

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลที่ได้จากการศึกษา การวิเคราะห์อิทธิพลของคุณสมบัติดินในการออกแบบผนังกันดินในกรณีศึกษาพื้นที่เขตจังหวัดพิษณุโลก โดยมีจำนวนหลุมเจาะทั้งหมด 37 หลุม มีดังนี้

4.1 ผลการศึกษาการกระจายตัวของคุณสมบัติของข้อมูลดิน

ผลการศึกษาค่าความแปรปรวนของค่าต่างๆที่ได้จากคุณสมบัติของข้อมูลดิน โดยอยู่ในระดับความลึกที่ 2 เมตร , 5 เมตร และ 8 เมตร สามารถดูรายละเอียดได้ที่ตารางที่ 4.1

4.2 ผลการศึกษาการกระจายตัวของค่า C และ ϕ ที่ได้จากการคำนวณจาก

ค่า Standard Penetration Test (SPT)

ผลการศึกษาการกระจายตัวของค่า C และ ϕ ที่ได้จากการคำนวณจากค่า Standard Penetration Test (SPT) โดยอยู่ในระดับความลึกที่ 2 เมตร , 5 เมตร และ 8 เมตร ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้ที่ตารางที่ 4.2

จากการวิเคราะห์คำนวณหาค่า Coefficient of Variance (COV)

$$COV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (4.1)$$

โดยที่ σ = ค่า Standard Deviation
 μ = ค่า Mean

ถ้า $COV < 0.30$ แสดงว่ามีความแปรปรวนของข้อมูลน้อย

ถ้า $COV \geq 0.30$ แสดงว่ามีความแปรปรวนของข้อมูลมาก

4.3 ผลการจำลองแบบข้อมูลของค่า ϕ และ C_u จำนวน 70 ค่าโดยโปรแกรม @Risk

จากค่า ϕ และ C_u ที่คำนวณ

ผลการจำลองแบบข้อมูลของค่า ϕ และ C_u จำนวน 70 ค่าโดยโปรแกรม @Risk จากค่า ϕ และ C_u ที่คำนวณโดยอยู่ในระดับความลึกที่ 2 เมตร , 5 เมตร และ 8 เมตร ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้ที่ตารางที่ ง.1- ง.6

ตารางที่ 4.2 สรุปความแปรปรวนของ C และ D ที่ให้จากสูตร

คุณสมบัติที่พิจารณา	ระดับความลึก (เมตร)	จำนวนข้อมูลที่ใช้จากหุ้มน้ำทะเล	รูปแบบการกระจายตัว	ค่า Mean	ค่า Std.Deviation	Property														cov	หมายเหตุ			
						μ	σ	λ	α	ν	γ	β	θ	α_1	α_2	a	b	shift	m. likely			min	max	
ค่าเบี่ยงเบน	2	47	InvGauss	88.483	71.916	99.307		189.360														0.81	ดูรายละเอียด	
ขีดบนน้ำของดิน (Cu)	5	30	ExVValue	124.005	66.122												94.247	51.555					0.53	ตารางที่
มุมเสียดทานภายใน	8	31	Gamma	120.929	48.119				70.328			5.738											0.40	ตารางที่ ก.6 และ ก.7
	2	11	Expon	35.925	7.514							7.514							28.411				0.21	
(D)	5	7	BetaGeneral	43.044	9.146									0.240	0.295							32.815	55.6	0.21
	8	14	ExVValue	43.564	8.329											39.815	6.494						0.19	

4.4 ผลการคำนวณแรงดันทางด้านข้างของดินโดยคำนึงถึงความแปรปรวนของคุณสมบัติดิน

จากการนำค่า Standard Penetration Test มาศึกษาเพื่อนำมาคำนวณหาค่า C และ ϕ ที่ต้องการเพื่อนำไปสู่การคำนวณหาแรงดันทางด้านข้างของดิน โดยอยู่ในระดับความลึกที่ 2 เมตร , 5 เมตร และ 8 เมตร มีผลดังนี้

