สภา
วิศวกร

กำหนดการสัมมนา ครั้งที่ 3 (สำหรับสมาชิก)
เรื่อง “การเตรียมความพร้อมเพื่อขอรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ระดับสามัญวิศวกร และระดับภาคีวิศวกรพิเศษ สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกรอบความสามารถการประกอบวิชาชีพวิศวกรรม (Competency Frameworks)” ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์(Cisco Webex)
วันศุกร์ที่ 10 พฤศจิกายน 2566 เวลา 09.00 - 12.00 นาฬิกา

11.00 น. – 12.00 น. **ความรู้ประกอบการขอเลื่อนระดับเกี่ยวกับงานแหล่งน้ำ**

โดย นายสนั่น ศิริอ่อน อนุกรรมการทดสอบความรู้ฯ ระดับสามัญวิศวกร และระดับภาคีวิศวกรพิเศษ สาขาวิศวกรรมโยธา

สภาวิศวกร

การบรรยายจัดแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1. การคำนวณออกแบบ WATER RESOURCES STRUCTURES

ตอนที่ 2. การก่อสร้าง WATER RESOURCES STRUCTURES

<u>การบรรยายสรุปเฉพาะเรื่องสำคัญให้พอเหมาะกับเวลา 60 นาที</u>

ตอนที่ 1. DESIGN OF WATER RESOURCES STRUCTURES

การออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำ (Storage Dam Design)

การออกแบบเขื่อนทดน้ำ(Diversion Dam Design)

การออกแบบฝาย(Weir Design)

การออกแบบอาคารประกอบที่หัวงาน(Appurtenant Work Design)

การออกแบบคันกั้นน้ำ (Dike Design)

การออกแบบคลองส่งน้ำ (Canal Design)

การออกแบบเขื่อนกันตลิ่ง(Bank Protection Design)

การออกแบบเขื่อนกันน้ำท่วม(Flood Wall Design)

การออกแบบสถานีสูบน้ำ(Pumping Station Design)

การออกแบบท่าเรือ(Harbor, Berth, and Jetty Design)

และ อาคารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับน้ำ(น้ำฝน น้ำท่า น้ำบนดิน น้ำใต้ดิน ฯลฯ)

ตอนที่ 2. CONSTRUCTION OF WATER RESOURCES STRUCTURES

การควบคุมงานก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ (Storage Dam Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างเขื่อนทดน้ำ(Diversion Dam Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างฝาย(Weir Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างอาคารประกอบที่หัวงาน(Appurtenant Work Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างคันกั้นน้ำ (Dike Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างคลองส่งน้ำ (Canal Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างเขื่อนกันตลิ่ง(Bank Protection Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างเขื่อนกันน้ำท่วม(Flood Wall Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างสถานีสูบน้ำ(Pumping Station Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างท่าเรือ(Harbor, Berth, and Jetty Design)

และ อาคารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับน้ำ (น้ำฝน น้ำท่า น้ำบนดิน น้ำใต้ดิน ฯลฯ)

ตัวอย่าง อาคารที่เกี่ยวกับวิศวกรรมแหล่งน้ำบางประเภท

เขื่อนป้องกันตลิ่ง 02/08/2013
ริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา กรุงเทพฯ

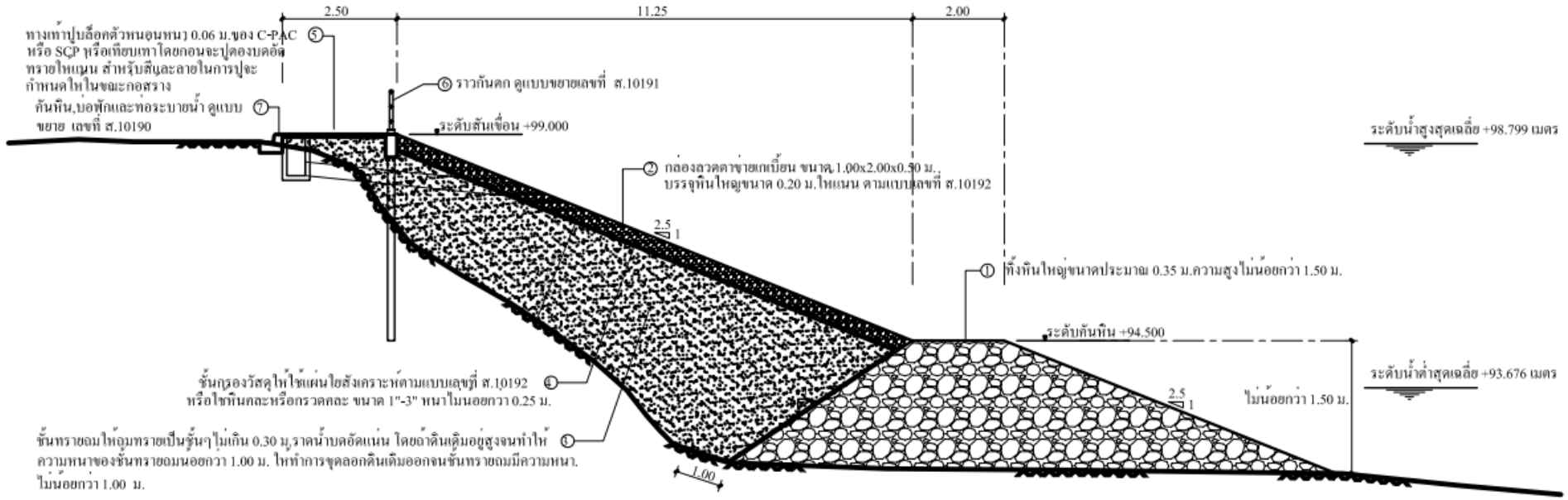
เขื่อนป้องกันตลิ่ง ริมฝั่งแม่น้ำแม่กลอง จ.สมุทรสงคราม

ชื่อโครงการ : โครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งคลองจั่น เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร

โครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง แม่น้ำชี จังหวัดขอนแก่น

Isle of Wight Centre for the Coastal Environment, ENGLAND

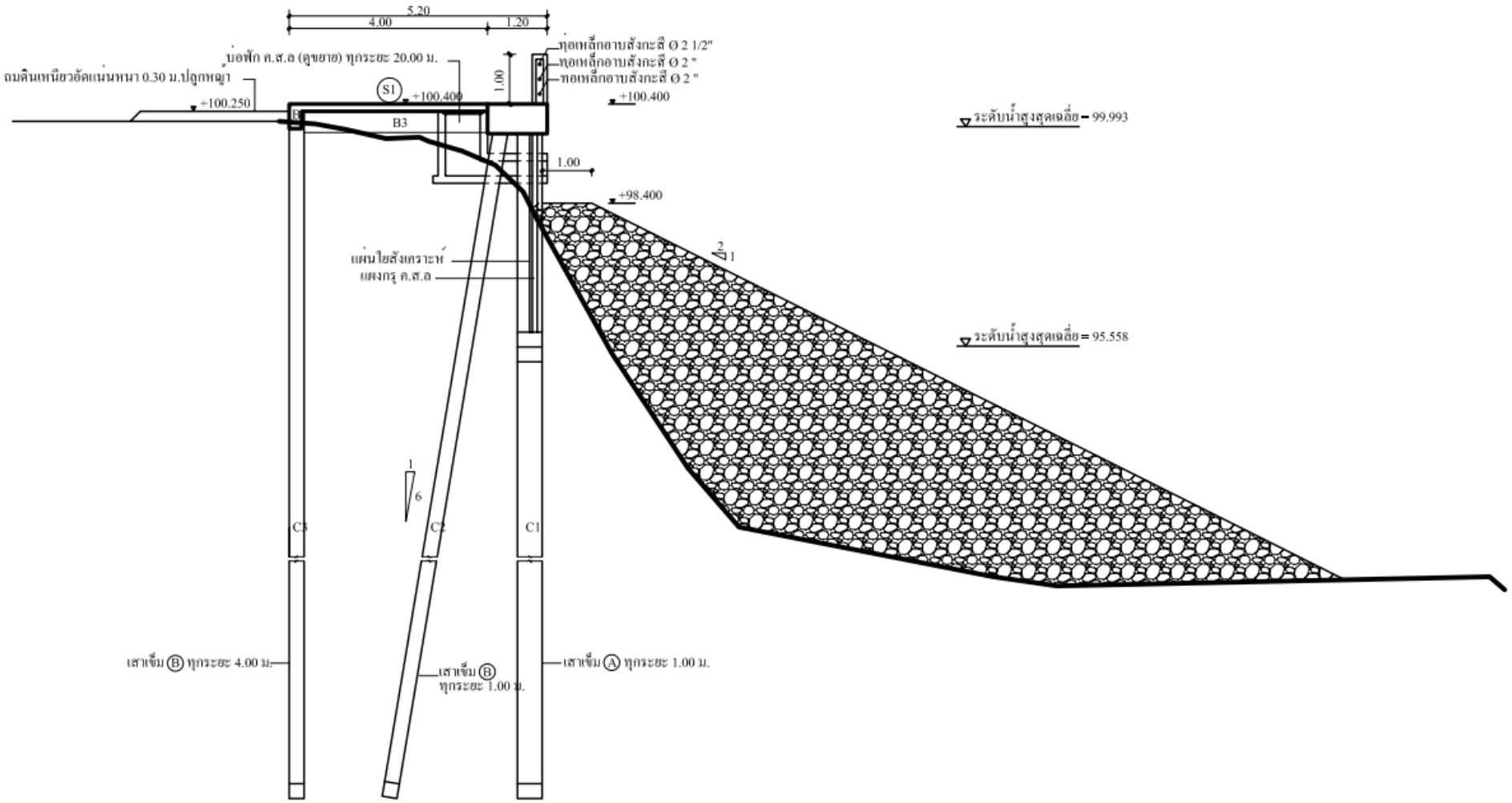
2. เขื่อนป้องกันตลิ่ง ชนิดเรียงกล่องเกเบี้ยน



ขยายรูปตัดเขื่อนทั่วไป. 1:50

แบบมาตร ฐาน กรมโยธาธิการและผังเมือง

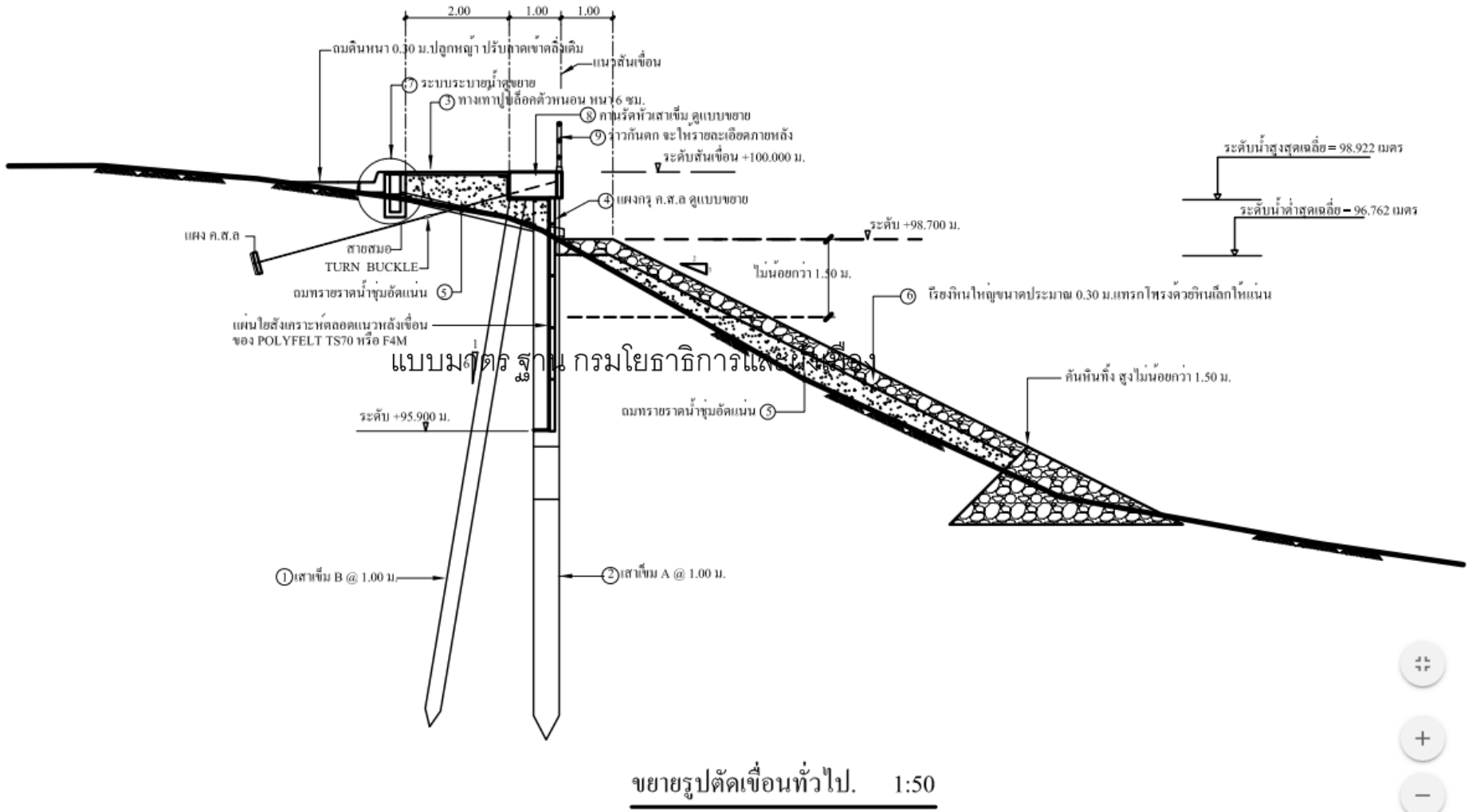
3. เขื่อนป้องกันตลิ่ง ชนิดตอกเสาเข็ม



ขยายรูปตัดเขื่อนทั่วไป. 1:50

แบบมาตร ฐาน กรมโยธาธิการและผังเมือง

4. เขื่อนป้องกันตลิ่ง ชนิดตอกเสาเข็ม มีสายสมอ



แบบมาตร ฐาน กรมโยธาธิการและผังเมือง

ขยายรูปตัดเขื่อนทั่วไป. 1:50

แบบมาตร ฐาน กรมโยธาธิการและผังเมือง

หาดแสงจันทร์ จังหวัดระยอง เป็นชายหาดที่มีแนวหิน สร้างไว้กันคลื่นเซาะชายหาด อยู่ไม่ไกลจากตัวเมือง เป็นแหล่งพักผ่อน ยามค่ำคืนจะมาร้านอาหารเปิดบริการตามชายหาด ฟังเสียงคลื่นเบา ๆ เป็นที่ตั้งของโรงแรม แคนทารี เบย์ ระยอง วิดีโอ ถ่ายที่แยกนางยักษ์ ครับ

https://youtu.be/YOD1c_dzeao

หาดบ้านหน้าศาล กำแพงกันทรายปากแม่น้ำและอาคารกันการกัดเซาะหาดทรายริมทะเล
หมู่ 3 บ้านหน้าศาล ต.หน้าสตน อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช

