บทที่4

ผลการวิจัย

จากการเจาะสำรวจและเก็บตัวอย่าง ก่อนทำการทดลองเราได้แยกตัวอย่างออกเป็น 6กลุ่มด้วยกัน โดยใช้ข้อมูลทางกายภาพ เช่น สี การบี้ดินกับน้ำ การปั้นเพื่อดูความเหนียว โดยแบ่งตามระดับความลึกดังนี้ คือ 0.00-4.00 ม., 4.00-9.00 ม., 9.00-16.30 ม., 16.30-18.00 ม., 18.00-19.20ม. และ 19.20-21.50 ม. นำตัวอย่างในช่วงของความลึกที่แยกไว้มาทำการทดลอง ซึ่งผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก แล้วทำการปรับแก้นำเสนอในช่วงความลึกดังผลการทดลองต่าง ๆ ซึ่งแสดงสรุปใน Boring Log (รูปที่ 4.1)

4.1 Sieve Analysis

1.การคำนวณ

(1) เปอร์เซ็นต์ค้างบนตะแกรง = $\frac{\text{น้ำหนักของดินที่ค้าง}}{\text{น้ำหนักดินทั้งหมด}} \times 100$

(2) เปอร์เซ็นต์ค้างสะสมบนตะแกรง = ผลรวมของเปอร์เซ็นต์ค้างบนตะแกรงที่หยาบกว่า (ช่องเปิดกว้างมากกว่า)

(3) เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงหรือเปอร์เซ็นต์ของดินที่มีขนาดเล็กกว่า

= 100 – เปอร์เซ็นต์ค้างสะสม

รายละเอียดผลการทดลองได้ให้ไว้ในภาคผนวก ก.

4.2 Grain Size Analysis

สามารถคำนวณหาค่าของสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ (Coefficient of Uniformity) ได้ดังนี้

$$C_u = D_\alpha / D_{10}$$

สำหรับค่าของสัมประสิทธิ์ของความโค้ง(Coefficient of Concavity) จะได้ดังนี้

$$C_u = (D_{30})^2 / (D_{10}.D_{60})$$

เมื่อ D_i = ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดดินที่มีเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักมีขนาดเล็กกว่านี้

สำหรับดินที่มีขนาดคละกันดี (Well Graded) นั้น จะมีคุณสมบัติของค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ (Coefficient of Uniformity) และค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้ง (Coefficient of Concavity) ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่4.1 คุณสมบัติของค่าสัมประสิทธิ์ สำหรับดินที่มีขนาดคละกันดี

ชนิด	C_u	C_c
หิน	มากกว่า 4	1-3
ทราย	มากกว่า 6	1-3

สำหรับดินที่ไม่มีขนาดคละกัน (Poorly Graded) จะไม่เป็นดังตาราง ซึ่งจะเป็นประเภท ดินที่มีขนาดเม็ดเดียว (Uniform Graded) และดินที่มีขนาดเม็ดขาดช่วง (Gab Graded) ซึ่งเส้นกราฟที่ได้จะมีความชันมาก และเป็นเส้นระนาบตามลำดับ

4.3 Atterberg's Limit Test

4.3.1 คำนวณค่าจากปริมาณความชื้น (Water Content)

$$W = [(w_1-w_2)/(w_2-w_0)] \times 100\ \%$$

W_0 = น้ำหนักภาชนะบรรจุ

W_1 = น้ำหนักของภาชนะบรรจุบวกกับดินที่มีความชื้น

W_2 = น้ำหนักของภาชนะบรรจุบวกกับดินที่อบแห้งแล้ว

4.3.2 สามารถหาค่า Liquid Limit ได้จากสมการ

$$W_L = W_n (N/25)^{0.121}$$

เมื่อ W_L = Liquid Limit

W_n = ปริมาณความชื้นของดินปริมาณความชื้นของดิน(Water Content) ของดินเมื่อใช้ N Blows

N = จำนวนครั้งที่เคาะ

4.3.3 Liquidity Index

$$I_l = (W_n-W_p)/(W_L-W_p)$$

W_n = ปริมาณความชื้นตามธรรมชาติ

W_p = ปริมาณความชื้นที่ Plastic Limit

W_L = ปริมาณความชื้นที่ Liquidity Limit

4.3.4 Atterberg Indexes

Plasticity Index (I_p) = Liquid limit-Plastic Limit

= (W_L-W_p)

