เขื่อนดิน

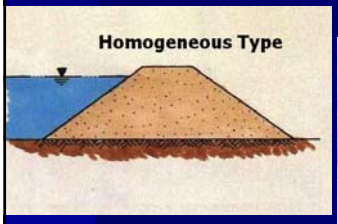
(Earth Dam)

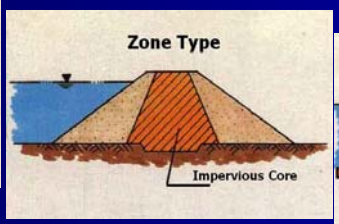
โดย รศ.ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

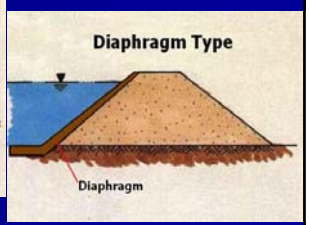
2559

เขื่อนดินแบ่งตามลักษณะการออกแบบ

- Homogeneous Type
- Zone Type
- Diaphragm Type



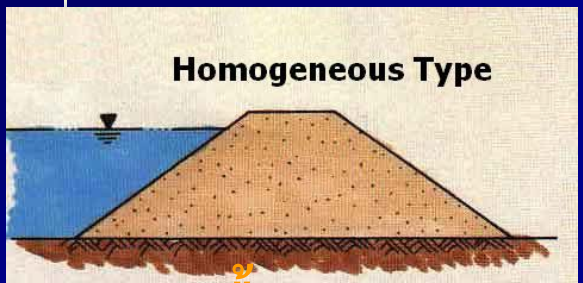




สิ่งสำคัญในการออกแบบ

- การไหลซึมน้ำผ่านตัวเขื่อนและฐานราก(Seepage)
- การทรุดตัว(Camber)
- การพังทลายของลาดเขื่อน (Failure)
- การกัดเซาะผิวเขื่อน (Erosion)

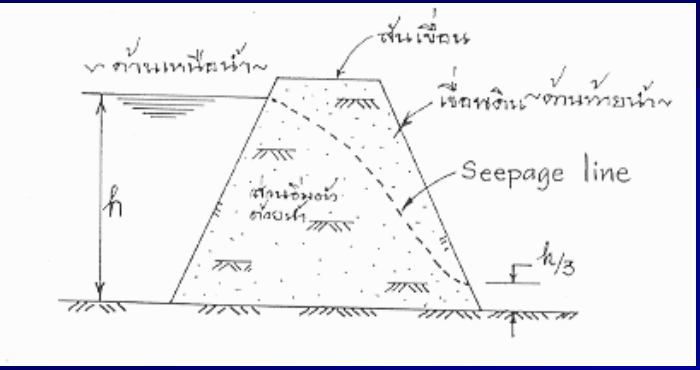
Homogeneous Type



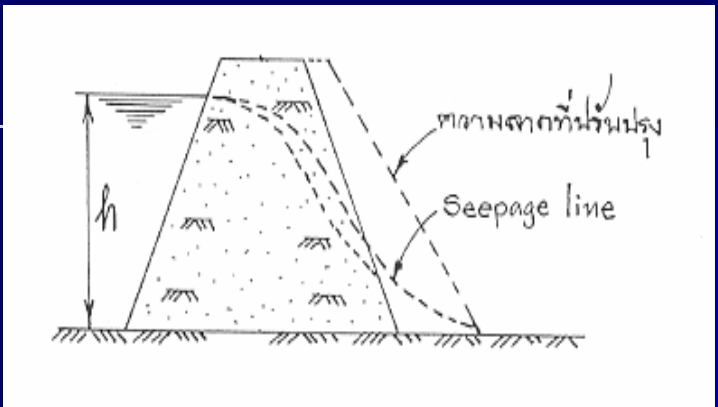
1. ชนิดเนื้อเดียวล้วน

- เนื้อเดียวล้วน ยกเว้นส่วนที่ป้องกันการกัดเซาะ และระบบระบายน้ำในตัวเขื่อน
- สร้างจากดินที่มีลักษณะทึบน้ำ เช่น ดินเหนียว
- ผิวลาดเขื่อนข่อนข้างราบ