การคำนวณหาค่าแรงดันดินทางด้านข้าง

หาค่า C_u และ ϕ จากสูตรความสัมพันธ์

-ดินเหนียว

Stroud

$$C_u = KN$$

โดยที่ $K = \text{ค่าคงที่} = 3.5-6.5 \text{ kN/m}^2$

$N = \text{ค่า SPT ที่ได้จากสนาม}$

โดยส่วนใหญ่ค่าเฉลี่ยของ $K = 4.4 \text{ kN/m}^2$

สำหรับเหตุผลที่ใช้สูตรความสัมพันธ์นี้เนื่องมาจากข้อมูลดินเป็นแบบประเภท CH,CL,ML-OH และ MH-OH เป็นดินซึ่งทั้งหมดนี้เป็นดินเหนียวทั้งหมด

-ดินทราย

Peck,Hanson and Thotnburn

$$\phi = 27.1 + 0.3 N_{corr} - 0.0054 N_{corr}^2$$

สำหรับเหตุผลที่ใช้สูตรความสัมพันธ์นี้เนื่องมาจากข้อมูลดินเป็นแบบประเภท SM,SW,SP และ SW-SM เป็นดินซึ่งทั้งหมดนี้เป็นดินทรายทั้งหมด

ตัวอย่างที่ 4.1 การคำนวณหาค่า Cu

จากข้อมูลในระดับความลึกที่ 2 เมตรที่ได้จากโปรแกรม @risk ยกตัวอย่างมา 1 ค่า คือค่า $N = 1.84$

$$Cu = KN$$

แทนค่า $Cu = 4.4 \times 1.84$

เพราะฉะนั้น $Cu = 8.11 \text{ kN/m}^2$ ans

หมายเหตุส่วนใหญ่ค่าเฉลี่ยของ $K = 4.4 \text{ kN/m}^2$ จึงนำค่านี้มาใช้

ตัวอย่างที่ 4.2 การคำนวณหาค่า ϕ

จากข้อมูลระดับความลึกที่ 2 เมตร ที่ได้จากโปรแกรม @risk ยกตัวอย่างมา 1 ค่า คือค่า $N = 1.84$

$$\phi = 27.1 + 0.3 N_{\text{corr}} - 0.0054 N_{\text{corr}}^2$$

แทนค่า $\phi = 27.1 + (0.3 \times 1.84) - (0.0054 \times 1.84 \times 1.84)$

เพราะฉะนั้น $\phi = 27.67$ องศา ans

การคำนวณหาค่าแรงดันดินทางด้านข้าง แบบ active earth pressure โดยทฤษฎี rankine ในระดับความลึกที่ 2 เมตร

สูตรความสัมพัทธ์

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

เป็นสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma H^2 \cdot K_a - 2cH\sqrt{K_a}$$

แรงดันดินด้านข้างเชิงรุกเป็นดินที่มีความเชื่อมแน่น

ตัวอย่างที่ 4.3 การคำนวณหาค่า K_a และ Pa

กำหนดให้จากข้อมูลดินจะได้ที่ระดับความลึก 2 เมตรจะมีค่า $\gamma = 17.96 \text{ kN/m}^3$ และค่า $\phi = 27.67$ องศา และ $Cu = 8.11 \text{ kN/m}^2$ ที่ได้จากการคำนวณในตัวอย่างที่ 4.1 และ 4.2

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

แทนค่า $K_a = \tan^2(45 - (27.67/2)) = \tan^2(31.165)$

เพราะฉะนั้น $K_a = 0.366$ ans

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma H^2 \cdot K_a - 2cH\sqrt{K_a}$$

แทนค่า $Pa = \frac{1}{2} \times 17.96 \times 2^2 \times 0.366 - 2 \times 8.11 \times 2 \times \sqrt{0.366}$

เพราะฉะนั้น $Pa = -6.48 \text{ kN/m}$ ans

การคำนวณหาค่าแรงดันดินทางด้านข้าง แบบ passive earth pressure โดยทฤษฎี rankine
ในระดับความลึกที่ 2 เมตร

สูตรความสัมพันธ์

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2) \quad \text{เป็นสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน}$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 \cdot K_p + 2cH\sqrt{K_p} \quad \text{แรงดันดินด้านข้างเชิงรุกเป็นดินที่มีความเชื่อมแน่น}$$

ตัวอย่างที่ 4.4 การคำนวณหาค่า K_p และ P_p

กำหนดให้จากข้อมูลดินจะได้ที่ระดับความลึก 2 เมตรจะมีค่า $\gamma = 17.96 \text{ kN/m}^3$
และค่า $\phi = 27.67$ องศา และ $C_u = 8.11 \text{ kN/m}^2$ ที่ได้จากการคำนวณในตัวอย่างที่ 4.1 และ 4.2

