ๖๐๐๐๐๐ บาท
- ๖๐๐๐๐๐ บาท





Dimensions	English (in.)	S.I. (mm)	Dimensions	English (in.)	S.I. (mm)
A	27 $\frac{3}{4}$ - 51 $\frac{3}{4}$	705-1791	E	1 $\frac{7}{8}$	47.6
B	24 - 48	610-1219	F	2	50.8
C	3	76.2	G	0.99F	0.99F
D	2 $\frac{1}{2}$	63.5	H	$\frac{1}{2}$	12.7

กระบอกบางเก็บตัวอย่างขนาด 50 ม.ม.



Dimensions	English (in.)	S.I. (mm)	Dimensions	English (in.)	S.I. (mm)
A	34	864	E	1 $\frac{3}{8}$	34.9
B	24	610	F	2	50.8
C	7	178	G	1 $\frac{1}{2}$	38.1
D	3	76	H	$\frac{3}{4}$	19.0

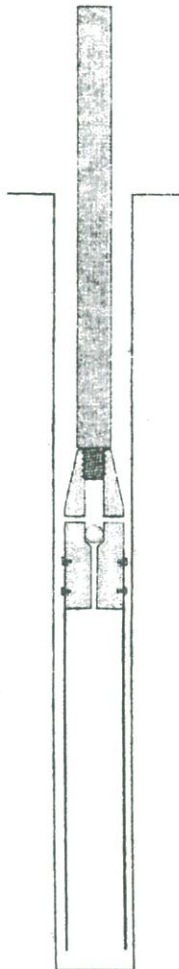
กระบอกผ่าเก็บตัวอย่างขนาด 2 นิ้ว และใช้เป็นกระบอกสำหรับการทดสอบฝังจมนมาตรฐาน (SPT) ด้วย



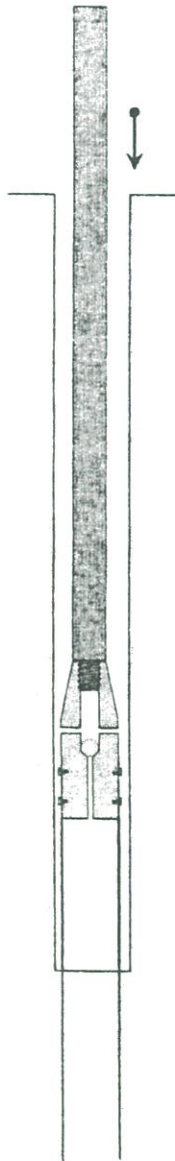
Split spoon sampler.

Undisturbed Sampling (UD) by Push-in Method

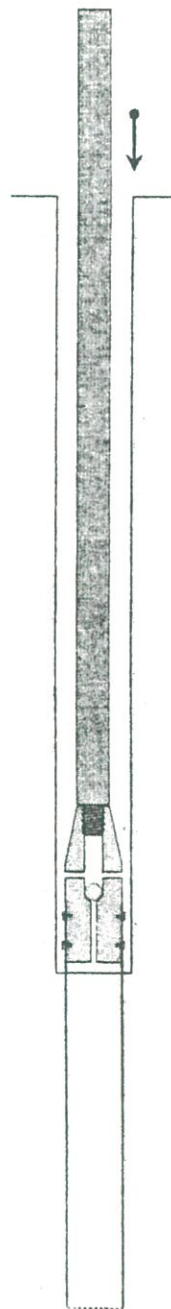
① Lowering of Shelby



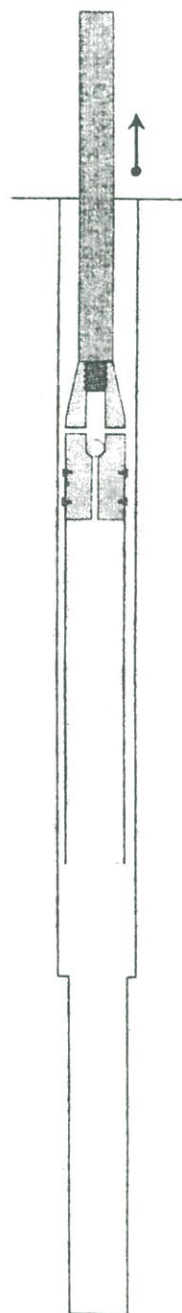
② Pushing Shelby Tube



③ Completion of Sampling



④ Withdrawal of Tube





Purpose:

- To determine coarse grain size distribution of soil.

Equipment:

- Sieves (#3/4, #3/8, #4, #10, #40, #100, #200, cover and pan).
- Sieve Shaker.

Material:

- Soil from test pit, Shelby tube or SPT liner.

Procedure:

- Weigh soil.
- Dry soil in oven at 105°C.
- Weigh dry soil.
- Wash dry soil through #200 Sieve.
- Dry retained soil.
- Sieve retained dry soil (see Diagram).

Calculation:

- Compute % passing through each sieve.
- Plot grain size distribution curve.

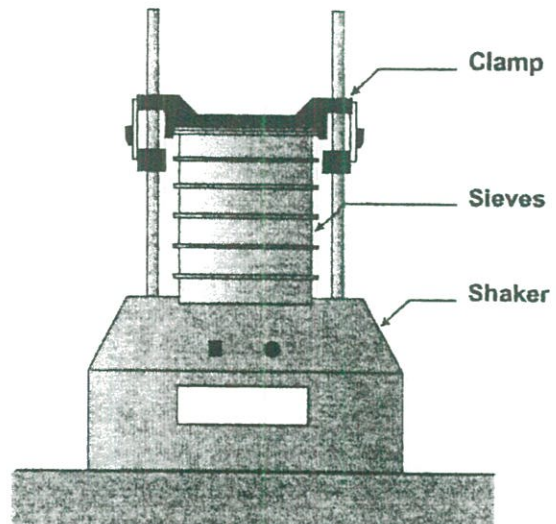
Check:

- Check soil based on visual classification.
- Check summation of weight.

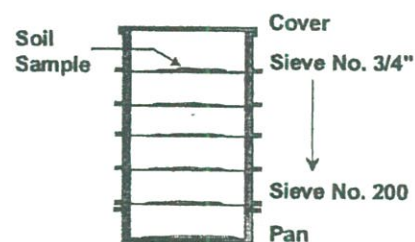
Common Mistakes:

- Broken sieve.
- Insufficient sieving time.

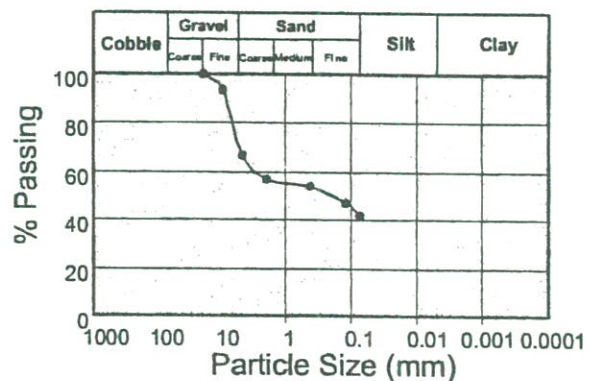
Sieve Shaker



Sieve Arrangement



Typical Results





Purpose:

- To determine consistency of clayey soil – Liquid limit (LL) and Plastic limit (PL).

Equipment:

1. Calibrated Casagrande cup
2. Grooving tool
3. Spatula
4. Bowl or Dish

Material:

- Fine grained soil passing through #40 Sieve.

Procedure: (Liquid Limit)

1. Prepare soil by adding water.
2. Mix soil with water to produce soil paste.
3. Place soil in clean Casagrande cup.
4. Level soil in cup by spatula.
5. Cut groove through center of cup by grooving tool
6. Turn crank at 2 blows/s.
7. Record number of blows with groove closes by 0.5 inch.
8. Repeat Steps 2 to 7 at least 4-5 times to obtain number of blow between 15 and 35.

Calibration:

- Height of drop
- Base

Procedure: (Plastic Limit)

1. Air dry soil until it will not stick to hand.
2. Roll soil on glass plate into thread of 3 mm diameter.
3. If soil began to crumble, then take water content, otherwise to re-roll soil.

Data Presentation:

- For LL, plot water content versus number of blow.
- For PL, present water content only.

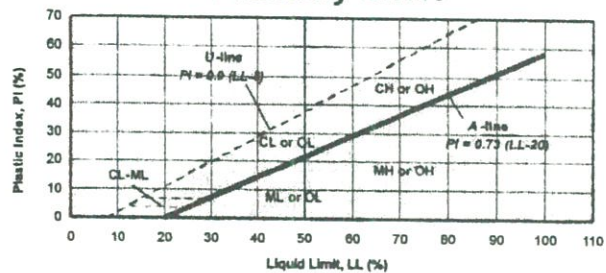
Check:

- Plot results on Plasticity Chart – Typically, soil of similar original would lie parallel to A-line.
- Combine with natural water content to give Liquidity Index (LI), which can be used to give strength consistency.
- For LL, use correlation to check:
 $LL = w_c (N/25)^{0.121}$

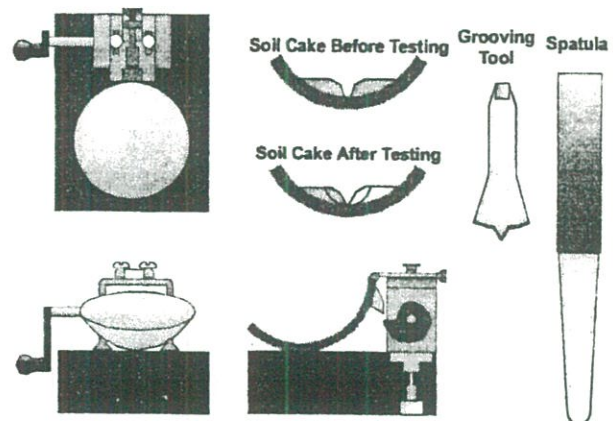
Common Mistakes:

- High PL due to non-cracking.
- Poor LL due to improper calibration.

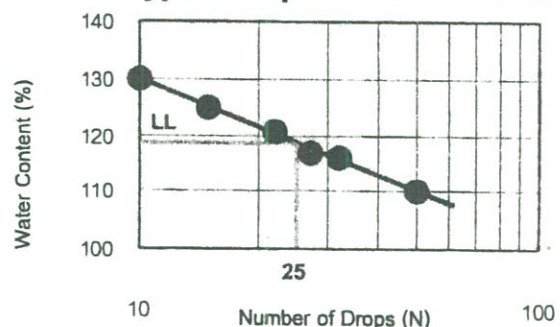
Plasticity Chart



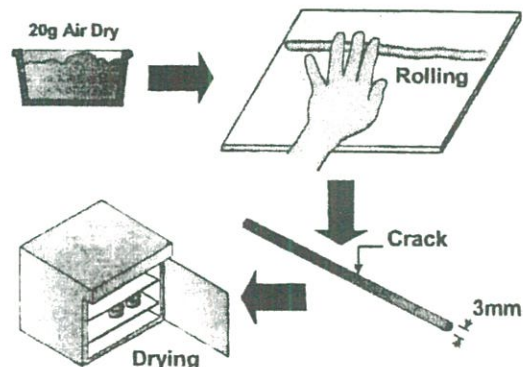
Liquid Limit Determination



Typical Liquid Limit Results



Plastic Limit Determination





Purpose:

- To determine natural water content of soil.
- To determine unit weight of soil

Equipment:

1. Scale or Balance
2. Non-rust metal container
3. Oven
4. Desiccator
5. Trimming frame
6. Sample holder

Material:

- Soil from Shelby tube or SPT liner.

Procedure:

Water Content

1. Contain representative soil
2. Weigh soil.
3. Place soil in oven at 105°C to dry.
4. Cool dry soil in desiccator.
5. Weigh dry soil.

Calculation:

- Compute water content.