Flow Index. (I_f) = ความชันของ Flow Curve

= $(W_1-W_2)/\log(N_2/N_1)$

เมื่อ W_1 = ความชื้นบน Flow Curve ที่มีค่ามาก

W_2 = ความชื้นบน Flow Curve ที่มีค่าน้อย

N_1 = จำนวนการเคาะ ณ จุดที่ความชื้นบน Flow Curve มีค่ามาก

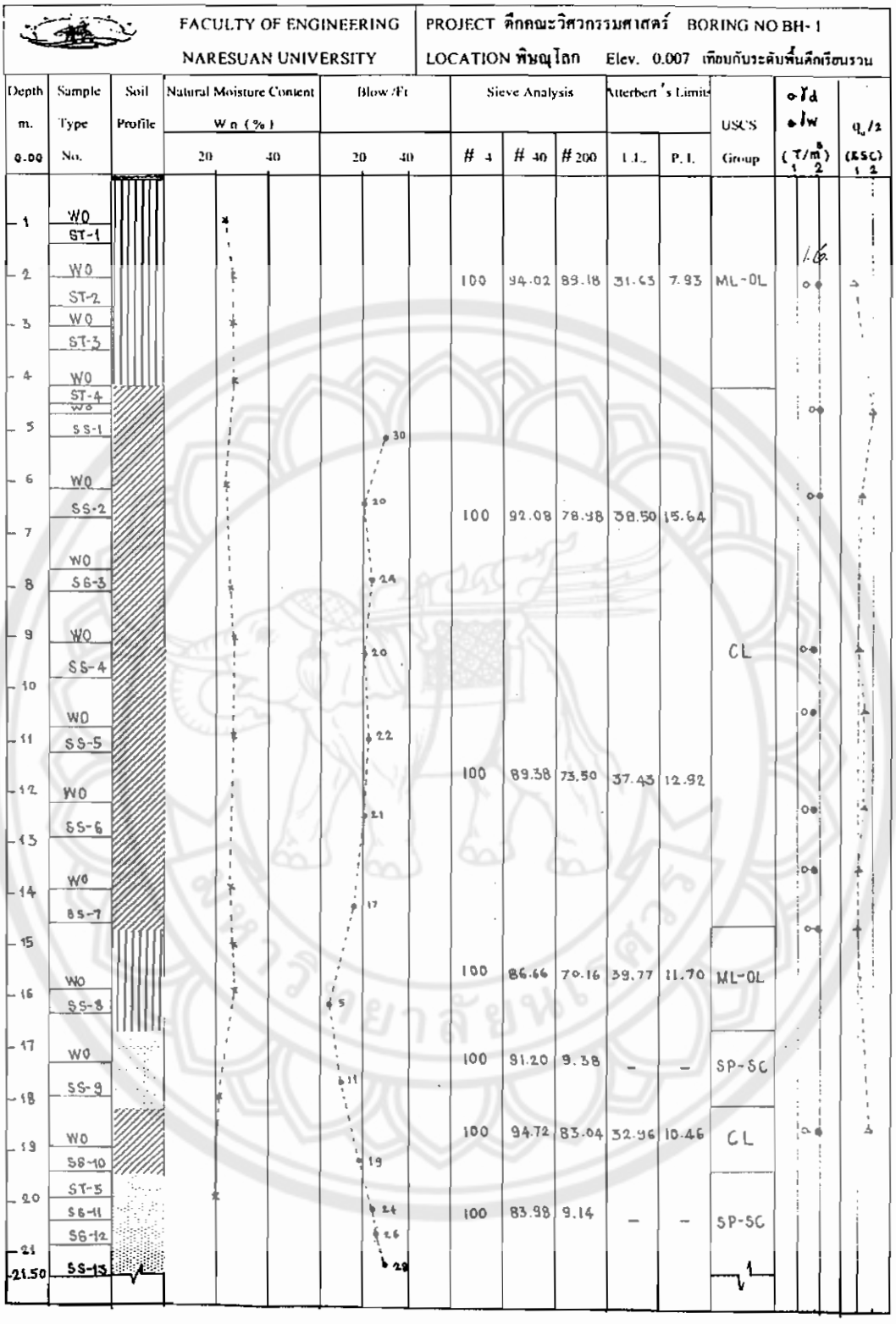
N_2 = จำนวนการเคาะ ณ จุดที่ความชื้นแบบ Flow Curve มีค่าน้อย