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

แทนค่า $K_p = \tan^2(45 + (27.67/2)) = \tan^2(58.835)$

เพราะฉะนั้น $K_p = 2.734$ ans

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 \cdot K_p + 2cH\sqrt{K_p}$$

แทนค่า $P_p = \frac{1}{2} \times 17.96 \times 2^2 \times 2.734 + 2 \times 8.11 \times 2 \times \sqrt{2.734}$

เพราะฉะนั้น $P_p = 151.86 \text{ kN/m}$ ans

การคำนวณหาค่าแรงดันดินทางด้านข้าง แบบ active earth pressure โดยทฤษฎี coulomb
ในระดับความลึกที่ 2 เมตร

สูตรความสัมพันธ์

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi)}{\sin^2(\beta) \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \alpha)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\phi + \beta)} \right]^2}$$

เป็นสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางด้านข้างของดิน

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \cdot K_a - 2cH\sqrt{K_a} \quad \text{แรงดันดินด้านข้างเชิงรุกเป็นดินที่มีความเชื่อมแน่น}$$

ตัวอย่างที่ 4.5 การคำนวณหาค่า K_a และ P_a

กำหนดให้จากข้อมูลดินจะได้ที่ระดับความลึก 2 เมตรจะมีค่า $\gamma = 17.96 \text{ kN/m}^3$ และค่า $\phi = 27.67$ องศา และ $C_u = 8.11 \text{ kN/m}^2$ ที่ได้จากการคำนวณในตัวอย่างที่ 4.1 และ 4.2 กำหนดให้หลังกำแพงเป็นมุมฉากจึงทำให้ $\beta = 0, \delta = 0$

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi)}{\sin^2(\beta) \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \alpha)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\phi + \beta)}} \right]^2}$$

แทนค่า $K_a = \tan^2(45 - (27.67/2)) = \tan^2(31.165)$

เพราะฉะนั้น $K_a = 0.366$ ans

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \cdot K_a - 2cH\sqrt{K_a}$$

แทนค่า $P_a = \frac{1}{2} \times 17.96 \times 2^2 \times 0.366 - 2 \times 8.11 \times 2 \times \sqrt{0.366}$

เพราะฉะนั้น $P_a = -6.48 \text{ kN/m}$ ans

การคำนวณหาค่าแรงดันดินทางค้ำข้าง แบบ passive earth pressure โดยทฤษฎี coulomb ในระดับความลึกที่ 2 เมตร

สูตรความสัมพันธ์

$$K_p = \frac{\sin^2(\beta - \phi)}{\sin^2(\beta) \cdot \sin(\beta + \delta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + \alpha)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\phi + \beta)}} \right]^2}$$

เป็นสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางค้ำข้างของดิน

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \cdot K_a - 2cH\sqrt{K_a} \quad \text{แรงดันดินค้ำข้างเชิงรุกเป็นดินที่มีความแน่น}$$

ตัวอย่างที่ 4.6 การคำนวณหาค่า K_p และ P_p

กำหนดให้จากข้อมูลดินจะได้ที่ระดับความลึก 2 เมตรจะมีค่า $\gamma = 17.96 \text{ kN/m}^3$
และค่า $\phi = 27.67$ องศา และ $C_u = 8.11 \text{ kN/m}^2$ ที่ได้จากการคำนวณในตัวอย่างที่ 4.1 และ 4.2
กำหนดให้หลังกำแพงเป็นมุมฉากจึงทำให้ $\beta = 0, \delta = 0$

$$K_p = \frac{\sin^2(\beta - \phi)}{\sin^2(\beta) \sin(\beta + \delta) \cdot \left[1 - \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + \alpha)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\phi + \beta)} \right]^2}$$

แทนค่า

$$K_p = \tan^2(45 + (27.67/2)) = \tan^2(58.835)$$

เพราะฉะนั้น

$$K_p = 2.734 \quad \text{ans}$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 \cdot K_p + 2cH \sqrt{K_p}$$

แทนค่า

$$P_p = \frac{1}{2} \times 17.96 \times 2^2 \times 2.734 + 2 \times 8.11 \times 2 \times \sqrt{2.734}$$