Unit Weight

1. Cut both ends of soil sample – parallel.
2. Place sample on trimming frame.
3. Use wire saw to trim sample into cylindrical shape.
4. Remove sample from trimming frame and place in sample holder.
5. Trim both ends to fix to height.
6. Weigh the sample.
7. For water content of trimmed sample, follow above procedure.

Calculation:

1. Compute total unit weight from weight of trimmed sample and its volume.
2. Compute dry unit weight from weight of dry sample and its original volume.

Check:

1. Use following relationship to check on w_c and γ_t :

$$\gamma_t = \frac{G_s \gamma_w (1 + w_c)}{1 + w_c G_s / S} \quad \text{where}$$

S = Degree of Saturation &

G_s = Specific gravity

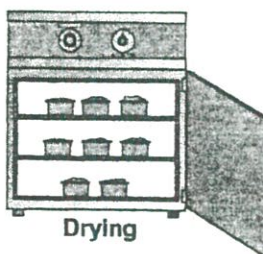
Common Mistakes:

- High water content due to insufficient drying.

Water Content



Weighing



Drying



Cooling

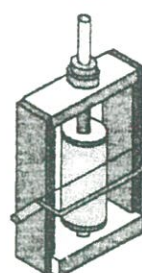


Weighing

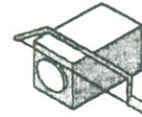
Unit Weight



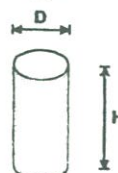
Ready to trim



Trimming

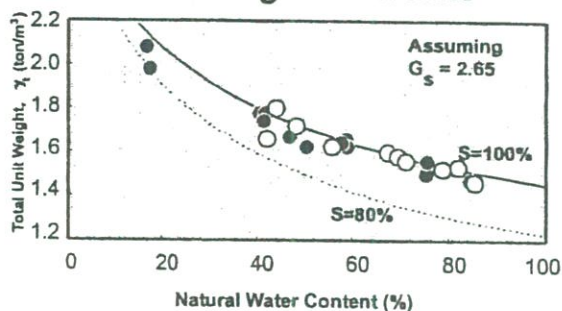


Trimming
Ends



Final
Dimensions

Checking Test Results





Purpose:

- To determine the index strength of fine-grained soil.

Equipment:

1. Loading frame.
2. Load cell or proving ring.
3. Dial gauge.
4. Trimming set.

Material:

- Soil sample from Shelby tube or thickwall tube.

Procedure:

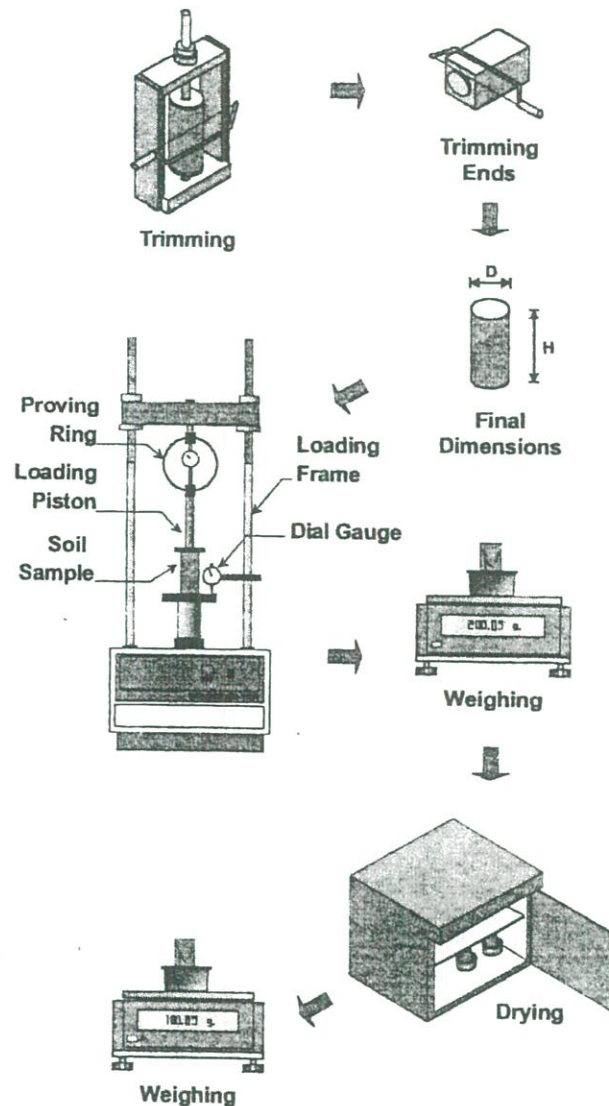
1. Trim soil into required size by wire saw or knife depending on stiffness of soil.
2. Place sample on loading frame.
3. Lower loading platen so that it just touches soil surface.
4. Compress or shear sample at rate of 0.5-1 % per minute.
5. Record applied load and displacement until failure (about 20% of strain).
6. Sketch failure shape of sample.
7. Obtain water content.

Calculation:

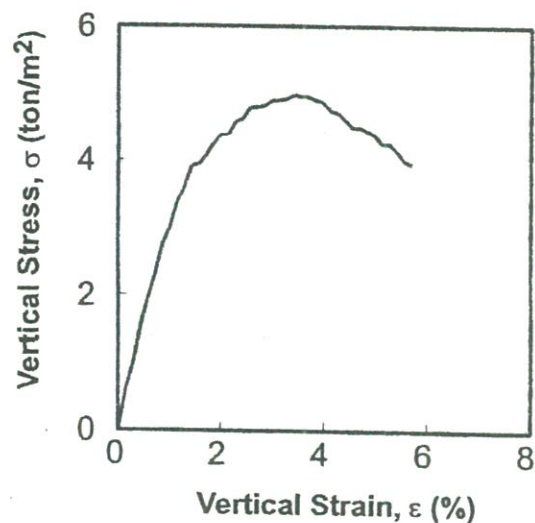
- Convert load reading into stress.
- Use cylindrical area correction for stress computation.
- Convert displacement into strain.
- Plot stress versus strain curve.
- Determine undrained shear strength and modulus.

Check and Common Mistakes:

- Poor handling of sample during trimming, causing some disturbance of soil (lower strength value).
- Unparallel ends creating poor initial stress-strain curve or modulus.



Unconfined Compression Test



ข้อมูลที่ได้จากการเจาะสำรวจดิน

LOG OF BORING NO. BH-1

PROJECT : ก่อสร้างสะพานในเขตชุมชนในภูมิภาค กลุ่มที่ 1/2543

LOCATION : แม่น้ำท่าจีน ต.วัดไร่ขิง อ.สามพราน จ.นครปฐม

Depth at the end of Boring : 28.95 m.

OBSERVED GWL. : -0.49 m., Borehole Level 98.76

DEPTH, m	SAMPLE No.	TYPE OF SAMPLE	SAMPLE DIST. RECOVERY	DESCRIPTION OF MATERIAL	GRAPHIC LOG	Natural Water Content-Wc x Plastic Limit-PL Liquid Limit-LL	Su (UC) Su (Fv)	Su' (UC) Su' (Fv)
						(%)	x Qp/2 2.5 5 7.5	(t/m ²)
0							SPT ,N (Blows/ft.)	
						20 40 60 80 100	20 40 60	
01	ST			Clay, brownish grey, medium. (CH/Crust) 2.50 m.		un Afterberg water content	unbroken confined to stress	
02	ST							
03	ST							
04	ST							
05	ST			Clay trace to some sand seam at 3.0-7.0 m, grey, soft changed to medium at bottom. (CH)				
06	ST							
07	ST							
08	ST							
09	SS			Fine sandy clay, li-greyish brown, hard. (CL) 13.20 m. 14.50 m.				
10	SS			Clayey fine to medium sand, li-greyish brown, medium dense. (SC) 17.50 m.				
11	SS							
12	SS							
13	SS			Fine to medium sand trace fine gravel, li-greyish brown, medium to dense. (SP-SM) 22.00 m.				
14	SS							
15	SS							
16	SS			Silty clay trace iron oxide concretion, li-greyish brown, very stiff. (CL) 25.10 m.				
25								

EPSILON. CO.,LTD.

BORING STARTED: 13/10/99

RIG: PORT

WL. -0.49 m. 24 HRS.
AFTER BORING.

BORING FINISHED: 14/10/99

FOREMAN: ROT.

๑ SPT > 30 ๑๒๓๐๐ ๑๒๓๐๐ ๑๒๓๐๐
 ๑ SPT ๑๒๓๐๐ ๑๒๓๐๐ ๑๒๓๐๐
 ๑๒๓๐๐ ๑๒๓๐๐ ๑๒๓๐๐

LOG OF BORING NO. BH-1

PROJECT : ก่อสร้างสะพานในเขตชุมชนในภูมิภาค กลุ่มที่ 1/2543

LOCATION : แม่น้ำท่าจีน ต.วัดไร่ขิง อ.สามพราน จ.นครปฐม

Depth at the end of Boring : 28.95 m.

OBSERVED GWL. : -0.49 m., borehole Level 98.76

DEPTH, m	SAMPLE No.	TYPE OF SAMPLE	SAMPLE DIST. RECOVERY	DESCRIPTION OF MATERIAL	GRAPHIC LOG	○ Natural Water Content-Wc × Plastic Limit-PL Δ Liquid Limit-LL (%)	○ Su (UC) ● Su' (UC) Δ Su (Fv) ▲ Su' (Fv) × Qp/2 (t/m ²) 2.5 5 7.5 □ SPT ,N (Blows/ft.)
25						20 40 60 80 100	20 40 60
	17	SS		Clayey fine sand, li-greyish brown, very dense. (SC) 25.10 m.			
	18	SS		Silty medium sand some fine sand, yellowish brown, dense to very dense. (SM) 26.50 m.			70
	19	SS		28.95 m.			48
30				END OF BORING			52
35							
40							
45							
50							

EPSILON. CO.,LTD.

BORING STARTED: 13/10/99

RIG: PORT

WL. -0.49 m. 24 HRS.
AFTER BORING.

BORING FINISHED: 14/10/99

FOREMAN: ROT.