Toughness Index = I_t = $\frac{\text{Plasticity Index}}{\text{Flow Index}} = \frac{I_p}{I_f}$

ข้อแนะนำ

ในการหา Liquid Limit และ Plastic Limit นั้นไม่ควรทำดินให้แห้งเพราะจะทำให้เม็ดดินแตกขับตัวเป็นก้อน แล้วทำให้การทดลองผิดพลาด เช่น Liquid Limit ของตัวอย่างดินแห้งนั้น มีค่ามากกว่าตัวอย่างดินที่ไม่แห้ง 20 เปอร์เซ็นต์ ถ้าเป็นดินอบแห้ง จะได้ค่า Liquid Limit น้อยกว่าตัวอย่างดินที่ไม่แห้ง 24 เปอร์เซ็นต์และน้ำที่ใช้ในการหา Atterberg's Limit ต้องเป็นน้ำกลั่นสะอาดเพื่อมิให้มีการเปลี่ยนแปลงของอิออน (Ion) 1 และสำหรับการหาค่าขีดจำกัด (Limit) ควรใช้กับดินที่มีขนาดเล็กกว่า NO. 40

รายละเอียดผลการทดลองได้ให้ไว้ในภาคผนวก ข.



รูปที่ 4.1 แสดงผล Boring log ของการเจาะสำรวจดิน

4.4 Compaction Test

4.4.1 คำนวณ Wet density ของดิน

$$\gamma_w = \frac{\text{Wet Weight}}{\text{Volume of Mold}} \quad lb/ft^3$$

4.4.2 คำนวณ Dry density ของดิน

$$\gamma_d = \frac{W}{V(1+w)} \quad lb/ft^3$$

W = น้ำหนักดิน (Wet Weight ใน Mold)

V = ปริมาตรของ Mold

w = เปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน (Water Content)

4.4.3 หาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้น (Water Content) และ Dry density โดยการนำค่า Dry density มา plot ในแกนตั้งและ Water Content (%) plot ในแกนนอน

4.4.4 หาค่า Optimum moisture content จาก curve ในข้อ 4.4.3

4.4.5 หาค่า Maximum dry density จาก curve ในข้อ 4.4.3

รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ค.

4.5 Unconfined Compression Test

4.5.1 คำนวณพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน

$$Ao = \frac{At+2Am+Ab}{4}$$

Ao = พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยเริ่มต้น

At = พื้นที่หน้าตัดด้านบนของตัวอย่าง

Am = พื้นที่หน้าตัดตรงกลางของตัวอย่าง

Ab = พื้นที่หน้าตัดล่างของตัวอย่าง

4.5.2 คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนไประหว่างการทดสอบ

$$Ac = \frac{Ao}{(1-\varepsilon)}$$

เมื่อ Ac = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างขณะที่มีการหดตัวเท่ากับ ΔL

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{Lo}$$

Lo = ความยาวเดิมหรือความยาวเริ่มต้นของตัวอย่าง

4.5.3 คำนวณหาแรงกดบนตัวอย่าง

$$\sigma v = \frac{P.K}{Ac}$$

เมื่อ P = ค่าที่อ่านได้จากวงแหวนวัดแรง (Proving Ring)

K = ค่าคงที่ของวงแหวนวัดแรง (Proving Ring Constant)

σv = หน่วยแรงกดบนตัวอย่างในแนวดิ่ง

4.5.4 อ่านค่าสูงสุดของหน่วยแรงกด σv max คำนวณหาค่า Cohesion

$$C = \frac{\sigma v \text{ max}}{2} = \frac{qu}{2}$$

qu = Unconfined Compressive Strength

4.5.5.คำนวณหาค่าความไวตัวของดิน (Sensitivity)

จากสมการ

$$\text{ค่าความไวตัวของดิน (Sensitivity)} = \frac{\text{UCS(คงสภาพ)}}{\text{UCS (เปลี่ยนสภาพ)}}$$

ถ้าค่าความไวตัวของดินมีค่ามากแสดงว่าจะมีความไวต่อการเปลี่ยนสภาพหรือการกระทบกระเทือนซึ่งทำให้กำลังของดินลดลงอย่างมาก

สำหรับค่าความไวตัวของดินจะแสดงในตารางค่าความไวตัวของดิน

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความไวตัวของดิน

ลักษณะของความไวตัว	ค่าความไวตัวของดิน (Sensitivity)
ปรกติ (Normally)	<4
ไวตัว (Sensitive)	4-8
ไวตัวเป็นพิเศษ (Extra-Sensitive)	>8