Deep Sea Port ท่าเรือน้ำลึก

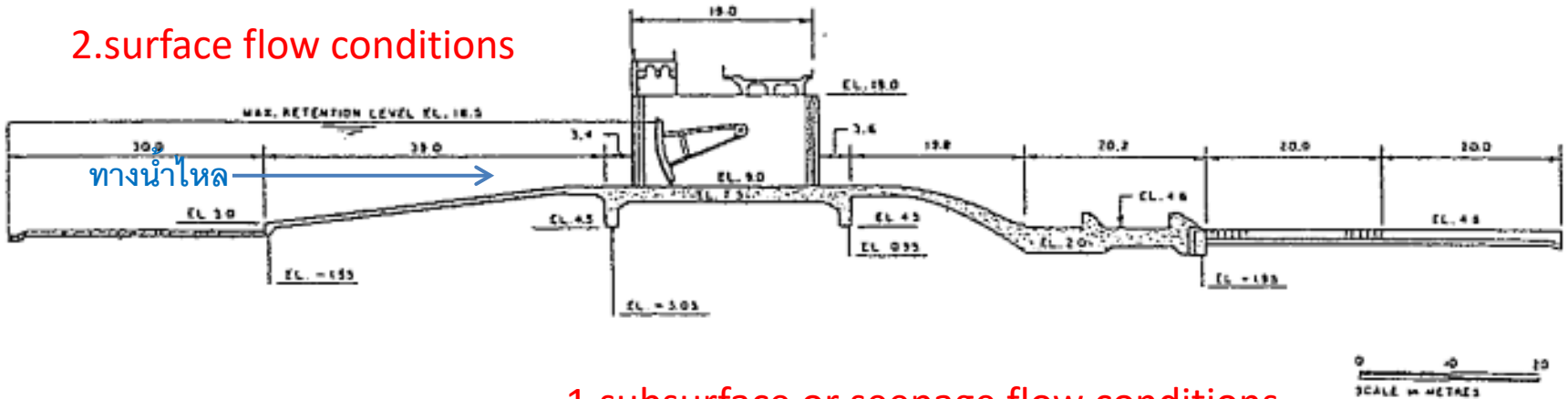
PIER STRUCTURES ท่าเทียบเรือ

เขื่อนเจ้าพระยา
thai-tour.com

ทางน้ำไหล
NEWS
Thai

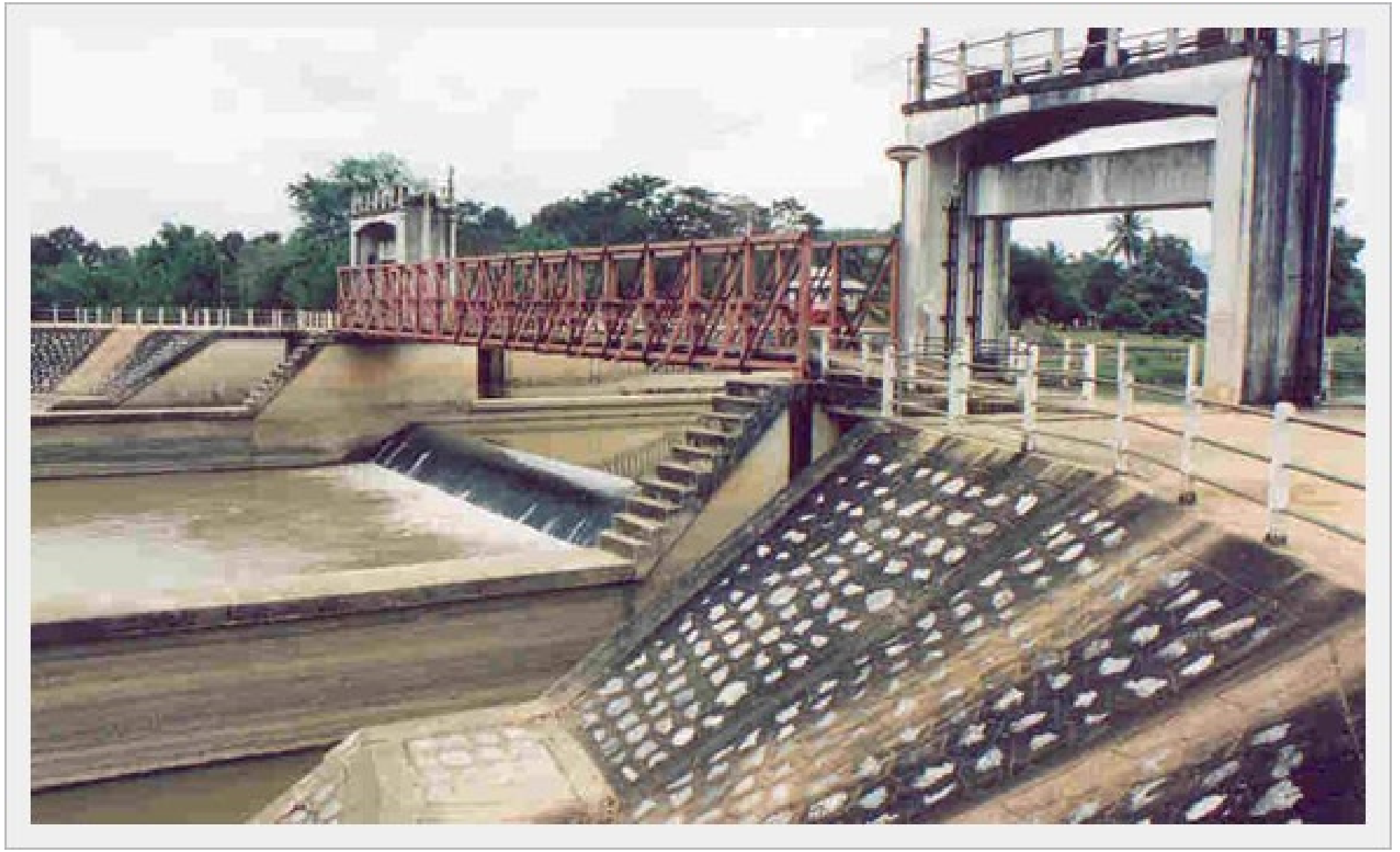
เขื่อนเจ้าพระยา จ.ชัยนาท

2.surface flow conditions



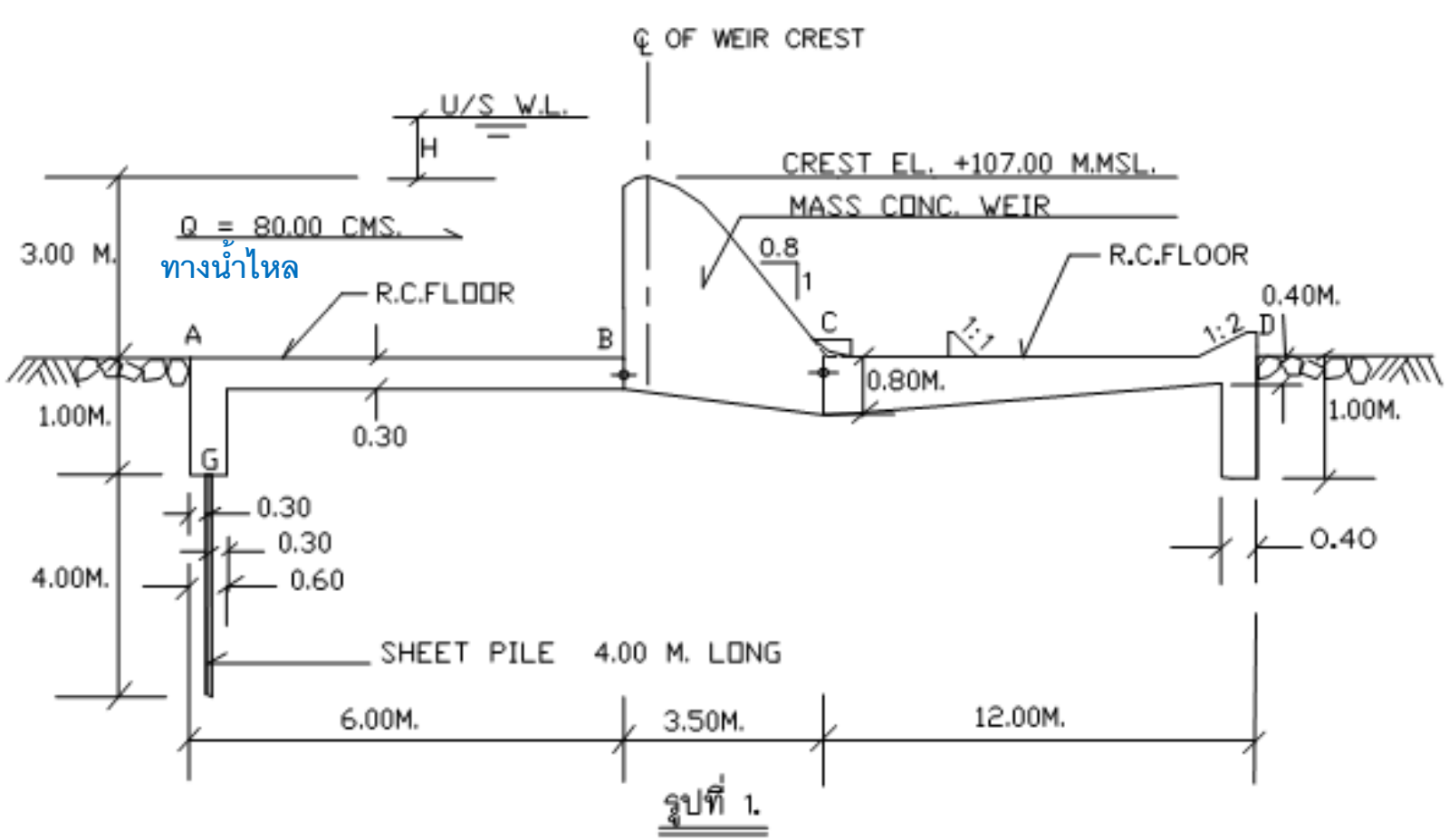
1.subsurface or seepage flow conditions

รูปที่ 1-1 รูปตัดทั่วไปของเขื่อนเจ้าพระยา



ฝายแม่ลาว เชียงราย

ฝายแม่ลาว จ.เชียงราย


℄ OF WEIR CREST
U/S W.L.
H
CREST EL. +107.00 M.MSL.
MASS CONC. WEIR
Q = 80.00 CMS.
ทางน้ำไหล
3.00 M.
0.8
1
R.C.FLOOR
R.C.FLOOR
0.40M.
A
B
C
D
1:1
1:2
0.80M.
1.00M.
0.30
1.00M.
G
0.30
0.30
0.60
4.00M.
0.40
SHEET PILE 4.00 M. LONG
6.00M.
3.50M.
12.00M.

รูปที่ 1.

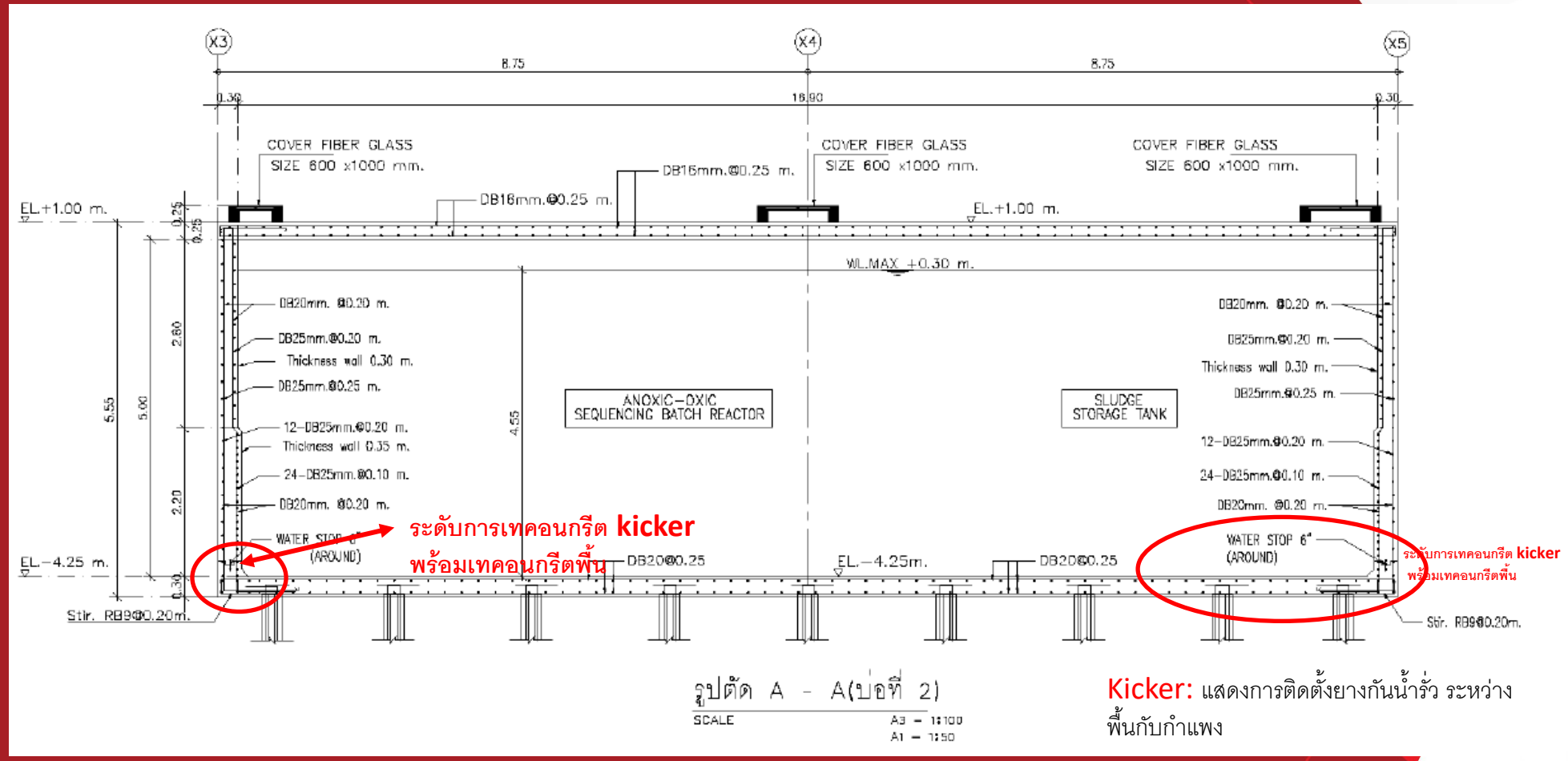
เขื่อนภูมิพล จ.ตาก

เขื่อนสิริกิติ์ จ.น่าน

เขื่อนแก่งกระจาน
กรมชลประทาน
จ เพชรบุรี
TRIP TRAVEL GANG

เขื่อนแก่งกระจาน จ.เพชรบุรี

We are
Engineers

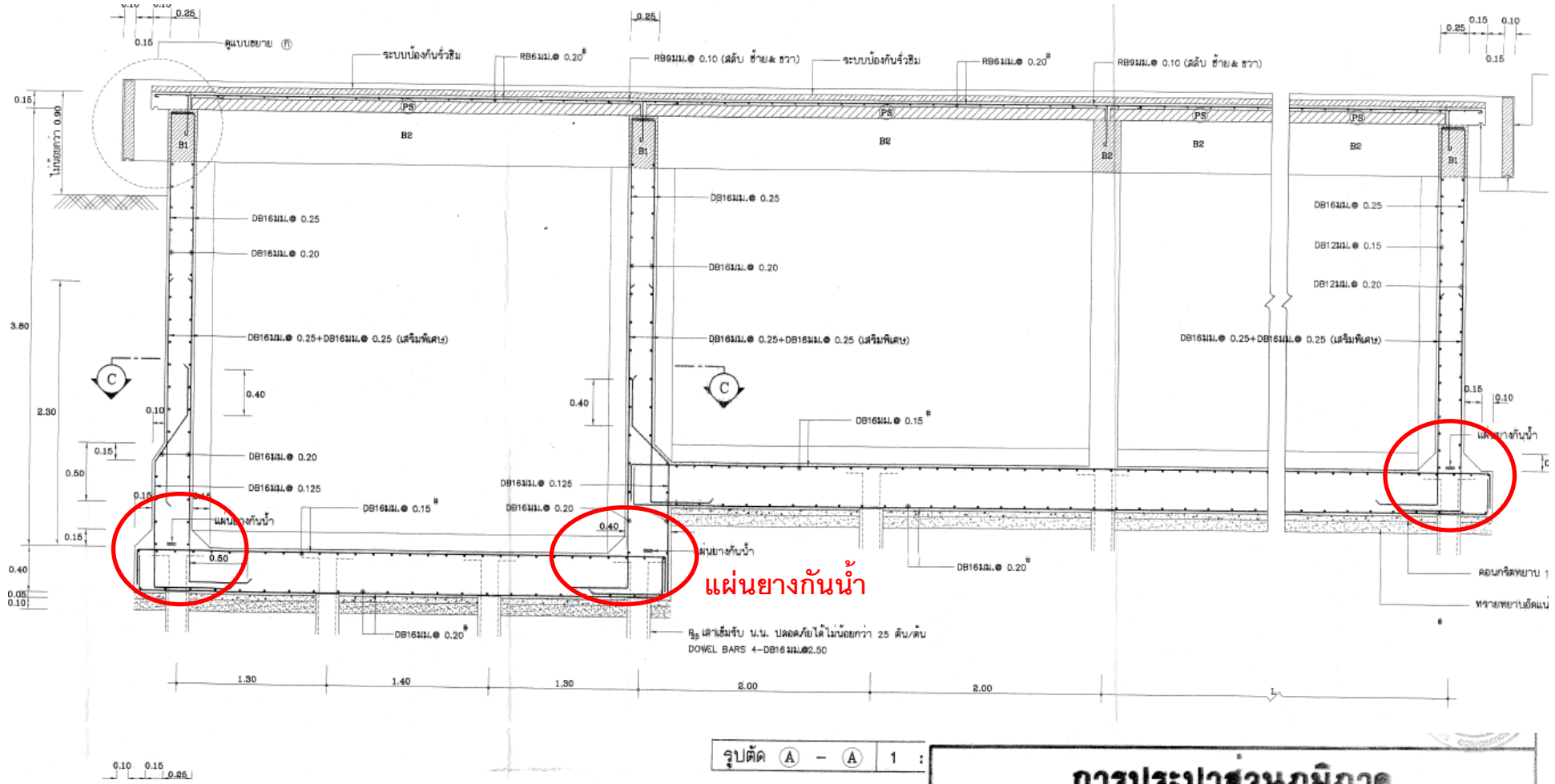


รูปตัด A - A(บ่อที่ 2)