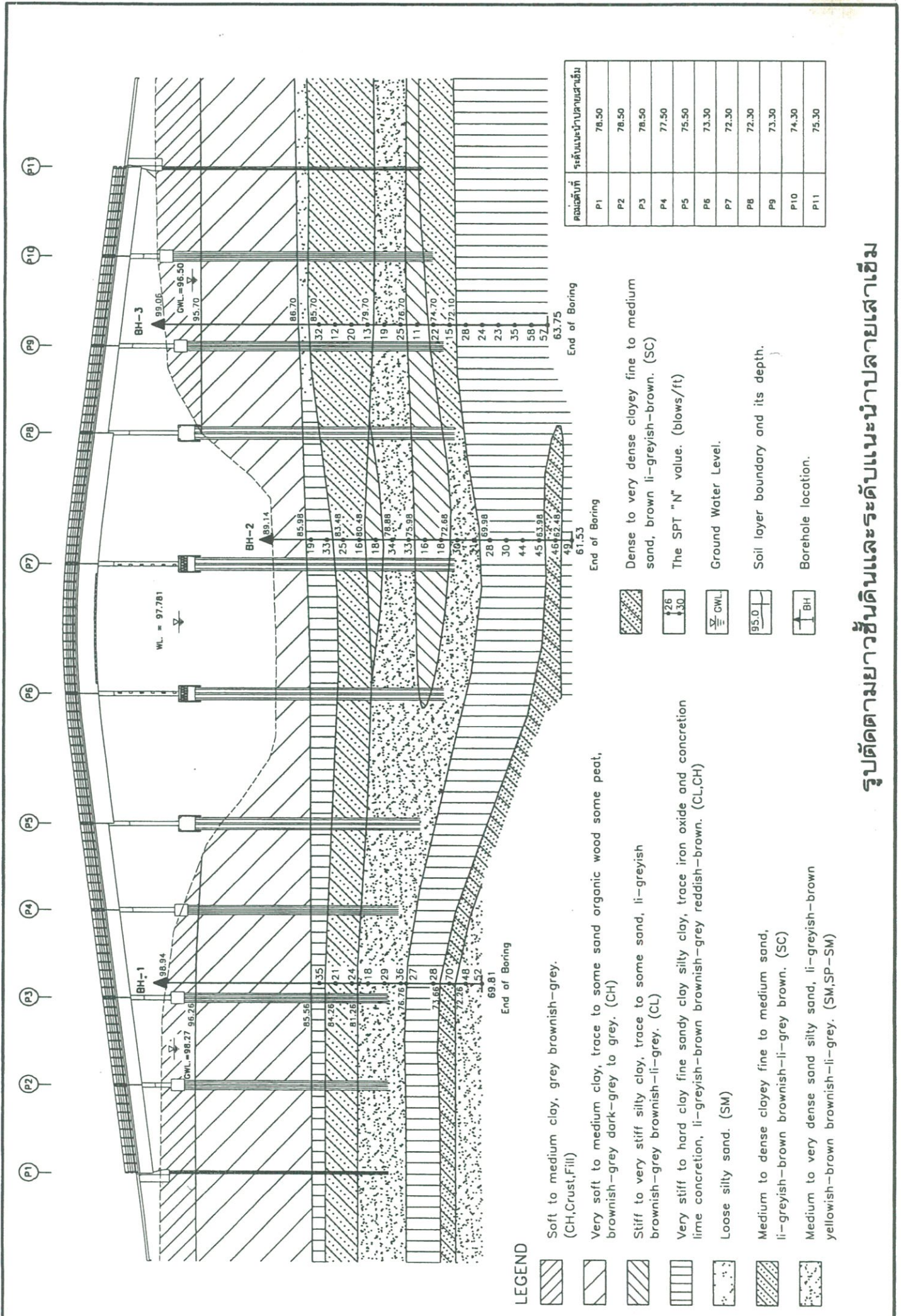
PROJECT: งานก่อสร้างสะพานในเขตชุมชนภูมิภาค กลุ่มที่ 1/2543

PAGE 1 OF 1

OBSERVED GWL. = -0.49 m.

BORING NO. BH-1

[illegible]



รูปตัดตามยาวชั้นดินและระดับและระดับน้ำปลายเสาเข็ม

กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม

2. กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม

ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของตัวเสาเข็มเอง (Pile Structure) และความสามารถในการรับน้ำหนักของดินที่อยู่รอบเสาเข็ม รวมทั้งที่ปลายล่างของเสาเข็มด้วย การหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในที่นี้จะคิดเฉพาะความสามารถในการรับน้ำหนักของดินเท่านั้น โดยสมมติว่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของตัวเสาเข็มมีมากกว่าความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน วิธีคาดคะเนว่าความสามารถในการรับน้ำหนักของดินจะใช้สูตรคำนวณน้ำหนักบรรทุกจากคุณสมบัติของดิน (Static Pile Formula) ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Static Pile Formula.

$$Q_u = Q_f + Q_e$$

$$Q_a = (Q_f + Q_e) / F_s \quad \leftarrow \text{Factor Safe.}$$

$$Q_u = \text{กำลังรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็ม}$$

$$Q_a = \text{กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็ม}$$

$$Q_f = \text{แรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็ม}$$

$$Q_e = \text{แรงต้านทานส่วนปลายของเสาเข็ม}$$

$$F_s = \text{สัดส่วนความปลอดภัยใช้เท่ากับ 2.5 (บริเวณตอม่อจรด)}$$

2.1) แรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็ม Q_f

friction = 0.15 x น้ำหนักดิน $F_s = 2.0$

กรุณาใช้ 0.15 x น้ำหนักดิน x 0.15 x น้ำหนัก

$$Q_f = \sum (f_s \cdot A_s)$$

$$= \sum (f_s \cdot L_i \cdot P)$$

$$\text{Where, } f_s = \text{หน่วยแรงเสียดทาน}$$

$$A_s = \text{พื้นที่ผิวเสาเข็ม}$$

$$L_i = \text{ความยาวของเข็มในแต่ละชั้นดิน (กรณีที่ดินหลายชั้น)}$$

$$P = \text{เส้นรอบรูปเสาเข็ม}$$

หน่วยแรงเสียดทานในดินทั่วไปมีอยู่ 2 ชนิด คือ ดินที่มีค่าแรงยึดเหนี่ยว (cohesive soil) และดินที่ไม่มีค่าแรงยึดเหนี่ยว (cohesionless soil) โดยรายละเอียดมีดังนี้

ดินที่มีค่าแรงยึดเหนี่ยว (cohesive soil)

$$f_s = \alpha \cdot S_u$$

α = Adhesion factor, หาได้จากรูปที่ 1 *ขึ้นอยู่กับชนิดของเสา (เข็ม)*

S_u = Undrained shear strength from unconfined compressive test หรือหาจากรูปที่ 2

ดินที่ไม่มีค่าแรงยึดเหนี่ยว (cohesionless soil)

$$f_s = K_s \cdot \tan \delta \cdot \sigma_{vof}$$

Where, K_s = Coefficient of lateral earth pressure *มีค่าแปรผัน โดยขึ้นอยู่กับค่า N' รูปที่ 3.*

N'	0-4	4-10	10-30	30-50	> 50
K_h	0.5	0.6	0.7	0.8	1

$$N' = C_n \cdot N$$

N' = Corrected SPT (blows/ft)

C_n = Correction Factor, หาได้จากรูปที่ 3

N = Standard penetration test (blows/ft)

σ_{vof} = Vertical effective overburden pressure
At midlayer of each soil layer.

δ = Internal friction angle in term of effective stress
which can be determined from N' -values หาได้จากรูปที่ 5

$$\delta = \frac{3}{4} \phi$$

2.2) แรงต้านทานส่วนปลายของเสาเข็ม, Q_e

$$Q_e = q_e \cdot A_p$$

$$q_e = \text{แรงต้านทานส่วนปลายของเสาเข็ม}$$

$$A_p = \text{พื้นที่หน้าตัดที่ปลายเสาเข็ม}$$

ค่าของแรงต้านทานส่วนปลายของเสาเข็มสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามคุณสมบัติดิน คือ แรงต้านทานส่วนปลายของเสาเข็มในดินที่มีค่าแรงยึดเหนี่ยว (cohesive soil) และแรงต้านทานส่วนปลายของเสาเข็มในดินที่ไม่มีค่าแรงยึดเหนี่ยว (cohesionless soil)

ดินที่มีค่าแรงยึดเหนี่ยว (Cohesive soil)

$$q_e = N_c \cdot S_u + \sigma_{v_{oe}} \quad \text{ค่า } \sigma_{v_{oe}} \text{ หาได้จาก } v_{oe}$$

$$N_c = \text{Bearing capacity factor (after SKEMPTON, 1951) หาได้จากรูปที่ 6}$$

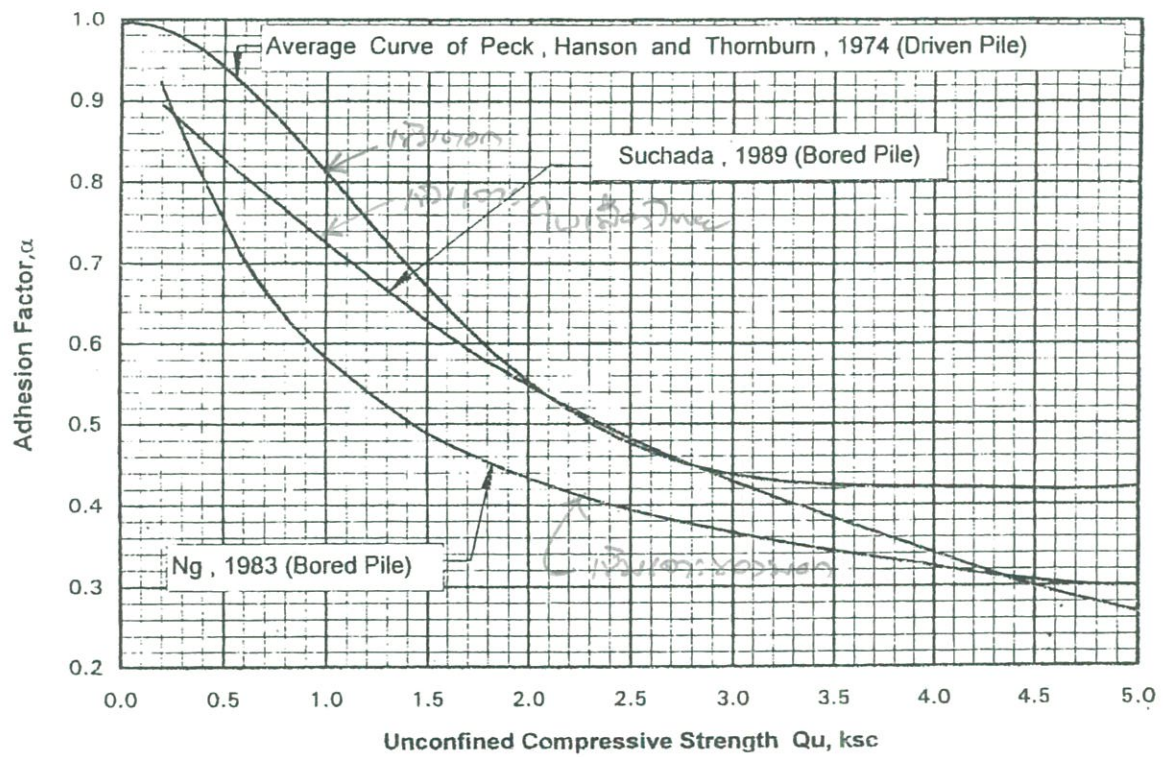
$$S_u = \text{Undrained shear strength}$$

$$\sigma_{v_{oe}} = \text{Vertical effective overburden pressure at pile tip level.}$$

ดินที่ไม่มีค่าแรงยึดเหนี่ยว (Cohesionless soil)

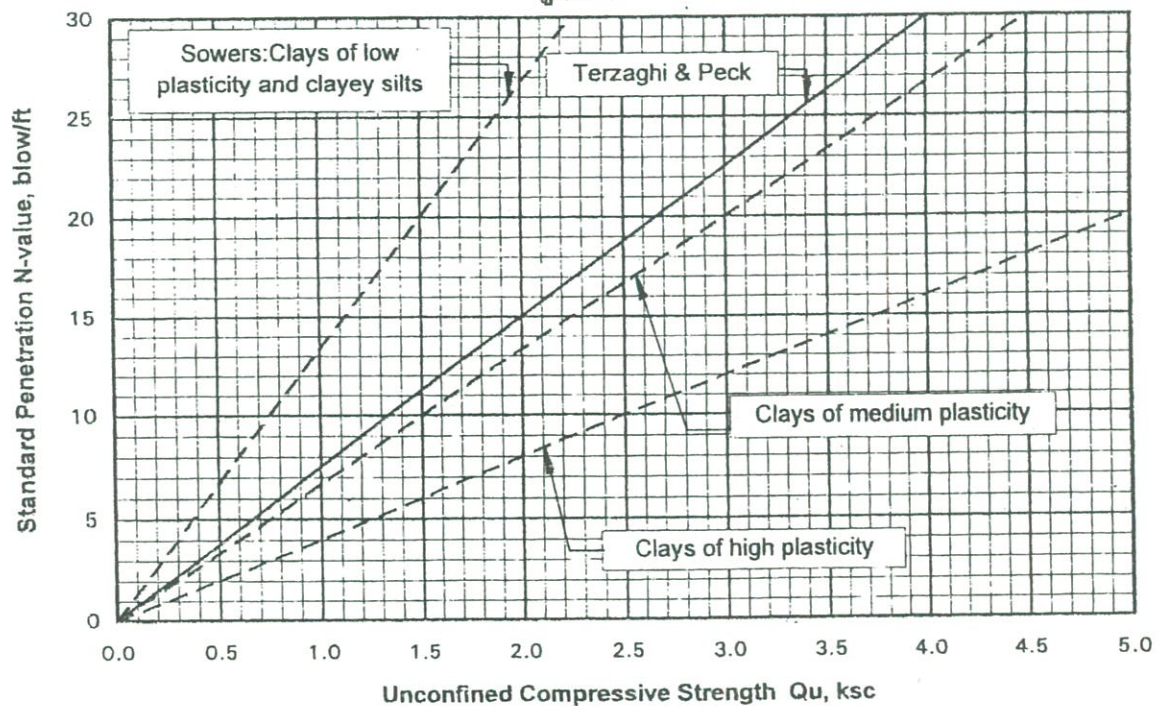
$$q_e = N_q \cdot \sigma_{v_{oe}}$$

$$N_q = \text{Bearing capacity factor, หาได้จากรูปที่ 5 สำหรับเข็มตอก ส่วนเข็มเจาะสามารถหาได้จากรูปที่ 7}$$