Homogeneous Type



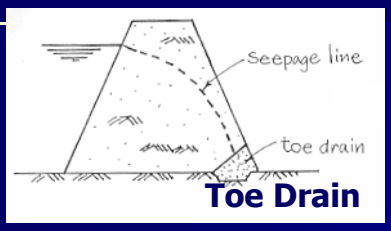
- **Phreatic Line** จะตัดผิวลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ ประมาณ **h/3**
- ถ้าน้ำไหลซึมผ่านตัวเขื่อนได้ จะเสี่ยงต่อการเกิด **Piping** จึงต้องมีระบบระบายน้ำภายใน



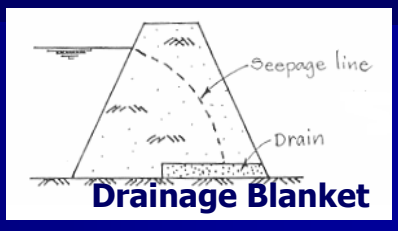
ถ้าน้ำไหลซึมผ่านตัวเขื่อนมาก แก้ไขโดย

- 1. ออกแบบลาดเขื่อนให้ราบมากขึ้น (1:2 – 1:3)
- 2. ออกแบบระบบระบายน้ำภายในตัวเขื่อน

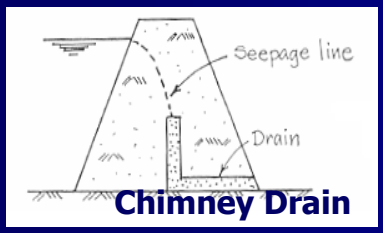
ระบบระบายน้ำในตัวเขื่อน



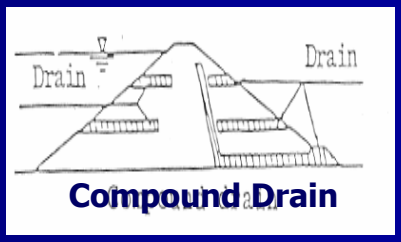
Toe Drain



Drainage Blanket

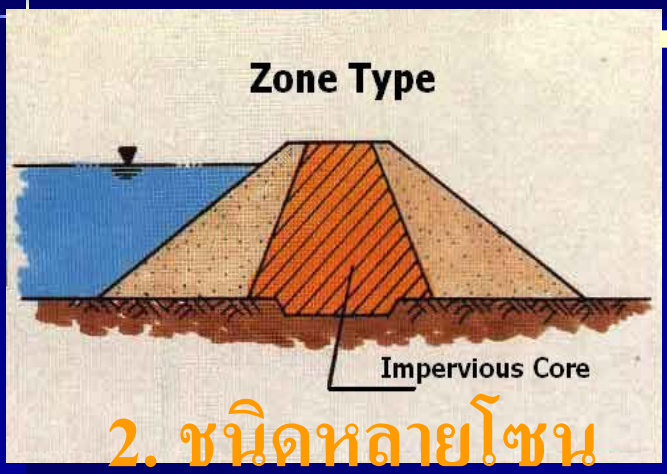


Chimney Drain



Compound Drain

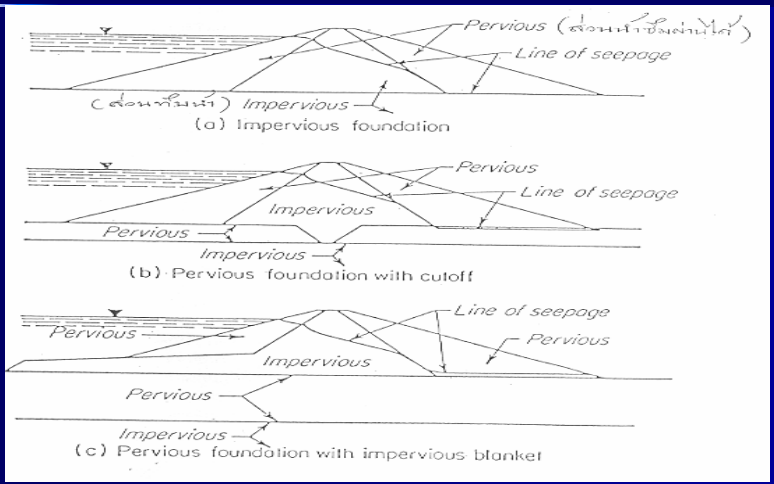
Zone Type



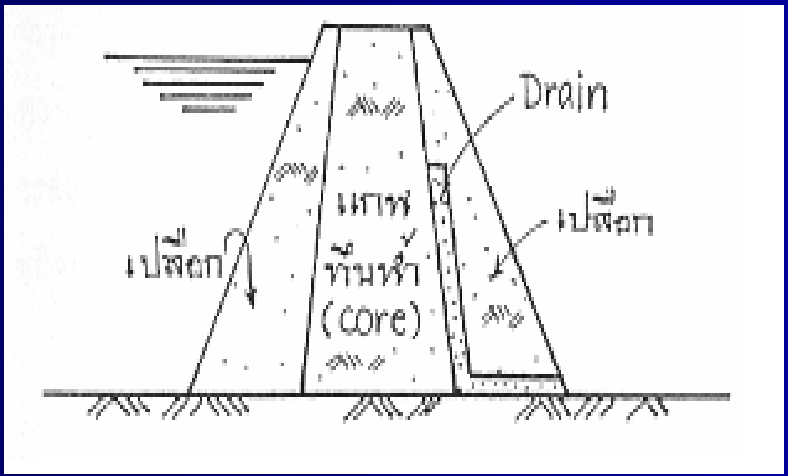