เพราะฉะนั้น

$$P_p = 151.86 \text{ kN/m} \quad \text{ans}$$

การคำนวณหาแรงดันดินด้านข้างของทฤษฎี Tschebotarioff ที่ระดับความลึกที่ 2 เมตร

ตัวอย่างที่ 4.7 การคำนวณหาค่า P

$$P = \frac{1}{2} \gamma H^2 \times 0.3$$

แทนค่า

$$P = \frac{1}{2} \times 17.96 \times (2)^2 \times 0.3$$

เพราะฉะนั้น

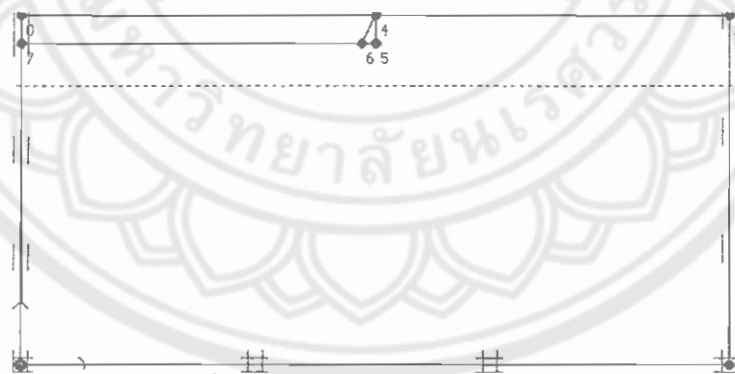
$$P = 10.78 \text{ kN/m} \quad \text{ans}$$

ตัวอย่างที่ 4.8 แสดงแรงดันทางด้านข้างของดินโดยโปรแกรม Plaxis ที่ระดับความลึกที่ 2 เมตร

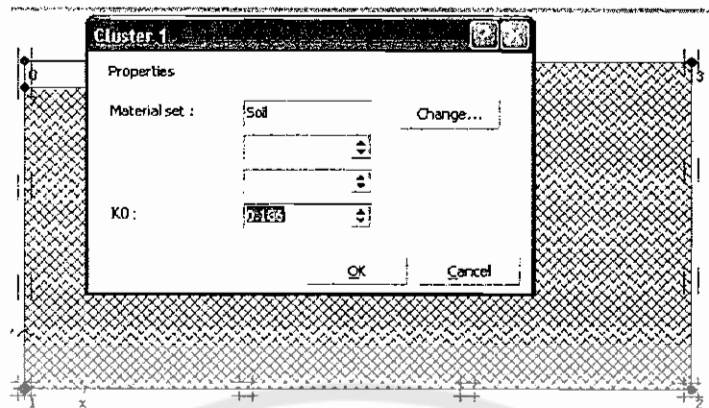
กำหนดให้ ใช้ข้อมูล $K_0 = 0.186$, $\gamma_{U_{\text{sat}}} = 16.07 \text{ kN/m}^3$,
 $\gamma_{\text{sat}} = 17.96 \text{ kN/m}^3$, $E = 3000 \text{ kN/m}^2$, $\nu = 0.3$, $C = 148.37 \text{ kN/m}^2$, $\phi = 43.36$ องศา

