รายการคำนวณ SHEET PILE

สำหรับการก่อสร้างฐานราก ถังเก็บน้ำ และถังบำบัด ค.ส.ล.ใต้ดิน

โครงการ เดอะเดค

ป่าตอง ภูเก็ต

เอกสารอ้างอิง

1. ปฐพีกลศาสตร์และวิศวกรรมฐานราก แต่งโดย ศ. ดร. ชัย มุกตพันธุ์ และ นายคาโซโตะ นาคาซาวา
2. Foundation analysis and Design แต่งโดย Joseph E. Bowles , 4 th Edition
3. Foundation Engineering and Tunelling แต่งโดย ดร. บุญเทพ นาเนกรังสรรค์
4. การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง งานฐานราก และงานก่อสร้างใต้ดิน จัดโดย คณะกรรมการวิชาการ สาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย เมื่อวันที่ 26 – 27 กุมภาพันธ์ 2534
5. การสัมมนาทางวิชาการเรื่องการออกแบบและก่อสร้าง Sheet Pile จัดโดย คณะกรรมการวิชาการ สาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย เมื่อวันที่ 26 – 27 พฤศจิกายน 2530
6. มาตรฐาน ว.ส.ท. 1003 – 18 มาตรฐานสำหรับอาคารเหล็กรูปพรรณ ฉบับเดือน ธันวาคม 2518

โดย

นายสุภา สมสวัสดิ์ วย. 552

นายประสิทธิ์ สูงสว่าง สย. 3263

วิธีการก่อสร้างฐานราก ถังเก็บน้ำใต้ดิน และถังบำบัดน้ำเสียใต้ดิน

โครงการ เดอะเดค ป่าตอง ภูเก็ต

สำหรับโครงการดังกล่าว วิธีการก่อสร้างฐานราก ถังเก็บน้ำใต้ดิน และถังบำบัดน้ำเสียใต้ดิน สามารถแบ่งออกได้ทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การปัก Sheet Pile เพื่อทำเป็นผนังกันดินชั่วคราว

จำเป็นต้องใช้ Sheet Pile เพื่อทำเป็นผนังกันดินชั่วคราวเพื่อป้องกันการพังทลายของดินระหว่างการขุด โดยแนวหรือขอบเขตของ Sheet Pile ควรอยู่ห่างจากผนังด้านนอกอย่างน้อย 1.0 ม. เพื่อความสะดวกสำหรับการถอน Sheet Pile ในภายหลัง

การปัก Sheet Pile อาจต้องทำการขุดร่องตื้น ๆ หากพบว่าหน้าดินมีความแข็งพอสมควร เพื่อสะดวกในการควบคุมทิศทางในการปัก หรืออาจใช้ H – Beam เข้าช่วย เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์เดียวกัน

2. การขุดดินและงานค้ำยันชั่วคราว

หลังจากที่งานปัก Sheet Pile เสร็จสิ้น การขุดนำดินออกเป็นขั้นตอนถัดไปที่มีความสำคัญมากที่สุดของการทำงาน เนื่องจากขั้นตอนนี้จะมีความเสี่ยงของการเลื่อนไหลของดินจากภายนอก หากในระหว่างการทำงานขาดความระมัดระวังและเข้าใจในระบบการทำงาน

ผู้รับเหมาสามารถขุดดินออกจนถึงความลึกที่วิกฤต นั่นคือ หากต้องากรขุดดินลึกกว่านี้ จำเป็นต้องทำค้ำยันชั่วคราวก่อน เพื่อลดการเคลื่อนตัวตามแนวราบของ Sheet Pile

อนึ่ง เนื่องจากปัญหาน้ำใต้ดินมีระดับค่อนข้างสูง ผู้รับเหมาจึงควรเตรียมจัดหาปั๊มน้ำเพื่อลดอุปสรรคในระหว่างการทำงาน