- แกนกลาง (**Core**)ทึบน้ำมากที่สุด บริเวณเปลือก (**Shell**) ยอมให้น้ำซึมผ่านได้

2. ชนิดหลายโซน

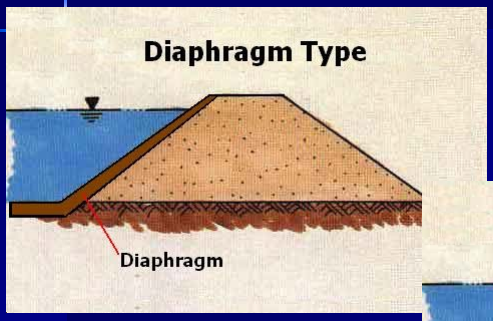
เขื่อนดินชนิดหลายโซนแบบต่างๆ



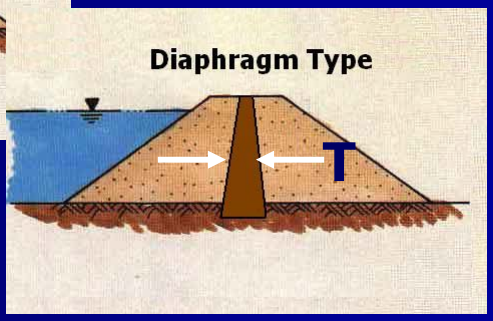
ระบบระบายน้ำของเขื่อนหลายโซน



Diaphragm Type



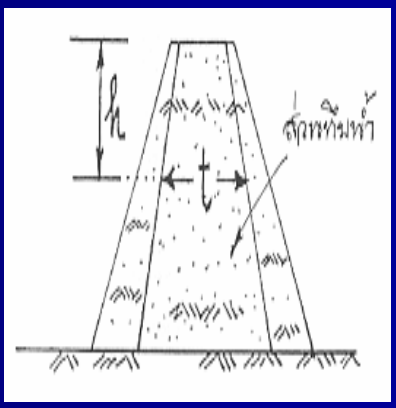
T < 10 ft.
T < ความสูง



3. ไดอะแฟรม

Diaphragm Type

- สร้างจากวัสดุที่น้ำซึมผ่านได้ เป็นทราย กรวด หิน หรือดิน มีไดอะแฟรมทำจากวัสดุทึบน้ำทำหน้าที่สกัดกั้นการไหลซึมของน้ำ วางอยู่ระหว่างลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำถึงแกนกลาง
- t < 10´ หรือ t<h

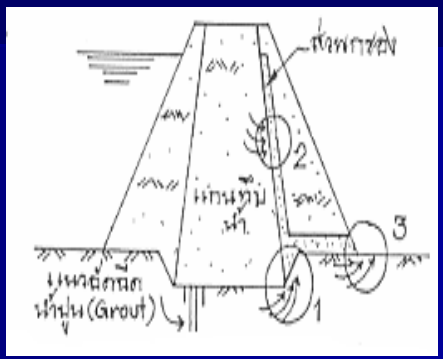


วัสดุที่ใช้ทำไดอะแฟรม

- ดินทึบน้ำ (มีความหยุ่นตัวดีกว่า)
- คอนกรีต (**Rigid** แตกง่าย ถ้ามีการทรุดตัว)
- คอนกรีตบิทูมินัส
- วัสดุทึบน้ำอื่นๆ