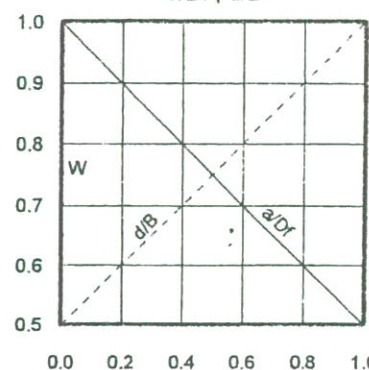
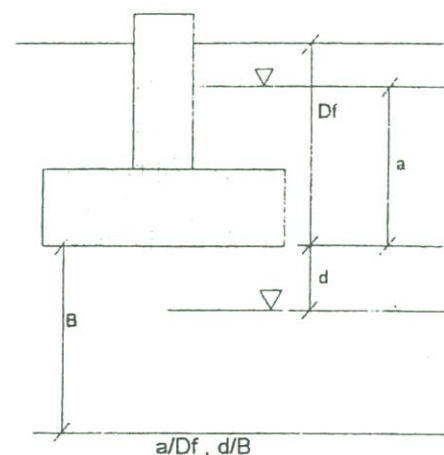
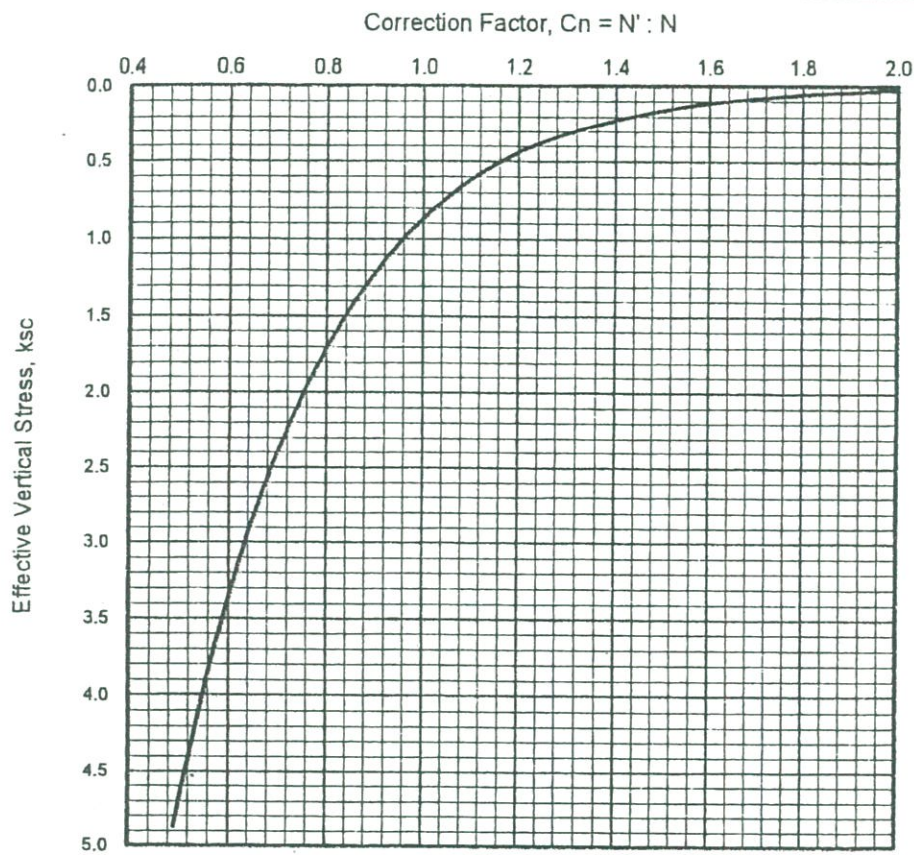
Plot of Adhesion Factor of Pile in clay with Unconfined Compressive Strength

รูปที่ 1



Correlation of Standard Penetration With Unconfined Compressive Strength of Clay
(NAVFAC DM - 7.1, 1982)

รูปที่ 2

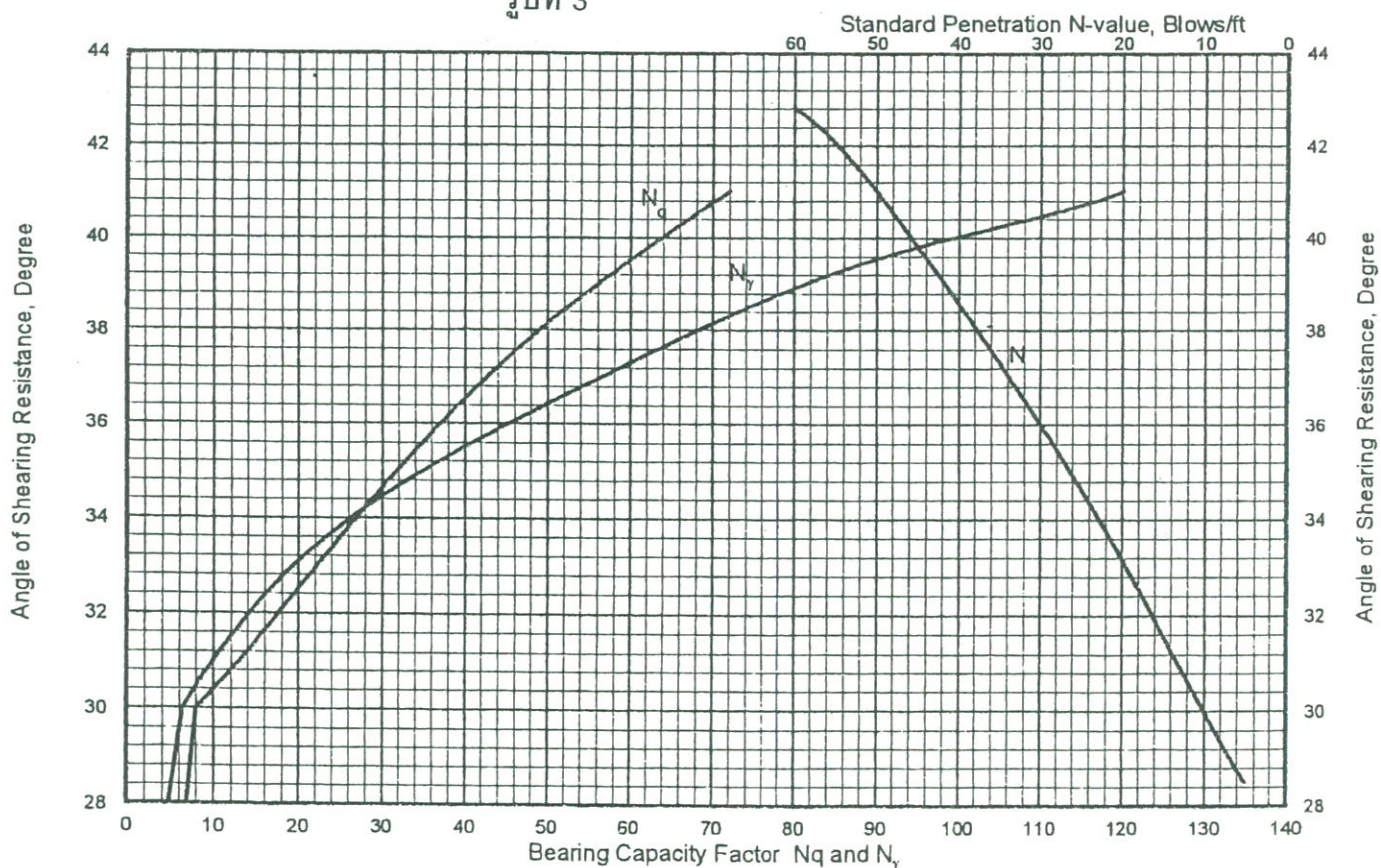


รูปที่ 4

Correction of N-value in sand for influence of overburden pressure

รูปที่ 3

Water reduction factor for location of water table



Correlation of Standard Penetration with Bearing Capacity Factors and Angle of Shearing Resistance