3. การก่อสร้างฐานราก ถังเก็บน้ำใต้ดิน และถังบำบัดน้ำเสียใต้ดิน

ภายหลังการขุดดินออกจากพื้นที่ตามที่ต้องการ และมีการค้ำยันชั่วคราวเป็นที่เรียบร้อย สามารถเริ่มการก่อสร้างฐานราก และพื้นถังเก็บน้ำ และถังบำบัดน้ำเสีย ค.ส.ล.ใต้ดิน การออกแบบพื้นถัง ค.ส.ล.ใต้ดิน ควรคำนึงถึงการคงรูปของพื้น และใช้เสาเข็มช่วยในการรับแรงดึงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการบวมตัวของดิน และแรงดันน้ำใต้ดิน รวมถึงพฤติกรรมของพื้นซึ่งเปรียบเสมือนค้ำยันถาวร เพื่อค้ำยันกำแพงกันดินภายหลังจากการถอดค้ำยันชั่วคราวออก

4. การก่อสร้างกำแพงกันดินถาวร

ภายหลังจาการก่อสร้างฐานรากและพื้นถัง ค.ส.ล.ใต้ดินแล้วเสร็จ สามารถเริ่มการก่อสร้างกำแพงกันดินถาวร ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีระยะของผนังด้านนอกห่างจากแนว Sheet Pile ประมาณ 1.0 เมตร เพื่อให้สะดวกในการติดตั้งแบบและลดความเสี่ยงของแรงสั่นสะเทือนจากการถอน Sheet Pile ที่จะเข้าสู่กำแพง

5. การถอน Sheet Pile

เมื่อการก่อสร้างถัง ค.ส.ล. ใต้ดินแล้วเสร็จสามารถถอน Sheet Pile ที่ใช้เป็นกำแพงกันดินชั่วคราวออกได้ โดยพิจารณาถึงความสมบูรณ์ของพื้นคอนกรีตของถัง ค.ส.ล.ใต้ดินที่ใช้เป็นส่วนค้ำยันถาวรว่ามีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักดินด้านข้างได้ ก่อนทำการถอน Sheet Pile ควรถมช่องว่างระหว่างกำแพงกันดินถาวรกับ Sheet Pile ด้วยทรายเปียก เพื่อป้องกันการไหลตัวของดินข้างเคียง ซึ่งอาจเกิดการเคลื่อนตัวในระหว่างการถอน Sheet Pile ได้

JN	DATE		
PROJECT	CAL	CH	PAGE

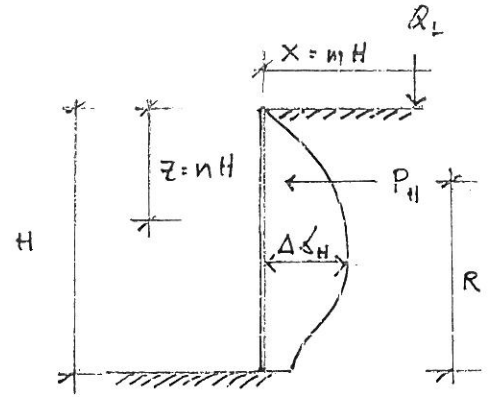
Design Condition.

1. Lateral Forces

- Uniform Loading ; Load of embankment = 0 t/m^2

- Line Loading

Surcharge = 26 t.



ระยะจากจุดที่รับแรงถึง sheet pile

ความลึก = 2.0 m.

ความยาวของกองดิน = 4.60 m.

X = 2.0 m.

$m = \frac{2.0}{4.60} = 0.43 > 0.$

$\Delta\delta_H (H/Q_L) = 1.28 m^2n/(m^2+n^2)^2$

$Q_L = 26$ t.

$H/Q_L = 0.18$

Z = 1.0 m ;	n = 0.217 ;	$\Delta\delta_H$	= 1.474 t/m^2
Z = 2.0 m ;	n = 0.435 ;	$\Delta\delta_H$	= 2.130 t/m^2
Z = 3.0 m ;	n = 0.652 ;	$\Delta\delta_H$	= 2.045 t/m^2
Z = 4.0 m ;	n = 0.870 ;	$\Delta\delta_H$	= 1.664 t/m^2
Z = 5.0 m ;	n = 1.087 ;	$\Delta\delta_H$	= 0.945 t/m^2

Resultant $P_H = 0.64 Q_L/(m^2+1)$

= 8.24 t.