SCALE A3 = 1:100
A1 = 1:50

Kicker: แสดงการติดตั้งยางกันน้ำรั่ว ระหว่างพื้นกับกำแพง

ถังหรือบ่อกำจัดน้ำเสีย



แผ่นยางกันน้ำ

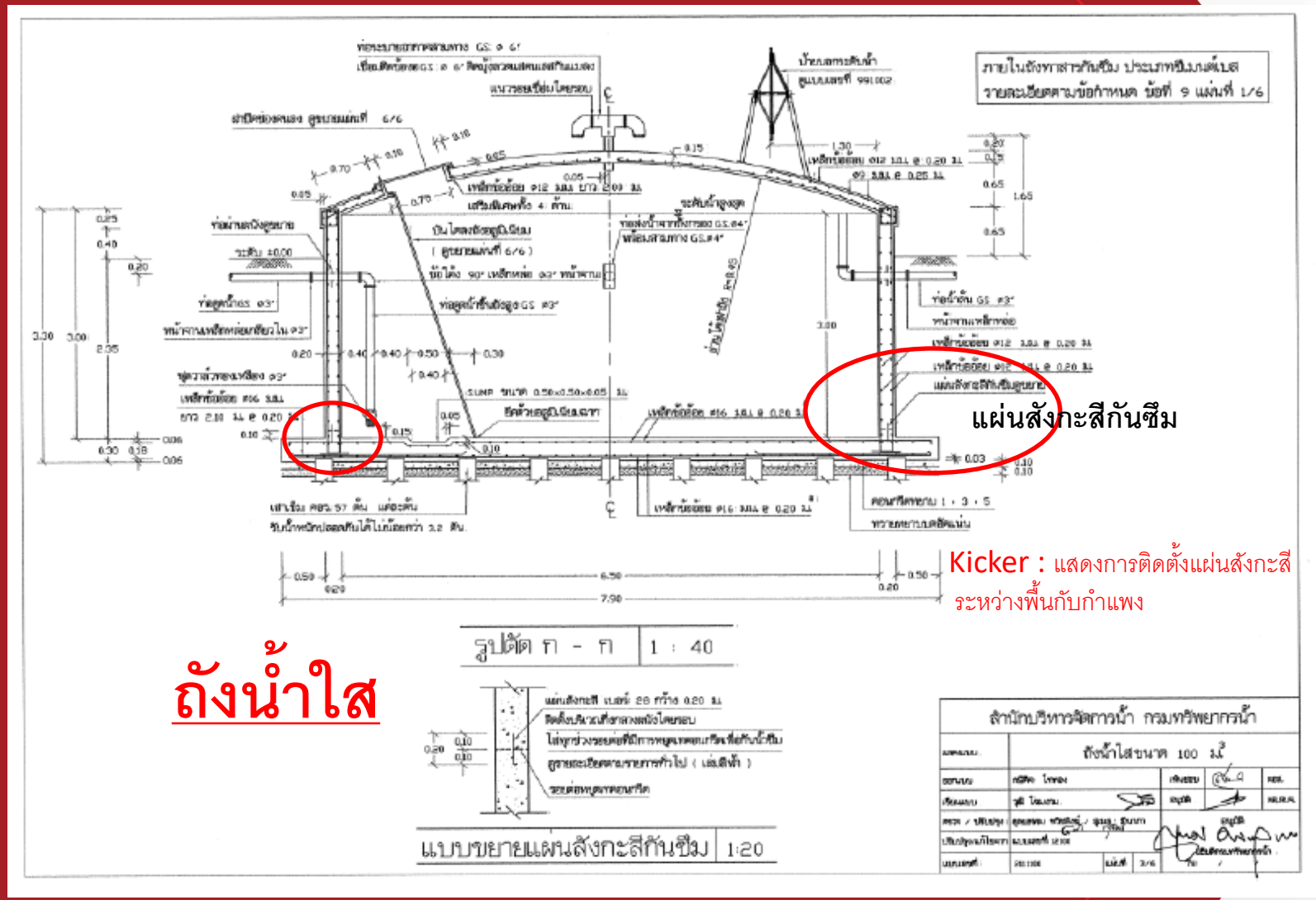
รูปตัด Ⓐ – Ⓐ 1 :

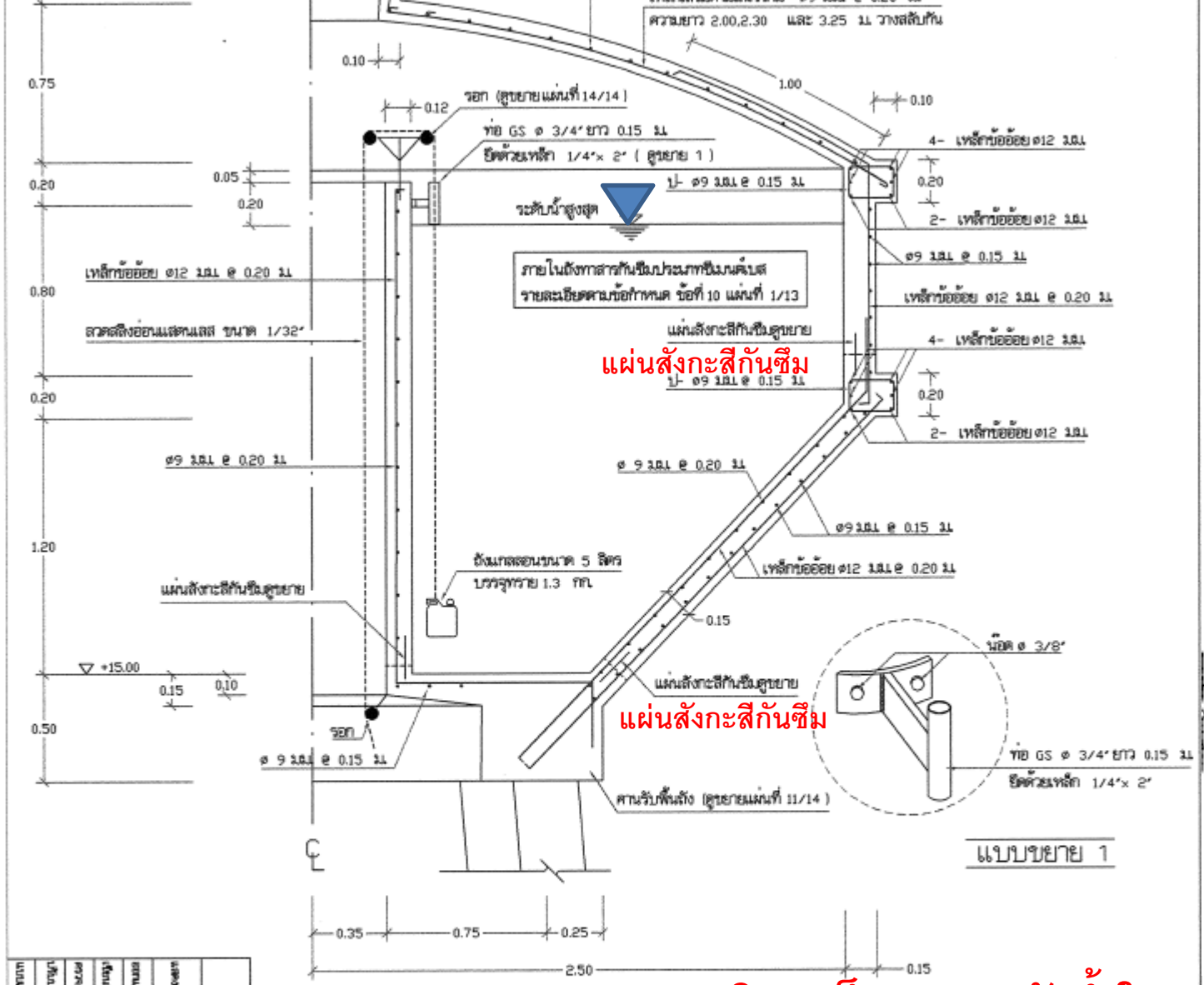
ถังน้ำใส

การประปาส่วนภูมิภาค

ถังน้ำใส (ลึก3.00ม.ชนิดมี Sump,ฐานรากเสาเข็มP25) แสดง :รูปตัด Ⓐ – Ⓐ และ Ⓑ – Ⓑ		แบบมาตรฐาน
สถาปนิก		File : CWT\Sump-P25\CWT5
หนง.	รองผู้ว่าการ (วิชาการ)	วันที่ 1 ต.ค. 2544 แผ่นที่ 5
วิศวกร		เลขที่ SD 05/ 005 5 จำนวน 7 แผ่น
หนง.	ผู้ช่วยผู้ว่าการ (วิชาการ)	ประกอบแบบเลขที่ SD 05/ 001 - 007
วิศวกร		
หนง.		
ผอ.กสถ.	ผอ.ฝ่ายออกแบบและสถาปัตยกรรม	แก้ไขจากแบบเลขที่
ผอ.กมว.		
ผอ.กจค.		เอียน พรชัย เกษตี

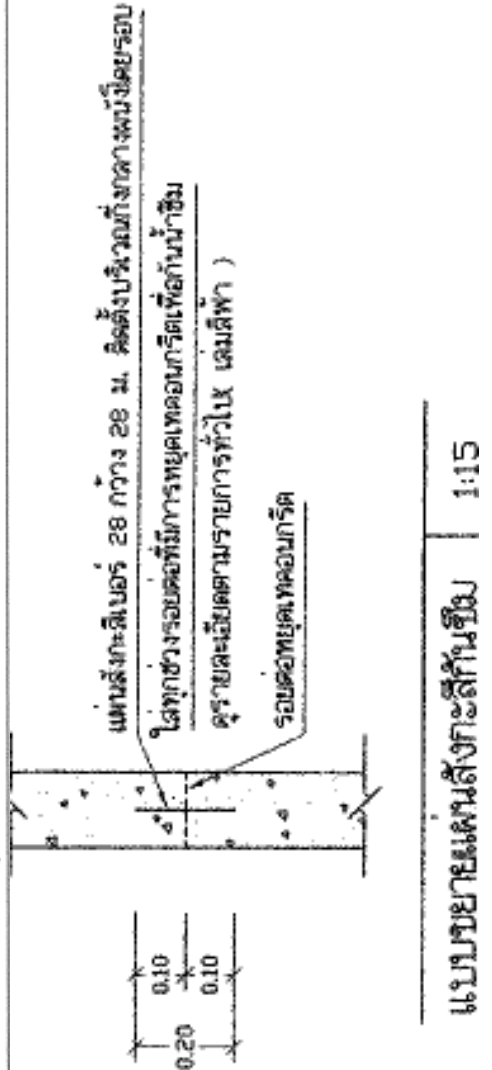
We are
Engineers





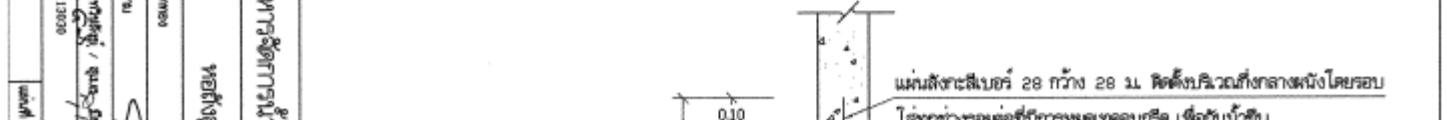
การเสริมเหล็กหอ(สูง)ถังน้ำใส

รูปตัด ข - ข | 1 : 20



แบบขยายแผ่นสังกะสีกันซึม | 1:15

แบบขยายแผ่นสังกะสีกันซึม



ตอนที่ 1. การคำนวณออกแบบ RESOURCES STRUCTURES

หัวข้อที่ควรมีความรู้(ก่อนเข้าสอบสัมภาษณ์เพื่อเลื่อนจากภาคีฯเป็นสามัญฯ) เฉพาะหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับผลงานของผู้เข้าสอบ

1. ประตูระบายน้ำ ประตูทดน้ำหรือฝาย (The hydraulic structures built to divert water from a river, like a barrage or a weir) หรืออาคารเกี่ยวกับแหล่งน้ำใดๆ
2. ขั้นตอนการวางโครงการ การออกแบบและการก่อสร้าง (The different steps to be followed for planning, layout, design and construction of barrages)
3. การสำรวจและรวบรวมข้อมูลต่างๆที่จำเป็นในการวางโครงการ (The various aspects of investigation necessary for planning a diversion structure)
4. การเลือกที่ตั้งและแนวทางของหัวงาน (How to choose the location and alignment of a proposed diversion structure)
5. การกำหนดหรือคำนวณหาขนาดของส่วนต่างๆของอาคารที่หัวงาน (How to determine the characteristic dimensions of the different parts of a barrage)
6. มีอาคารประกอบอะไรบ้างที่ต้องมีที่หัวงาน (What are the appurtenant structures that have to be provided with a barrage)

Two types of hydraulic structures(irrigation structures)

1. เขื่อนเก็บกักน้ำ Storage structure, usually a dam, which acts like a reservoir for storing excess runoff of a river during periods of high flows (as during the monsoons) and releasing it according to a regulated schedule.

2. เขื่อนทดน้ำ Diversion structure, which may be a weir or a barrage that raises the water level of the river slightly, not for creating storage, but for allowing the water to get diverted through a canal situated at one or either of its banks. Since a diversion structure does not have enough storage, it is called a run-of-the river scheme.

The diverted water passed through the canal may be used for irrigation, industry, domestic water needs or power generation.

เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของฝายและประตูระบายน้ำ

Weir ฝาย	Barrage ประตูระบายน้ำ
Low cost ราคาถูก	High cost ราคาแพง
Low control on flow ควบคุมปริมาณน้ำไม่ได้	Relatively high control on flow and water levels by operation of gates ควบคุมปริมาณน้ำและระดับน้ำได้
No provision for transport communication across the river เรือผ่านไม่ได้	Usually, a road or a rail bridge can be conveniently and economically combined with a barrage wherever necessary เรือและรถผ่านได้
Chances of silting on the upstream is moreมีตะกอนทรายตกจมเหนือน้ำมาก	Silting may be controlled by judicial operation of gates ตะกอนทรายให้ไหลผ่านประตูระบายน้ำได้
Afflux created is high due to relatively high weir crests ระดับน้ำเหนือน้ำจะสูงมากขึ้นตามความสูงของฝาย	Due to low crest of the weirs (the ponding being done mostly by gate operation), the afflux during high floods is low. Since the gates may be lifted up fully, even above the high flood level. ระดับน้ำเหนือน้ำจะควบคุมได้ด้วยการปิด-เปิดประตูระบายน้ำ

องค์ประกอบของโครงการชลประทาน

โครงการชลประทานหมายถึง หน่วยงานและสิ่งก่อสร้างที่จัดตั้งขึ้นเพื่อเก็บกักน้ำ และควบคุมปริมาณน้ำให้เหมาะสมในการเพาะปลูก องค์ประกอบของระบบชลประทานจะประกอบไปด้วย

1.5.1 แหล่งน้ำ (Source of water supply) จะเป็นปริมาณน้ำต้นทุนที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นดัชนีบ่งชี้ว่า พื้นที่ชลประทานจะกว้างใหญ่เพียงใด ซึ่งแหล่งน้ำนี้จะเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะต้องพัฒนาขึ้นมาให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศ มีปัจจัยหลายอย่างที่จะต้องพิจารณา ซึ่งรายละเอียดจะได้กล่าวต่อไปเกี่ยวกับเรื่องปริมาณน้ำและคุณภาพของน้ำ

1.5.2 พื้นที่ดินและพืช (Land & Crops) พื้นที่ดิน หมายถึง ขอบเขตพื้นที่ที่กำหนดไว้ว่าจะได้รับประโยชน์จากโครงการชลประทาน สำหรับพืชจะเป็นตัวกำหนดการใช้น้ำของโครงการชลประทาน และเป็นตัวกำหนดให้ค่าผลตอบแทนต่อโครงการ จำเป็นต้องระบุว่าเป็นพืชชนิดใด ปลูกบริเวณใด พื้นที่เท่าใด จากเดือนใดถึงเดือนใด เพื่อจะได้พิจารณากำหนดการทำบัญชีน้ำและการจัดการน้ำได้ถูกต้อง

1.5.3 หัวงานโครงการชลประทาน (Head Work) หมายถึงบรรดาสิ่งก่อสร้างทั้งหมดที่ก่อสร้างไว้ที่ในลำน้ำ เพื่อยกระดับน้ำให้สูงขึ้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการชลประทานได้ ซึ่งอาจจะเป็นแบบเหมือง ฝาย เขื่อนระบายน้ำ เขื่อนเก็บกักน้ำ หรือเป็นการสูบน้ำก็ได้

1.5.4 ระบบส่งน้ำ (Delivery System) เป็นระบบที่จะนำน้ำจากแหล่งน้ำไปสู่พื้นที่เพาะปลูก ซึ่งอาจจะเป็นระบบแบบคลองเปิดหรือระบบท่อส่งก็ได้ ระบบทางน้ำเปิดส่วนใหญ่การส่งน้ำจะอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) โดยอาศัยการยกระดับของน้ำให้สูงขึ้นจากการสร้างหัวงานที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 1.5.3 ส่วนระบบท่อจะมีแรงดันสูงมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะทางที่จะต้องนำน้ำไปถึง

1.5.5 ระบบการให้น้ำแก่พืช (Irrigation System) เป็นระบบการให้น้ำที่ใช้ในแปลงเพาะปลูกพืช มีอยู่ 4 ระบบใหญ่ ๆ ได้แก่ ระบบการให้น้ำแก่พืชแบบใต้ผิวดิน ระบบการให้น้ำแก่พืชทางผิวดิน ระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอย ระบบการให้น้ำแบบหยด

1.5.6 ระบบระบายน้ำ (Drainage System) เป็นระบบที่กำจัดน้ำที่มากเกินความต้องการของพืช ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายและมีผลกระทบต่อพืชได้

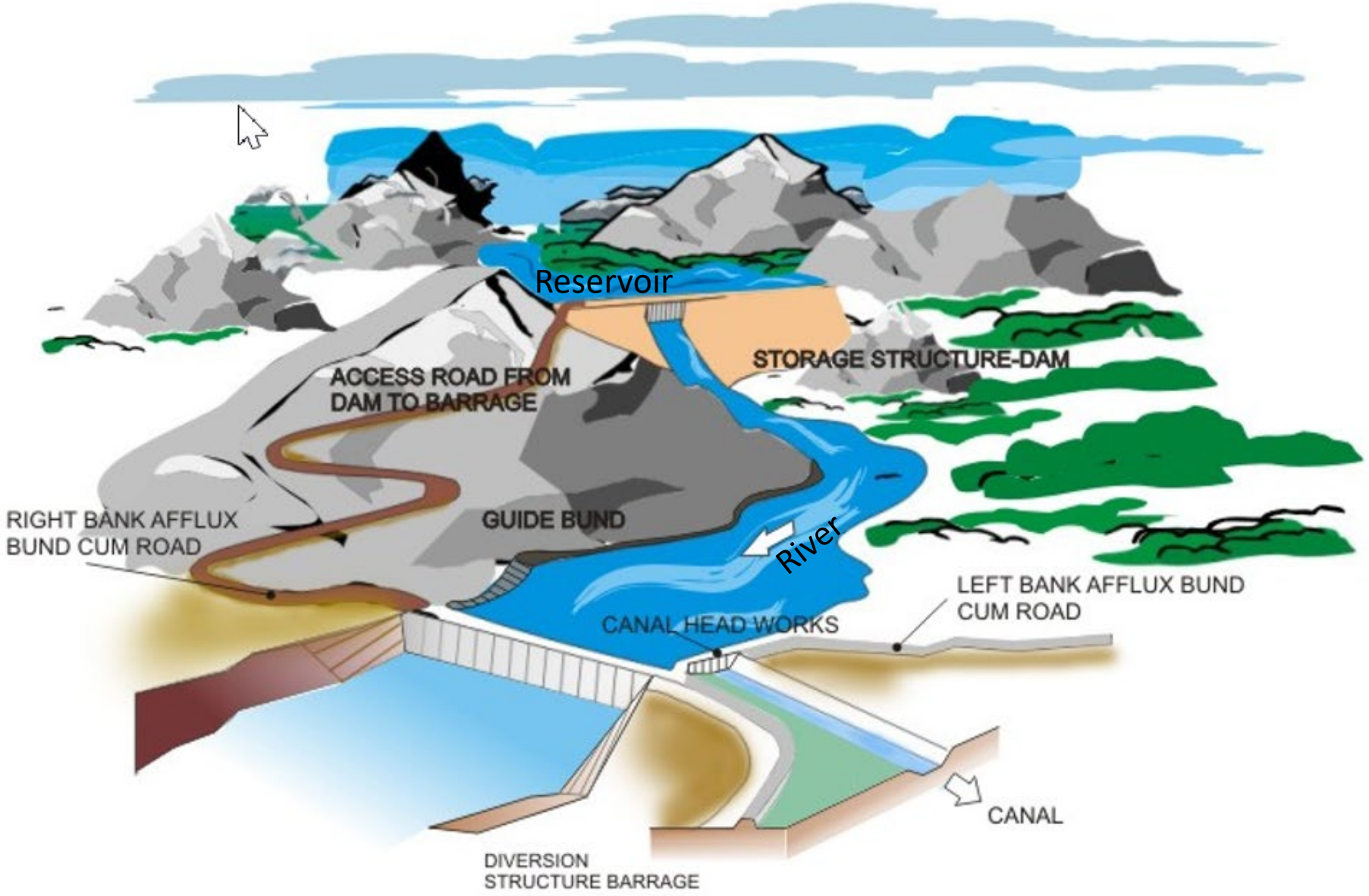
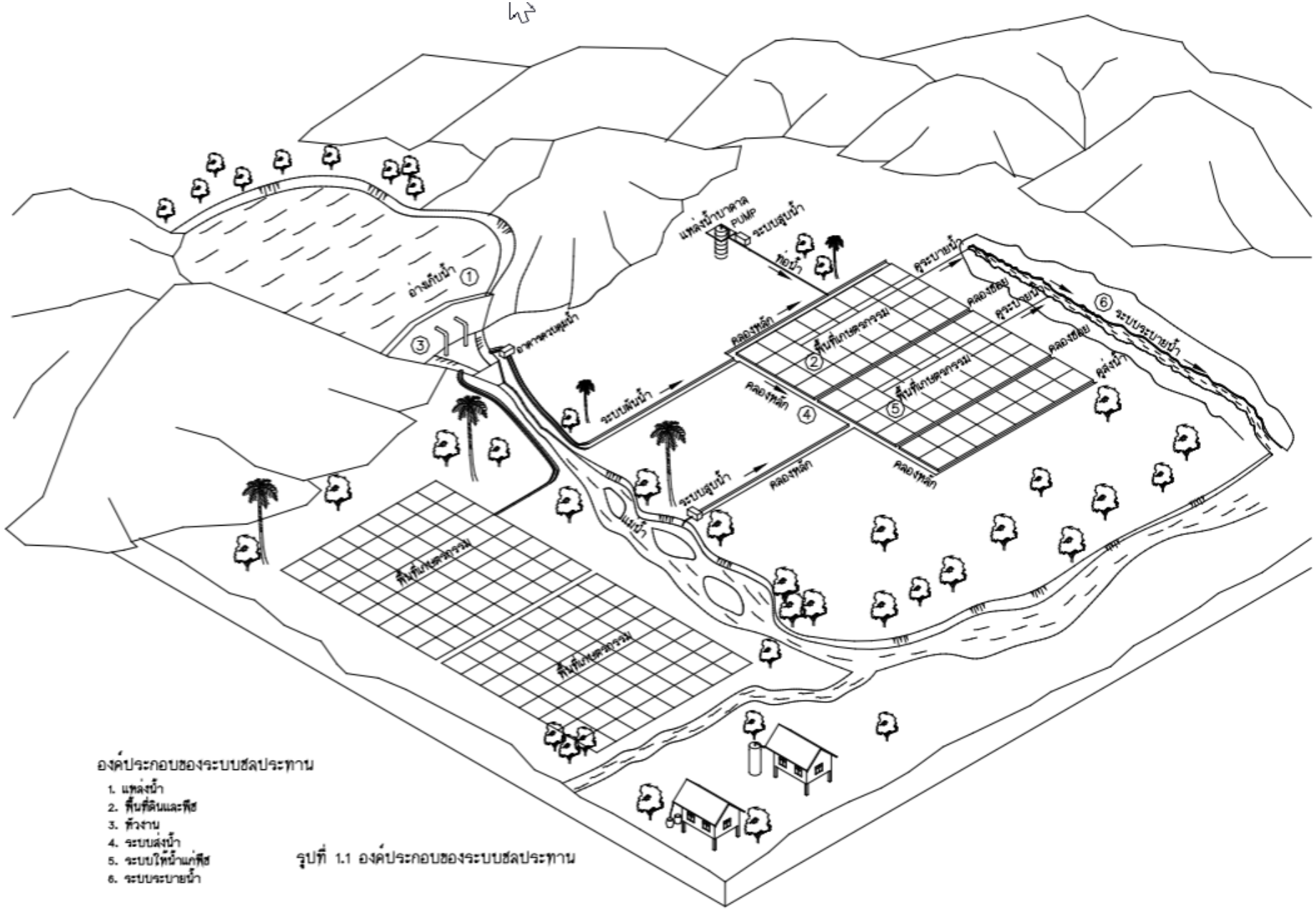


FIGURE 1. Structures for harnessing water resources potential of a river



องค์ประกอบของระบบชลประทาน

1. แหล่งน้ำ
2. พื้นที่ดินและพืช
3. ห้วงงาน
4. ระบบส่งน้ำ
5. ระบบให้น้ำแก่พืช
6. ระบบระบายน้ำ