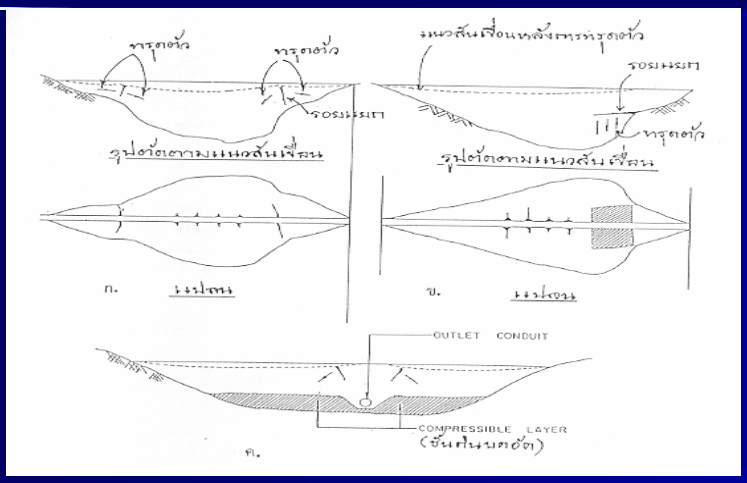
การวิบัติของเขื่อนดิน (**Failure**)

- การรั่วซึมน้ำของตัวเขื่อนและฐานราก ถ้ามีปริมาณมาก จะก่อให้เกิด **Piping**

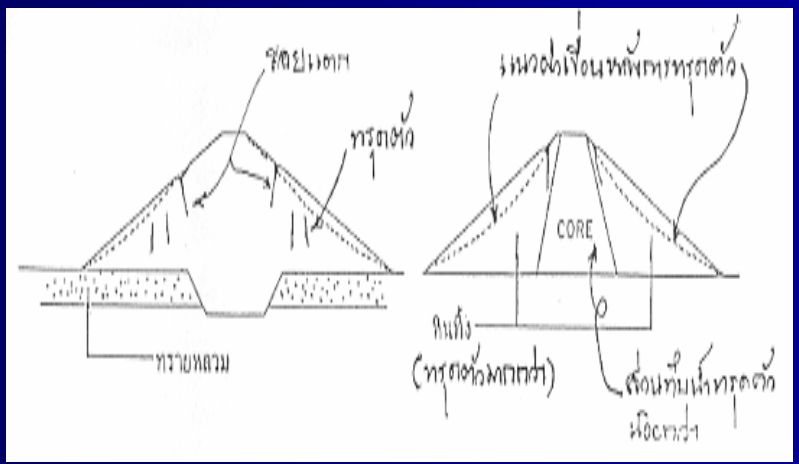


- จุด 1 และ 2 ออกแบบและก่อสร้างระบบกรองให้เหมาะสม
- บริเวณ 3 ใช้บ่อลดความดัน (**Relief Well**)

รอยแตกตามขวางแนวสันเขื่อน
(Transverse Cracks)

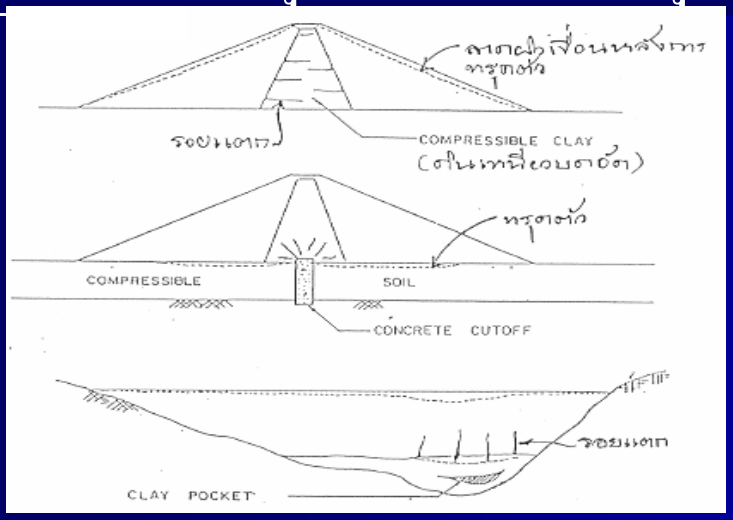


รอยแตกขนานสันเขื่อน
(Longitudinal Cracks)