Average = 1.62 t/m^2

2. Type of Sheet Pile

use U-Type steel sheet pile Type III

JN:	DATE:			
PROJECT: S5		CAL:	CH:	PAGE:

3. Basal Heave Checking.

(ใช้สูตรของ NAVFAC DM-7 (1974)

Safety Factor, $SF = \frac{N_c C}{\gamma_T H + q} \geq 1.5$

N_c = Bearing capacity factor

B = Width of the excavation = 28 m.

L = Length of the excavation = 110 m.

H = Depth of the excavation = 4.6 m.

$H/B = 0.164$

$B/L = 0.25$

$N_c = 6$

C = Undrain shear strength of clay in failure zone

average $C = 1.94$ t/m²

surcharge load $q = 1.62$ t/m²

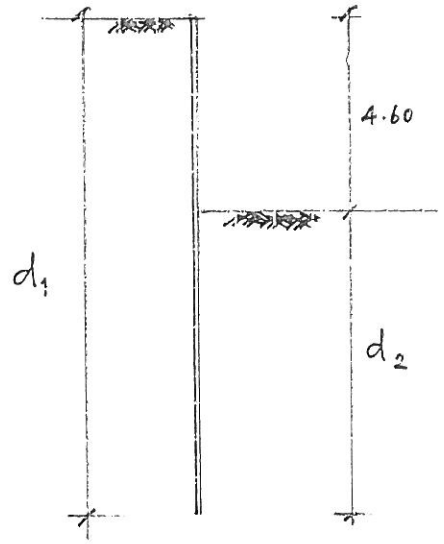
γ_T = Total unit weight of soil = 1.75 t/m³

$\therefore SF = \frac{6 \times 1.94}{1.75 \times 4.6 + 1.62} = 0.42 < 1.5$

ดังนั้น จำเป็นต้องใช้ sheet pile ยึดกันดินเพื่อป้องกันการพังทลาย

JN:	DATE:		
PROJECT:	CAL:	CH:	PAGE:

3. Checking for Balance Depth.



3.1 By Empirical Formula

สำหรับ row sheet pile ที่ลงลึก

$$d_2 \geq \frac{H}{2}\left(\frac{SF}{r'} - 1\right)$$

$w_{av.}$ = 59.3 %.

Sp. Gr., G = 2.7

Void ratio, $e = wG/100$

$= 1.6$

$r_{sub.} = r' = 0.65$

และ SF = 2

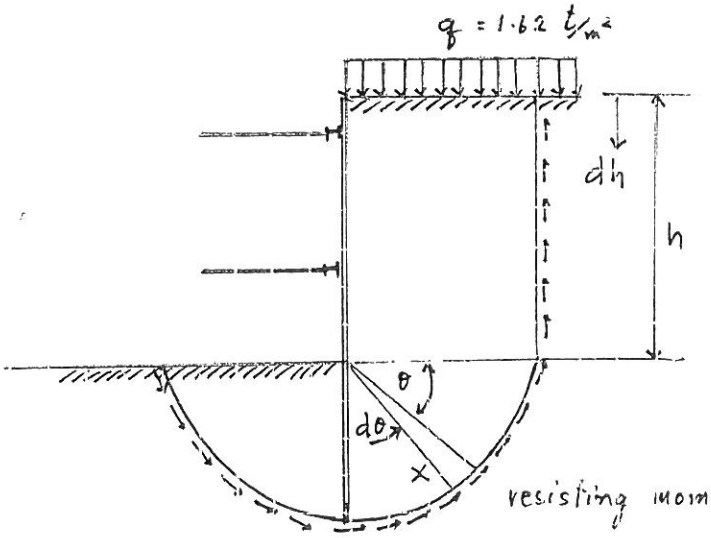
$$d_2 = \frac{4.6}{2}\left(\frac{2}{0.65} - 1\right)$$

$= 4.8$ m.

$d_1 = 4.6 + 4.8 = 9.4$ m.

∴ ปลาย sheet pile ลึก = 14.0 m.

3.2 Balance Depth by Mohr's Circle.



JN	DATE:			
PROJECT		CAL:	CH:	PAGE:

Assume M_r = resisting moment.

x = critical depth of Mohr's circle

h = depth of brace cut

$C(z)$ = cohesion at depth z

r = unit weight of soil

q = surcharge load.