4.5.6 คำนวณหา Unit Weight

$$\gamma_{wet} = \frac{\text{มวลของดินตัวอย่างที่เปียก}}{\text{ปริมาตรของดินตัวอย่าง}}$$

$$\gamma_{dry} = \frac{\text{มวลของดินตัวอย่างที่อบแล้ว}}{\text{ปริมาตรของดินตัวอย่าง}}$$

4.5.7 คำนวณค่าปริมาณความชื้น (Water Content)

$$W = \frac{(m_1-m_2)}{m_2} \times 100\ \%$$

m_1 = มวลของตัวอย่างก่อนอบ (เปียก)

m_2 = มวลของตัวอย่างหลังอบ

รายละเอียดผลการทดลองได้ให้ไว้ในภาคผนวก ง.

4.6 Consolidation test

อัตราความเร็วในการทรุดตัว (Rate of Settlement) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่จะต้องทราบค่าอัตราความเร็วในการทรุดตัวนั้น ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสิ่งเหล่านี้

ก. มวลดินมีความชุ่มน้ำมากน้อยเพียงใด (Degree of Saturation)

ข. ความสามารถของดินที่ให้น้ำซึมผ่านได้ดีเพียงใด (Coefficient of Permeability)

ค. ระยะทางที่น้ำต้องซึมผ่าน (Drainage Path) ไปสู่จุดสมดุล

4.6.1คุณสมบัติการทรุดตัว

คุณสมบัติการทรุดตัวที่ต้องการหามีอยู่ 2 ค่า คือ

(1) ปริมาตรการทรุดตัวสูงสุด (Total Settlement)

$$S_C = \frac{C_C}{1+e_o} H \log \frac{(P_o+\Delta P)}{P_o}$$

เมื่อ C_C = ดัชนีการทรุดตัว

e_o = Initial Void Ratio

P_o = Effective Overburden Pressure

ΔP = External Pressure

H = ความหนาของชั้นดิน

(2) อัตราความเร็วในการทรุดตัว

จาก Terzaghi's Consolidation Theory ซึ่งทำการวิเคราะห์ทางเชิงคณิตศาสตร์ออกมาแล้ว จะได้ดัชนีค่าหนึ่งซึ่งบ่งถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับการทรุดตัว เราเรียกว่า "Coefficient of Consolidation, Cv"

$$C_v = \frac{TH_d^2}{t}$$

เมื่อ T = Time Factor เป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์การอัดตัวคายน้ำ(Percentage of Consolidation) และลักษณะของ Initial Excess Pore Pressure

t = เวลาในการเกิดเปอร์เซ็นต์ของการอัดตัวคายน้ำ (Percentage of Consolidation) ต่าง ๆ

H_d = ระยะทางที่ไกลที่สุดที่น้ำในมวลดินจะต้องไหลออกมาสู่ขุดสมดุล

(3) คำนวณ Consolidation Pressure

$$P = \frac{W.K}{A}$$

เมื่อ P = Consolidation Pressure

W = น้ำหนักที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนัก

K = ค่าคงที่ของระบบคาน ขึ้นอยู่กับเครื่องมือ

A = พื้นที่รับน้ำหนักของดินตัวอย่าง

(4) คำนวณ Void Ratio

Initial Void Ratio

$$e_0 = \frac{H_T - H_S}{H_S}$$

H_T = ความสูงของดินตัวอย่าง

H_S = ความสูงของเนื้อดิน (Height of Solid)

$$= \frac{W_i}{(1-w_i)G\gamma_w}$$

W_i = Initial Weight of Soil

w_i = Average Initial Weight of Soil

G = Specific Gravity of Soil

γ_w = Unit Wt. Of Water

$$e_i = e_0 - \frac{\sum(\Delta V)}{H_s}$$

e_i = อัตราส่วนช่องว่างที่ความดันใด ๆ

$\sum(\Delta V)$ = การทรุดตัวสะสมที่ความดันใด ๆ

H_s = ความสูงของเนื้อดิน

(6) คำนวณหาค่า C_c จากกราฟ e-log P Curve

$$C_c = \frac{-\Delta e}{\Delta \log P}$$

Δe = ผลต่างของอัตราส่วนของช่องว่าง

$\Delta \log P$ = ผลต่างของ Consolidation Pressure

รายละเอียดผลการทดลองได้ให้ไว้ในภาคผนวก จ.