รูปที่ 5

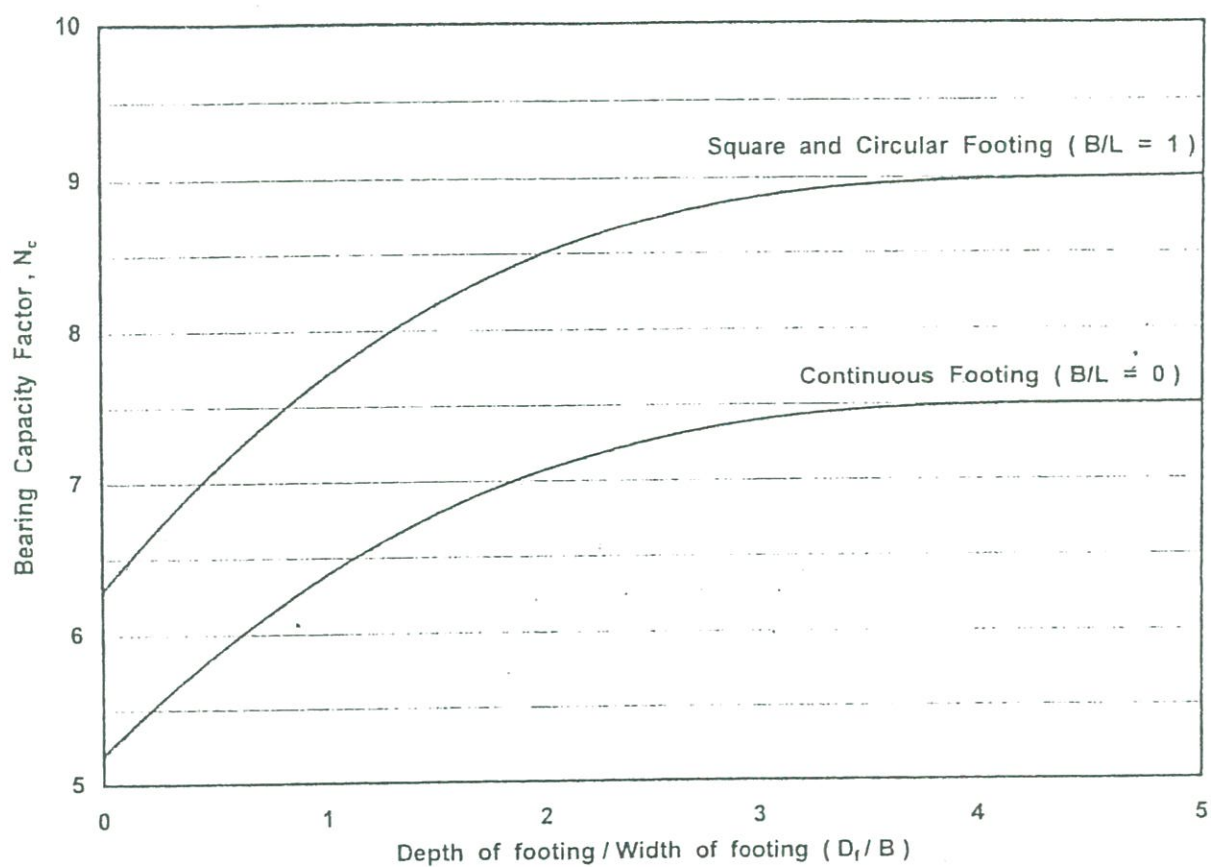
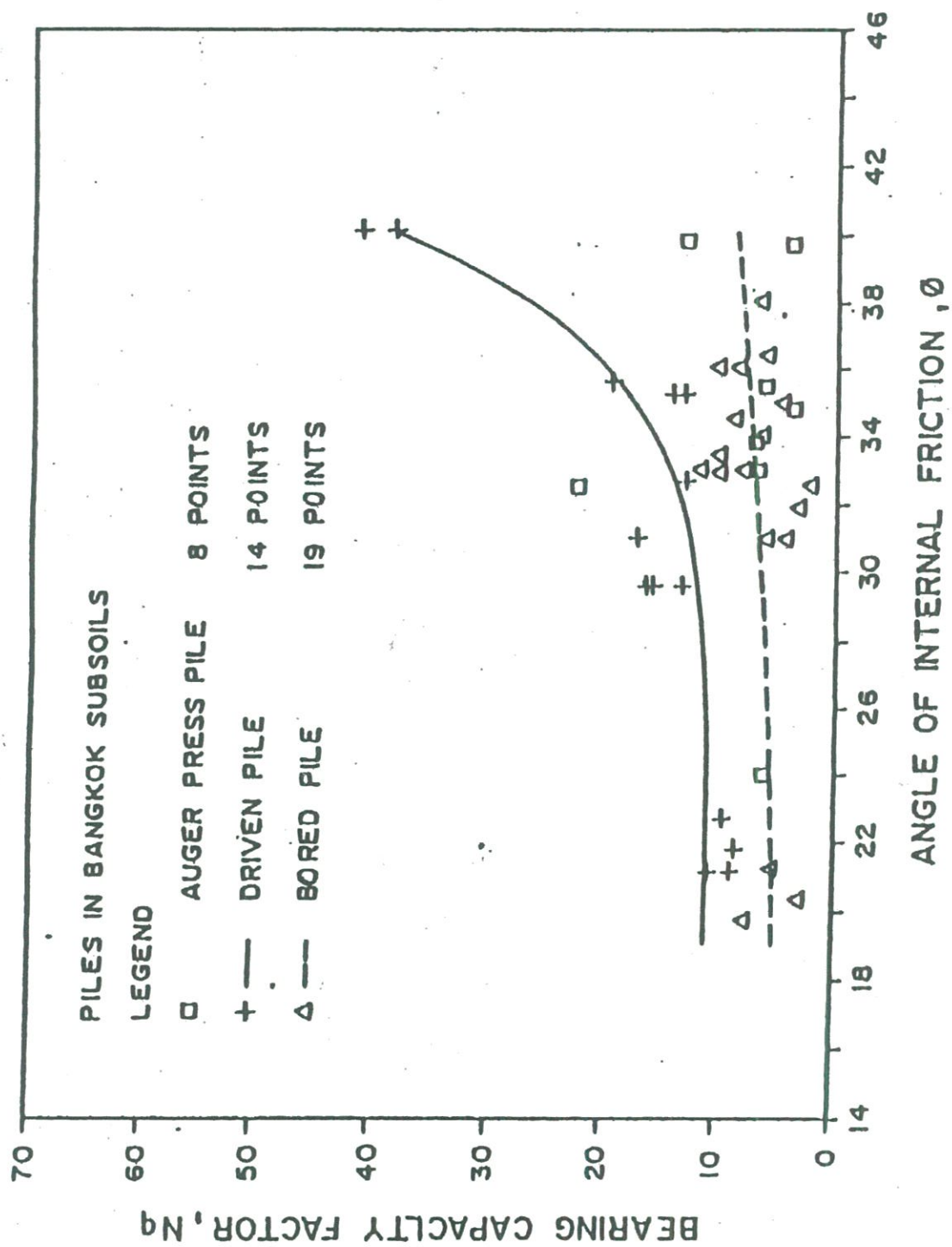


Fig.F Bearing Capacity Factor, N_c , for Foundation on Clay under $\phi = 0$ condition (Skempton, 1951)

รูปที่ 6



RELATION BETWEEN BEARING CAPACITY FACTOR AND
ANGLE OF INTERNAL FRICTION OF BANGKOK SAND

ตัวอย่างการคำนวณกำลังรับน้ำหนักเสาเข็ม

กำหนดค่าเฉลี่ยได้แก่ 0.40 และ 0.40 (ข้อได้เปรียบ)

หลุมเจาะ BH-1 สะพานข้ามแม่น้ำจันทน์ ต.ไร่จิ้ง อ.สามพราน จ.นครปฐม โครงการก่อสร้างสะพานในเขตชุมชนภักดี 1/2543

St

DESCRIPTION	Level (m)	Depth from Ground level(m)	Length of Pile (m)	γ (t/m ³)	Soil	σ _{veg} (t/m ³)	σ _{veg} (t/m ³)	P (m)	A (m ²)	C (t/m ²)	α	SPT (blows/ft)	Cn	N'	φ	Ks	Nq	Qf		SunQf (t/m)	Qe (t/m2)	Qu,(ton) mQ(*P + Qh)	Qa (Qult/2.5)	Length of Pile (m)
																		Qfs,(t/m)	Qfs,(t/m)					
Ground Level	99.151																							
Pile Cutoff	97.350	1.801	0.00	1.90	333	3.42		1.60	0.16	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Medium clay (CH,Crust)	96.260	2.89	1.09	1.90	1 AL	5.49		1.60	0.16	-	-		-	-	-	-	-	-	0.00	-	5.49	0.88	0.35	1.09
Soft to medium clay(CH)	85.560	13.59	11.79	0.80	1	14.05	-	1.60	0.16	2.00	0.99		-	-	-	-	-	-	21.15	32.05	21.15	38.97	15.59	11.79
Hard fine sandy clay(CL)	85.350	13.80	12.00	0.80	1	14.22	-	1.60	0.16	23.33	0.50		-	-	-	-	-	-	23.60	224.22	23.60	73.64	29.45	12.00
Medium clayey sand(SC)	84.260	14.89	13.09	0.80	1	15.09	-	1.60	0.16	23.33	0.50		-	-	-	-	-	-	36.32	225.09	36.32	94.13	37.65	13.09
	83.350	15.80	14.00	1.00	2	16.00	15.55	1.60	0.16	-	-	23	0.84	20.00	33	0.70	26.0	26.0	36.32	4.57	40.88	131.99	52.80	14.00
	82.350	16.80	15.00	1.00	2	17.00	16.05	1.60	0.16	-	-	23	0.82	19.00	33	0.70	26.0	26.0	36.32	9.89	46.21	144.67	57.87	15.00
	81.350	17.80	16.00	1.00	2	18.00	16.55	1.60	0.16	-	-	23	0.81	19.00	33	0.70	26.0	26.0	36.32	15.54	51.86	157.87	63.15	16.00
	81.260	17.89	16.09	1.00	2	18.09	16.59	1.60	0.16	-	-	23	0.80	19.00	33	0.70	26.0	26.0	36.32	16.06	52.38	159.08	63.63	16.09
	81.260	17.89	16.09	1.00	333	18.09		1.60	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.32	16.06	52.38	-	-	16.09
Medium to dense sand(SP-SM)	80.350	18.80	17.00	1.00	2	19.00	18.55	1.60	0.16	-	-	28	0.79	23.00	34	0.70	29.4	29.4	36.32	21.70	58.02	182.34	72.94	17.00
	79.350	19.80	18.00	1.00	2	20.00	19.05	1.60	0.16	-	-	28	0.77	22.00	34	0.70	29.4	29.4	36.32	28.21	64.53	197.47	78.99	18.00
	78.500	20.65	18.85	1.00	2	20.85	19.47	1.60	0.16	-	-	28	0.76	22.00	34	0.70	29.4	29.4	36.32	34.01	70.33	613.91	84.30	18.85
	78.350	20.80	19.00	1.00	2	21.00	19.55	1.60	0.16	-	-	28	0.75	22.00	34	0.70	29.4	29.4	36.32	35.06	71.38	210.13	85.25	19.00
	76.760	22.39	20.59	1.00	2	22.59	20.34	1.60	0.16	-	-	28	0.73	21.00	34	0.70	29.4	29.4	36.32	46.63	82.95	239.14	95.65	20.59

LEGEND:-

Soil Type 1,2 = Cohesive Soil,Cohesionless Soil

$$\gamma' = \text{Effective Unit Weight (t/m}^3\text{)}$$
$$= \sigma_{\text{VOE}}$$
$$\sigma_{\text{VOF}} = \text{Effective Stress Of Middle Layer}(t/\text{m}^2)$$

P
=
=
Parimeter Of Pile (m.)

$A =$ Cross Section Area Of Pile (m^2)

C = Shear Strength (t/m^2)
$$\alpha = \text{Adhesion Factor}$$

SPT
=
Standard Penetration Test (blows/ft)

1) Use F.S. = 2.5 Negative skin friction is not considered and Positive skin friction in soft clay is considered

2) Qallow is considered at level of existing ground. However, actual Qallow should be reduce the friction from existing ground to pile cut off level.

∴ กำลังรับน้ำหนักของเข็มที่ระดับ Pile Tip = +78.50 m มีค่าเท่ากับ 84.30 ตัน

Correction Factor

Correction Factor

Corrected Standard

Angle Of Shearing

Coefficient of Shaf

bearing capacity fa

Ultimate Skin Friction

Ultimate End Bearing

Ultimate Bearing L

Allowable Bearing

หน้าทับกรตทดสอบการอัดแรงหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านขนาด 0.26x0.26 ม. (Bearing Unit เข้มแถวแรก)

หมายเลข BH-1 สะพานข้ามแม่น้ำท่าจีน ต.ไร่จึง อ.สามพราน จ.นครปฐม โครงการก่อสร้างสะพานเป็นชุดหมายเลข 1/2543

DESCRIPTION	Level (m)	Depth from Ground level(m)	Length of Pile (m)	γ (t/m^3)	Soil	σ_{vult} (t/m^2)	σ_{vint} (t/m^2)	P (m)	A (m^2)	C (t/m^2)	α	SPT (blows/ft)	Cn	N'	ϕ	Ks	Nq	Qf Qf(t/m) Qf(t/m)	SumQf (t/m)	Qe (t/m^2)	Qu (t/m^2)	Qa ($Q_{ult}/2.5$)	Length of Pile (m)
Ground Level	99.596																						
Pile Cutoff	99.350	0.25	0.00	1.90	333	0.47	-	1.04	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Medium clay (CH,Crust)	96.260	3.34	3.09	1.90	1	6.34	-	1.04	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	6.34	0.43	0.17	3.09
Soft to medium clay(CH)	85.560	14.04	13.79	0.80	1	14.90	-	1.04	0.07	2.00	0.99	-	-	-	-	-	-	21.15	21.15	32.90	24.22	9.69	13.79
Hard fine sandy clay(CL)	85.350	14.25	14.00	0.80	1	15.07	-	1.04	0.07	23.33	0.50	-	-	-	-	-	-	23.60	23.60	225.07	39.76	15.90	14.00
	84.260	15.34	15.09	0.80	1	15.94	-	1.04	0.07	23.33	0.50	-	-	-	-	-	-	36.32	36.32	225.94	53.05	21.22	15.09
Medium clayey sand(SC)	83.350	16.25	16.00	1.00	2	16.85	16.39	1.04	0.07	-	-	23	0.83	20.00	33	0.70	26.0	36.32	41.13	438.06	72.39	28.96	16.00
	82.350	17.25	17.00	1.00	2	17.85	16.89	1.04	0.07	-	-	23	0.81	19.00	33	0.70	26.0	36.32	46.73	464.06	79.97	31.99	17.00
	81.350	18.25	18.00	1.00	2	18.85	17.39	1.04	0.07	-	-	23	0.79	19.00	33	0.70	26.0	36.32	52.65	490.06	87.89	35.15	18.00
	81.260	18.34	18.09	1.00	2	18.94	17.44	1.04	0.07	-	-	23	0.79	19.00	33	0.70	26.0	36.32	53.20	492.40	88.62	35.45	18.09
	81.260	18.34	18.09	1.00	333	18.94	-	1.04	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	36.32	53.20	-	-	-	18.09
Medium to dense sand(SP-SM)	80.350	19.25	19.00	1.00	2	19.85	19.39	1.04	0.07	-	-	28	0.77	22.00	34	0.70	29.4	36.32	59.09	584.33	100.96	40.38	19.00
	79.350	20.25	20.00	1.00	2	20.85	19.89	1.04	0.07	-	-	28	0.76	22.00	34	0.70	29.4	36.32	65.89	613.77	110.01	44.01	20.00
	78.500	21.10	20.85	1.00	2	21.70	20.32	1.04	0.07	-	-	28	0.74	21.00	34	0.70	29.4	36.32	71.93	638.80	117.98	47.19	20.85
	78.350	21.25	21.00	1.00	2	21.85	20.39	1.04	0.07	-	-	28	0.74	21.00	34	0.70	29.4	36.32	73.02	643.21	119.42	47.77	21.00
	76.760	22.84	22.59	1.00	2	23.44	21.19	1.04	0.07	-	-	28	0.72	21.00	34	0.70	29.4	36.32	85.04	690.02	135.08	54.03	22.59

