



วิชา 203352 การออกแบบฐานราก

กำแพงกันดิน

รศ.ดร.วรากร ไม้เรียง



เนื้อหา

1. กำแพงกันดิน (Earth Retaining Structures)
 - ลักษณะการใช้งานของกำแพงกันดิน
 - ชนิดของโครงสร้างกันดิน
 - พฤติกรรมและการพิบัติที่เกี่ยวข้อง
 - แรงดันดินด้านข้าง
 - กำแพงกันดินแบบคอนกรีตถ่วงน้ำหนัก
 - กำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กแบบ Cantilever Wall
 - กำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กแบบ Counterfort Wall
 - ผนังกันดินแบบเข็มพืดและSlurry Wall
 - ระบบค้ำยันบ่อขุด
 - กำแพงกันดินรูปแบบอื่นๆ



เนื้อหา

2. การออกแบบลาดดิน

- ลักษณะการพิบัติของลาดดิน
- ความแข็งแรงของดินเพื่อการวิเคราะห์และกำหนดค่าแรงดันน้ำ
- วิธีการวิเคราะห์ความมั่นคงด้วยวิธี Swedish Circle
- การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- การเพิ่มความมั่นคงของลาดดิน
- การวิเคราะห์การทรุดตัวของคันดิน
- การติดตามตรวจวัดพฤติกรรมของลาดดิน

3. งานอุโมงค์และโครงสร้างใต้ดิน

- แนะนำลักษณะงานอุโมงค์และโครงสร้างใต้ดิน
- แนวทางการคำนวณออกแบบและก่อสร้าง

22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

3



โครงสร้างคะแนน

1.	สอบย่อย + การบ้าน+ การเข้าชั้นเรียน	10%
2.	สอบปลายภาค	40%
รวม		50%

22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

4

การจัดการเรียนที่นิสิตมีส่วนร่วม

1. นิสิตทุกคนต้องมีแฟ้มประกอบการเรียนของตัวเอง (Portfolio) ประกอบด้วย ส่วนต่างๆอย่างน้อยคือ ข้อมูลใช้ในการออกแบบ การบ้านหรือ quiz รายงานการออกแบบ เอกสารประกอบการสอนหรือการเรียนอื่นๆ
2. นิสิตทุกคนจะได้รับการแบ่งกลุ่มแบบสุ่มเพื่อในการทำงานเป็นทีมในโครงการออกแบบซึ่งจะต้องมีรายงานและนำเสนอผลงาน โดยคะแนนที่ได้จะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของอาจารย์ ส่วนของนิสิตในกลุ่ม และส่วนของนิสิตทั้งชั้น
3. โครงสร้างของคะแนนอาจปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมในระหว่างการสอน

เอกสารอ้างอิง

1. วรากร ไม้เรียง (2529) วิศวกรรมฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (2530) การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง การออกแบบและก่อสร้าง Sheetpile
3. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (2539) การสัมมนาทางวิชาการ งานก่อสร้างใต้ดิน 39
4. วันชัย เทพรัถย์ และ ณรงค์ ทัศนนิพันธ์ (2549) การออกแบบและก่อสร้างชั้นใต้ดินลึกในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ
5. Geotechnical Engineering Office (2000) Guide to Retaining Wall Design, The Government of Hong Kong
6. Canadian Geotechnical Society (1985) Canadian Foundation Engineering Manual, 2nd Edition



บทนำ

เมื่อมีการก่อสร้างหรือสภาพธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงไปที่ทำให้เกิดระดับดินที่ต่างกันและมีความลาดชันมากกว่าที่ดินจะคงตัวอยู่ได้ด้วยตัวเองอย่างปลอดภัย ก็จะทำให้เกิดการเคลื่อนพังทะลายของมวลดินและถ้าหากมีผลต่อการใช้งานของลาดดิน เช่น บ่อก่อสร้างฐานราก ลาดดินตัดหรือดินถม ช่องทางระบายน้ำล้นของเขื่อน ริมตลิ่งแม่น้ำ เป็นต้น

วิศวกรต้องทำการออกแบบ**โครงสร้างกันดิน**แบบต่างๆที่เหมาะสมเพื่อที่จะป้องกันการพังทะลายหรือการเคลื่อนตัวที่มากเกินไปเพื่อให้ ลิ่งก่อสร้างที่เกี่ยวข้องสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยต้องเลือกรูปแบบและชนิดของโครงสร้างกันดินให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ลักษณะการใช้งาน ทำการก่อสร้างได้และยังต้องประหยัด

22 มกราคม 2553
การออกแบบฐานราก บทที่ 4
8

ลักษณะการใช้งานของกำแพงกันดิน

22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

9

หน้าที่และการใช้งาน



Spillway Retaining Wall



22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

10

Spillway Retaining Wall

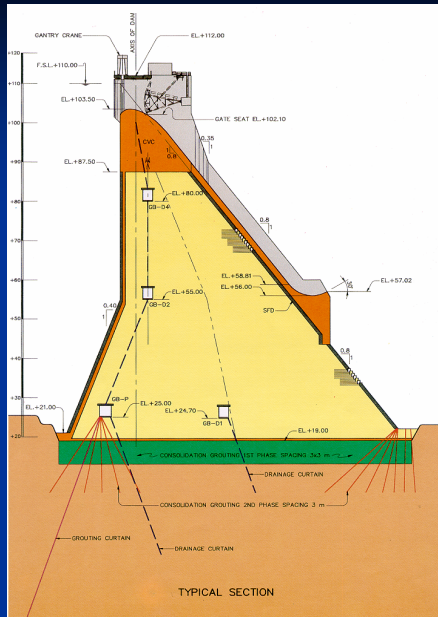


22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

11

Concrete Gravity Dam



22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

12

กำแพงทำเทียบเรือ



22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

13



บ่อเจาะอุโมงค์ (Tunnelling Shaft)



22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

14



22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

15

Sheet Pile Installation



Ball and Socket (BS)



Double Jaw (DJ)



Single Jaw (SJ)



Double Hook (DH)



Thumb and Finger - three point contact (TF)



Thumb and Finger - one point contact (TFX)



Hook and Grip (HG)





22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

16

Sheet Pile Structures



22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

17

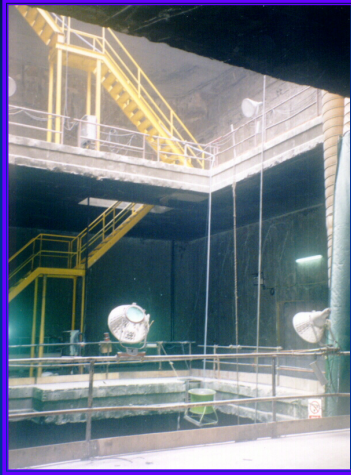


4

18

MRTA Thiam Ruammit Station

ภาพได้รับการเอื้อเฟื้อจากบริษัท SEAFCO (มหาชน)



MRTA Cut-and Cover Tunnel



22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

19

Thammasat Library Building Basement Excavation in Progress



ภาพได้รับการเอื้อเฟื้อจากบริษัท SEAFCO (มหาชน)



22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

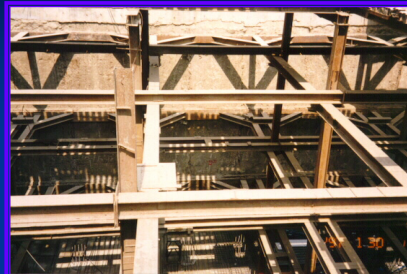
20

Column Tower Project

ภาพได้รับการเอื้อเฟื้อจากบริษัท SEAFCO (มหาชน)



Bored Pile, Barrette and Diaphragm Wall Works



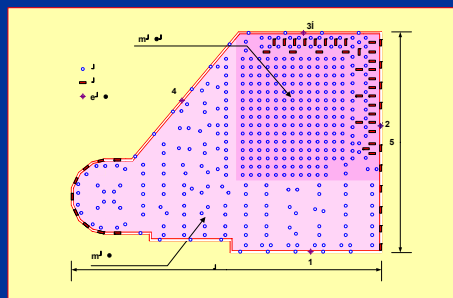
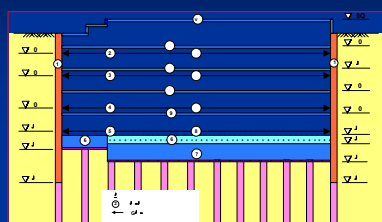
ฐานราก

Sathorn Complex

ภาพได้รับการเอื้อเฟื้อจากบริษัท SEAFCO (มหาชน)




Bored Pile, Barrette and Diaphragm Wall



บทที่ 4

22

Geogrids
Drainage
Silt Barriers
Reinforcement
Erosion Control
Stabilisation
Geotextiles
Gabions



22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

23

ชนิดของโครงสร้างกันดิน

22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

24

กลุ่มของกำแพงกันดินหรือโครงสร้างกันดิน

ผนังกันดิน หรือโครงสร้างกันดิน คือ โครงสร้างที่รับแรงดันดินด้านข้าง ซึ่งเกิดจากระดับดินที่ต่างกัน แบ่งเป็นกลุ่มของโครงสร้าง 4 ประเภท คือ

1. กำแพงกันดิน (Retaining Wall)
2. เข็มพืด หรือแผ่นผนังกันดิน (Sheet Pile Structures)
3. ผนังค้ำยันการขุด (Excavation Bracing)
4. ผนังดินเสริมแรง (Earth Reinforcement)

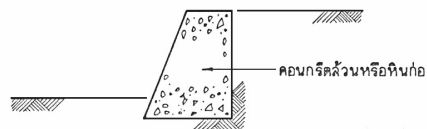
22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

25

กำแพงกันดินแบบถ่วงน้ำหนัก (Gravity Walls)

- กำแพงหินก่อ
- กำแพงกันดินอิฐก่อ

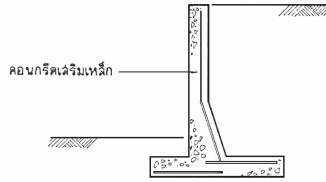


ก. ผนังกันดินคอนกรีตฉนวน

กำแพงหน้าตัดสี่เหลี่ยมคางหมู ต้องมีขนาดและน้ำหนักมากพอที่จะต้านทานแรงดันดิน ไม่ให้เกิดการเลื่อนไถล (Sliding) ที่ฐาน และไม่ให้เกิดการพลิกคว่ำด้วยน้ำหนักตัวเอง

- ส่วนมากจะใช้ในกรณีความสูงอยู่ในช่วง 1-5 เมตร
- ต้องการความกว้างของฐานประมาณ 0.5 – 0.7 เท่าของความสูงของกำแพง

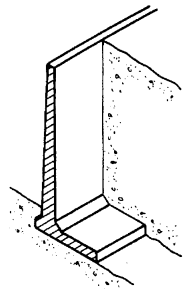
ผนังกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กแบบ Cantilever Wall



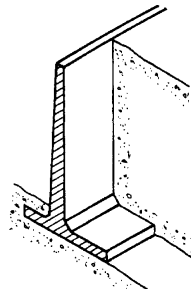
ข. ผนังกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก

กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กรูปตัว T คือกำแพงและฐานคอนกรีตบาง ต้องรับแรงดันโดยโมเมนต์และกำลังรับแรงเฉือนของหน้าตัดเอง ส่วนการเกิดการเลื่อนไถล (Sliding) ที่ฐาน และการพลิกคว่ำด้านทานด้วยน้ำหนักของคอนกรีตและดินที่อยู่เหนือฐานขึ้นไป

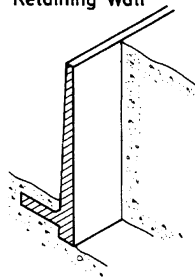
- ส่วนมากจะใช้ในกรณีความสูงอยู่ในช่วง 2-10 เมตร
- ต้องการความกว้างของฐานประมาณ 0.5 – 0.7 เท่าของความสูงของกำแพง



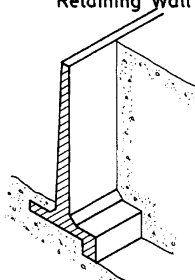
L-shaped Cantilever Retaining Wall



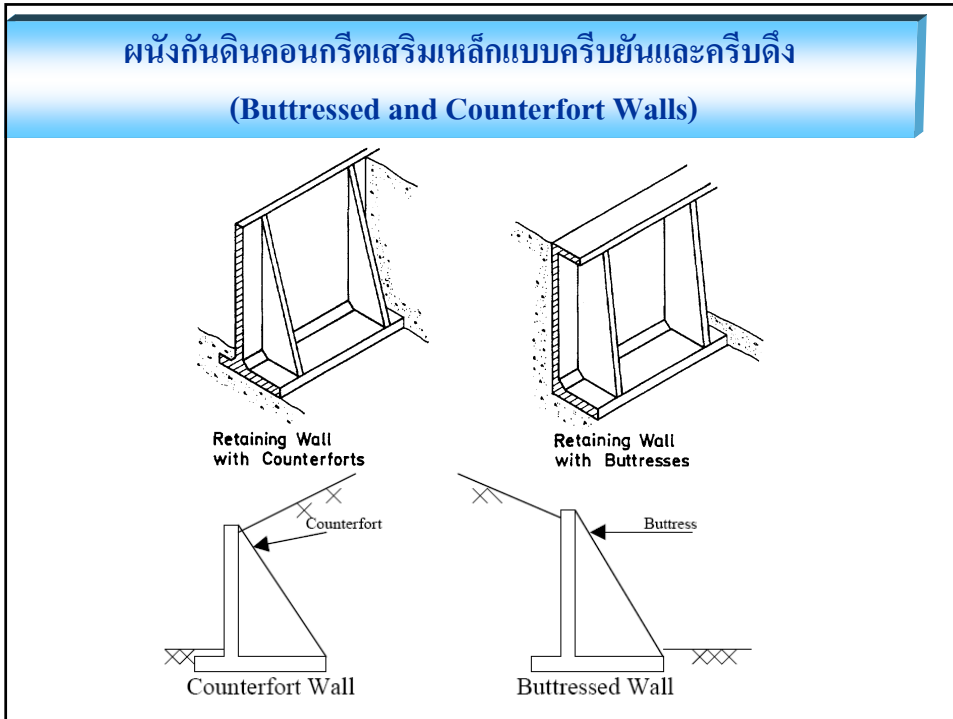
Inverted T-shaped Cantilever Retaining Wall

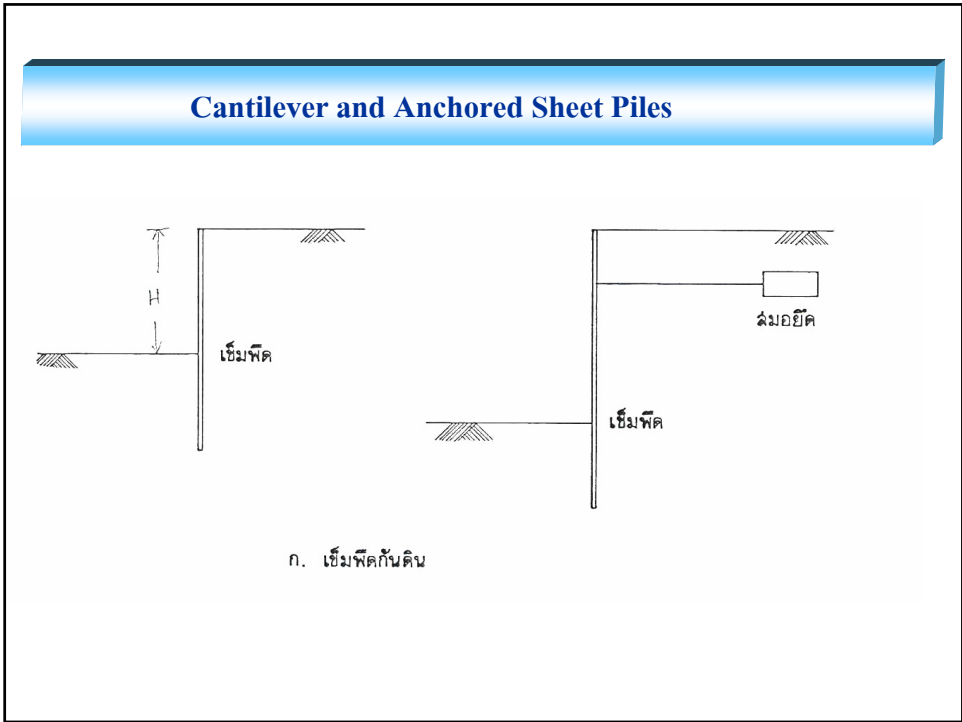


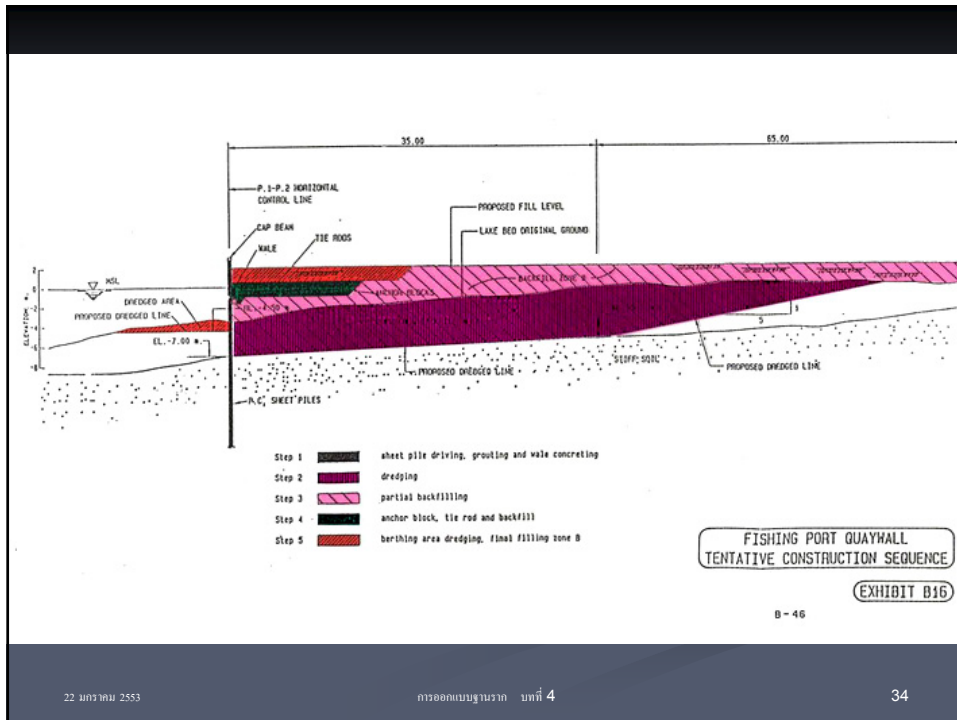
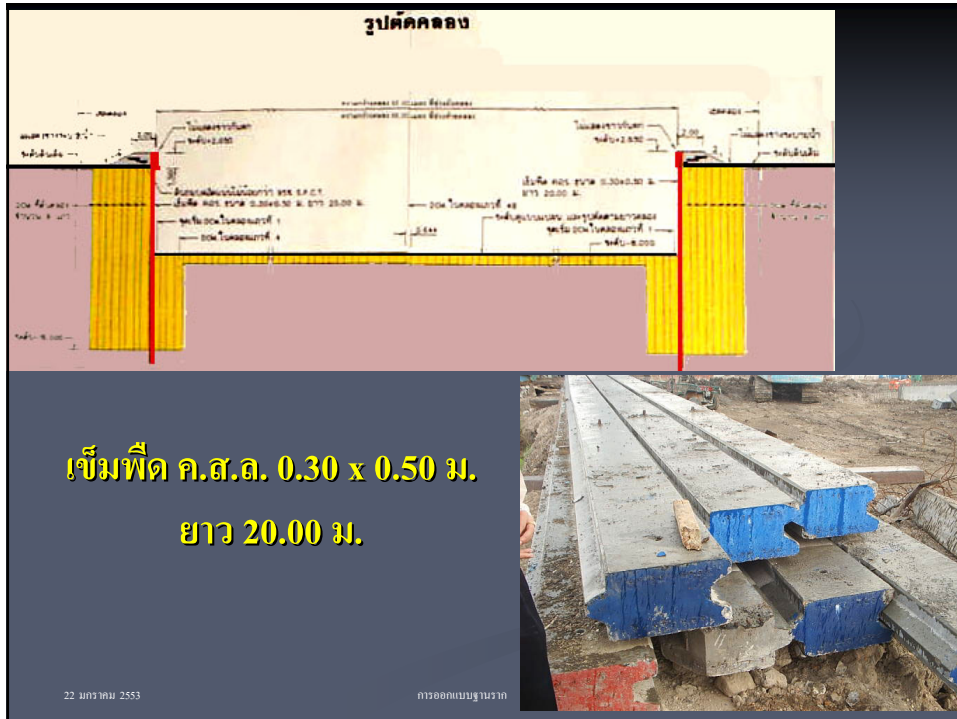
Reversed L-shaped Cantilever Retaining Wall with Key



Inverted T-shaped Cantilever Retaining Wall with Key

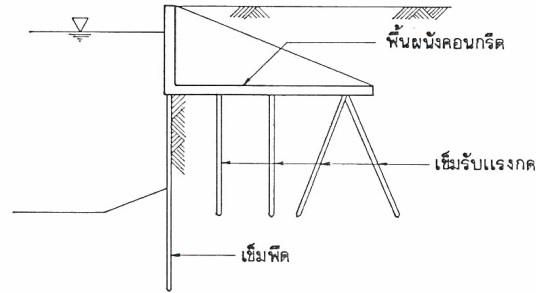






เข็มพืด หรือแผ่นผนังกันดิน (Sheet Pile Structures)

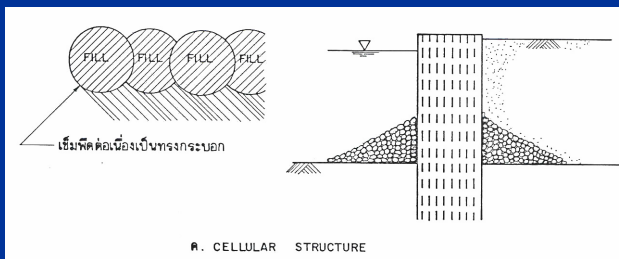
Relieving Platform



ข. RELIEVING PLATFORM

เข็มพืด หรือแผ่นผนังกันดิน (Sheet Pile Structures)