รูปที่ 1.1 องค์ประกอบของระบบชลประทาน

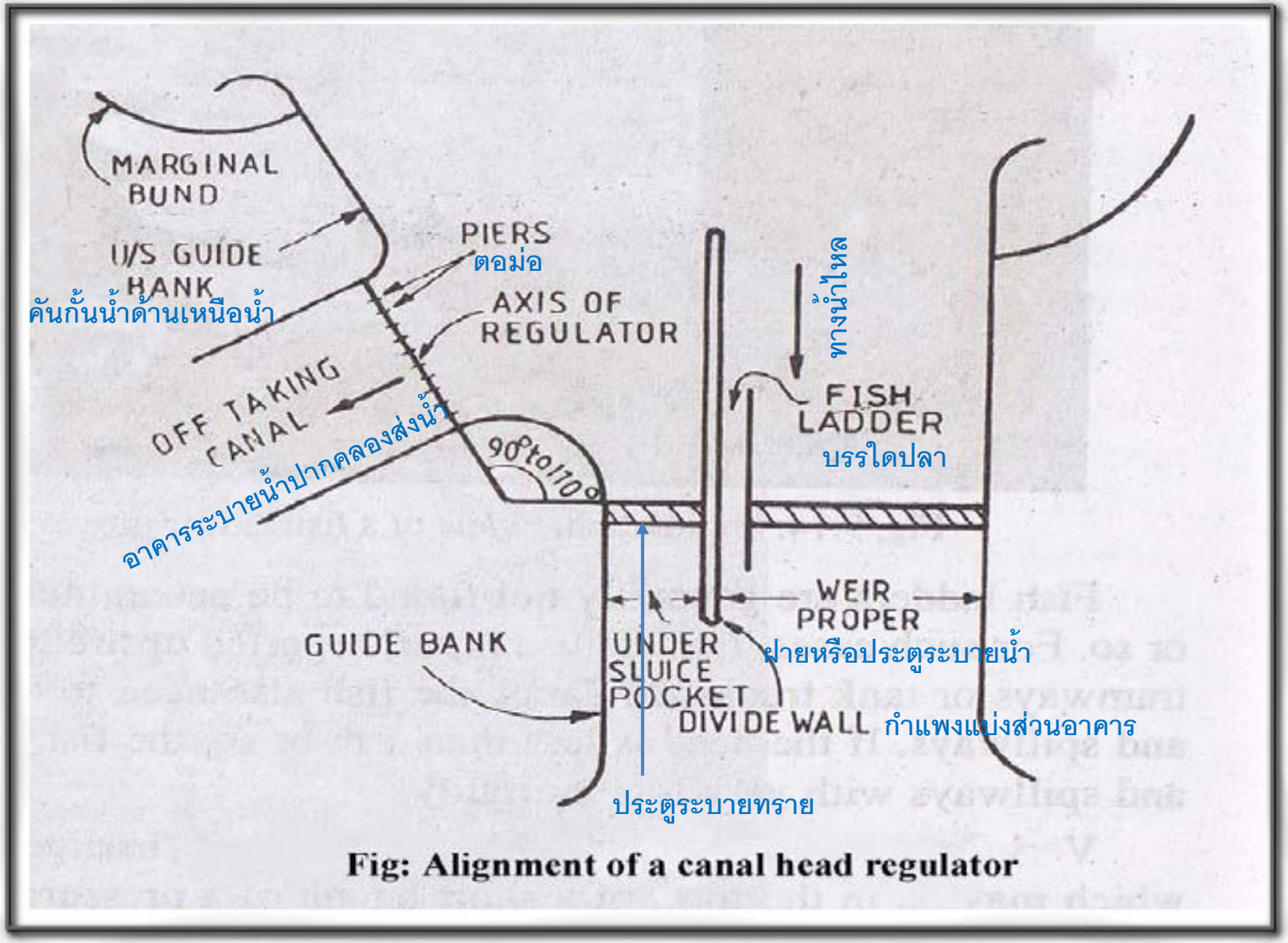
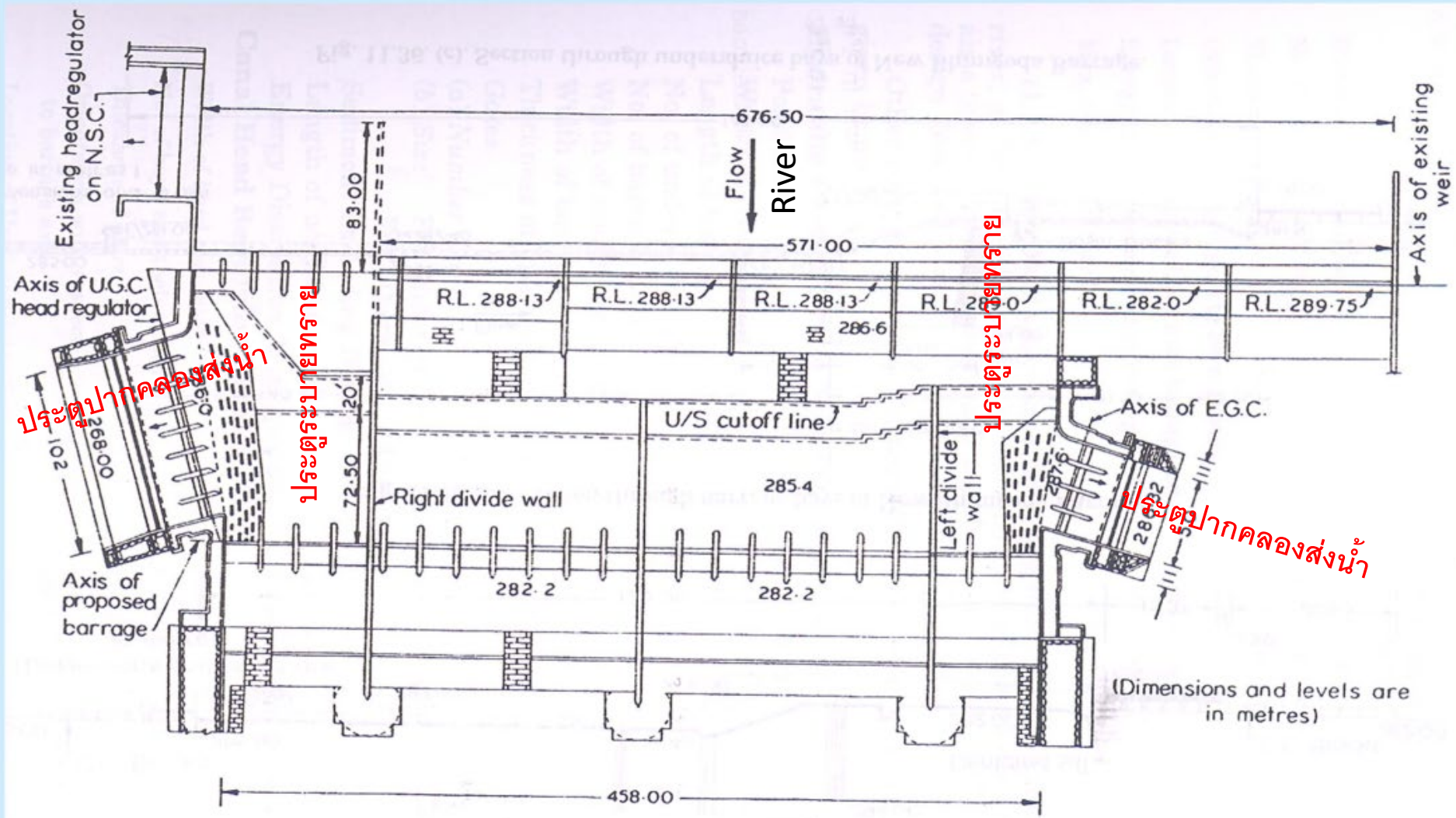


Fig: Alignment of a canal head regulator

แปลน หัวงานโครงการชลประทาน แบบ เขื่อนทดน้ำ ฝาย

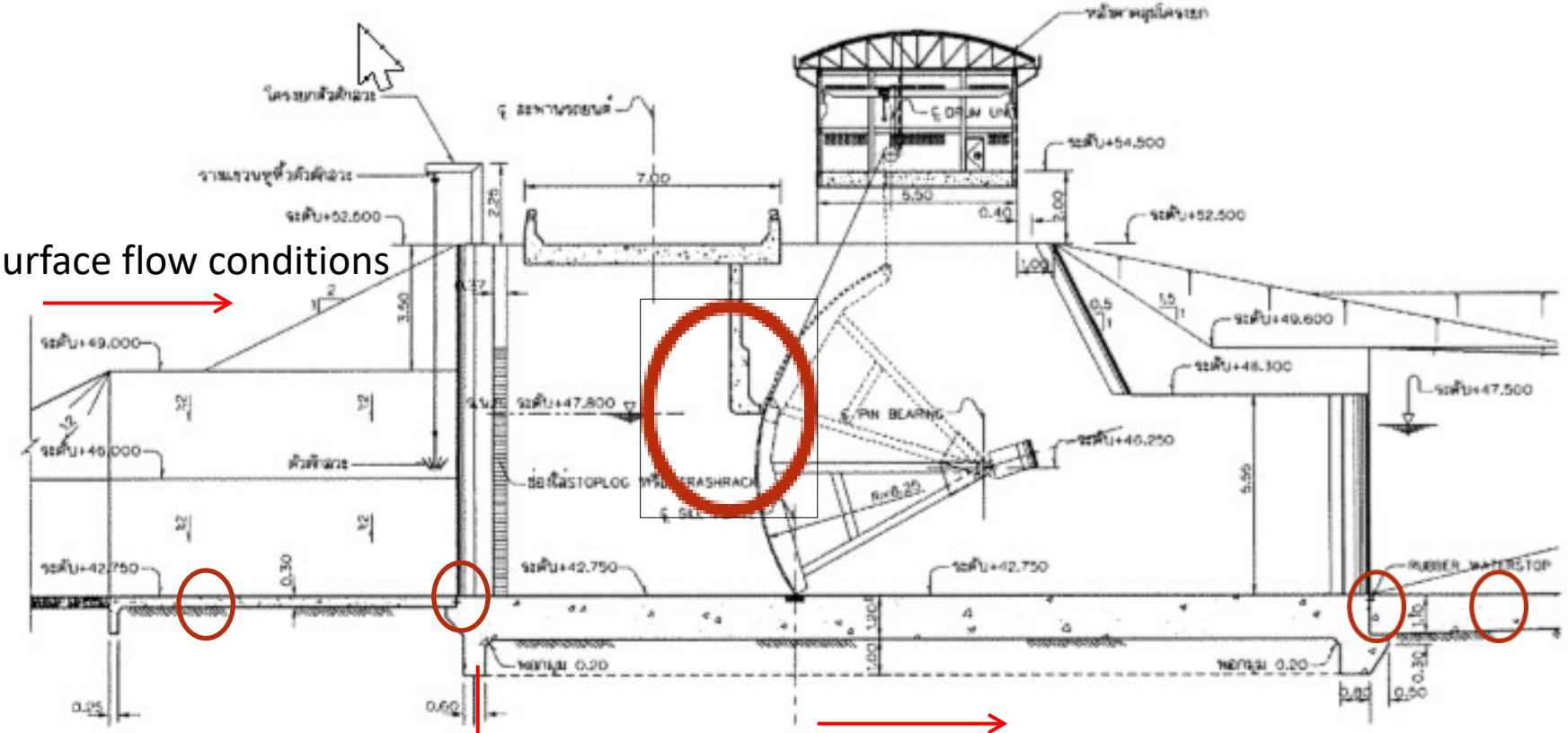
Diversion Headworks



Plan:Diversion Dam ประตูระบายน้ำหรือฝาย

FIGURE 20. Typical layout of a canal head regulator

Plan:Canal Head Regulator


2.surface flow conditions
1.subsurface or seepage flow conditions
Sheet pile
แสดงการยืดทางเดินของน้ำไหลใต้อาคารทดน้ำ
และจุดที่ใส่ยางกันน้ำ

The design of any hydraulic structure comprises of two steps:

- Hydraulic design, to fix the overall dimensions and profiles of the structure, and
- Structural design, where the various sections are analysed for stresses under different loads and reinforcement or other structural details are worked out.

The dimensions fixed by hydraulic design through available empirical formulae are further refined by testing a scale model of the structure in a hydraulic model testing laboratory.

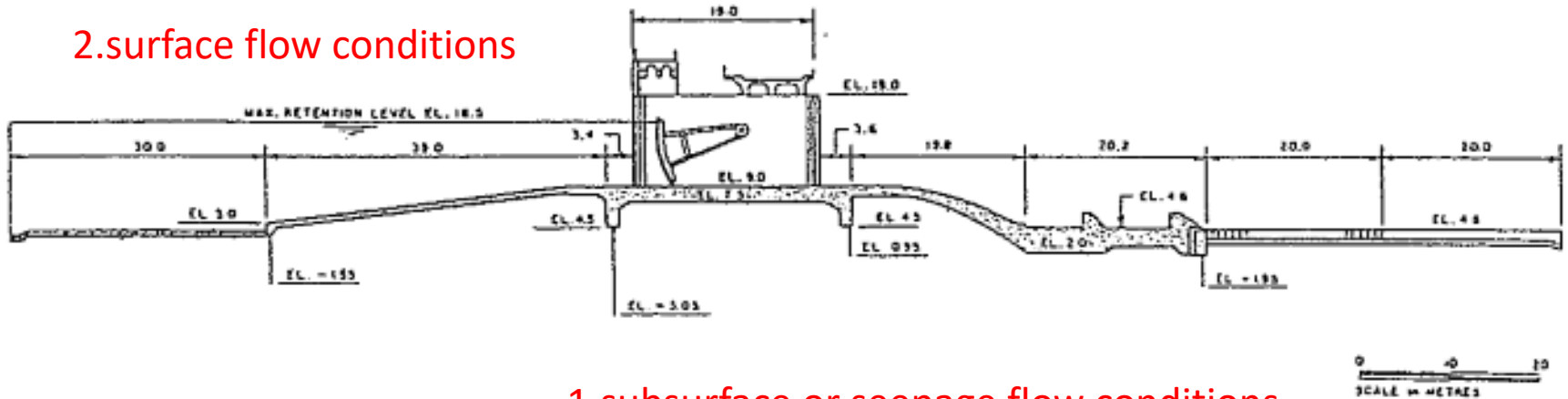
The structural design uses the hydraulic forces expected from the given hydraulic parameters (evolved through the hydraulic design) and produces a detailing that will keep the structure safe against those forces and loadings.

For barrages, there are two different sets of hydraulic conditions.

The first is due to subsurface or seepage flow conditions that occurs due to a water level difference on the upstream and down stream of a barrage and is the maximum when the gates of a barrage are mostly closed as during the low flow period of the river.
The other is due to surface flow conditions which occur while the barrage gates are open during floods.

The hydraulic conditions of canal head regulators are also quite similar, with seepage flow dominating during gate closed condition and free flow during gate open condition.

2.surface flow conditions



1.subsurface or seepage flow conditions

รูปที่ 1-1 รูปตัดทั่วไปของเขื่อนเจ้าพระยา

Hydraulic design for sub-surface flow

The sub-surface flow below a barrage causes two definite instability problems, as listed below and illustrated in Figure 1.

1. Uplift forces due to the sub soil pressure that tends to lift up the barrage raft floor, and
2. Upward rising seepage forces through the river bed just down stream of the solid apron causes sand particles to erupt upwards and tends to 'piping' failure of the foundation.

Seepage forces would be the most dominating for gates closed condition, but would also exist during some cases of full flow conditions, as shown in Figure 2.

3.Sub-surface soil for foundation consideration

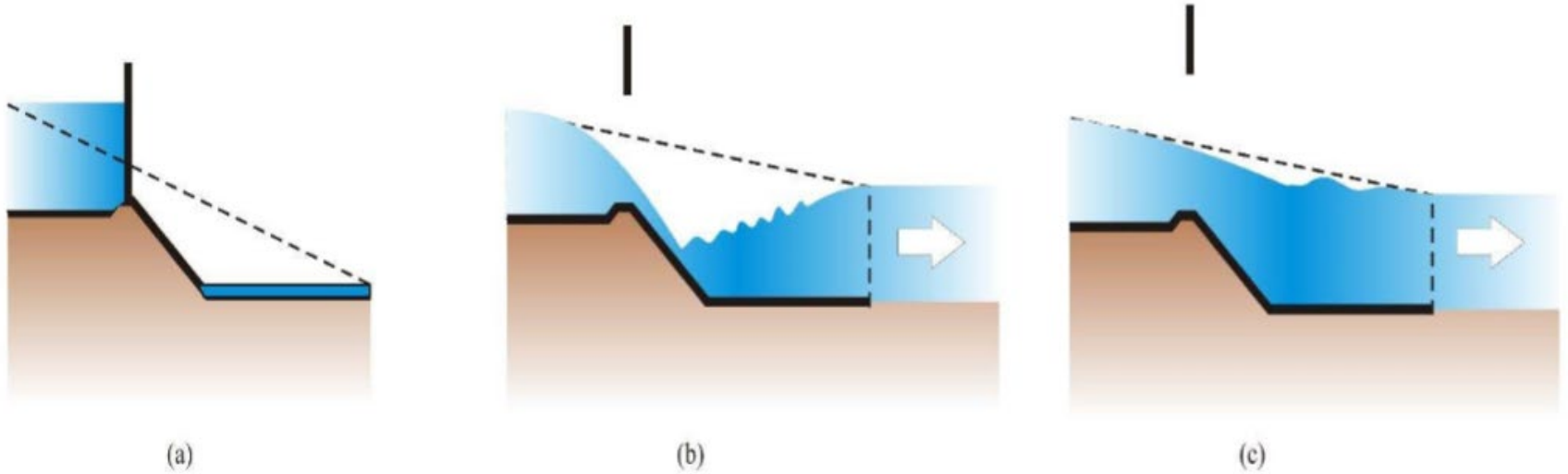
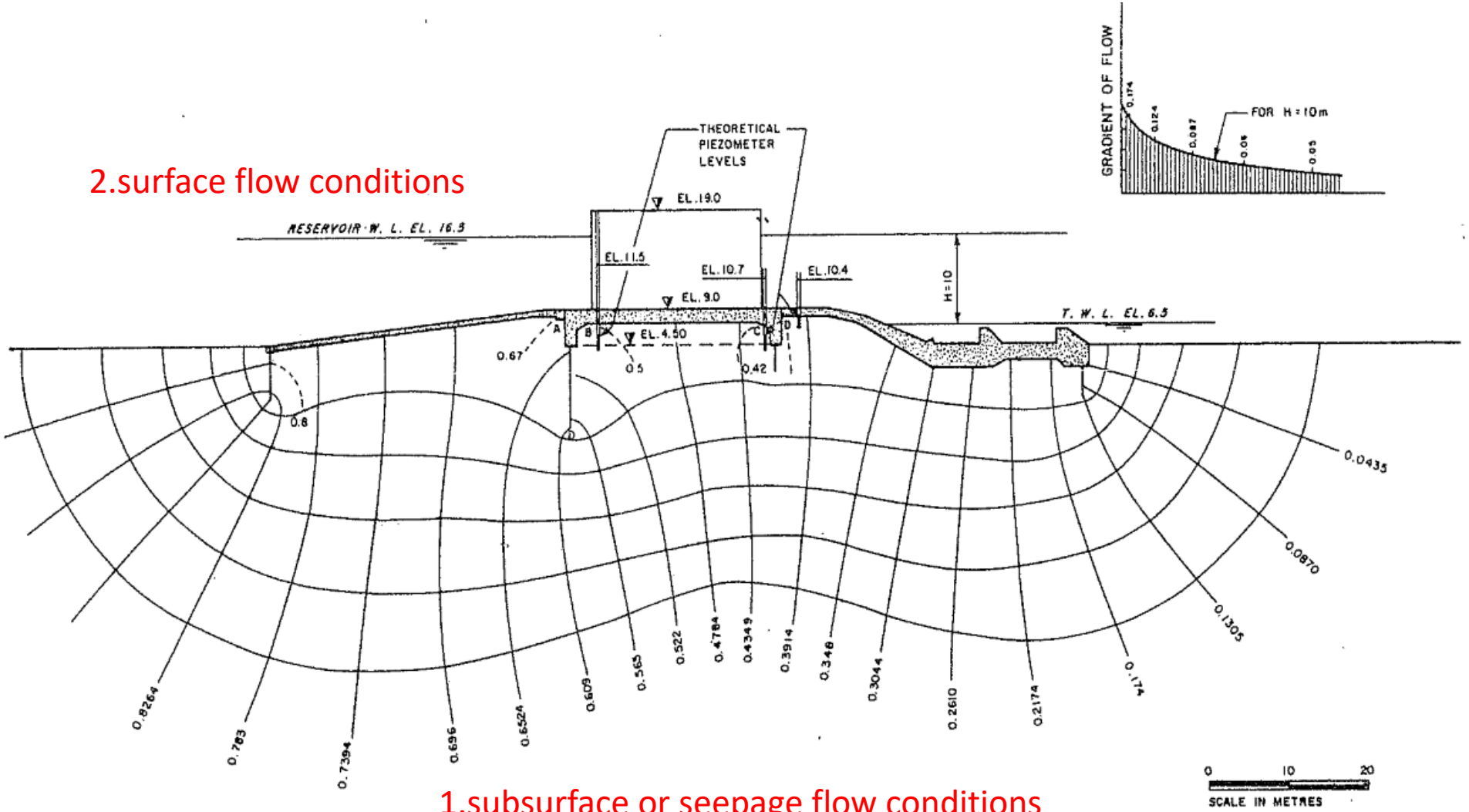


FIGURE 2. Seepage line gradient changes (a) steepest during no flow ; (b) Average during medium flood ; and (c) Almost none during high floods.