LEGEND:-

1)	Soil Type 1,2	=	Cohesive Soil, Cohesionless Soil	Cn	=	Correction Factor
2)	γ'	=	Effective Unit Weight (t/m^3)	N'	=	Corrected Standard Penetration Test (blows/ft)
3)	σ_{vOE}	=	Effective Stress Of End Layer(t/m^2)	ϕ	=	Angle Of Shearing Resistance (degree)
4)	σ_{vOF}	=	Effective Stress Of Middle Layer(t/m^2)	Ks	=	Coefficient of Shaft Skin Friction
5)	P	=	Perimeter Of Pile (m.)	Nq	=	Bearing capacity factor
6)	A	=	Cross Section Area Of Pile (m^2)	Qf(c,s)	=	Ultimate Skin Friction Load (clay,sand)(t/m)
7)	C	=	Shear Strength (t/m^2)	Qe	=	Ultimate End Bearing Pressure (t/m^2)
8)	α	=	Adhesion Factor	Qu	=	Ultimate Bearing Load Capacity (ton)
9)	SPT	=	Standard Penetration Test (blows/ft)	Qa	=	Allowable Bearing Load Capacity (ton)

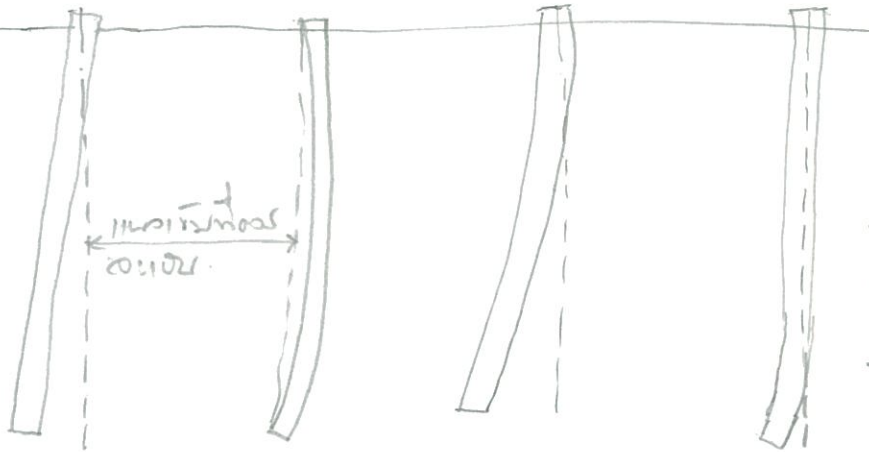
1) Use F.S.=2.5 Negative skin friction is not considered and Positive skin friction in soft clay is considered

2) Qallow is considered at level of existing ground. However, actual Qallow should be reduce the friction from existing ground to pile cut off level.

∴ กำลังรับน้ำหนักของเข็มที่ระดับ Pile Tip =+78.50 m มีค่าเท่ากับ 47.19 ตัน

NOTE:-

๕:๕๖.



(ก.)

(ข.)

(ค.)

(ง.)

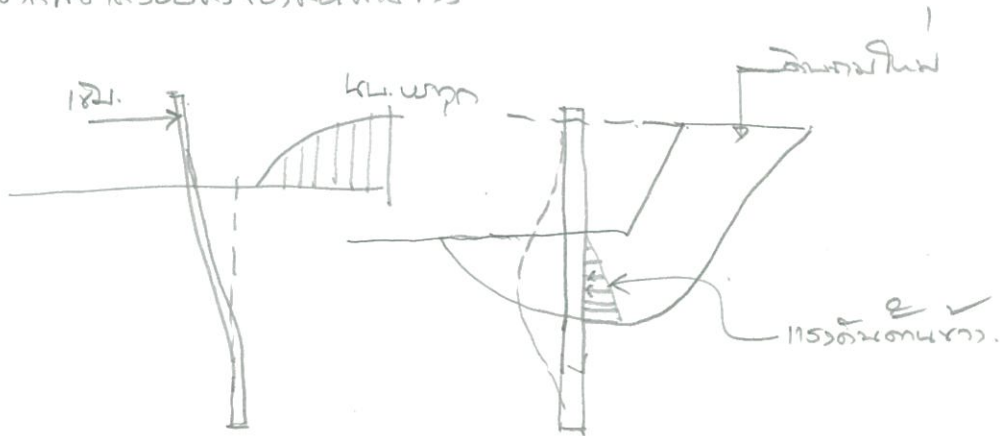
วิธีใหม่

- ลดแรงดัน
- ม.ค. ๒๖ ๒๖๖๖
- tension Stress สูงเกินไป.

กรณีการเจาะดิน

- วิธีใหม่ การเจาะดินแบบใหม่. ในบริเวณใกล้เคียง.

เริ่มใหม่ จากจุดเดิม



การทดสอบของโครงสร้างรับการทดสอบ

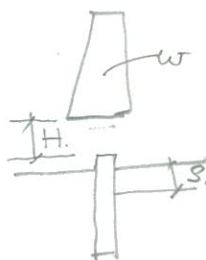
เริ่มใหม่ Blow Count

* Last ten Blow x ค่าแรงดัน

$$W.H = S.R$$

$$R = \frac{W.H}{S}$$

ค่าความต้านทาน



๕๖.๖๖๖ ๒๐ ๖๖๖ friction.

Blow count → ๕๖.๖๖๖

๕๖.๖๖๖ ๕-๑๐ ๖๖๖

๕๖.๖๖๖ ๕๖.๖๖๖

๕๖.๖๖๖ ๕๖.๖๖๖ End Baring

3. การทรุดตัวของโครงสร้างปรับการทรุดตัว

3.1 ปัญหาการทรุดตัวของคอสะพาน

การก่อสร้างสะพานในบริเวณที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาในภาคกลาง ซึ่งสภาพดินชั้นบนเป็นดินเหนียวอ่อน (Soft Clay) จะมีปัญหาการทรุดตัวที่แตกต่างกัน (Differential Settlement) ระหว่างสะพานกับบริเวณคอสะพาน เนื่องจากสะพานเป็นโครงสร้างอิฐระมิเสาเข็มหยั่งไปถึงชั้นดินแข็งหรือทรายแน่น มีการทรุดตัวเกิดขึ้นน้อย ส่วนบริเวณคอสะพาน ซึ่งมีการถมดินสูงน้ำหนักดินถมจะถ่ายลงโดยตรงให้กับดินเดิมส่งผลทำให้เกิดการทรุดตัวที่แตกต่างกันในบริเวณดังกล่าวเกิดขึ้น ตัวอย่างปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นกับคอสะพานแสดงไว้ดังรูปที่ 3.1.1

จากปัญหาดังกล่าวในปัจจุบันจึงได้มีการออกแบบโครงสร้างปรับการทรุดตัว ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับการทรุดตัวจากบริเวณคอสะพาน ตรงต่อม่อริม (ABUTMENT) ที่มีการทรุดตัวน้อยไปสู่ถนนเดิมที่มีการทรุดตัวมากกว่า รูปแบบโครงสร้างปรับการทรุดตัวแสดงไว้ดังรูปที่ 3.1.2 รูปแบบโครงสร้างแบบนี้จะมีแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กวางอยู่บนเข็มที่ตอกปูพรอม โดยเสาเข็มกลุ่มแรกที่อยู่ใกล้กับคอสะพานจะมีความยาวมากที่สุด และปลายเสาเข็มจะปักอยู่ในชั้นดินแข็งหรือชั้นทรายเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักดินถมได้และเกิดการทรุดตัวที่น้อยที่สุด ส่วนเสาเข็มแถวถัดมาจะลดความยาวลงเรื่อย ๆ เพื่อปรับการทรุดตัวและรับน้ำหนักดินถมที่ลดระดับลงมาด้วย โดยมีแผ่นพื้นคอนกรีตคอสะพาน (Approach Slabs) วางอยู่บนต่อม่อริม (Abutment) ช่วยปรับการทรุดตัวอีกที่ กรณีแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่อยู่ข้างใต้ทรุดตัวไม่สม่ำเสมอ

3.2 วิธีการประมาณค่าการทรุดตัวของโครงสร้างปรับการทรุดตัว

การทรุดตัวส่วนใหญ่จะอยู่ที่ดินเหนียวอ่อน (Soft Clay) ที่อยู่ใต้แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักทั้งหมดของโครงสร้างปรับการทรุดตัว โดยแรงทั้งหมดจะถูกกระทำบนฐานรากสมมูลย์ (Equivalent mat) ที่มีขนาดเท่ากับฐานราก อยู่ในระดับความลึก 2 ใน 3 ของความยาวเสาเข็ม โดยน้ำหนักจะแผ่กระจายออกด้วยมุม 30 องศา

ในการประมาณค่าการทรุดตัวของโครงสร้างปรับการทรุดตัวจะใช้ทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ ยึดหลักทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำของ Terzaghi (1925) ซึ่งสมมุติว่าการทรุดตัวทั้งหมดเกิดขึ้นในทิศทางเดียว (คือ ทางตั้ง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทางด้านข้าง) ในชั้นดินเหนียวและค่าความดันน้ำในโพรง ซึ่งเพิ่มขึ้นในตอนแรกที่รับน้ำหนักมีค่าเท่ากับหน่วยแรงเค้นทางตั้งที่เพิ่มขึ้น ค่าการทรุดตัวแบบ 1 มิติ ρ_{oed} หาได้จาก

$$\rho_{oed} = \sum (mv \cdot \Delta \sigma_z \cdot \delta h)$$

เมื่อ mv คือ สัมประสิทธิ์การอัดปริมาตรที่ได้รับจากการทดลองการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ
 $\Delta \sigma_z$ คือ ค่าหน่วยแรงเค้นทางตั้งที่เพิ่มขึ้นที่กึ่งกลางของชั้นดินเหนียว
 δh คือ ความหนาของชั้นดินเหนียวที่พิจารณา

และในรูปแบบ

$$\rho_{oed} = \sum (CR \cdot \log \left(\frac{\sigma_{vf}}{\sigma_{vo}} \right) \Delta h)$$