Cellular Structures



ค. CELLULAR STRUCTURE

Braced Sheet Pile

แปลน

รูปตัด

ก. ค้ำยันกริด

22 มกราคม 2553

Clamshell สำหรับการขุดร่องกำแพง

22 มกราคม 25

2200

6000

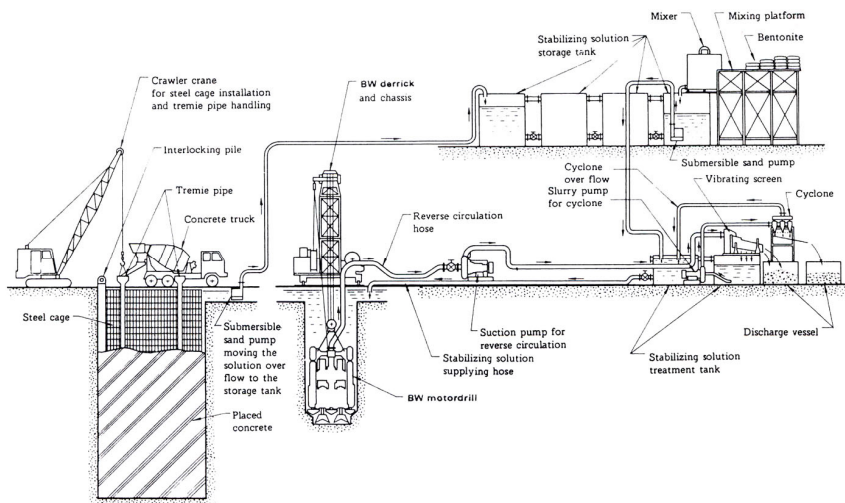
2260

2800

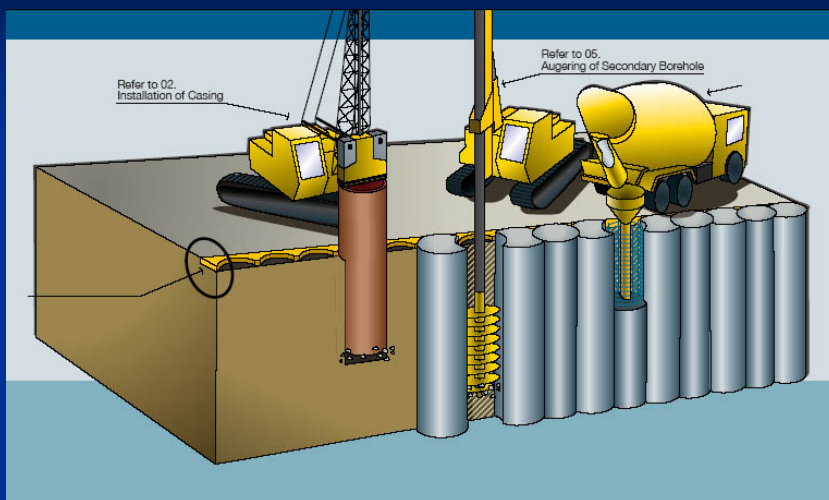
1200
bis
2000

38

ขั้นตอนการกรองทรายและน้ำโคลนมาใช้ใหม่



Secant Pile Wall





The top left shows a diagram of the jet grouting process with four stages: 1. A vertical pipe is inserted into the soil. 2. The pipe is rotated. 3. High-pressure jets of water are used to erode the soil around the pipe. 4. The eroded soil is mixed with cement slurry to form a grout column. The name "Hayward Baker" is written below the diagram.



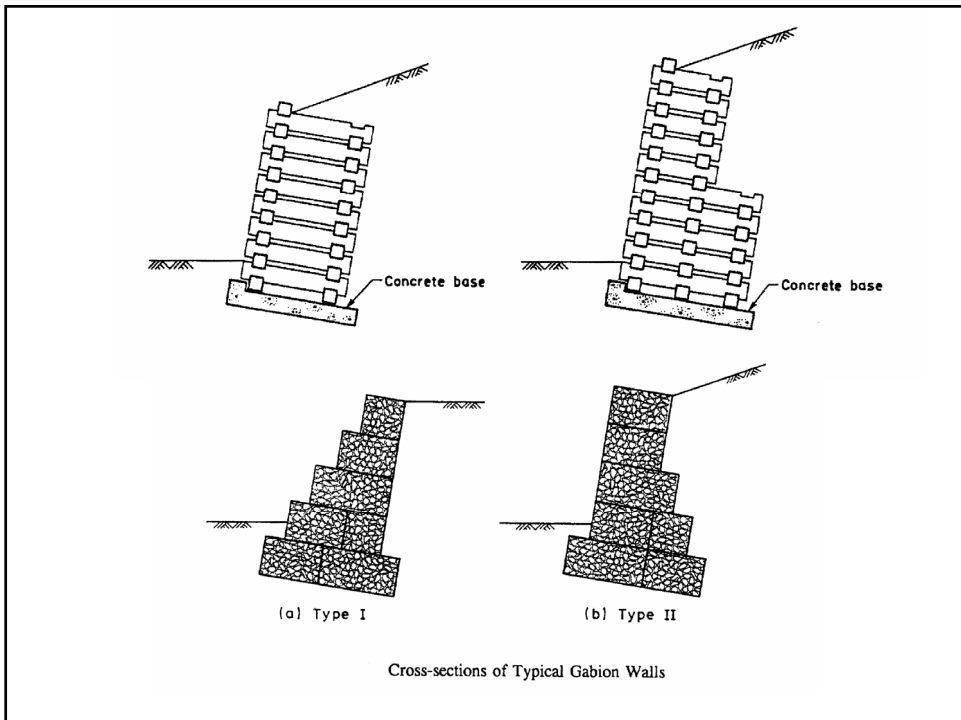
The top right is a photograph showing a piece of machinery on a construction site spraying high-pressure water jets into the ground, creating a large cloud of mist.

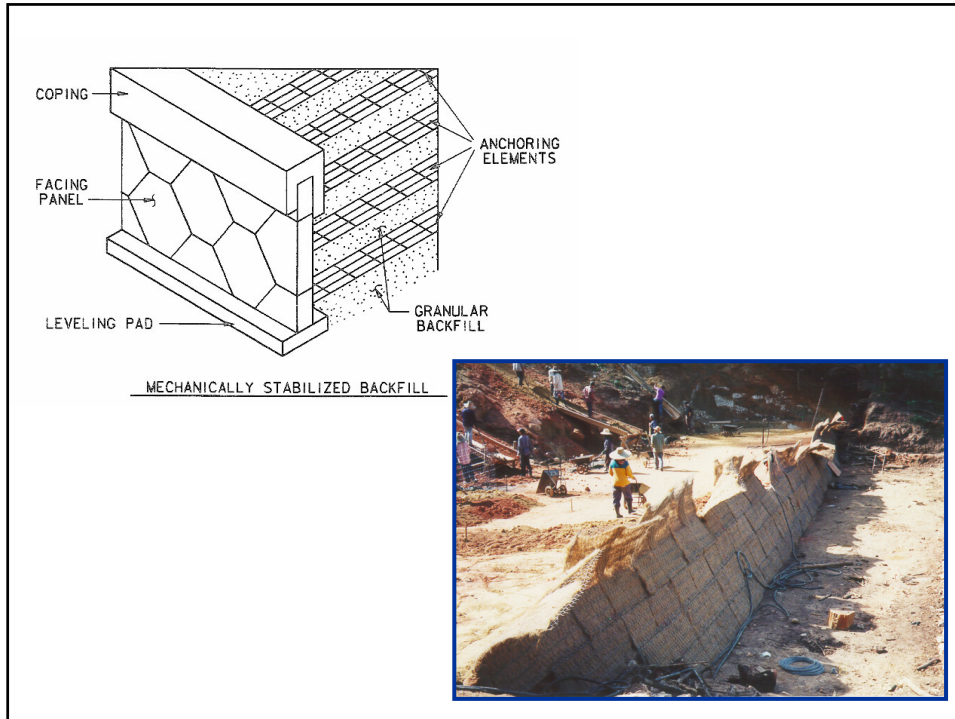
JET GROUTING WALL

22 พฤศจิกายน 2553



The bottom right is a photograph of a large, deep excavation site with concrete walls and a yellow excavator at the bottom.

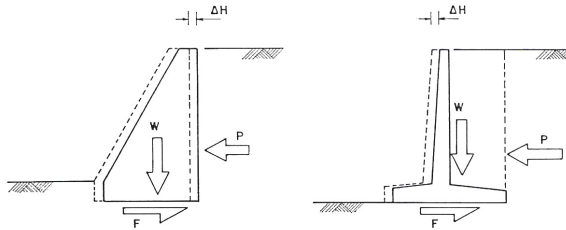




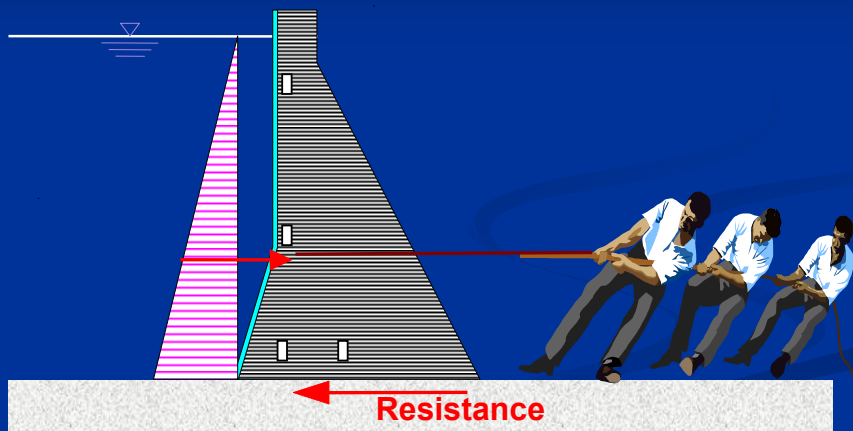
พฤติกรรมและการพิบัติที่เกี่ยวข้อง

การเลื่อนของฐาน (Base Sliding)

เกิดกับผนังกันดินคอนกรีตเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากแรงดันดินด้านข้างมากกว่าแรงต้านที่ฐานอันเกิดจากความเหนียวหรือความฝืดของดินที่สัมผัสกับฐาน

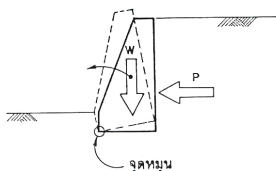


Sliding from the water pressure

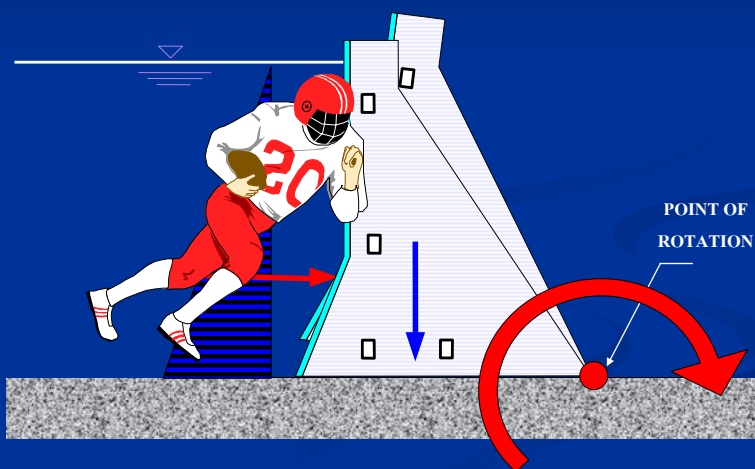


การพลิกคว่ำ (Overturning)