Try d_i = 14.0 m.

$C(z)$ average from depth 0 - 4.6 m (soft to medium clay) = 2.07 t/m²

$C(z)$ average from depth 4.60 - 14.0 (soft to stiff clay) = 2.31 t/m²

$$M_r = 2.31x^2/2 + (2.07x)4.6$$

$$= 7.25x^2 + 10.54x$$

Acting moment due to surcharge load and weight of soil

M_a = Acting moment

= moment due to surcharge load and weight of so

$$= \frac{1}{2}(rh + q)x^2$$

$$= \frac{1}{2}(1.75 \times 4.6 + 1.62)x^2$$

$$= 4.84x^2$$

ถ้าให้ x = 14 - 4.6 = 9.4 m.

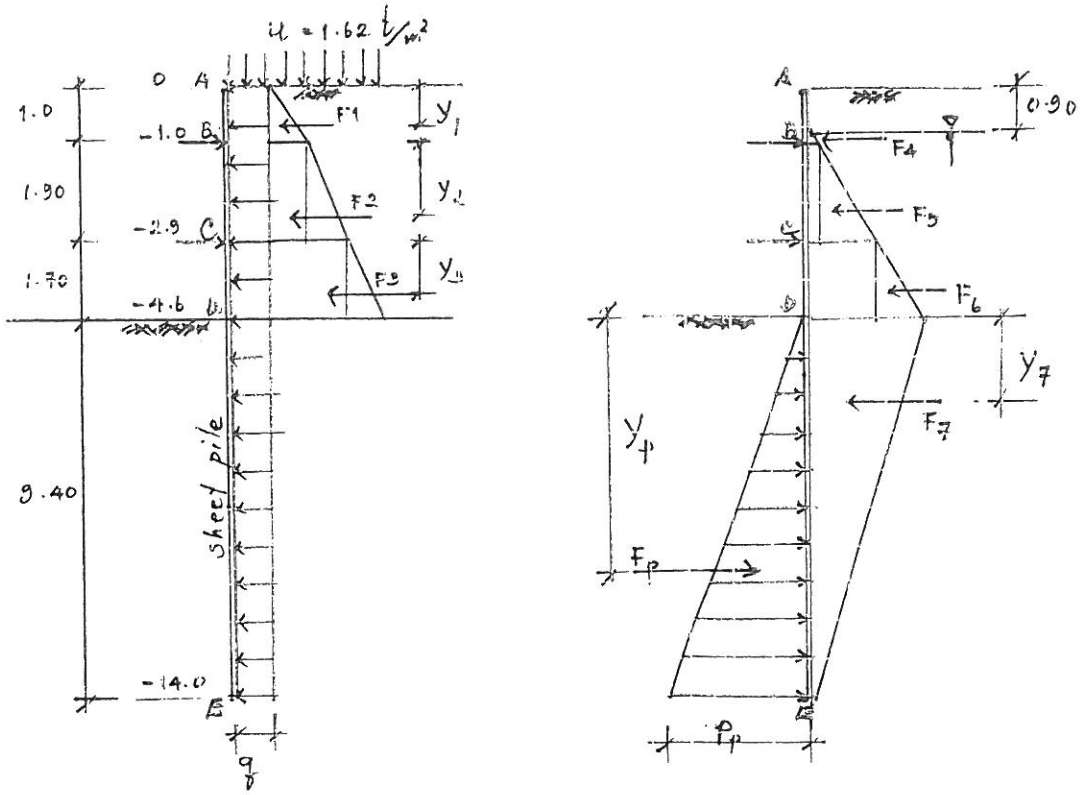
$M_r = 7.25 \times 9.4^2 + 10.54 \times 9.4 = 740$ t-m.

$M_a = 4.84 \times 9.4^2 = 427.7$ t-m.

$$S.F = \frac{M_r}{M_a} = \frac{740}{427.7} = 1.73 > 1.5 \quad \text{ok}$$

JN:	DATE:		
PROJECT	CAL:	CH:	PAGE:

4. ค่าแรงกระทำ External Forces.



Force Diagram.