รอยแตกภายในตัวเขื่อน

เกิดจากการทรุดตัวต่างกันของวัสดุ

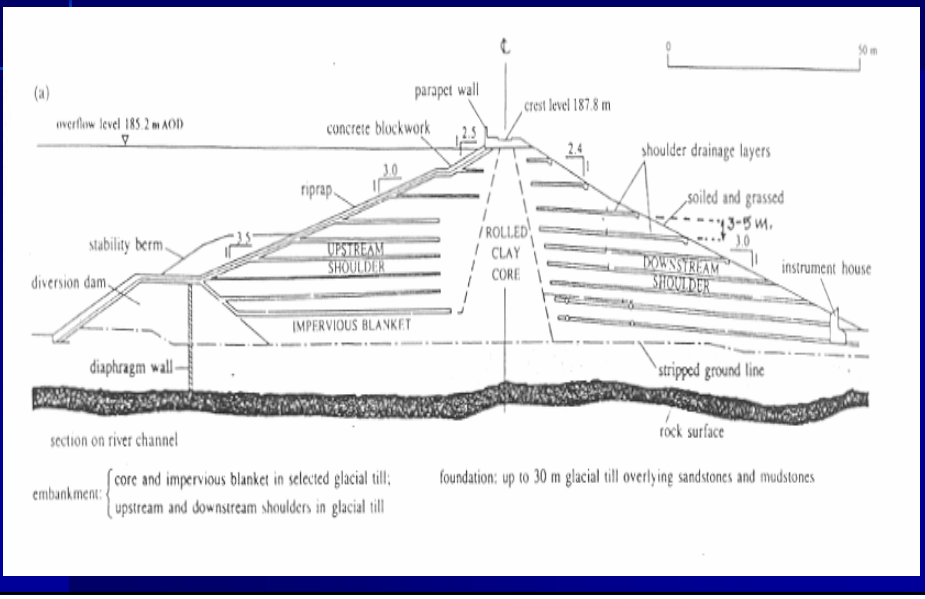


การเคลื่อนพังทลายของลาดเขื่อนและฐานราก

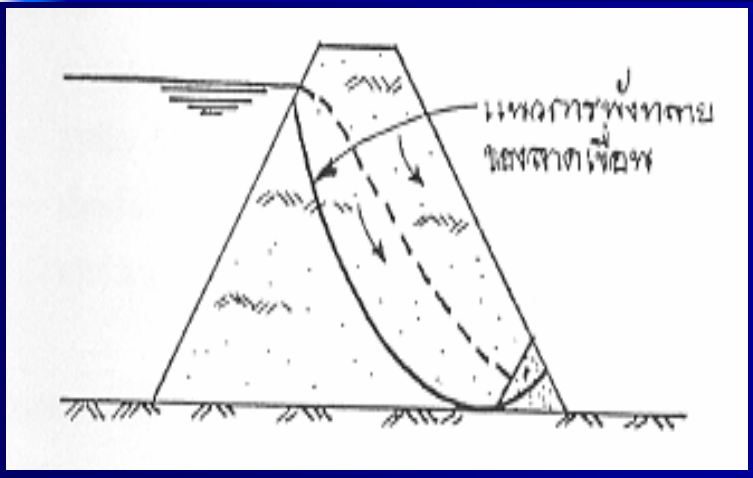
การวิบัติในลักษณะนี้มักเกิดในช่วงวิกฤต

- หลังเสร็จสิ้นการก่อสร้างใหม่ๆ
  - **Pore Water Pressure**
  - **Horizontal Blanket Drain**
- ในระหว่างเก็บกักน้ำ **(Impounding)**
- **Rapid Downdown**