เนื่องจากโมเมนต์ที่เกิดจากแรงดันดินมากกว่าโมเมนต์ เนื่องจากน้ำหนักที่ต้านไว้



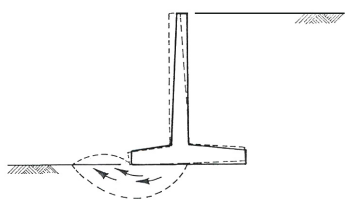
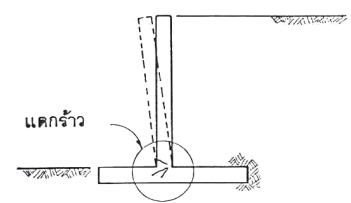
Overturning from water pressure

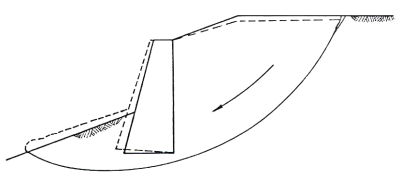
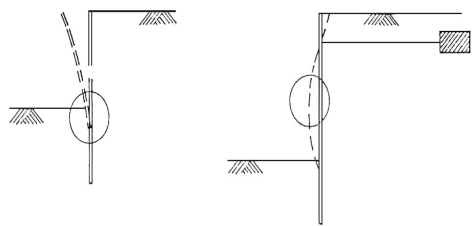


22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

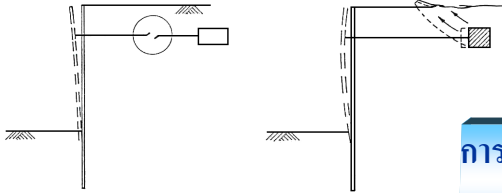
48

<p>แรงต้านที่ฐานไม่เพียงพอ (Bearing Failure)</p>	<p>การบีบตัวของโครงสร้าง (Structural Failure)</p>
<p>เนื่องจากชั้นดินใต้ฐานอ่อนจนไม่สามารถรับแรงกดจากน้ำหนักและแรงดันด้านข้าง ทำให้เกิดการทรุดจมของฐาน โดยเฉพาะริมนอก</p>	<p>เกิดเนื่องจากการออกแบบความแข็งแรงของตัวโครงสร้างไม่แข็งแรงพอที่จะรับโมเมนต์หรือแรงเฉือนได้เพียงพอ</p>
	

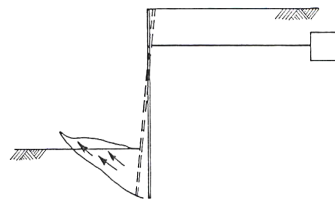
<p>การเลื่อนพังของทั้งระบบ (Overall Sliding)</p>	<p>การโค้งงอหรือหักของเข็มพืด (Bending Failure)</p>
<p>มักจะเกิดในกรณีดินที่กันไว้มีความลาดเอียง หรือมีชั้นดินอ่อนอยู่ที่ระดับลึกใต้ฐานลงไป จึงอาจเกิดผิวเคลื่อนของดินที่ไม่ผ่านตัวผนังแต่อย่างใด</p>	<p>ในเข็มเมื่อโมเมนต์ตัดมาก อาจเกิดการโค้งงอในตำแหน่งวิกฤตต่างๆ</p>
	

**การเคลื่อนตัวของระบบสมอยึด
(Failure of Anchorage System)**

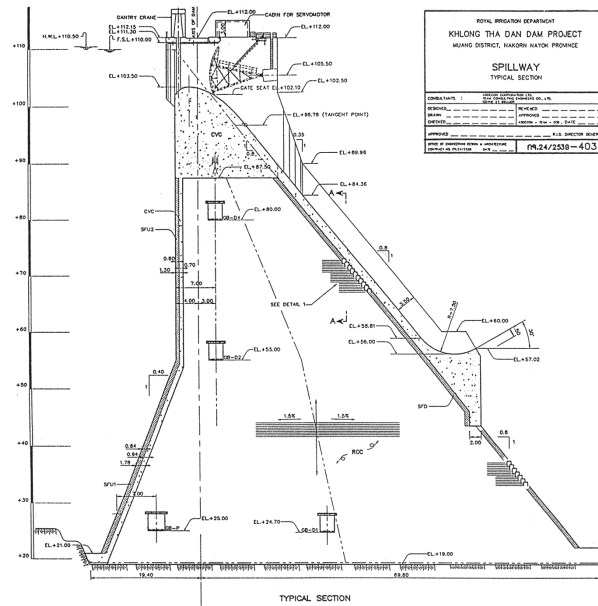
เนื่องจากสายสมอขาด หรือการเลื่อนของสมอยึด

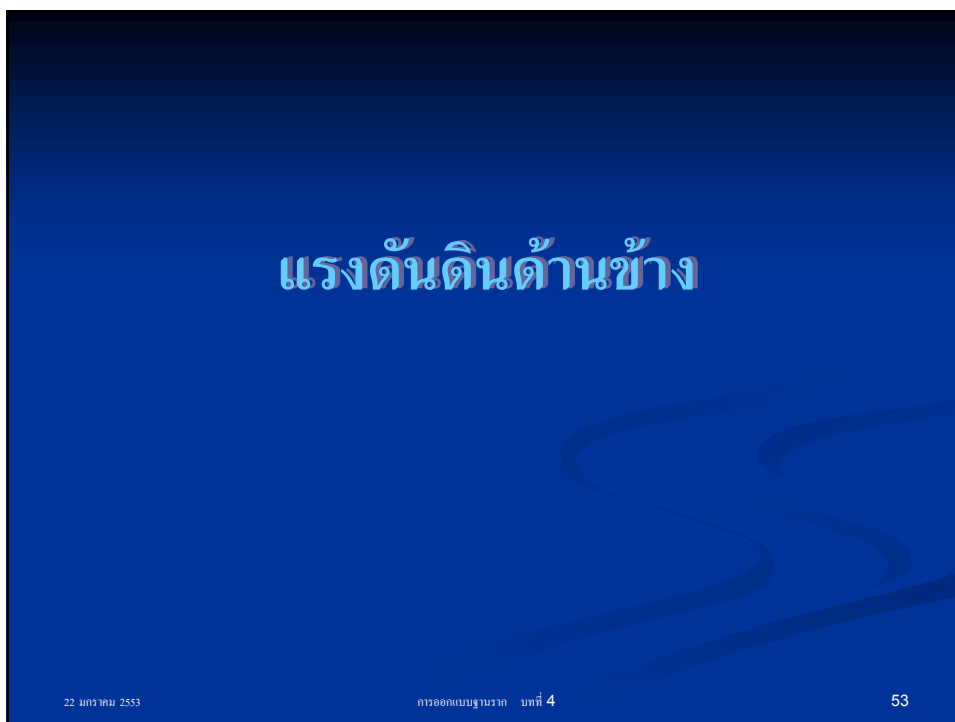


**การเคลื่อนตัวที่ปลายล่างของเข็มพืด
(Toe Passive Failure)**



Spillway Khlong Tha Dan Dam





สัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างโดยวิธี Rankine

สัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างบริเวณกำแพงกันดิน

กำแพงกันดินมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อรับแรงดันดินด้านข้างให้ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนวณแรงดันดินด้านข้างในสภาพต่างๆ ณ จุดใดๆ ใต้ดิน อัตราส่วนของแรงดันดินด้านข้างต่อแรงดันในแนวตั้ง ในสภาพการเคลื่อนตัวต่างๆ คือ “สัมประสิทธิ์ของแรงดันดินด้านข้าง” (K) ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินเอง

$$K = \frac{\bar{\sigma}_h}{\bar{\sigma}_v}$$

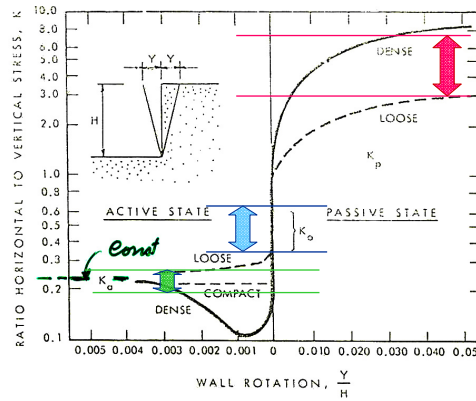
หรือ $\bar{\sigma}_h = K \bar{\sigma}_v \quad \text{---(1)}$

Effect of wall movement on earth pressure in sand

ปริมาณการเคลื่อนตัวของกำแพงที่ทำให้เกิดแรงดันดินลักษณะต่างๆ

Soil Type and Condition	Rotation, Y/H*	
	Active	Passive
Dense cohesionless	0.001	0.02
Loose cohesionless	0.004	0.06
Stiff cohesive	0.010	0.02
Soft cohesive	0.020	0.04

Y = Horizontal displacement
H = Height of wall



ค่า K ที่ใช้ในการคำนวณแบ่งเป็น 3 ลักษณะหลักคือ

ก. เมื่อมวลดินอยู่กับที่ (At Rest Condition) เมื่อมวลดินไม่มีการเคลื่อนตัว

$$K = K_0 \approx 1 - \sin \phi \quad \text{---(2)}$$

สำหรับดินเหนียวที่กดทับปกติ (N.C.) และดินทราย และ

$$K_0 \approx (1 - \sin \phi) \cdot \sqrt{OCR} \quad \text{---(3)}$$

สำหรับดินเหนียวที่กดทับเกินปกติ (O.C.)