ระดับด้านบนของชั้นที่ 1 = 1.0 m. (AB)

ระยะจากด้านบนของชั้นที่ 1 - 2 = 1.90 m. (BC)

ระยะจากด้านบนของชั้นที่ 2 - ระดับน้ำลอด = 1.70 m. (CD)

ระยะจากระดับน้ำลอดถึงปลายของ sheet pile = 9.40 m. (DE)

ความยาวของ sheet pile = 14.0 m. (AE)

4.1 Surcharge load.

surcharge load = 1.62 t/m²

4.2 Lateral earth pressure

$$p = krH$$

k = coeficient = 0.5 - 0.8 ; use k max. = 0.8

r = unit weight of soil

H = depth in m.

ประสิทธิ์

JN:	DATE		
PROJECT	CAL:	CH	PAGE:

จุด B (ความลึก -1.0 m)

p_1 = 0.8 × 0.83 × 1 = 0.66 t/m²

F_1 = $\frac{1}{2}$ (AB) p_1 = 0.33 t/m

y = 0.67 m. จากจุด A.

จุด C (ความลึก - 2.90 m.)

p_2 = additional earth pressure ที่จุด C

= 0.8 × 0.70 × BC = 1.1 t/m²

F_2 = $\frac{1}{2}$ × (BC) p_2 = 1.0 t/m

y_2 = 1.27 m. จากจุด B

จุด D (ความลึก -4.60 m.)

p_3 = additional earth pressure ที่จุด D

= 0.8 × 0.63 × DC = 0.86 t/m²

F_3 = $\frac{1}{2}$ (DC) p_3 = 0.73 t/m

y_3 = 1.13 m. จากจุด C

4.3 Water Pressure.

p_w = γH

จุด B (ความลึก -1.0m) p_4 = 0.1 × 1 = 0.1 t/m²

F_4 = $\frac{1}{2}$ × 0.1² = 0.005 t/m.

y_4 = 0.067 m.

จุด C (ความลึก -2.90 m.)

p_5 = additional water pressure ที่จุด C

p_5 = 1 × BC = 1.9 t/m²

F_5 = $\frac{1}{2}$ × BC × 1.9 = 1.81 t/m.

y_5 = 1.27 m จากจุด B.

JN	DATE:		
PROJECT	CAL:	CH:	PAGE:

จุด D (ความลึก - 1.60 m.)

p_6 = additional water pressure จุด D.

$p_6 = 1 \times CD = 1.7\ t/m^2$

$F_6 = \frac{1}{2} \times CD \times 1.7 = 1.445\ t/m$

$y_6 = 1.13$ m. จาก C.

จุด E (ความลึก -14.1 m.)

ความยาว sheet pile ที่จมดิน = 9.40 m.

water pressure ที่จุด D = 3.7 t/m^2

$F_7 = \frac{1}{2} \times 3.7 \times 9.40 = 17.39\ t/m$

$y_7 = \frac{9.4}{3} = 3.13$ จาก D

JN:	DATE:			
PROJECT:		CAL:	CH:	PAGE:

4 Passive Earth Pressure

$$P_p = r h \tan^2(45+\tfrac{\phi}{2}) + 2c\tan(45+\tfrac{\phi}{2})$$

P_p : passive earth pressure

r : unit weight of soil = 0.75 t/m³

h = 9.4 m.

ϕ : angle of internal friction = 0°

C : cohesion = $S_u = q_u/2$ = 1.98 t/m²

P_p = 11.01 t/m²

$F_p = \frac{1}{2} \times 11.01 \times 9.4$ = 51.75 t/m

y_p = 6.27 จากจุด D.

5. Forces calculation at each points.

5.1 จุด B.

$$R_B = q(AB+BC) + (P_1+P_2)BC + F_1 + F_2 + F_4 + F_5$$

= 9.28 t/m

5.2. จุด C

$$R_C = q(CD) + (P_1+P_2+P_4+P_5)CD + F_3 + F_6$$

= 15.80 t/m.

5.3. แรงเสียดทานของ sheet pile ด้านขวา (DE)

F_p = 51.75 t/m.

F_7 = 17.39 t/m.

take moment รอบจุด D.

M_r : resisting moment = $F_p \times y_p$

= 51.75 × 6.27 = 324.5 t-m/m.