2.surface flow conditions



1.subsurface or seepage flow conditions

รูปที่ 5-15 Flow-net ตามทฤษฎี

Flow net ใต้เขื่อนเจ้าพระยา

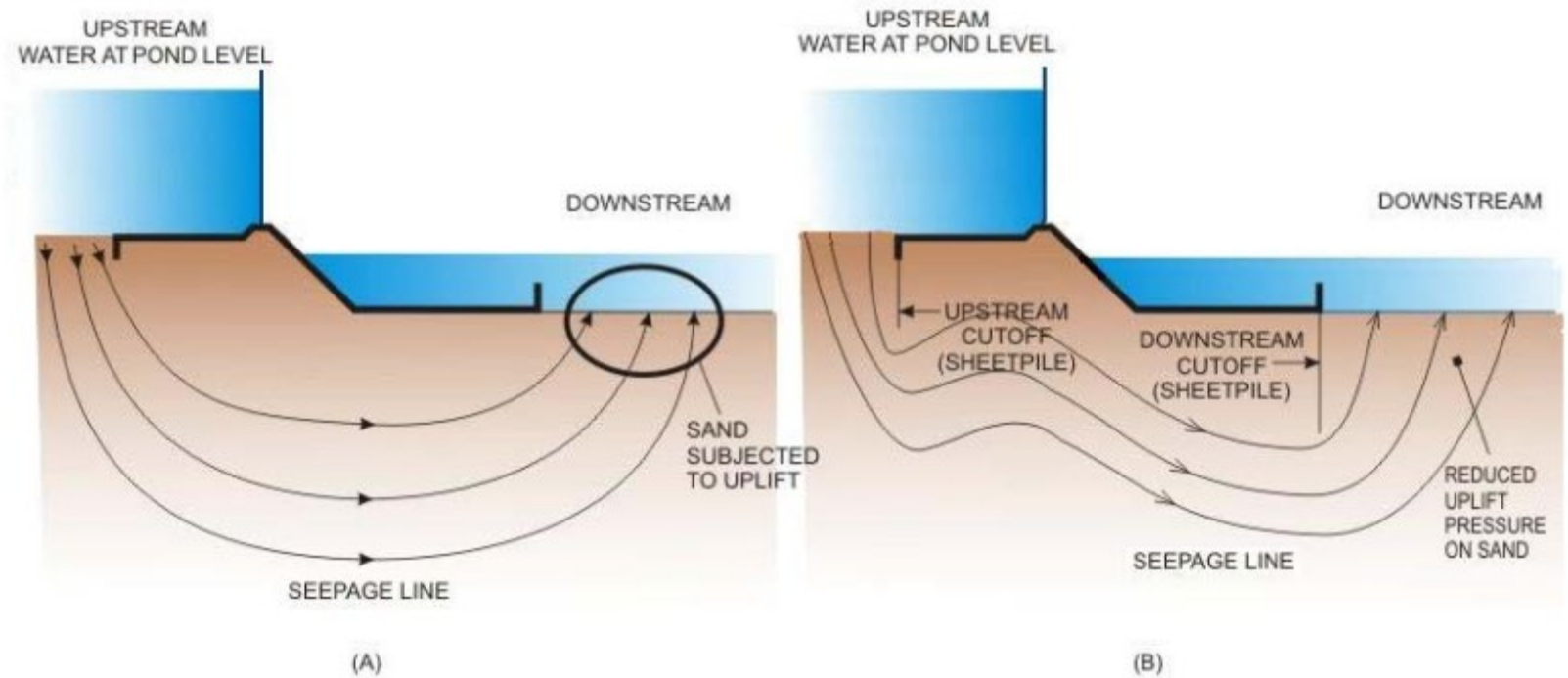


FIGURE 17. Downstream riverbed uplift and its prevention. (A) Differential pressure head causing sand uplift ; (B) Cutoffs to reduce uplift pressure by increasing the seepage path.

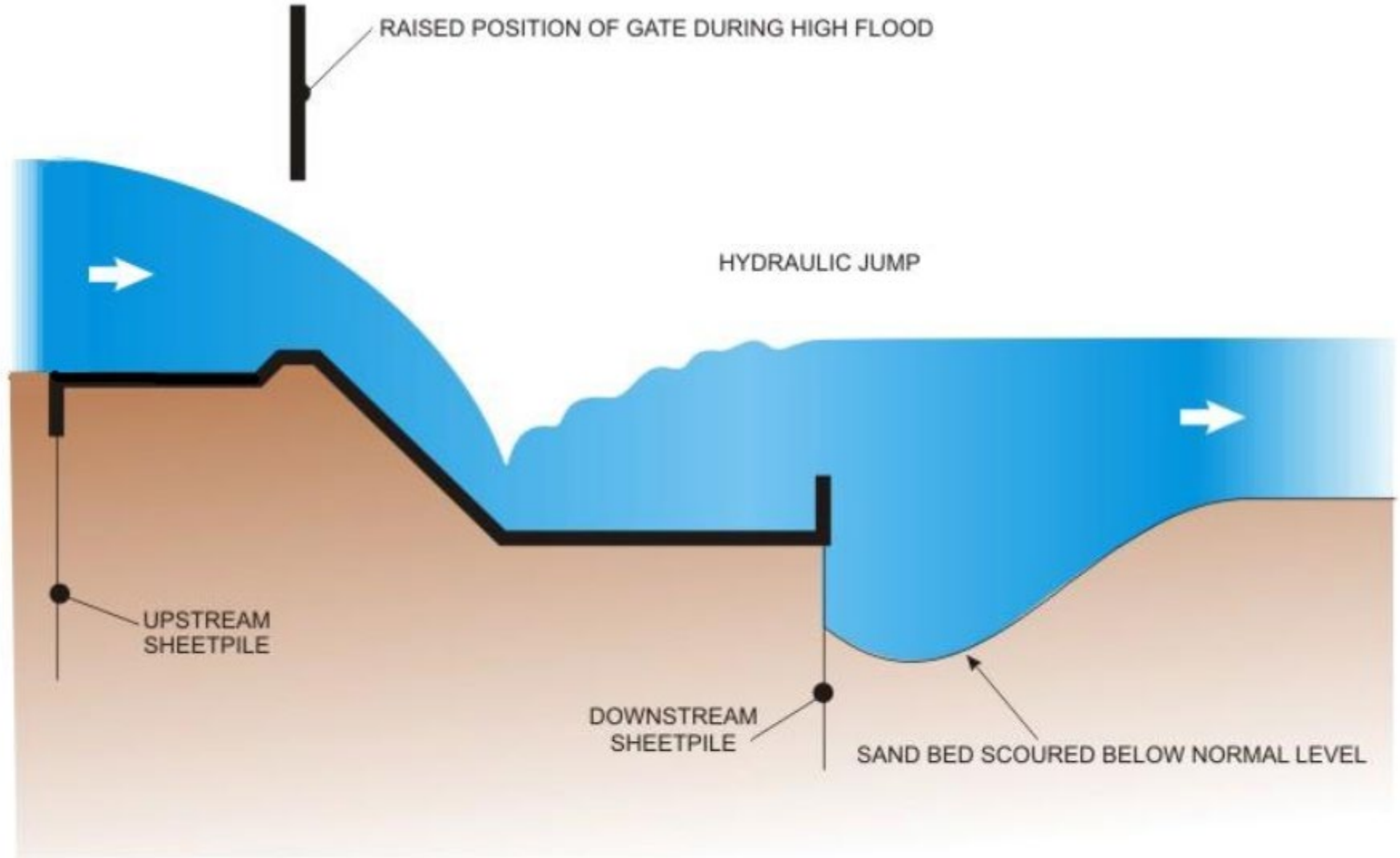


FIGURE 18. Riverbed scour resisted by sheet pile protects the foundation barrage floor.

การเลือกที่ตั้งเขื่อนเก็บกักน้ำ (Storage Dam) 9 ข้อ

Fixing the site of dam: While fixing the site of a dam, the following *general* considerations are kept in view:

(a) Suitable foundation-bed should be available at the site for cheap construction of dam.

(b) Materials of construction should be available at dam site or near it.

(c) Dam site should be connected with neighbouring towns by good lines of communication so that the construction may be cheap and may not *present difficulties.*

(d) Bed and the sides of lake basin should be fairly watertight and the basin should be preferably cup-shaped with flat bed and steep sides.

(e) The cost of dam to give the required storage should be minimum.

(f) The site should entail minimum *overall* cost of construction and minimum cost of subsequent maintenance.

(g) Spillway (i.e. the device for disposing off surplus water to downstream side of dam) should be *safely* and cheaply located in the dam or it may be separate from it.

(h) The site should ensure adequate capacity of lake created by it.

(i) The site should ensure less length of dam.

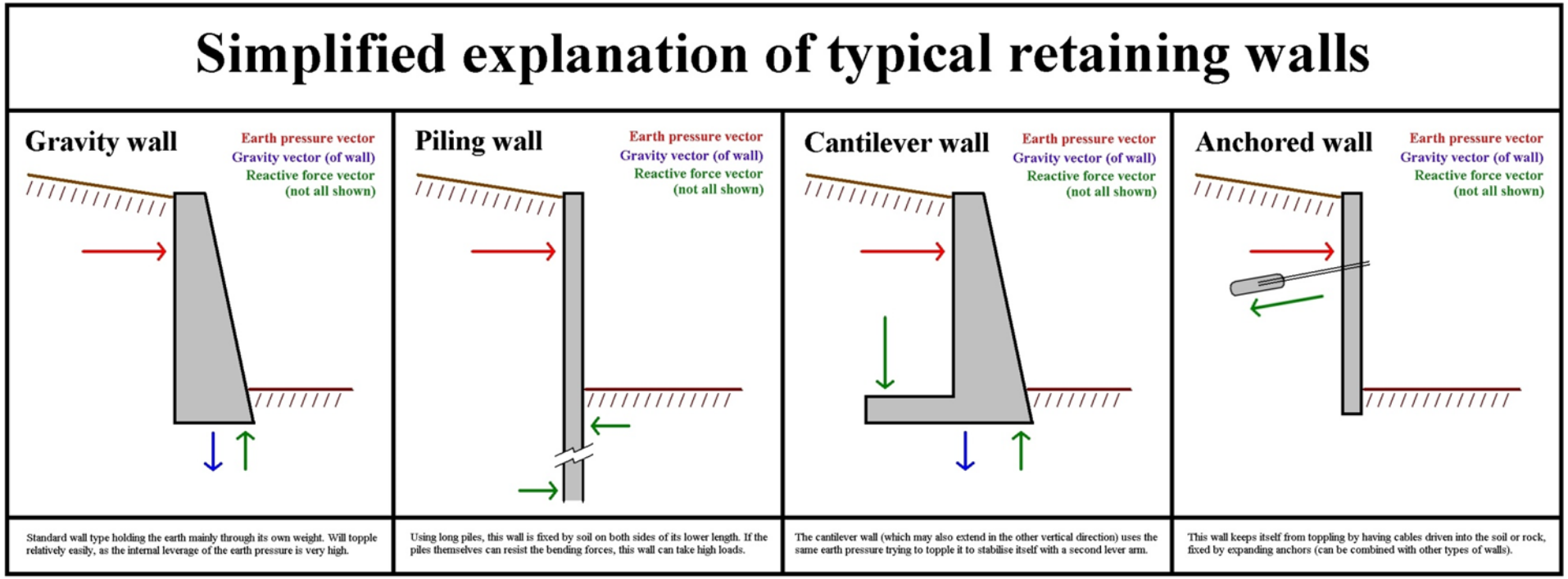
In the case of various types of dams, there will be some *particular* considerations also.