สมมุติฐาน

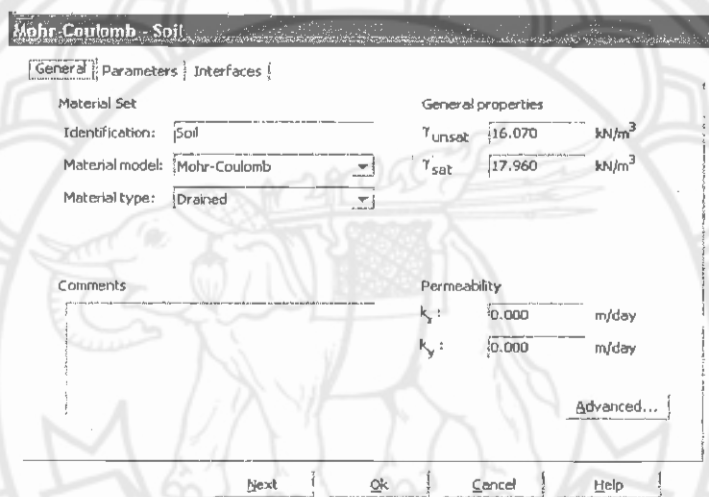
1. ผลที่ได้จากการคำนวณหาแรงดันดินด้านข้างนั้นจะได้เป็นแบบ Active Earth Pressure และ แบบ At Rest Earth Pressure เนื่องจากเป็นกำแพงกันดินแบบ Gravity Wall จึงไม่สามารถที่จะเป็นแบบ Passive Earth Pressure ได้
2. เนื่องจากข้อมูลดินที่ได้มีชนิดของดินค่อนข้างแปรปรวนมากจึงใช้ Profile เป็นดินชั้นเดียวแล้วสมมุติว่าดินมีลักษณะเหมือนกันทุกตำแหน่งซึ่งจะสามารถให้ค่าการเปรียบเทียบได้ดีกว่าวิธีอื่น
3. ข้อมูลมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่ของทั้งจังหวัดอาจจะทำให้ค่าไม่สมบูรณ์พอ
4. มีข้อจำกัดจากโปรแกรม Plaxis ที่ใช้คำนวณเนื่องจากไม่สามารถแบ่งลักษณะของตำแหน่งของชนิดดินได้
5. ทฤษฎีของ Tschebotarioff ให้ค่าที่เป็นแบบ Passive Earth Pressure และให้ค่าเป็นค่าคงที่เนื่องจากไม่มีค่า K หรือค่า K เป็นค่าคงที่นั่นเอง



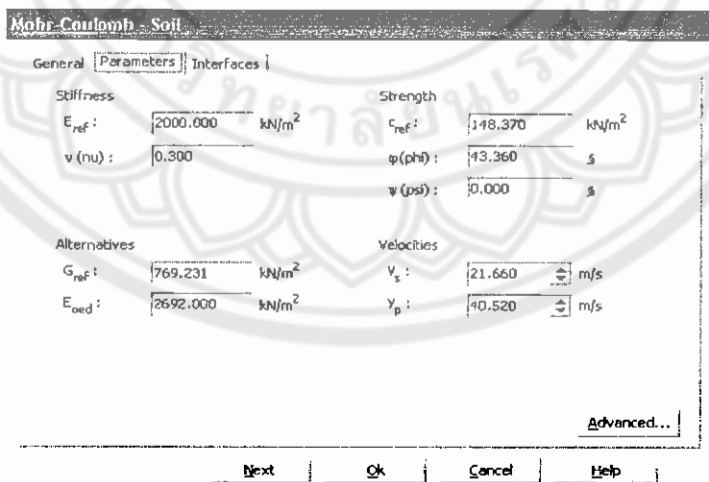
รูปที่ 4.1 กำแพงกันดินที่ระดับความลึกที่ 2 เมตร โดยรูปแบบ Model ในโปรแกรม



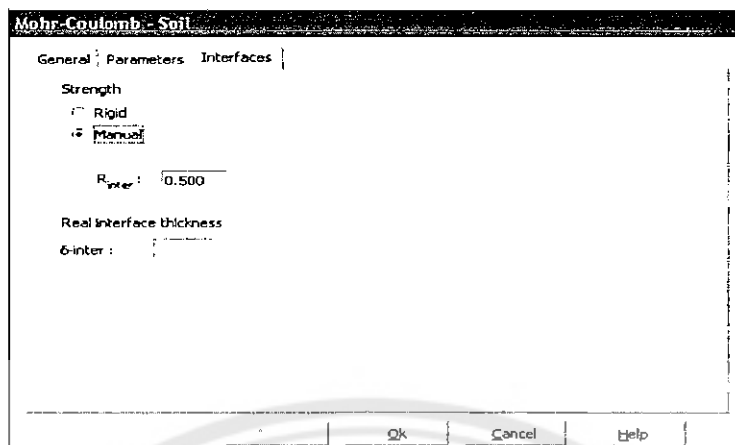
รูปที่ 4.2 แสดงค่า K_0 ที่ใช้ในการคำนวณหาในโปรแกรม Plaxis