เมื่อ CR คือ อัตราส่วนการอัด ซึ่งเท่ากับ $Cc/(1+e_0)$
 Cc คือ ดัชนีการอัด
 e_0 คือ อัตราส่วนช่องว่างของเม็ดดินเริ่มแรก
 σ_{vo} คือ หน่วยแรงประสิทธิผลทางตั้ง เนื่องจากน้ำหนักดินที่ทับถม
 σ_{vf} คือ หน่วยแรงประสิทธิผลทางตั้งสุดท้าย
 h คือ ความหนาของชั้นดินเหนียวที่พิจารณา

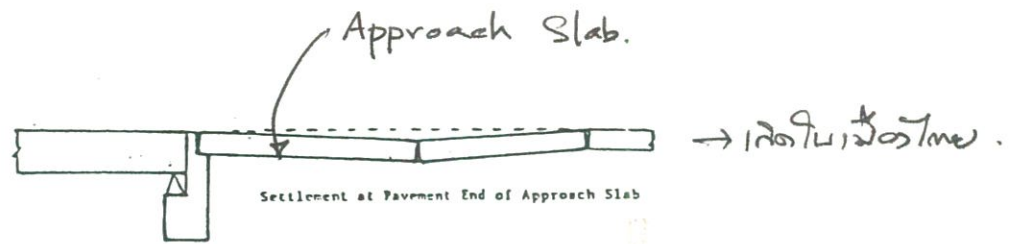
สมการนี้จำกัดใช้เฉพาะ normally consolidated clay เท่านั้น

สำหรับ Over consolidated clay สมการ จะเป็น

$$\rho_{oed} = \sum \left(RR \cdot \log \frac{\sigma_{vm}}{\sigma_{vo}} + \frac{CR \log \sigma_{vf}}{\sigma_{vm}} \right) \Delta h$$

RR คือ อัตราส่วนการอัดซ้ำ ซึ่งเท่ากับ $Cr/(1+e_0)$
 σ_{vm} คือ หน่วยแรงประสิทธิผลทางตั้งสูงสุดในอดีต

จากทฤษฎีดังกล่าวได้ทำการประมาณค่าการทรุดตัวของโครงสร้างปรับการทรุดตัวที่สะพาน
ข้ามแม่น้ำท่าจีน ต.วัดไร่จิง อ.สามพราน จ.นครปฐม โดยผลของการประมาณการทรุดตัวดังแสดงไว้
ในรูปที่ 3.2.2



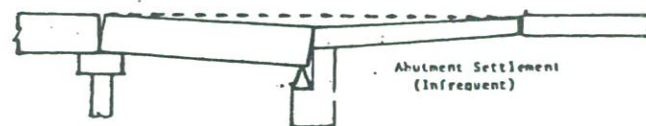
การทรุดตัวของผิวทางที่บริเวณปลายของแผ่นพื้นคอสะพาน



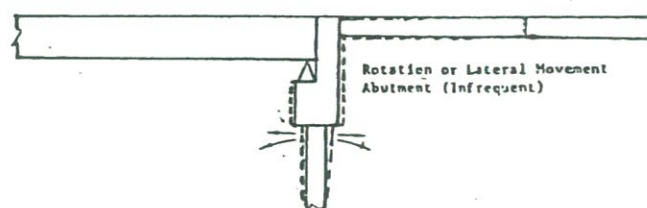
การลอยขึ้นของแผ่นพื้นคอสะพาน เนื่องจากดินเกิด Swelling หรือ Freezing



การทรุดตัวของวัสดุถมใต้ผิวทางแบบ Flexible หรือ
การทรุดของแผ่นพื้นคอสะพานที่ไม่ได้วางบนค่อม่อสะพาน



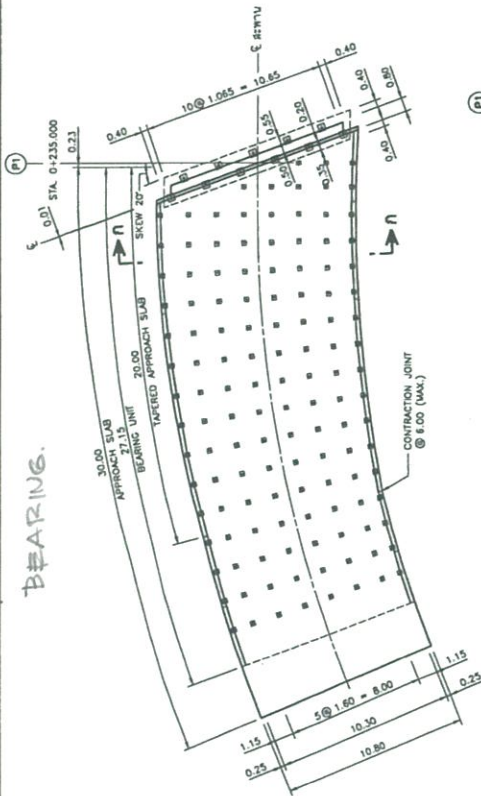
การทรุดตัวของค่อม่อสะพานซึ่งปกติเกิดขึ้นไม่บ่อย



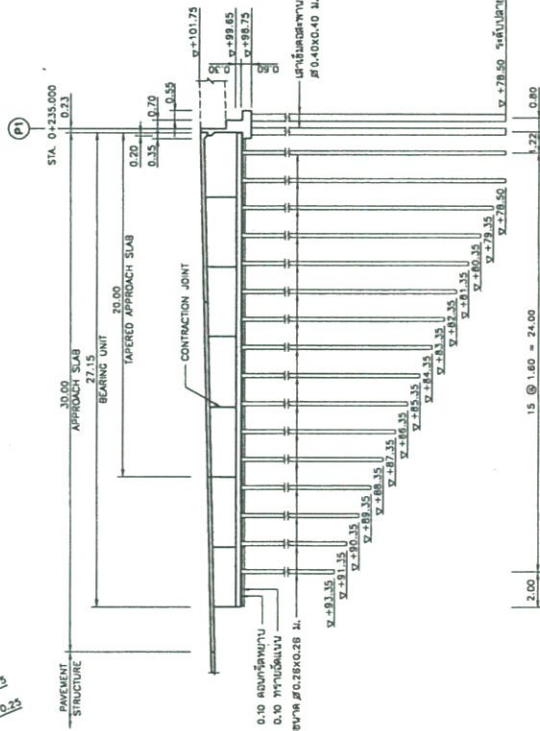
การบิดหรือการเคลื่อนตัวด้านข้างของค่อม่อสะพานซึ่งปกติเกิดขึ้นไม่บ่อย

รูปที่ 3.1.1 ตัวอย่างของปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นกับบริเวณคอสะพาน
(After Highway Research Board , 1969)

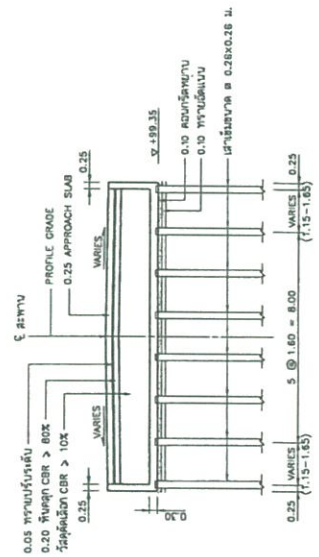
BEARING.