M_a : acting moment = $q(DE)^2/2 + F_7 \times y_7$

= 111.7 t-m/m.

ปลอดภัย.

JN:	DATE:		
PROJECT:	CAL:	CH:	PAGE:

$$S.F = \frac{M_r}{M_a} = \frac{324.5}{111.7} = 2.95 \quad ok.$$

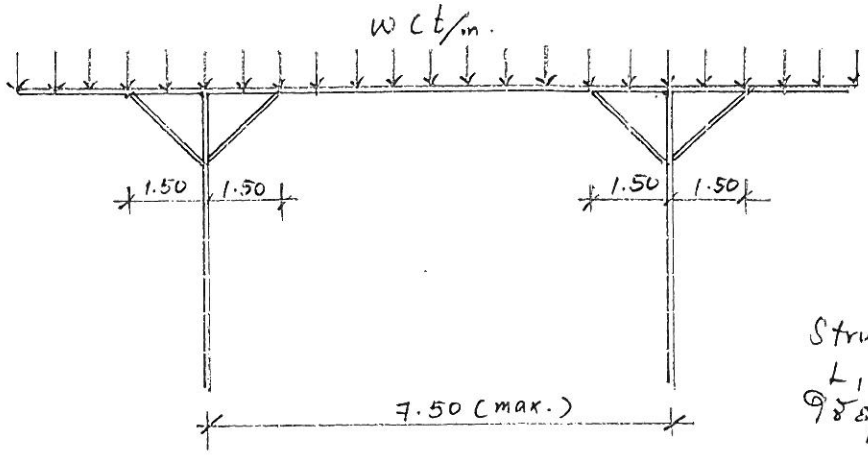
∴ sheet pile สามารถอยู่ได้โดยมั่นคงปลอดภัย.

b. ออกแบบโครงเหล็กค้ำยัน.

Walers.

แรงกระทำจุด B $= R_B = 9.28$ t/m.

แรงกระทำจุด C $= R_C = 15.80$ t/m.



Strut span = 7.50
$L_1 : L_2$ = 1.50 m.
ใช้ span = 7-5-3
= 4.50 m.

ค่าโมเมนต์ที่ระดับ -1.0 m. (จุด B)

$$M^{\pm}_{max.} = \frac{1}{10} wl^2 = \frac{1}{10} \times 9.28 \times 4.5^2 = 18.8 \text{ t-m.}$$

$$S_x = \frac{18800 \times 100}{0.6 \times 2400 \times 1.33} = 982 \text{ cm}^3$$

เนื่องจากใช้เป็นโครงสร้างชั่วคราวให้เพิ่ม stress ขึ้น 33%

เลือกใช้ H-350×350 -137.0 kg/m (S_x = 2,300 cm³) ok

ค่าโมเมนต์ที่ระดับ -2.90 m. (จุด C)

$$M^{\pm}_{max.} = \frac{1}{10} \times wl^2 = \frac{1}{10} \times 15.80 \times 4.5^2 = 32 \text{ t-m}$$

$$S_x = \frac{32000 \times 100}{0.6 \times 2400 \times 1.33} = 1671 \text{ cm}^3$$

เลือกใช้ H-350×350 - 137 kg/m (S_x = 2,300 cm³) ok.

ปรับปรุง.

JN:	DATE:			
PROJECT:		CAL:	CH	PAGE:

Check shear ของ Wales.

ที่ระดับ -1.0 m. shear force $= 9.28 \times \frac{4.5}{2} \times 1000 = 20{,}880$ kg.

$f_v = \frac{20{,}880}{35 \times 1.2 \times 0.85} = 585$ ksc. ok

$f_a = 0.4 \times 2400 \times 1.33 = 1{,}277$ ksc.

ที่ระดับ -2.90 m. shear force $= 15.80 \times \frac{4.5}{2} \times 1000 = 35{,}550$ kg

$f_v = \frac{35{,}550}{35 \times 1.2 \times 0.85} = 996$ ksc. ok

Struts. ค่าระยะห่างระหว่าง strut ≤ 7.50 m.

แรงที่กระทำที่ระดับ -1.0 m.