ส่วนมากแรงดันดินในสภาพ K_0 จะไม่ค่อยได้ใช้ในการออกแบบ นอกจากกรณีพิเศษ เช่น กำแพงกันดินที่ Massive หรือแกร่ง ไม่มีการเคลื่อนตัว หรือออกแบบให้มีการเคลื่อนตัวน้อยมาก

ข. เมื่อกำแพงกันดินเคลื่อนตัวออกจากมวลดิน (Active Pressure)

มวลดินจะเคลื่อนตัวตามมา และจะมีแรงดันน้อยกว่า K_0 สัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างลักษณะนี้คือ K_a -Active earth pressure coefficient

- ถ้าดินด้านในของกำแพง อยู่ในแนวระดับ, ผนังกันดินอยู่ในแนวตั้ง และไม่มีแรงเสียดทานระหว่างผิวกำแพงและดิน จะใช้ทฤษฎีแรงดันดินของ Rankine

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad \text{---(4)}$$

22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

57

สำหรับดินทราย (ϕ Soil)

$$\bar{\sigma}_H = K_a \cdot \bar{\sigma}_v \quad \text{---(5)}$$

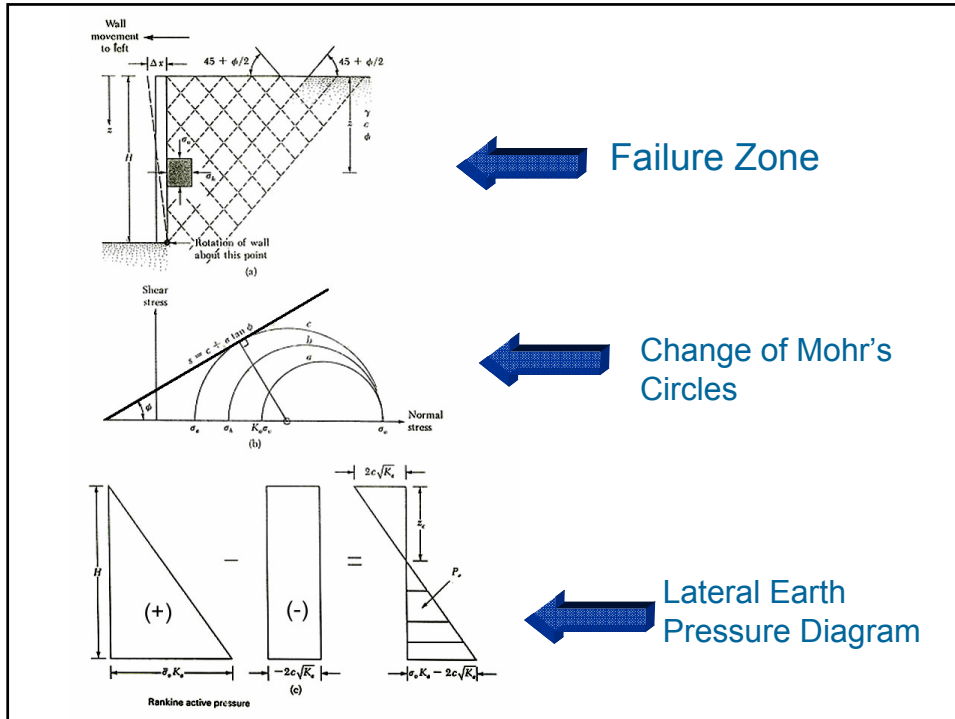
สำหรับดินเหนียว ($c-\phi$ Soil)

$$\bar{\sigma}_H = K_a \cdot \bar{\sigma}_v - 2c \cdot \sqrt{K_a} \quad \text{---(6)}$$

22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

58



ค. เมื่อกำแพงกันดินเคลื่อนตัวเข้าหามวลดิน (Passive Pressure)

มวลดินจะถูกกำแพงอัดให้เคลื่อนตัวทะลักขึ้น จึงมีแรงดันด้านข้างมากกว่า กรณีของ K_0 และสัมประสิทธิ์แรงดันด้านข้างลักษณะนี้ คือ

K_p -Passive earth pressure coefficient ตามทฤษฎีของ Rankine

$$K_p = \frac{I}{K_a} = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \text{---(7)}$$

สำหรับดินทราย (ϕ Soil)

$$\therefore \bar{\sigma}_H = K_p \cdot \bar{\sigma}_v \quad \text{---(8)}$$

สำหรับดินเหนียว ($c-\phi$ Soil)

$$\bar{\sigma}_H = K_p \cdot \bar{\sigma}_v + 2c \cdot \sqrt{K_p} \quad \text{---(9)}$$

วิธีการคำนวณการกระจายของแรงดันดินด้านข้าง

จากหน่วยแรงดันด้านข้าง ถ้าต้องการหาแรงดันด้านข้างรวม ให้ดำเนินการดังนี้

1. Plot การกระจายของ $\bar{\sigma}_H$ ตามความลึก ซึ่งได้จาก $\bar{\sigma}_v$ และ $K_a/K_p, c$
2. Plot กราฟแรงดันน้ำแยกต่างหาก ($p_w = \gamma_w h$.)

22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

61

3. ในกรณีที่ดินที่มีทั้งค่า c และ ϕ ให้เขียนกราฟเป็น 2 ส่วน คือ

ก. $\frac{K_a \cdot \bar{\sigma}_v}{K_p \cdot \bar{\sigma}_v}$ หรือ ส่วนที่แปรผันตามความลึก

ข. $\frac{2c \cdot \sqrt{K_p}}{2c \cdot \sqrt{K_a}}$ หรือ ส่วนที่คงที่ตามความลึก

4. ให้รวมพื้นที่ในแต่ละส่วนเป็นแรงดันด้านข้าง คือ

$$\begin{Bmatrix} P_a \\ P_p \end{Bmatrix} = \int_0^H \bar{\sigma}_h \cdot dh \quad \text{---(10)}$$

5. ตำแหน่งที่แรงดันด้านข้างกระทำก็คือ Centroid ของพื้นที่ต่างๆ หรือ

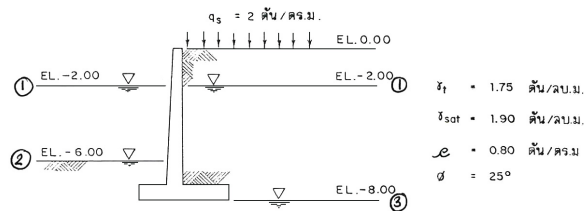
$$\bar{Z} = \frac{\sum (P_i \cdot \bar{Z}_i)}{\sum P_i} \quad \text{---(11)}$$

22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

62

ตัวอย่างการคำนวณแรงดันดิน

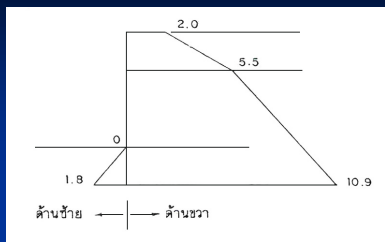


1. หาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงดันดินด้านข้าง

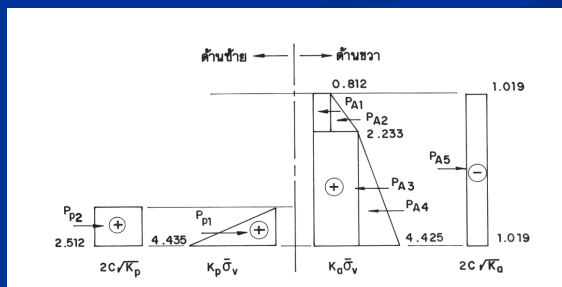
$$K_a = \frac{1 - \sin 25^\circ}{1 + \sin 25^\circ} = 0.406, \quad \sqrt{K_a} = 0.637$$

$$K_p = \frac{1 + \sin 25^\circ}{1 - \sin 25^\circ} = 2.464, \quad \sqrt{K_p} = 1.570$$

2. หาค่าหน่วยแรงกดในแนวตั้งประสิทธิผล, ส.ได้ผลดังในรูปต่อไปนี้



3. หาค่าหน่วยแรงดันด้านข้าง ทางด้านขวาเมื่อเป็นแรงดันเชิงรุก ทางซ้ายเป็นแรงดันเชิงรับ



22 มกราคม 2553

64

4. หาแรงดันรวมต่อความยาว 1 ม. ของผนัง

แรงดัน	ปริมาณแรง	ตำแหน่งกระทำจากฐาน	โมเมนต์
P_{A1}	1.624 ตัน	7.00 ม.	11.368 ตัน/ม.
P_{A2}	1.418	6.67	9.453
P_{A3}	13.398	3.00	40.194
P_{A4}	6.576	2.00	13.152
P_{A5}	-8.152	4.00	-32.608
P_{p1}	4.435	0.67	2.957
P_{p2}	5.024	1.00	5.024

∴ แรงดันเชิงรุกรวมด้านขวามือ = 14.864 ตัน

∴ แรงดันเชิงรับรวมด้านขวามือ = 9.459 ตัน

5. หาค่าเฉลี่ยที่รวมแรงกระทำ จากระดับฐาน

$$\text{ตำแหน่งแรงดันเชิงรุก} \quad (\bar{z}_a) = \frac{\sum M_a}{\sum P_a} = 2.796 \quad m.$$

$$\text{ตำแหน่งแรงดันเชิงรับ} \quad (\bar{z}_p) = \frac{\sum M_p}{\sum P_p} = 0.844 \quad m.$$

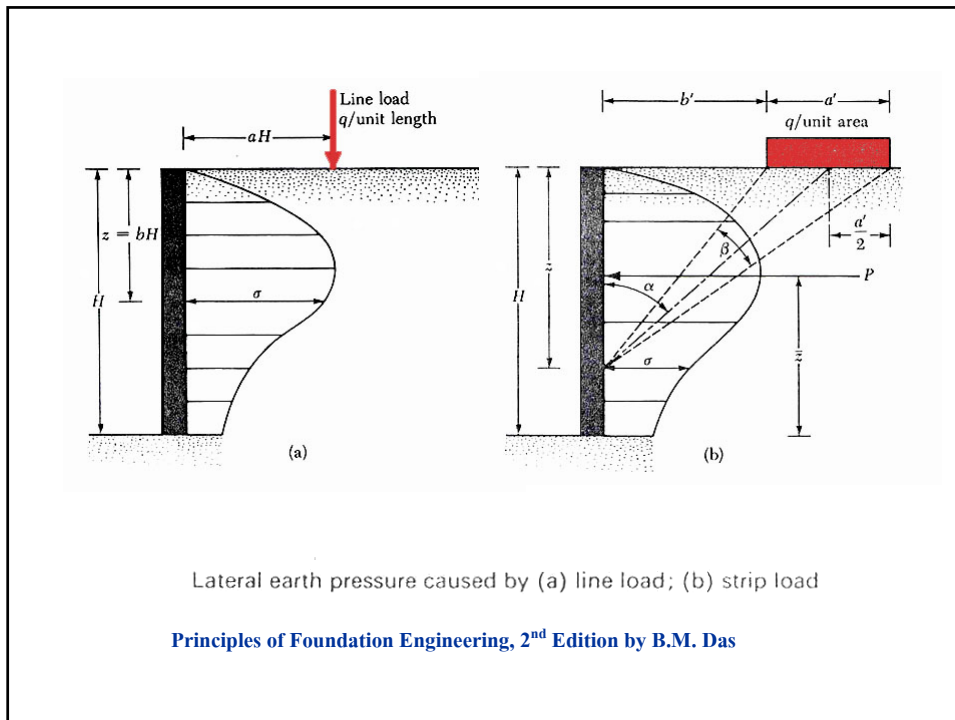
แรงดันดินด้านข้างเนื่องจาก Surcharge Loading (q_s)

1. สมมติเสมอต่อเนื่องตลอดพื้นที่ $\bar{\sigma}_H = K_a \cdot q_s$ (Active)

$$\bar{\sigma}_H = K_p \cdot q_s \quad (\text{Passive})$$

2. Line Load หรือ Strip Load

ให้ใช้สมการ (5.35), (5.36) และ (5.38) ของ DAS หน้า 279



Point Load

Elevation View

$$\sigma_H = 0.28 \frac{Q_p}{H^2} \cdot \frac{n^2}{(0.16 + n^2)^3} \quad (\text{for } m \leq 0.4)$$

$$P_H = 0.78 \frac{Q_p}{H} \quad (\text{see Fig. 11})$$

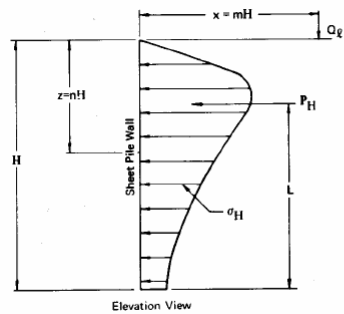
$$\sigma_H = 1.77 \frac{Q_p}{H^2} \cdot \frac{m^2 n^2}{(m^2 + n^2)^3} \quad (\text{for } m > 0.4)$$

$$P_H = 0.45 \frac{Q_p}{H} \quad (\text{see Fig. 11})$$

Fig. 8(a) – Lateral pressure due to point load (after Terzaghi²²)