คำถามที่ถามบ่อย

กับวิศวกรที่ ออกแบบและคำนวณ ประตูระบายน้ำหรือฝาย

แรงดันด้านข้างของดิน

LATERAL EARTH PRESSURE



กำแพงของอาคารซลประทาน จะมีทั้งแรงดันดินและแรงดันน้ำ ควบคู่กันไป+น้ำหนัก surcharge

1. วิธี Coulomb Active Earth Pressure

สูตรของ Coulomb ใช้กับดินทรายเท่านั้น

สูตร Pressure, $p_a = \sigma a = \sigma v \tan^2(45-\phi/2) = \sigma_v K_a = \gamma H K_a$

เมื่อ $\sigma_v = \gamma H$ $\sigma_h = \sigma_v K_a = \gamma H K_a$

K_a = (Coefficient of active earth pressure)

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

Lateral force, $P_a = \frac{1}{2} K_a \sigma_v H$

$= \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$

-เมื่อมีการเคลื่อนที่ของกำแพง ในลักษณะที่เคลื่อนที่ออกจากดินหลังกำแพง จนถึงสภาพพังทลาย หรือ Failure ของดิน สภาวะเช่นนี้เรียกว่า **Rankine Active Earth Pressure** , σ_a

สูตรของ Rankine ใช้ได้กับดินทราย ดินเหนียว และดินเหนียวปนทราย

สูตร $p_a = \sigma_a = \sigma_v \tan^2(45-\emptyset/2) - 2c \tan(45-\emptyset/2)$

$= \sigma_v Ka - 2c\sqrt{Ka}$

เมื่อ Ka= (Coefficient of Rankine earth pressure)

$= \tan^2(45-\emptyset/2)$

จะพบว่าที่ระดับผิวดิน ถ้าไม่มี Surcharge,q มากระทำค่าของ

$p_a = \sigma_a = -2c\sqrt{Ka}$ ซึ่งเป็น Tensile Stress

หรือ ถ้ามี Surcharge,q กระทำที่ผิวดิน แต่ค่าของ qKa น้อยกว่า $2c\sqrt{Ka}$ ก็จะเกิด Tensile Stress ได้คือ $p_a = \sigma_a = -2c\sqrt{Ka} + qKa$

$Pa = \frac{1}{2} \sigma_v H Ka - cH\sqrt{Ka}$ สมการ (5.9) หน้า 226

$= \frac{1}{2} \sigma_v H Ka - cH\sqrt{Ka} + qKaH$ เมื่อมี surcharge ร่วมด้วย

การพิจารณาค่า Passive Earth Pressure

มี 2 วิธี คือ 1.Coulomb Passive Earth Pressure และ

2.Rankine Passive Earth Pressure

1. วิธี Coulomb Passive Earth Pressure

สูตร $p_p = \sigma_p = \sigma_v \tan^2(45+\emptyset/2) = \sigma_v Kp = \gamma HKp$

Kp = Coefficient of passive earth pressure

$= \tan^2(45+\emptyset/2)$

$Pp = \frac{1}{2} \sigma v H Kp = \frac{1}{2} \gamma H^2 Kp$

2. วิธี Rankine Passive Earth Pressure

กรณีเป็นดินชั้นเดียวซึ่งมีการเคลื่อนที่ของกำแพง เข้าหามวลดินหลังกำแพง ข้อสมมุติฐานของ Passive จะเหมือนกับของ Active

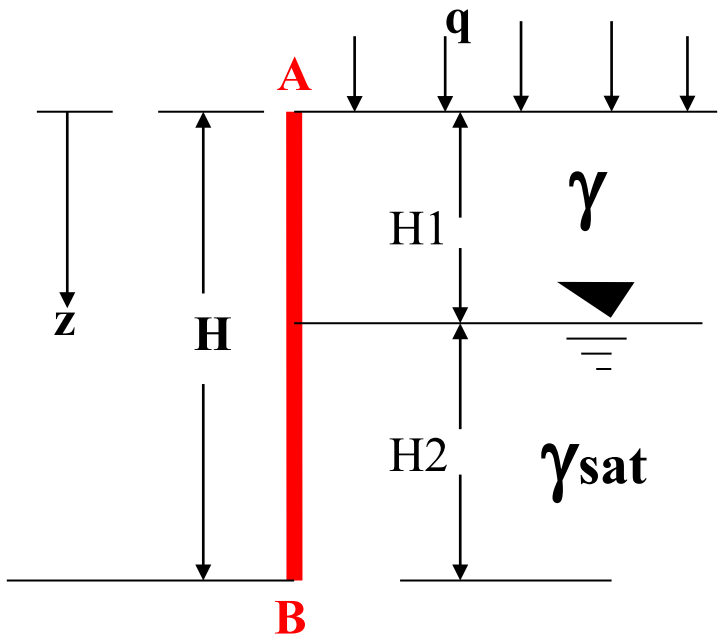
ขณะที่มีการเคลื่อนที่ของกำแพงจากสภาวะอยู่กับที่ จนผลักเข้าหามวลดินหลังกำแพง ค่า Horizontal จะเพิ่มขึ้นจนถึงสภาพพังทลาย(Failure Condition) ที่สภาวะเช่นนี้เรียกว่า Passive Earth Pressure ,σ_p

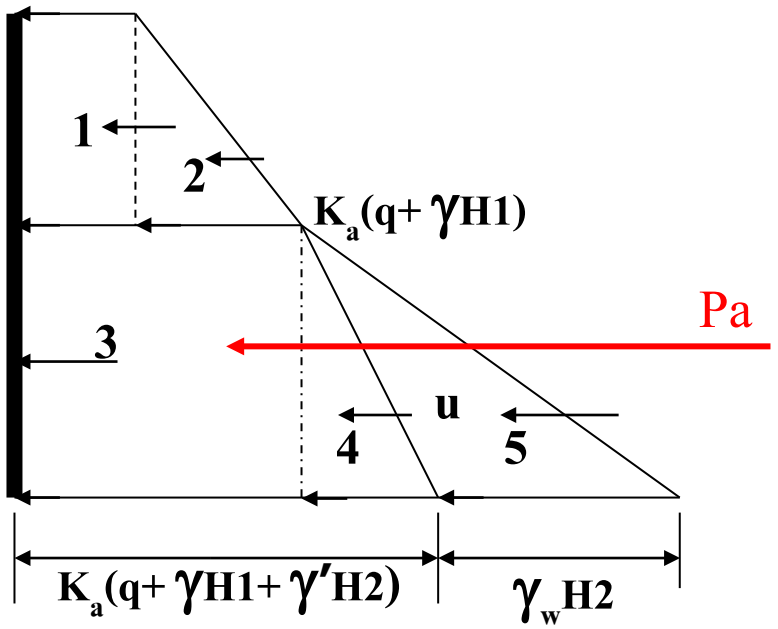
สูตร $\mathbf{p_p = \sigma_p = \sigma_v \tan^2(45+Ø/2) + 2c \tan(45+Ø/2)}$

$= \sigma_v Kp + 2c\sqrt{Kp} = \gamma HKp + 2c\sqrt{Kp}$

เมื่อ $Kp = \tan^2(45+Ø/2)$

$$\mathbf{Pp = \tfrac{1}{2}\, \sigma v H\, Kp + cH\sqrt{Kp} = \tfrac{1}{2}\, \gamma\, H^2\, Kp + cH\sqrt{Kp}}$$





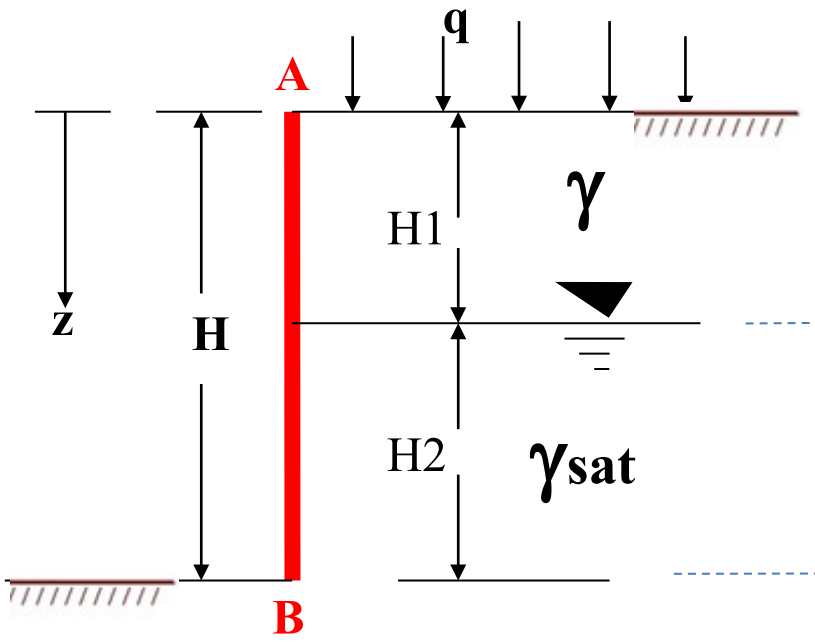
Active Pressure Diagram

Submerge weight $\gamma_{sub} = \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

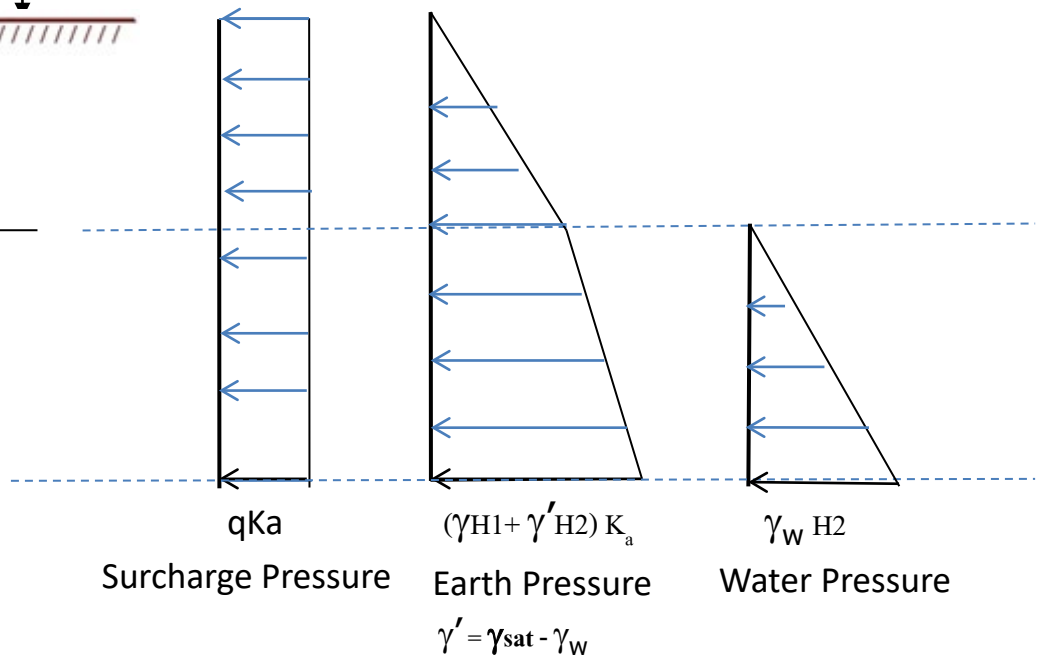
Pa=P1+P2+P3+P4+P5

ลักษณะของแรงดันดินด้านข้างในดินที่สภาวะอยู่กับที่

กรณีมีแรงดันน้ำใต้ดิน และ surcharge



Earth Retaining Wall



Pressure Diagram

คำถามที่ถามบ่อย,

Ø = ? $K_a = ?$ or $K_0 = ?$

ดินเหนียวหรือทราย,หรือดินเหนียวปนทราย

ทรายหยาบหรือทรายละเอียด, **Ø = ?**

สรุป แรงทั้งหมด(total force)ที่กระทำตลอดความสูงของกำแพงกันดิน **H** จะเท่ากับ

Coulomb, $Pa = \frac{1}{2}\sigma_{vH} K_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a$ ในเมื่อ $\sigma_v = \gamma H$

$$Pp = \frac{1}{2}\sigma_{vH} K_p = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_p$$

Rankine, $Pa = \frac{1}{2}\sigma_v H K_a - cH\sqrt{K_a} = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a - (2)cH\sqrt{K_a}$

$$Pp = \frac{1}{2}\sigma_v H K_p + 2cH\sqrt{K_p} = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_p + 2cH\sqrt{K_p}$$

ในเมื่อ $\sigma_v = \gamma H$

Rankine, ถ้าไม่คิด tension zone จะไม่มีเลข(2)ที่ สมการ **Pa** คือ

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

ถ้ามี **surcharge** ค่า **Pa** จะต้องบวกด้วย **qHKa** ทั้งที่ **Coulomb,** และ **Rankine,**

ข้อแนะนำเพิ่มเติมเรื่องค่า Ka

ในการคำนวณ Lateral earth pressure ถ้าจะตั้งสมมุติฐานว่า แรงดันดินด้านข้างเป็นแบบสภาวะสมดุล หรือสภาวะอยู่กับที่ (Lateral earth pressure at Rest) กล่าวคือ เมื่อมีแรงดันด้านข้างของดินกระทำต่อกำแพง หรือผนังของโครงสร้างกันดิน โดยไม่มีการเคลื่อนที่ของกำแพงหรือผนัง ค่า Ka ที่ใช้จะเป็นดังนี้

$K_0 = Ka = 1-\sin\phi$ สำหรับ Normally consolidated granular soil

$K_0 = Ka = 0.95-\sin\phi$ สำหรับ Normally consolidated clay

แต่การคำนวณทั่วไป จะใช้ค่า Ka ของ Coulomb หรือ Rankine ซึ่งมักจะใช้เมื่อแรงดันด้านข้างของดินกระทำต่อกำแพง หรือผนังของโครงสร้างกันดิน โดยมีการเคลื่อนที่ของกำแพงหรือผนัง คือ

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

เปรียบเทียบค่า Ka= (Coefficient of active earth pressure)

ระหว่าง $Ka = \tan^2(45-Ø/2)$ กับ $Ka = 1-\sin \phi$

TABLE OF VALUES OF $K_a = \tan^2(45-Ø/2)$

α		Ø IN DEGREES							
DEG	SLOPE	10	15	20	25	30	35	40	45
0	0	0.704	0.589	0.490	0.406	0.333	0.271	0.217	0.172

TABLE OF VALUES OF $K_a = 1-\sin Ø$

α		Ø IN DEGREES							
DEG	SLOPE	10	15	20	25	30	35	40	45
0	0	0.826	0.741	0.658	0.577	0.500	0.426	0.357	0.293

ตอนที่ 2. CONSTRUCTION OF WATER RESOURCES STRUCTURES

การควบคุมงานก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ (Storage Dam Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างเขื่อนทดน้ำ(Diversion Dam Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างฝาย(Weir Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างอาคารประกอบที่หัวงาน(Appurtenant Work Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างคันกั้นน้ำ (Dike Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างคลองส่งน้ำ (Canal Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างเขื่อนกันตลิ่ง(Bank Protection Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างเขื่อนกันน้ำท่วม(Flood Wall Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างสถานีสูบน้ำ(Pumping Station Construction)

การควบคุมงานก่อสร้างท่าเรือ(Harbor, Berth, and Jetty Design)

และ อาคารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับน้ำ (น้ำฝน น้ำท่า น้ำบนดิน น้ำใต้ดิน ฯลฯ)

หน้าที่ของผู้ควบคุมงานก่อสร้าง

ในระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ. 2535 ข้อที่ 73 ได้กำหนดหน้าที่ของผู้ควบคุมงานไว้ดังนี้

(1) ตรวจและควบคุมงาน ณ สถานที่ที่กำหนดไว้ในสัญญา หรือที่ตกลงให้ทำงานจ้างนั้น ๆ ทุกวัน ให้เป็นไปตามรูปแบบรายการละเอียดและข้อกำหนดไว้ในสัญญาทุกประการ โดยสั่งเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพิ่มเติมหรือตัดทอนงานจ้างได้ตามที่เห็นสมควร และตามหลักวิชาช่างเพื่อให้เป็นไปตามแบบรูปรายการละเอียดและข้อกำหนดในสัญญา ถ้าผู้รับจ้างขัดขืนไม่ปฏิบัติตามก็สั่งให้หยุดงานนั้นเฉพาะส่วนหนึ่งส่วนใดหรือทั้งหมดแล้วแต่กรณีไว้ก่อน จนกว่าผู้รับจ้างจะยอมปฏิบัติให้ถูกต้องตามคำสั่ง และให้รายงานคณะกรรมการตรวจการจ้างทันที

(2) ในกรณีที่ปรากฏว่าแบบรูปรายการละเอียดหรือข้อกำหนดในสัญญามีข้อความขัดกัน หรือเป็นที่คาดหมายได้ว่าแม้ว่างานนั้นจะได้เป็นไปตามแบบรูปรายการละเอียดและข้อกำหนดในสัญญา แต่

เมื่อสำเร็จแล้วจะไม่มั่นคงแข็งแรง หรือไม่เป็นไปตามหลักวิชาช่างที่ดีหรือไม่ปลอดภัย ให้สั่งพักงานนั้นไว้ก่อนแล้วรายงานคณะกรรมการตรวจการจ้างโดยเร็ว

(3) จดบันทึกการปฏิบัติงานของผู้รับจ้างและเหตุการณ์แวดล้อมเป็นรายวัน พร้อมทั้งผลการปฏิบัติงานอย่างน้อย 2 ฉบับ เพื่อรายงานให้คณะกรรมการตรวจการจ้างทราบทุกสัปดาห์ และเก็บรักษาไว้เพื่อมอบให้แก่เจ้าหน้าที่พัสดุเมื่อเสร็จงานแต่ละงวด โดยถือว่าเป็นเอกสารสำคัญทางราชการเพื่อประกอบการตรวจสอบของผู้มีหน้าที่ การบันทึกการปฏิบัติงานของผู้รับจ้างให้ระบุรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงาน และวัสดุที่ใช้ด้วย