แรงจากแรงดันดิน $= 9.28 \times 7.50 \times 1000 = 69{,}600$ kg

น้ำหนักจากโครงสร้างและตัวอาคารโดยประมาณ $= 15{,}000$ kg

รวม $= 84{,}600$ kg.

แรงที่กระทำที่ระดับ -2.90 m.

แรงจากแรงดันดิน $= 15.80 \times 7.5 \times 1000 = 118{,}500$ kg

น้ำหนักจากโครงสร้างและตัวอาคารโดยประมาณ $= 15000$ kg

รวม $= 133500$ kg

เลือกใช้ H-350x350 - 137 kg/m. ; area $= 174.5$ cm^2 ; $r = 8.84$ cm.

$\frac{L}{r} = \frac{750}{8.84} = 85$

$\sigma_a = 1040$ ksc เพิ่ม stress 33% $\Rightarrow 1383$ ksc.

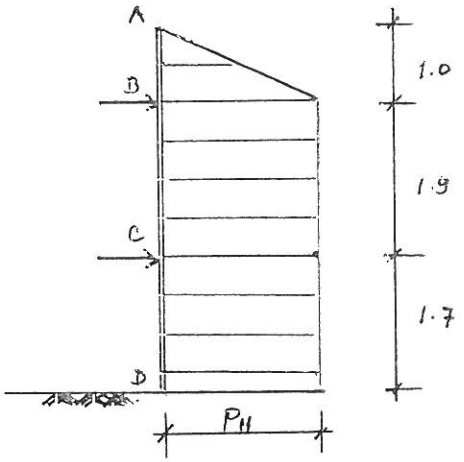
$P_a = 174.5 \times 1383 = 241{,}360$ kg $>$ แรงกระทำ ok

$\therefore$ เลือกใช้ H-350x350 - 137 kg/m. สำหรับ strut.

วงศ์ชัย.

JN	DATE		
PROJECT	CAL	CH	PAGE:

Sheet Pile. ออกแบบ sheet pile



ค่า moment ที่จุด C $= \frac{1}{10}(q + P_1 + P_2 + P_4 + P_5) \times BC^2 + F_3 y_3 + F_6 y_6$

$= 8.4$ t-m.

$S_x = \frac{8400 \times 100}{0.6 \times 2400} = 583$ cm³

เลือกใช้ sheet pile U-Type Type NKSP-III(L) ขนาด 400x125x13 mm.

เนื่องจาก sheet pile แต่ละแผ่นที่ใช้เชื่อมกัน ดังนั้น S_x ต่อ 50% $= \frac{1340}{2} = 670$ cm³

ตรวจสอบ Sheet Pile โดยวิธีของ Terzaghi & Peck's

$P_H = \gamma H + q - 4C_{ave.}$

P_H = active earch pressure

$= 1.75 \times 4.6 + 1.62 - 4 \times 2.07$

$= 4.76$ t/m²

วิธีการของ NAVFAC DM-7.2

$P_H = K_a(H+q)$

$K_a = 1 - 4mc/(\gamma h + q)$

$K_a = 1 - 4 \times 0.43 \times 2.07/(1.75 \times 4.6 + 1.62) = 0.68$

$P_H = 0.68(4.6 + 1.62) = 4.23$ t/m².

∴ วิธีนี้ $P_H = 4.76$ t/m²

$M_{max} = \frac{1}{8} \times 4.76 \times 1.9^2 = 3.50$ t-m. < 8.4 t-m ดังนั้น

∴ ใช้ Sheet Pile 400x125x13 mm. (U-TYPE) ผ่านเกณฑ์.

สภาวิศวกร

ตามพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542

อนุญาตให้ นายประสิทธิ์ สงสว่าง

ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ระดับ สามัญวิศวกร

สาขาวิศวกรรม โยธา

ตั้งแต่วันที่ 19 มกราคม 2553

ถึงวันที่ 18 มกราคม 2558

เลขทะเบียน สย.3268

ใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม

ก 290912

ประสิทธิ์ สงสว่าง

ลายมือชื่อผู้ถือใบอนุญาต

(นางนิตยา จันทร์เรือง มหาผล)

เลขาธิการสภาวิศวกร

เซ็นชื่อใต้รูปก่อนเคลือบบัตร