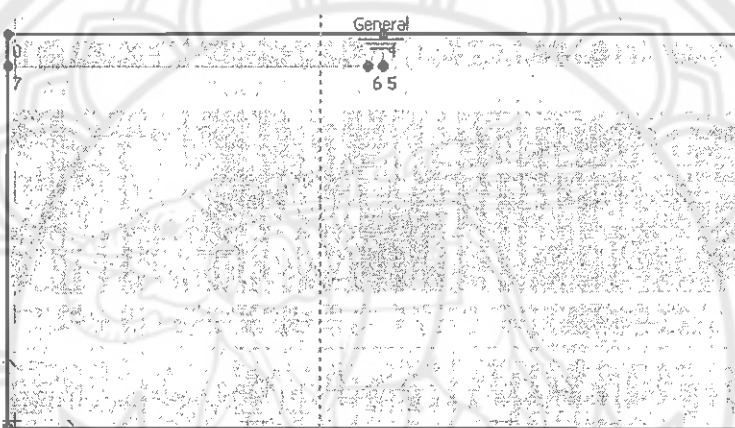
รูปที่ 4.3 แสดงค่า γ และชนิดของดิน



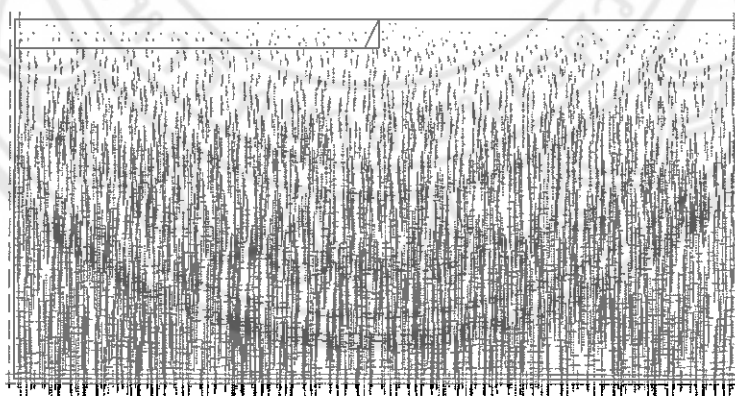
รูปที่ 4.4 แสดงค่า Stiffness และ Strength



รูปที่ 4.5 แสดงค่า Interfaces



รูปที่ 4.6 แสดงระดับน้ำ



รูปที่ 4.7 แสดงค่า Effective Stress

General Parameters Multipliers Preview

Phase
Number / ID.: 1 2510302
Start from phase: 0 - Initial phase

Calculation type
Plastic

Log info

Comments

Parameters

Next Insert Delete...

Identification	Phase no.	Start from	Calculation	Loading input	Time	Water	Fr
Initial phase	0	0	N/A	N/A	0.00 ...	0	0
→ <Phase 1>	1	0	Plastic	Staged construction	10.0...	0	3

รูปที่ 4.8 แสดงการบูตของคิน

Total multipliers at the end of previous loading step

Calculation progress

Iteration process of current step

Plastic points in current step

Cancel

Σ -Mdisp:	1.000	PMax:	0.000
Σ -MloadA:	1.000	Σ -Marea:	1.000
Σ -MloadB:	1.000	Force-X:	0.000
Σ -Mweight:	1.000	Force-Y:	0.000
Σ -Maccel:	0.000	Stiffness:	1.000
Σ -Msf:	1.000	Time:	0.000
Σ -Mstage:	0.000	Dyn. time:	0.000

Node A

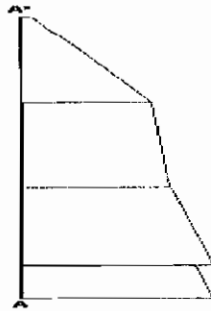
Current step:	1	Max. steps:	250	Element:	1104
Iteration:	4	Max. iterations:	60	Decomposition:	100 %
Global error:	4.112E-04	Tolerance:	0.010	Calc. time:	4 s

Plastic stress points:	111	Inaccurate:	0	Tolerated:	14
Plastic interface points:	0	Inaccurate:	0	Tolerated:	3
Tension points:	111	Cap/Hard points:	0	Apex points:	0