22 มกราคม 2553
การออกแบบฐานราก บทที่ 4
68

Line Load



$$\sigma_H = 0.20 \frac{Q_{\ell}}{H} \cdot \frac{n}{(0.16 + n^2)^2} \quad (\text{for } m \leq 0.4)$$

$$P_H = 0.55 Q_{\ell}, \text{ resultant force}$$

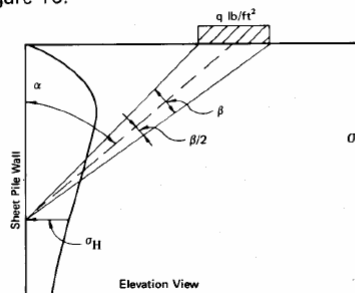
$$\sigma_H = 1.28 \frac{Q_{\ell}}{H} \cdot \frac{m^2 n}{(m^2 + n^2)^2} \quad (\text{for } m > 0.4)$$

$$P_H = \frac{0.64 Q_{\ell}}{(m^2 + 1)} \text{ resultant force}$$

Fig. 9 – Lateral pressure due to line load (Boussinesq equation modified by experiment) (after Terzaghi²²)

Strip Load

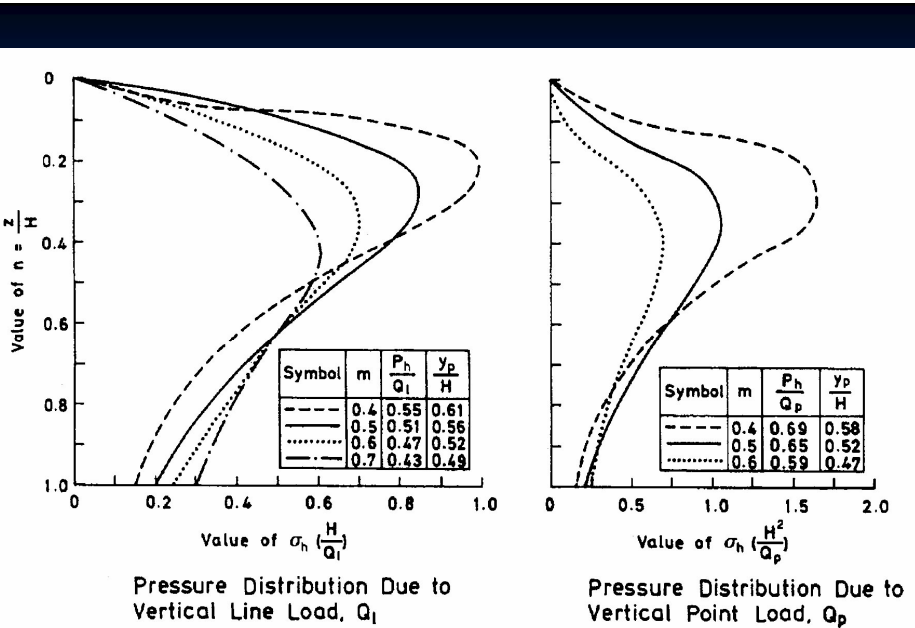
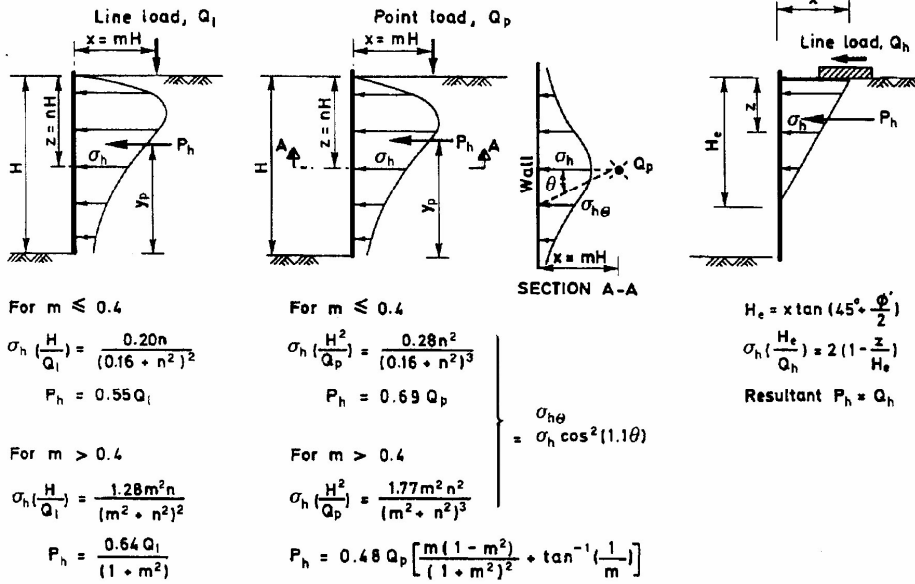
Strip Loads – Highways and railroads are examples of strip loads. When they are parallel to a sheet pile wall, the lateral pressure distribution on the wall may be calculated as shown in Figure 10.



$$\sigma_H = \frac{2q}{\pi} [\beta - \sin \beta \cos 2 \alpha]$$

Fig. 10 – Lateral pressure due to strip load (Boussinesq equation modified by experiment) (after Teng¹)

Lateral Pressure due to Surcharge

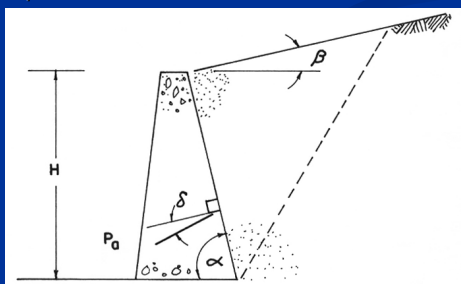


แรงดันดินด้านข้างโดยวิธี Coulomb

Coulomb (1776) เสนอวิธีคำนวณแรงดันด้านข้าง โดยคำนึงถึงอิทธิพลของสิ่งเหล่านี้ เข้า
รวมด้วย

- ความเสียดของผิวผนังกันดิน(Wall friction), δ
- มุมเอียงของผนังกันดิน(Wall slope), α
- ความลาดของดินเนื้อผนัง(Back slope), β

โดยคิดว่าวัสดุที่นำมาถมเนื้อผนังจะเป็น กรวด หรือทราย ซึ่งไม่มีความเหนียว ดังแสดง
ในรูป



22 มกราคม 2553

73

ในกรณีดินเป็นเนื้อเดียวกันตลอด แรงดันเชิงรุก และเชิงรับ อาจเขียนได้เป็น

$$\left\{ \frac{P_a}{P_p} \right\} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{K_a}{K_p} \right\} \gamma \cdot H^2 \quad \text{---(12)}$$

เมื่อ K_a และ K_p = สัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างมีค่าดังนี้

$$\left\{ \frac{K_a}{K_p} \right\} = \frac{\sin^2(\alpha \pm \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha \mp \delta) \left[1 \pm \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi \mp \beta)}{\sin(\alpha \mp \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad \text{---(13)}$$

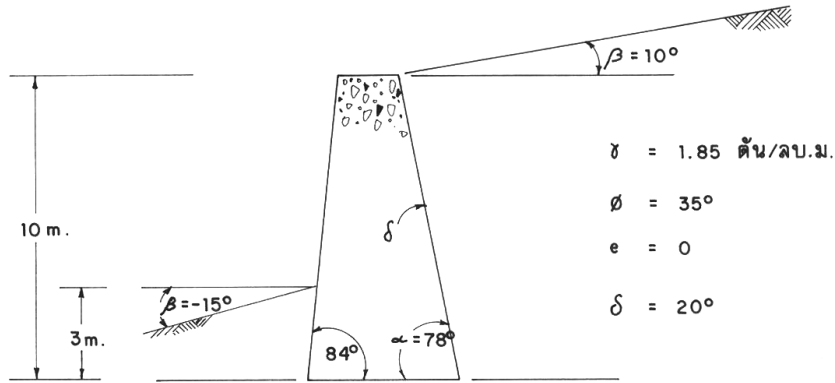
22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

74

ตัวอย่างการคำนวณแรงดันดินด้านข้างโดยวิธี Coulomb

วิธีการคำนวณหาแรงดันดินเชิงรุกทางขวามือของผนัง และเชิงรับทางซ้ายมือของผนัง



1. คำนวณหาค่า K_a และ K_p

$$K_a = \frac{\sin^2(78+35)}{\sin^2 78 \cdot \sin(78-20) \left[1 + \frac{\sin(35+20)\sin(35-10)}{\sin(78-20)\sin(78+10)} \right]^2} = 0.389$$

$$K_p = \frac{\sin^2(84-35)}{\sin^2 84 \cdot \sin(84+20) \left[1 - \frac{\sin(35+20)\sin(35-15)}{\sin(84+20)\sin(84-15)} \right]^2} = 0.992$$

2. คำนวณหาค่า P_a และ P_p

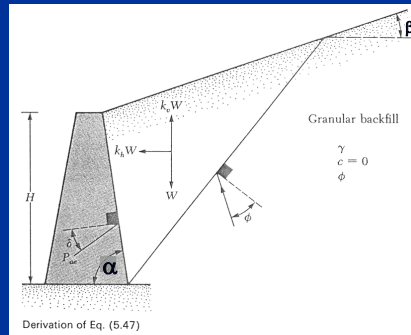
$$P_a = \frac{1}{2} (0.389) 1.85(10)^2 = 35.98 \text{ ตัน/ ม.}$$

$$P_p = \frac{1}{2} (0.992) 1.85(3)^2 = 33.23 \text{ ตัน/ ม.}$$

Active Earth Pressure with Earthquake Forces

$$k_h = \frac{\text{horizontal earthquake acceleration component}}{\text{acceleration due to gravity, } g}$$

$$k_v = \frac{\text{vertical earthquake acceleration component}}{\text{acceleration due to gravity, } g}$$



22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

77

$$P_{ae} = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - k_v) K_{ae}$$

K_{ae} = active earth pressure coefficient

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

$$\theta' = \tan^{-1} \left[\frac{k_h}{1 - k_v} \right]$$

22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

78

การระบายน้ำและควบคุมแรงดันน้ำ บริเวณกำแพงกันดิน

22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

79

อิทธิพลของน้ำโดยรอบของกำแพงกันดิน

- เพิ่มแรงดันด้านข้าง โดยไม่มีความจำเป็น
- มีโอกาสเกิดการกัดเซาะและพังทลายเม็ดดินจากกำแพง
- เกิดแรงยกตัวและลดความมั่นคงด้านการเลื่อนไถลและการพลิกคว่ำ
- เกิดการรั่วซึมลอดใต้กำแพงกันดิน
- เกิดการคืบและทรายนูนที่ตีนกำแพง