Horizontal Blanket Drain



แนวการพังทลายของลาดเขื่อน



สาเหตุของการวิบัติ

- แผ่นดินไหว
- การกัดเซาะลาดผิวเขื่อน
- **Overtopping**

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบเขื่อนดิน

- **Overtoping** (น้ำต้องไม่ล้นสันเขื่อน)
  - ทางระบายน้ำล้น
  - **Freeboard = Surcharge + 1.5 Wave Height + Camber**
- **Piping** (การกัดเซาะภายในตัวเขื่อน)
  - การเลือกชนิดดิน การบดอัด และระบบระบายน้ำภายใน
- **Slope Stability** (ลาดตัวเขื่อนต้องมั่นคงต่อการเลื่อนไถล)
- **Overstress** ในตัวเขื่อนและฐานราก
- **Slope Protection**
  - **Rip Rap** (หินทิ้ง) + หญ้า

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบเขื่อนดิน (ต่อ)

- ความกว้างสันเขื่อน
- ส่วนเผื่อล้น
- ลาดผิวเขื่อน
- แกนทึบน้ำ
- ระบบระบายน้ำ

ความกว้างสันเขื่อน (B)

เขื่อนต่ำ H<<30 m	$B=3+H/5$
เขื่อนสูง H<30 m	$B=0.55H^{0.50} + 0.2H$
เขื่อนสูงมาก H>30 m	$B=1.65(H+1.50)^{0.33}$

ส่วนเผื่อล้น (Freeboard)

- F > ΔH + Max(Hw, He) + Ha +Hi
- ΔH = Surcharge
- Hw = Wave Height from Wind
- He = Wave Height from Earthquake
- Ha = Gate Operation Error = 0.50 m.
- Hi = Dam Type Adjusment
  - Gravity Dam Hi=0
  - Earth Dam Hi=1.0 m.

Sciichi Sato Formula (He)

- He = (7K.T/44)√gh
- K = สปส.การสั่นสะเทือนสำหรับประเทศไทย 0.05-0.10
- T = ระยะเวลาการเกิดแผ่นดินไหว วินาที
- h = ความลึกน้ำหน้าเขื่อน , ม.

USBR แนะนำ Freeboard

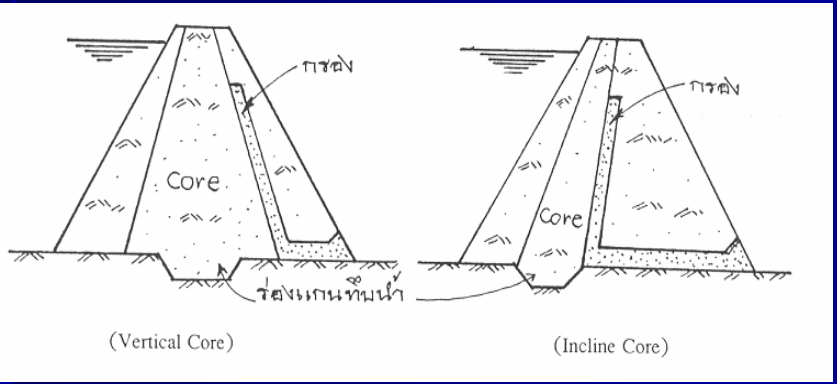
Spillway Type	Dam Height	Freeboard(m)
No Gate	Any	2-3 m. above Max. Flood Level
Gate Control	< 60 m.	2.50 m. above Gate Top
Gate Control	> 60 m.	3.00 m. above Gate Top

ลาดผิวเขื่อน(Slope)

- วัสดุ
- ความสูง
- สภาพฐานราก
- **V:H = 1:2 – 1:4**
- ด้านเหนือน้ำ ควรใช้วัสดุที่มี **Permeability** สูง เพื่อป้องกันไม่ให้ **Pore Water Pressure** สูงเกินไป ในช่วง **Rapid Drawdown**

แกนทึบน้ำ (Impervious Core)

- Vertical Core
- Incline Core



(Vertical Core) (Incline Core)

ความหนาของแกนทึบน้ำ

- ขึ้นอยู่กับ Seepage
- ความสะดวกในการทำงาน > 3.00 ม.
- ขึ้นอยู่กับมีหรือไม่มีระบบกรองน้ำ
- T > y
- แกนทึบน้ำควรอยู่สูงกว่าระดับน้ำสูงสุด > 1.00 ม. เพื่อป้องกัน Capillary Rise

ระบบระบายน้ำในตัวเขื่อน

- ลด Pore Water Pressure
- สกัดกั้นการพัดพาเม็ดดิน
- Toe Drain
- Horizontal Blanket Drain
- Vertical Blanket Drain (Chimney)

The End