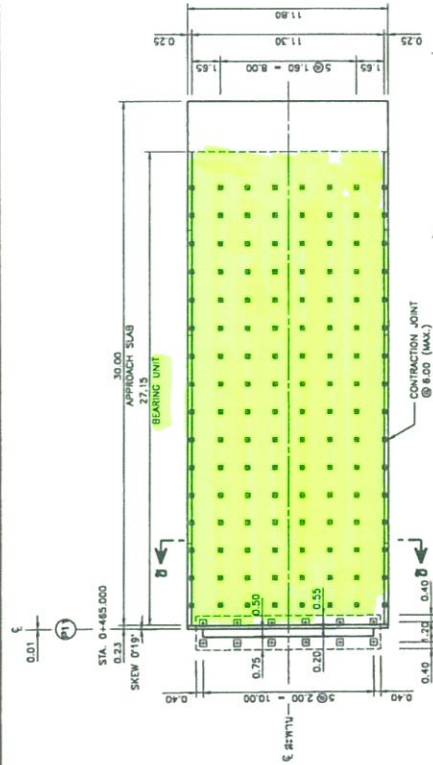
แบบ ล
มาตราส่วน 1 : 150



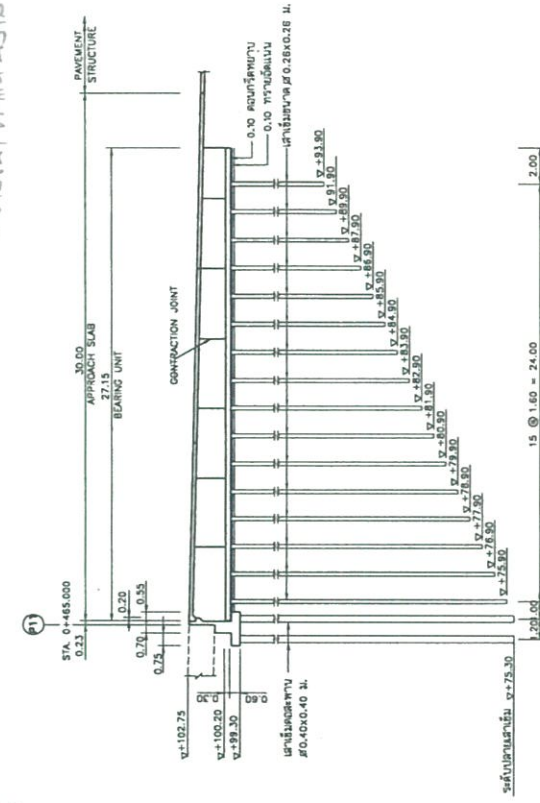
รูปตัดตามยาว
มาตราส่วน 1 : 150



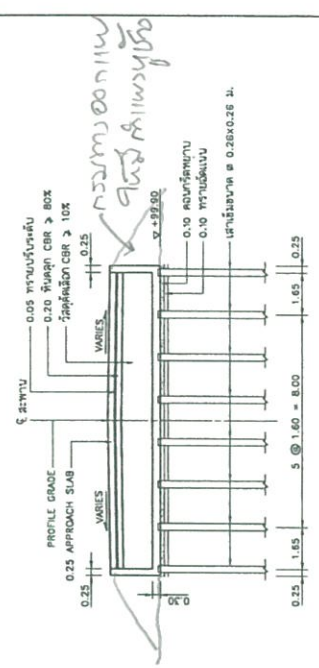
รูปตัด ก-ก
มาตราส่วน 1 : 100



แบบ ล
มาตราส่วน 1 : 150

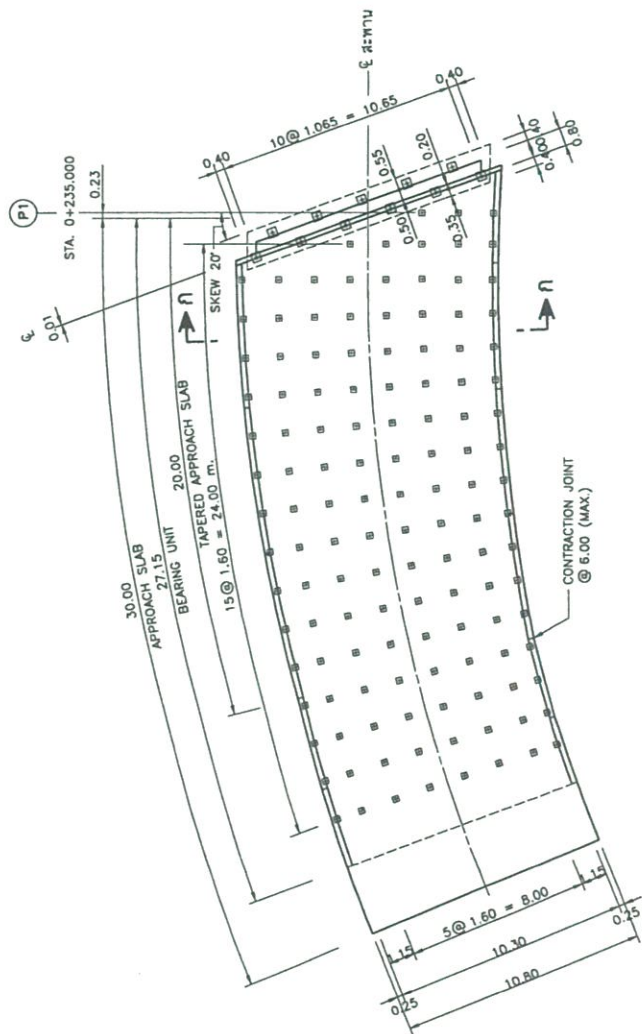


รูปตัดตามยาว
มาตราส่วน 1 : 150

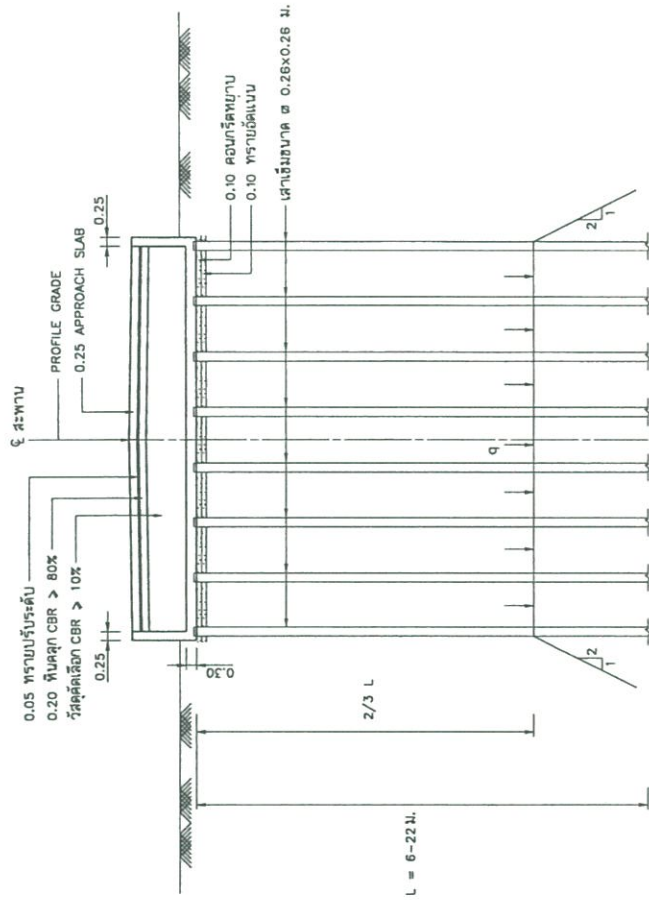


รูปตัด ข-ข
มาตราส่วน 1 : 100

รูปที่ 3.1.2 รูปแบบโครงสร้างบริการทรุดตัว



แปลน ก



รูปตัด ก-ก ข

รูปที่ 3.2.1 แบบแปลน รูปตัดตามขวางของ โครงสร้างปรับปรุงการทรุดตัวและการกระจายแรงลงดิน

ตัวอย่างการคำนวณการทรุดตัวของโครงสร้างรับการทรุดตัว(เข็มแถวที่ 1)

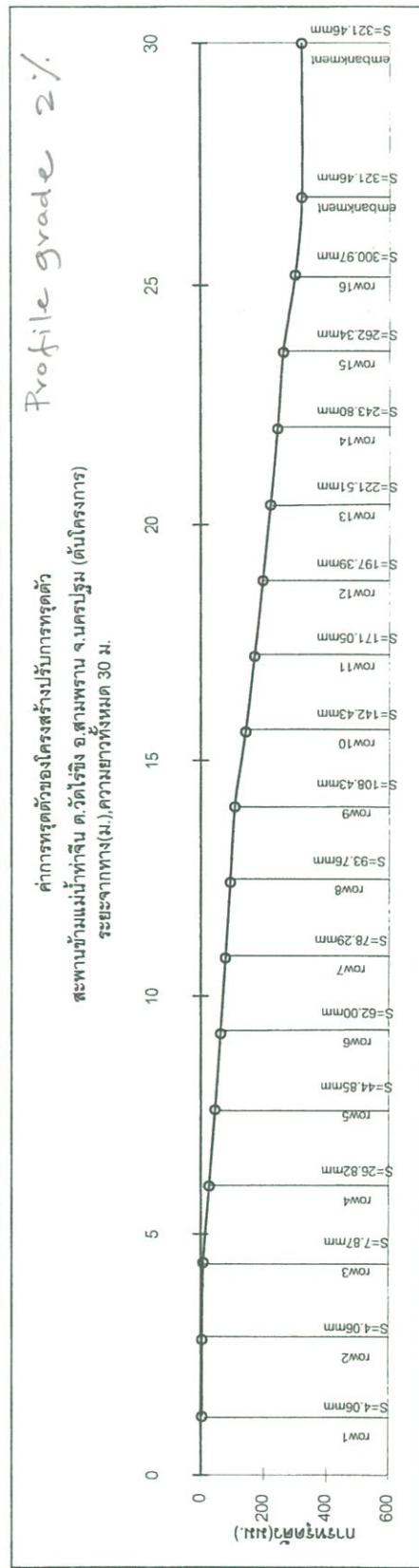
Stress on the surface(q) = 5.90 (ton/m²) (H_{fill} = 2.40 m.) Length of pile, L = 20.85 m.
 Width(B) = 11.74 m. Length of equivalent pile, L_b = 20.85 m.
 Depth of equivalent mat(EQ) = 13.90 m.

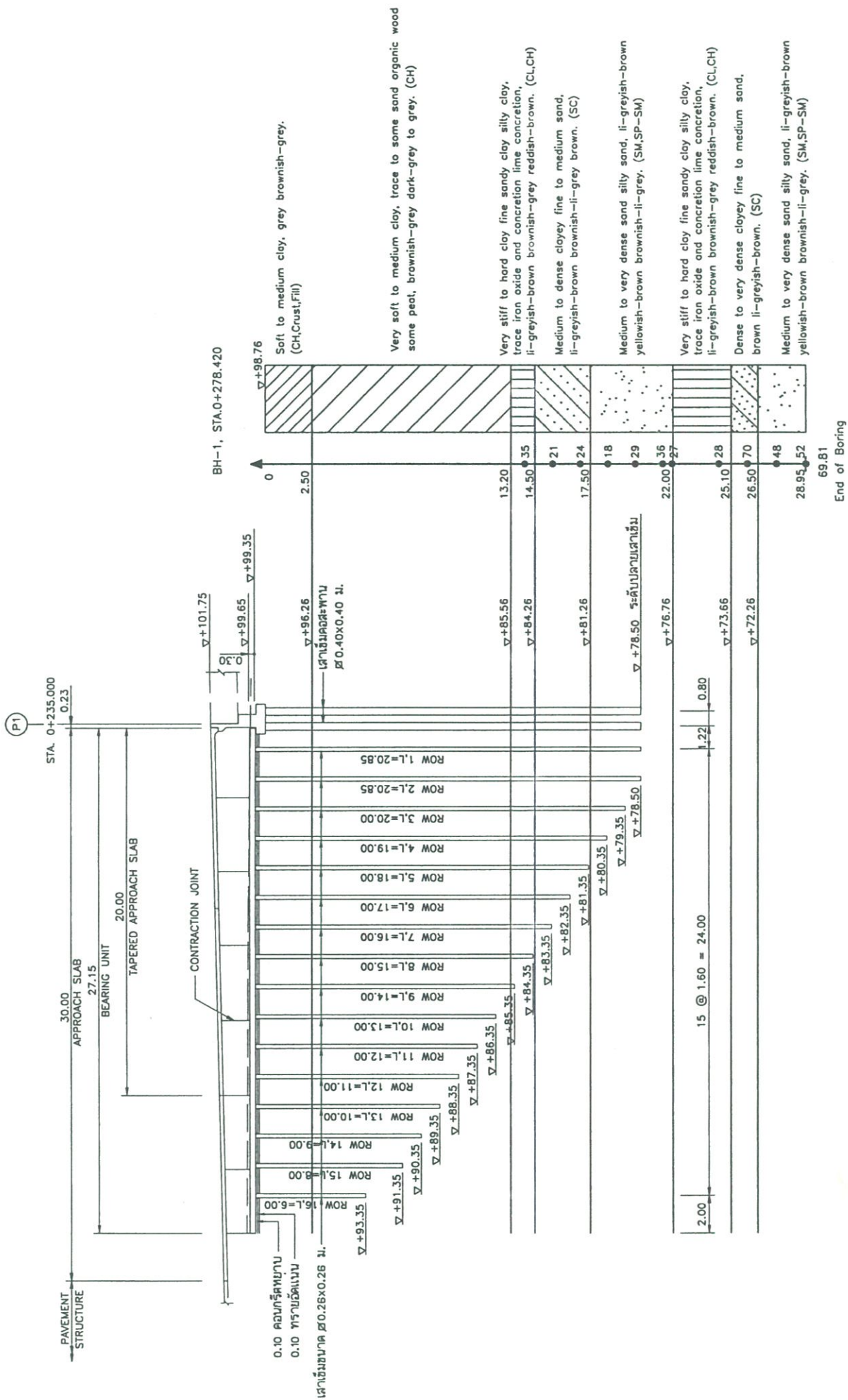
soil layer	from (m)	to (m)	thickness Hi (m)	Zi (m)	water table (m)	unit weight (ton/m ³)	Δp (ton/m ²)	σ _{vo} (ton/m ²) EQ+Zi	σ _{vf} (ton/m ²)	σ _{vm} (ton/m ²)	CR	RR	settlement (mm)
soft clay	0.00	13.38	0.00	0.00	0.00	1.70	0.00	-	0.000	-	0.200	0.040	-
Hard clay	13.38	14.68	0.78	0.39	0.00	2.00	5.71	10.28	15.986	25.690	0.135	0.027	4.06
medium clayey sand	14.68	17.68	3.00	2.28	0.00	2.00	4.94	12.17	17.107	30.415	-	-	0.00
medium sand	17.68	22.18	4.50	6.03	0.00	2.00	3.90	15.92	19.814	39.790	-	-	0.00

Remark

- 1) $Sc = RR * \text{Log}(\sigma_{vf} / \sigma_{vm}) * H$
 - 2) $Sc = [RR * \text{Log}(\sigma_{vm} / \sigma_{vo}) + CR * \text{Log}(\sigma_{vf} / \sigma_{vm})] * H$
 - 3) $Sc = CR * \text{Log}(\sigma_{vf} / \sigma_{vm}) * H$
- For $\sigma_{vo} < \sigma_{vf} < \sigma_{vm}$ (Over Consolidated Clay) total settlement = 4.06 mm
 For $\sigma_{vo} < \sigma_{vm} < \sigma_{vf}$ (Over Consolidated Clay) CR=0.004*W_n, RR=1/5*CR
 For $\sigma_{vo} = \sigma_{vm} < \sigma_{vf}$ (Normal Consolidated Clay) (Tonyagate 1978, Tasneenart 1984, Parentila 1983, สมศักดิ์ 2528)

time of consolidation		soft clay		Hard clay		medium clayey sand	
t	=	Tv*(H/2) ² /Cv two-way Drainage		Cv		Cv	
t	=	time of Consolidation sec.		t		t	
U<60% ,Tv	=	$\pi/4 * U^2$		Tv		Tv	
U>60% ,Tv	=	$-0.933 * \text{Log}(1-U) - 0.0851$		U%		U%	
Cv	=	coef. of Consolidation cm ² /sec		Sc(20yr.)		Sc(20yr.)	
H	=	thickness of layer cm.		=		=	
1 Year	=	31536000 sec.		total settlement at 20 year =		4.06 mm	





รูปที่ 3.2.3 รูปตัดตามยาวของ โครงสร้างการปรับการทรุดตัว และข้อมูลดิน