ดังนั้นจึงต้องมีมาตรการการออกแบบป้องกันโดยใช้

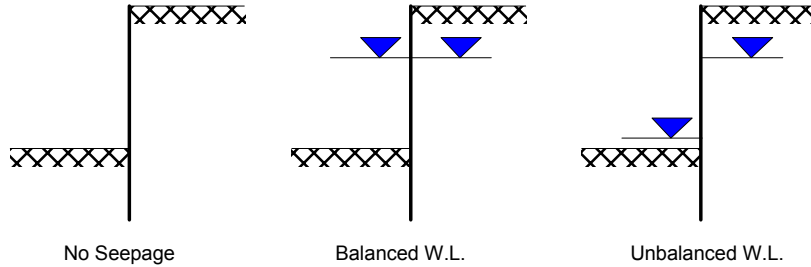
1. การปิดกั้นการรั่วซึม
2. ระบบกรอง
3. ท่อระบายน้ำ

22 มกราคม 2553

การออกแบบฐานราก บทที่ 4

80

Effective Lateral and Water Pressures

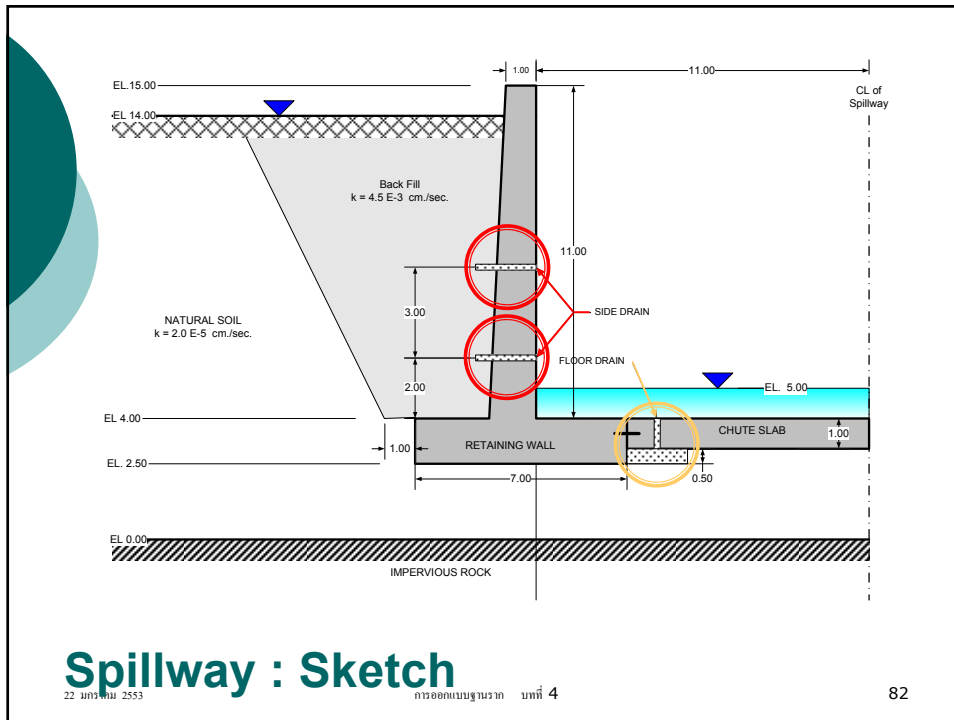


γ_t = Total Density

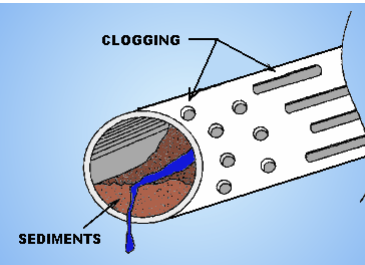
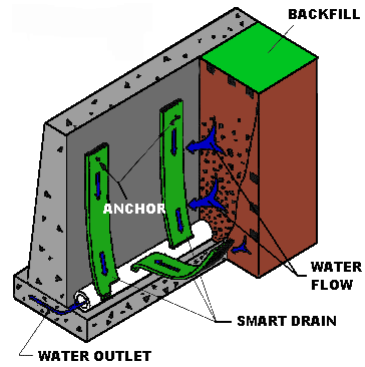
γ_{sat} = Saturated Density

γ_w = Water Density

γ_b = Bouyancy Density



Drainage System



Conventional Perforated Pipe Drainage System

22 มกราคม 2553

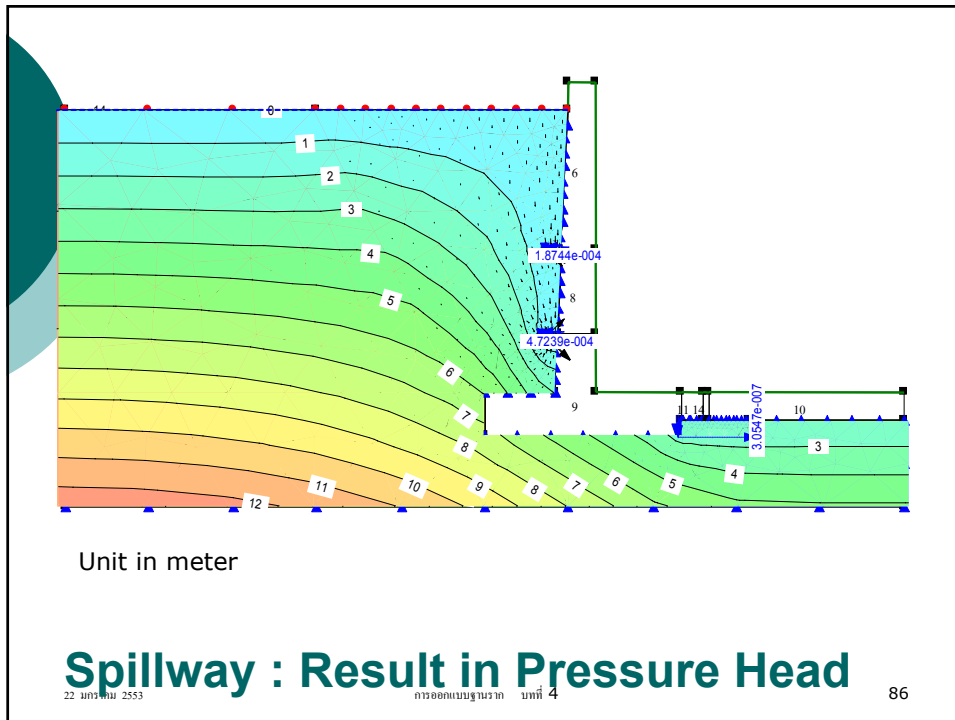
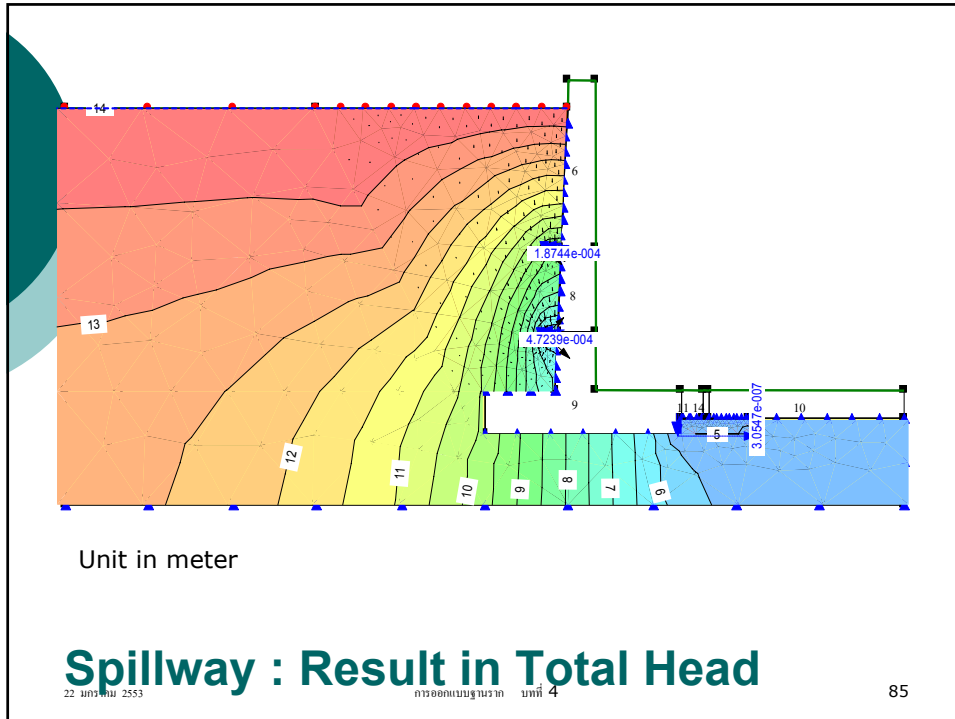
การออกแบบฐานราก บทที่ 4