รูปที่ 4.9 แสดงการคำนวณของโปรแกรม Plaxis



รูปที่ 4.10 แสดง Horizontal Effective Stress



รูปที่ 4.11 แสดงการ Cross – section ที่ตำแหน่งหลังของกำแพงกันดิน

X [m]	Y [m]	σ'_{xx} [kN/m ²]
25.000	21.718	-3.497
25.000	22.102	-3.195
25.000	22.102	-3.533
25.000	23.000	-2.744
25.000	23.000	-2.694
25.000	24.000	-2.349
25.000	25.000	-0.169

รูปที่ 4.12 แสดงค่า Stress ที่ต้องการเพื่อทำการหาค่า P

ผลที่ได้จากการคำนวณ โดยโปรแกรม Plaxis เป็นค่า Horizontal Effective Stress ดังในรูปที่ 4.12 ซึ่งเราต้องมาคำนวณหาค่า P โดยใช้ $P = \frac{1}{2} \times (\text{ผลบวกของค่า Horizontal Effective Stress}) \times H$

$$\text{ผลบวกของค่า Horizontal Effective Stress} = (-2.744 - 2.694 - 2.349 - 0.169) = -7.956$$

$$\text{เพราะฉะนั้น } P = 0.5 \times (-7.956) \times 2 = -7.956 \text{ kN/m} \quad \text{ans}$$

หมายเหตุ***สามารถดูผลที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีทั้งหมดและโดยโปรแกรม Plaxis ในตารางที่ ก.8-ก.28 ในภาคผนวก ก และในกราฟที่ ข.1-ข.27 ในภาคผนวก ข ซึ่งเป็นผลรวมทั้งระดับความลึกที่ 2 เมตร, 5 เมตร และ 8 เมตร เนื่องจากการใช้วิธีการคำนวณเหมือนกันเพียงแต่เปลี่ยนค่าเท่านั้น

สรุปผลที่ได้ทั้งหมดโดยบอกเป็นช่วงค่ามากจนกระทั่งถึงน้อยที่สุด

ระดับความลึก	แรงดันดินด้านข้างโดย ทฤษฎี Rankine (kN/m)		แรงดันดินด้านข้าง โดยทฤษฎี Coulomb (kN/m)		แรงดันดินด้านข้างโดย ทฤษฎี Tschebotarioof (kN/m)	แรงดันดินด้านข้างโดย โปรแกรม Plaxis (kN/m)	
	Active Earth Pressure	Passive Earth Pressure	Active Earth Pressure	Passive Earth Pressure	Passive Earth Pressure (ค่าคงที่)	Active Earth Pressure	Active Earth Pressure
2 เมตร	-6.48 ถึง -177.56	151.86 ถึง 844.72	-6.48 ถึง -177.56	151.86 ถึง 844.72	10.78	-15.49 ถึง -11.17	-115.50 ถึง -160.52
5 เมตร	1.84 ถึง -564.17	921.23 ถึง 4,252.37	1.84 ถึง -564.17	921.23 ถึง 4,252.37	73.43	-168.83 ถึง -141.07	-483.96ถึง -1342.12
8 เมตร	75.25 ถึง -855.02	2211.88 ถึง 8054.93	75.25 ถึง -855.02	2211.88 ถึง 8054.93	191.33	-586.89 ถึง -478.95	-4632.31 ถึง -8309.27

4.5 ลักษณะคุณสมบัติของผนังกันดินที่ใช้ในการคำนวณ

ความสูงของ ผนังกันดิน (เมตร)	ความกว้าง ของ ผนังกันดิน (เมตร)	ค่าโมดูลัส ยืดหยุ่น (E) kN/m ²	ค่าอัตราส่วน ของช่องว่าง (V)	ค่าหน่วยแรง ยึดเหนี่ยว (C) kN/m ²	ค่าแรงเสียด ทานภายใน (ϕ) องศา	γ $U_{n\text{sat}}$ kN/m ³	strength
2	1	10000	0.2	30	50	22	Rigid
5	4	10000	0.2	30	50	22	Rigid
8	6	10000	0.2	30	50	22	Rigid

หมายเหตุ***ผนังกันดินที่ใช้นี้เป็นผนังกันดินเพื่อช่วยแสดงผลของแรงดันทางด้านข้างของดินที่เกิดขึ้นได้โดยการสร้างแบบมีข้อจำกัดของโปรแกรม Plaxis เนื่องจากโปรแกรม Plaxis นี้ไม่มีการสร้างให้เป็นผนังกันดินได้โดยสมบูรณ์แบบนั่นเอง