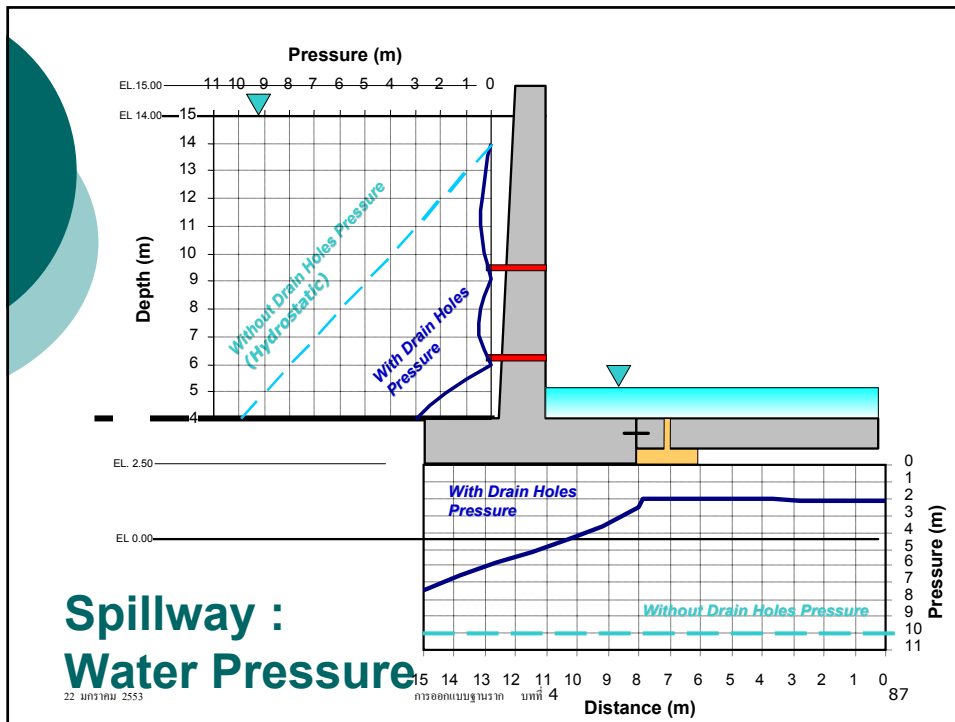
Spillway : Modeling

22 มกราคม 2553

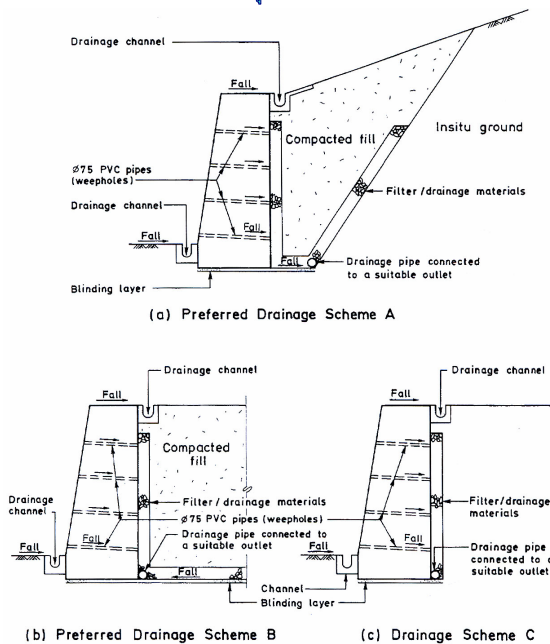
การออกแบบฐานราก บทที่ 4

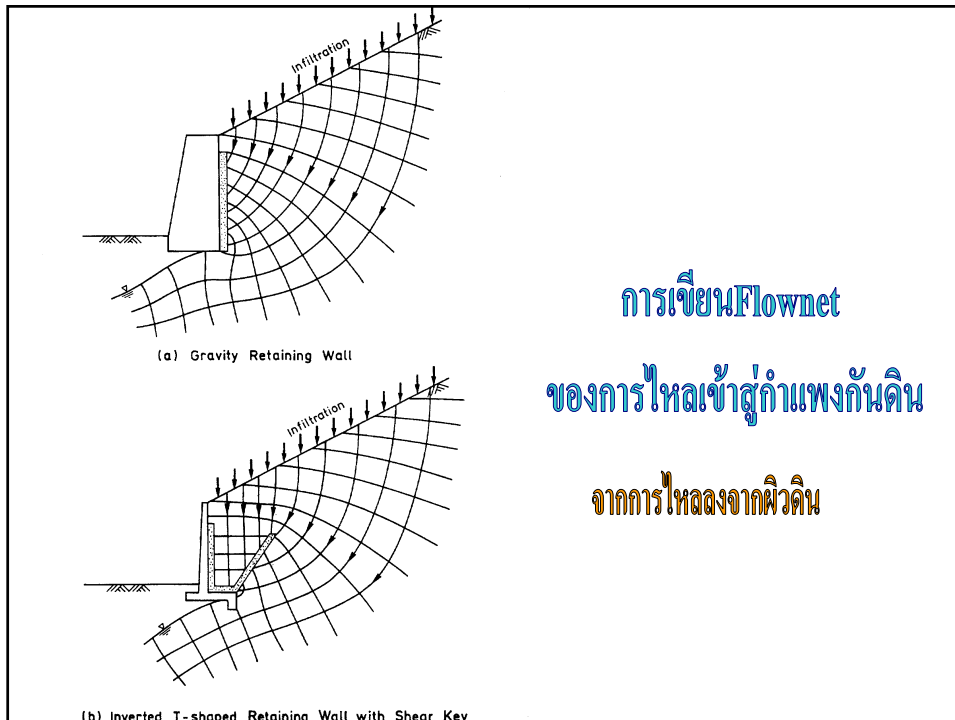
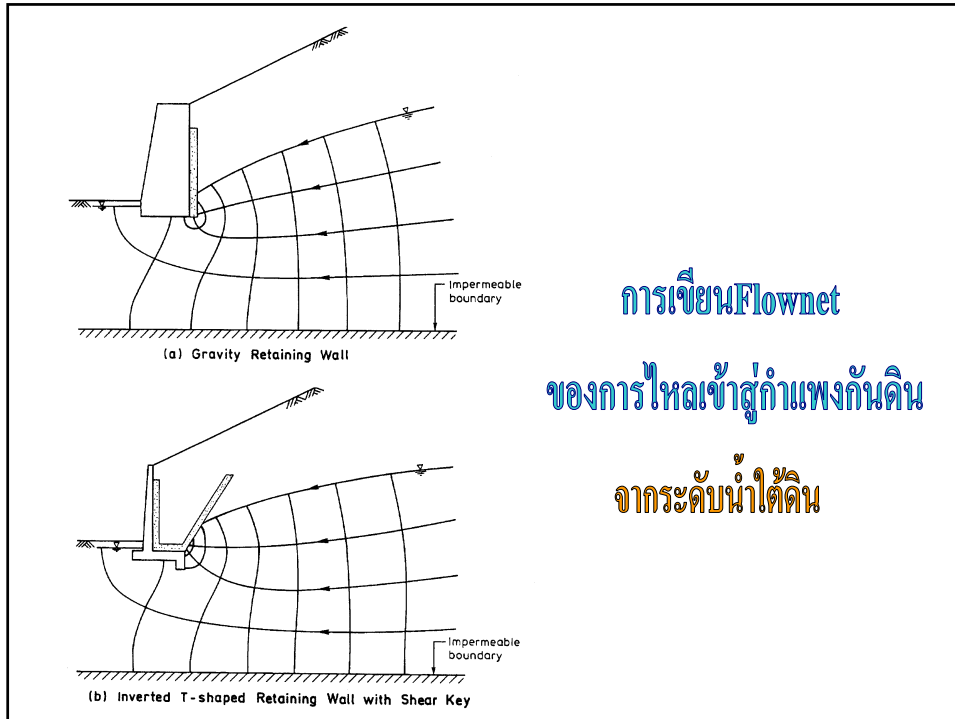
84

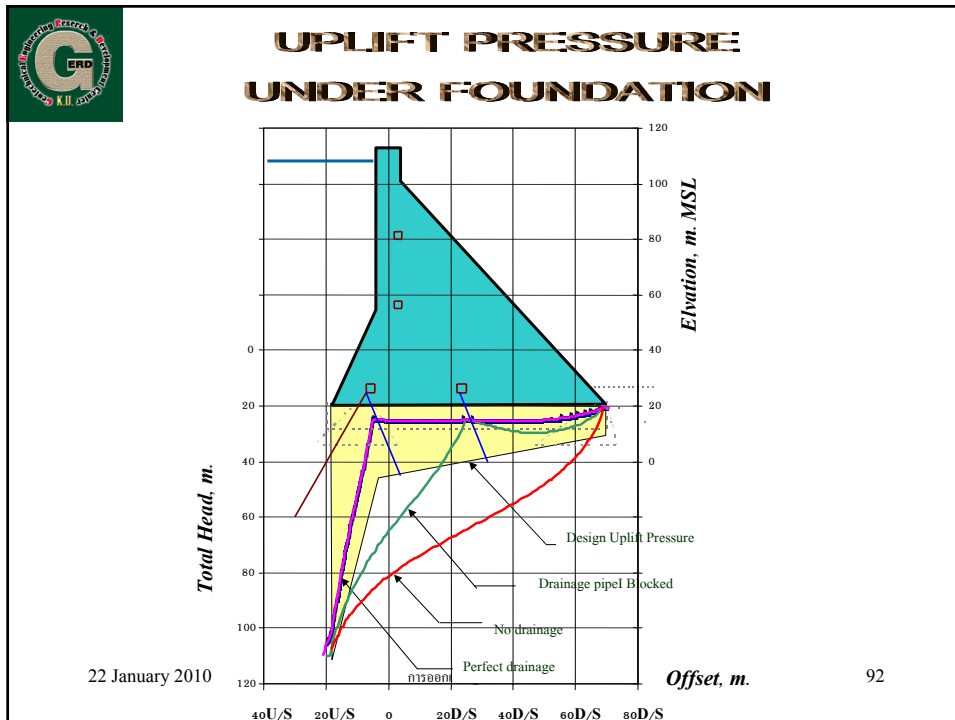
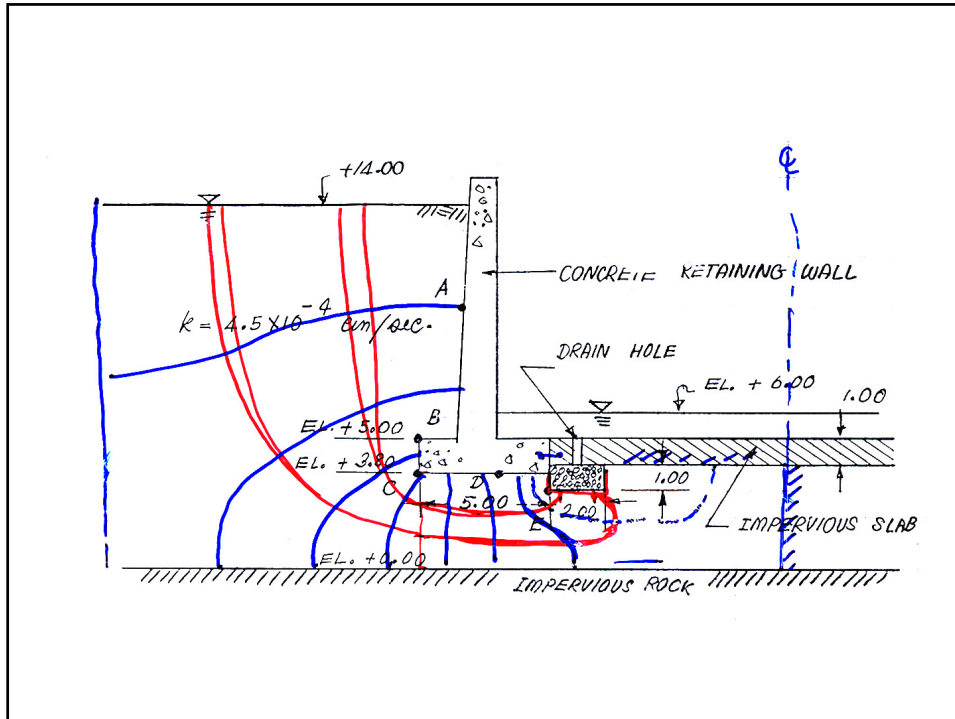




หลักการของการควบคุมแรงดันน้ำบริเวณกำแพงกันดิน







*Civil Engineering Department
Kasetsart University*



www.eng.ku.ac.th/~ce

22 มกราคม 2553 การออกแบบฐานราก บทที่ 4 93

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แรงดันด้านข้างจากน้ำหนักกดทับบนผิวดิน

$$\sigma = \frac{2q}{\pi H} \cdot \frac{a^2 b}{(a^2 + b^2)^2}$$

$$\sigma = \frac{4q}{\pi H} \frac{a^2 b}{(a^2 + b^2)^2} \quad \text{for } a > 0.4$$

$$\sigma = \frac{q}{H} \frac{0.203b}{(0.16 + b^2)^2} \quad \text{for } a \leq 0.4$$

$$\sigma = \frac{q}{H} (\beta - \sin \beta \cdot \cos 2\alpha)$$

$$\sigma = \frac{2q}{H} (\beta - \sin \beta \cdot \cos 2\alpha)$$

22 มกราคม 2553 การออกแบบฐานราก บทที่ 4 94