(4) ในวันกำหนดลงมือทำการของผู้รับจ้างตามสัญญา และในวันถึงกำหนดการส่งมอบงานแต่ละงวด ให้รายงานผลการปฏิบัติงานของผู้รับจ้างว่าเป็นไปตามสัญญาหรือไม่ ให้คณะกรรมการตรวจการจ้างทราบใน 3 วันทำการ นับแต่วันถึงกำหนดนั้น ๆ

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

“ผู้ควบคุมงาน” หมายความว่า ผู้ซึ่งรับผิดชอบในการอำนวยการหรือควบคุมดูแลการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือ เคลื่อนย้ายอาคาร

มาตรา ๒๖ ในกรณีที่การก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารที่ขออนุญาตนั้น มีลักษณะหรืออยู่ในประเภทที่ได้กำหนดเป็นวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรมหรือเป็นวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพสถาปัตยกรรม ถ้าวิศวกรหรือสถาปนิกผู้รับผิดชอบในการนั้นตามที่ระบุไว้ในคำขอมิได้เป็นผู้ได้รับใบอนุญาตให้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมหรือวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุมตามกฎหมายดังกล่าว แล้วแต่กรณี ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นปฏิเสธไม่รับพิจารณาคำขอนั้น

มาตรา ๒๙ เมื่อได้รับใบอนุญาตแล้ว ให้ผู้ได้รับใบอนุญาตมีหนังสือแจ้งชื่อผู้ควบคุมงานกับวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดการดำเนินการตามที่ได้รับอนุญาตให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นทราบพร้อมทั้งแนบหนังสือแสดงความยินยอมของผู้ควบคุมงานมาด้วย

ผู้ควบคุมงานจะเป็นบุคคลใดหรือเป็นเจ้าของอาคารก็ได้ เว้นแต่จะเป็นการต้องห้ามตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรมหรือกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพสถาปัตยกรรม

ขั้นตอนการก่อสร้าง ประตูระบายน้ำและฝาย 15 ข้อ

Sequence of construction of Diversion Dam (Barrage and Weir)

This important activity has to be planned perfectly, since mistakes at this stage would be difficult to be rectified later. The major items under the sequence of construction are as follows:

1. ● Layout of the barrage axis as per the approved plan by constructing short pillars called axis pillars at suitable locations along the line of the axis across the river.
2. ● Benchmark location has to be established the entire project area to help site the various components like floor, crest, piers, etc. at proper elevation.
3. ● Temporary access bridge has to be constructed for transporting men, material and equipment from one bank of the river to the other.
4. ● Layout of cofferdams have to be decided on the site conditions, nature of river course, and program of works for the season. Coffer dams are temporary structures constructed in the riverbed to provide an enclosed area where the actual construction might be executed. Details of the design of a cofferdam may be had from Bureau of Indian Standards Code IS:10084-1982(Part1) “Criteria for design of diversion works: Coffer dams”.

1.

การลดระดับน้ำบนดินและน้ำใต้ดิน บริเวณบ่อก่อสร้าง

● Once the coffer dams are constructed, the water within the enclosure has to be dewatered. The Bureau of Indian Standards Code IS:9759-1981 “Guidelines for dewatering during construction” may be referred for details, but the main points are noted below:

1. After completion of the excavation above the water table, dewatering of the foundations have to be commenced by well points or open pumps and the water table progressively lowered. Well point systems may be suitable for sandy soils but in silty clay foundations strata open pumps and/or deep well pump may be preferred. If an impermeable compact shingles-coffle layer is sand witched between sandy layers in the depth to be excavated, then deepwell pumps with strainer throughout its depth has to be used.
2. The preliminary requirements of dewatering pumps should be bored on the inflow to the work area, calculated on the basis of permeability of the strata and closeness of the water source.
3. During dewatering operation, care should be taken to ensure that there is no removal of fines from the sub-strata that may weaken the foundation.
4. Any seepage of water from the foundation at local points or springs have to be taken care of properly so that there is no piping of the foundation material.

5. Excavation of the foundation to the barrage profile is to be made either manually or by machines in reasonably dry conditions . During excavation, water table should be maintained at a lower level at which the excavation is being done. The excavated soil should be disposed- off either manually or by machines, to suite the site requirements . In case machinery is employed, the final excavation of the lowest layer should be done manually to the specified depth.

6. Cutoff walls may be steel sheet -piles driven from riverbed in case of nonbouldery strata of riverbed but in bouldery strata, either concrete or steel sheet pile cut-offs have to be constructed, both by excavating a trench and then back filling with sand. For a discussion of the details of steel sheet pile driving or construction of cutoff walls in trenches the code IS:11150-1993 “Construction of concrete barrages - code of practice” may be referred to.

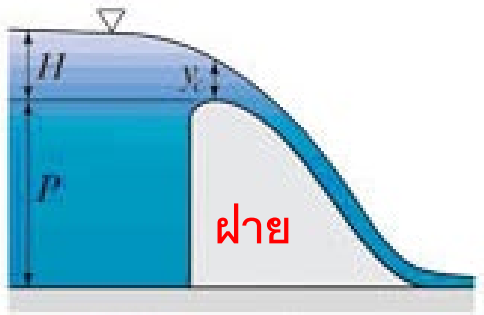
7. Once the cut-off walls on the upstream and downstream sides of the barrage are installed and partially covered with pile caps, the foundation surface of the raft floor has to be properly leveled, dressed and consolidated. The foundation should not contain loose pockets or materials and they should be watered and compacted to the specified relative density. Clay pockets should be treated as specified by the designer. It has to be ensured that proper drainage arrangements in the foundation according to the designs including inverted filter, wherever indicated, are provided and concreting work is taken up.

8. Instruments like piezometers, pressure cells, soil stress meters, tilt meters as specified should be installed carefully such that the electric or mechanical connections to a central control panel is least disturbed during construction.
9. The batching, mixing, placing and protection of concrete has to be done in accordance with IS:456-1978 “Code of practice for plain and reinforced concrete”.
10. Where mechanical parts like gate guiding rails, gate seals are to be installed, block outs should be left out so that the parts may be embedded later.
11. Dowel bars, or if necessary, metal sealing strips should be provided for the joints between the pile caps and barrage floor.
12. The sequence of construction of barrage bays, silt excluder and piers have to be done in lifts, starting from the downstream end of the barrage and with continuous pour in suitable layers, or as specified by the designer.
13. Abutment and flared out walls may be constructed on pile foundations or on well foundations.
14. Divide walls have to be constructed on well foundations and the wells have to be sunk to the founding levels and the work of barrage bays on either side of the divide wall should be taken up after construction of well caps.
15. The cement concrete blocks in the flexible apron on the upstream and downstream of the solid aprons of the barrage floor may be cast in-situ with alternate blocks cast at a time. These may be constructed with form work that should be so designed that when it is stripped off, the required gap is formed for filling the filler material to facilitate speedy construction, pre-cast blocks may be used.

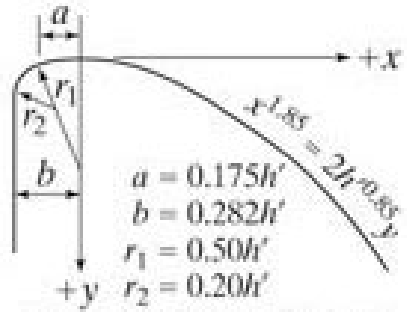
คำถาม : งานก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับอาคารทางชลศาสตร์

1) ก่อสร้างฝายที่มีความยาวสันฝาย วัดจากตลิ่งฝั่งซ้ายถึงตลิ่งฝั่งขวา 120 เมตร และฝายมีความสูงตลอดความยาวเท่ากับ 4.00 เมตร. ไม่สามารถที่จะเทคอนกรีตให้เสร็จได้ในวันเดียว ให้อธิบายวิธีการทำงานการก่อสร้างฝายแห่งนี้ ตั้งแต่การเตรียมงาน งานฐานราก งานพื้นฝาย งานตัวฝาย รอยต่อระหว่างก่อสร้าง รอยต่อการยืด และการหด ถ้าจำเป็น

2) ฝายมีหน้าตัดแบบ ogee สันฝายโค้งมน ให้อธิบายวิธีการก่อสร้างฝายแห่งนี้ ตั้งแต่การตั้งไม้แบบ การตั้งค้ำยัน การเทคอนกรีต การทำสันฝายโค้งมน และการจัดทำรอยต่อระหว่างก่อสร้าง



(b) Ogee spillway at design capacity



(c) Typical crest shape

3) ตอม่อเขื่อนทั่วๆไปเช่นตอม่อเขื่อนเจ้าพระยาหรือเขื่อนอื่นๆจะมีความหนาอยู่ระหว่าง1.50 ม.ถึง 2.00 ม. ความยาววัดจากเหนือน้ำถึงท้ายน้ำยาวกว่า 30.00 ม.และมีความสูงกว่า 10.00 ม. ถ้าท่านได้รับมอบหมายให้เทคอนกรีตเสริมเหล็กตอม่อเหล่านี้ ให้อธิบายวิธีการก่อสร้าง ตอม่อเหล่านี้ ตั้งแต่การตั้งไม้แบบ การตั้งค้ำยัน การเทคอนกรีต และความสูงของการเทคอนกรีตแต่ละชั้น ระยะเวลาที่จะต้องทิ้งห่างพร้อมการเตรียมผิวคอนกรีตที่เทไว้แล้วกับคอนกรีตที่จะเทใหม่

4 การคำนวณแบบหล่อคอนกรีต แรงดันคอนกรีต ที่กระทำต่อไม้แบบ เมื่อต้องติดตั้งไม้แบบเพื่อการก่อสร้างฝาย ตอม่อเขื่อน หรือกำแพงกันดิน ค.ส.ล.

5. อัตราส่วนผสมของน้ำต่อซีเมนต์ (Water/Cement Ratio) หมายถึงอะไร? เท่าไร? จึงจะเหมาะสม

6. ค่าการยุบตัว (Slump) ในงานคอนกรีตหมายถึงอะไร? ค่าการยุบตัว เท่าไร? จึงจะเหมาะสม

CONCRETE SLUMP TEST – PROCEDURE AND RESULTS

Concrete slump test is to determine the workability or consistency of concrete mix prepared at the laboratory or the construction site during the progress of the work. Concrete slump test is carried out from batch to batch to check the uniform quality of concrete during construction.

The slump test is the most simple workability test for concrete, involves low cost and provides immediate results. Due to this fact, it has been widely used for workability tests since 1922. The slump is carried out as per procedures mentioned in **ASTM C143 in the United States, IS: 1199 – 1959 in India and EN 12350-2 in Europe**.

Generally **concrete slump value** is used to find the workability, which indicates water-cement ratio, but there are various factors including properties of materials, mixing methods, dosage, admixtures etc. also affect the concrete slump value.

Factors which influence the concrete slump test:

1. Material properties like chemistry, fineness, particle size distribution, moisture content and temperature of cementitious materials. Size, texture, combined grading, cleanliness and moisture content of the aggregates,
2. Chemical admixtures dosage, type, combination, interaction, sequence of addition and its effectiveness,
3. Air content of concrete,
4. Concrete batching, mixing and transporting methods and equipment,
5. Temperature of the concrete,
6. Sampling of concrete, slump-testing technique and the condition of test equipment,
7. The amount of free water in the concrete, and
8. Time since mixing of concrete at the time of testing.

Equipments Required for Concrete Slump Test:

Mould for slump test, non porous base plate, measuring scale, temping rod. The mould for the test is in the form of the frustum of a cone having height 30 cm, bottom diameter 20 cm and top diameter 10 cm. The tamping rod is of steel 16 mm diameter and 60cm long and rounded at one end.

Sampling of Materials for Slump Test:

A concrete mix (M15 or other) by weight with suitable water/ cement ratio is prepaid in the laboratory similar to that explained in 5.9 and required for casting 6 cubes after conducting Slump test.

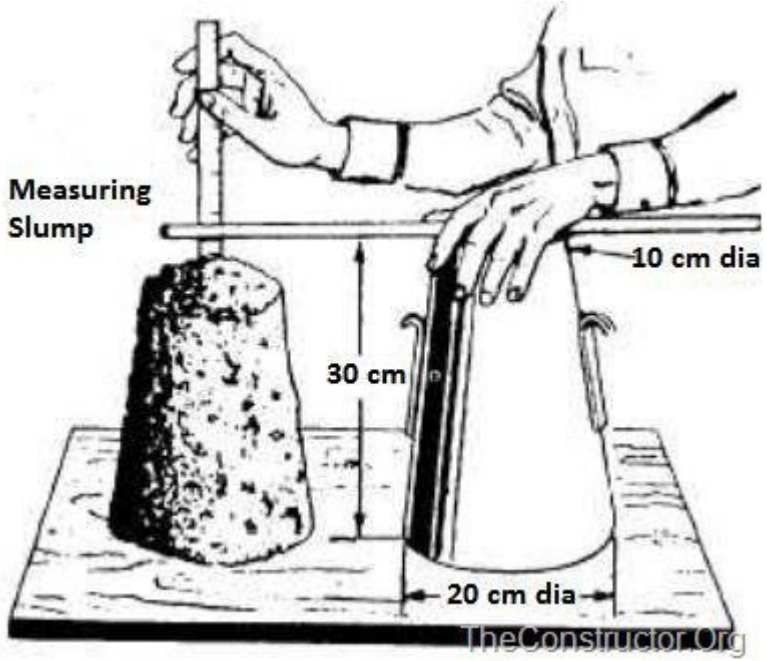


Figure-1: Measuring Slump of Concrete

PROCEDURE FOR CONCRETE SLUMP TEST:

1. Clean the internal surface of the mould and apply oil.
2. Place the mould on a smooth horizontal non- porous base plate.
3. Fill the mould with the prepared concrete mix in 4 approximately equal layers.
4. Tamp each layer with 25 strokes of the rounded end of the tamping rod in a uniform manner over the cross section of the mould. For the subsequent layers, the tamping should penetrate into the underlying layer.
5. Remove the excess concrete and level the surface with a trowel.
6. Clean away the mortar or water leaked out between the mould and the base plate.
7. Raise the mould from the concrete immediately and slowly in vertical direction.
8. Measure the slump as the difference between the height of the mould and that of height point of the specimen being tested.

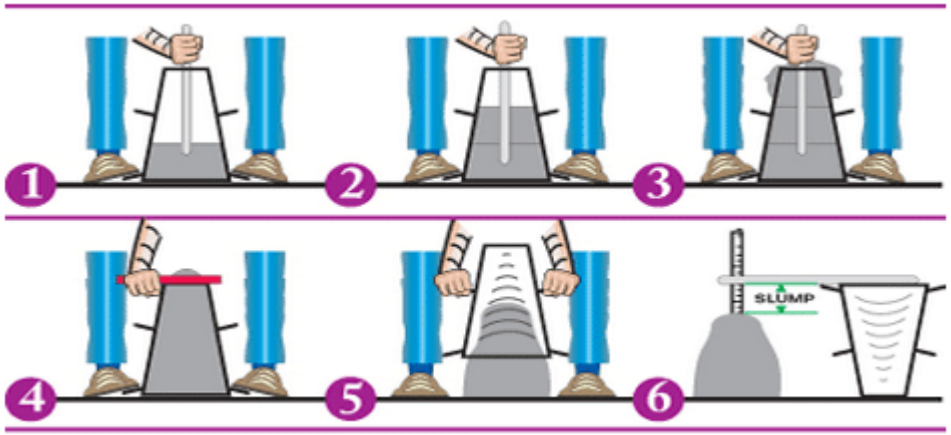


Figure-2: Concrete Slump Test Procedure

NOTE:

The above operation should be carried out at a place free from Vibrations or shock and within a period of 2 minutes after sampling.

Slump Value Observation:

The slump (Vertical settlement) measured shall be recorded in terms of millimeters of subsidence of the specimen during the test.

RESULT OF CONCRETE SLUMP TEST:

Slump for the given sample= _____mm

When the slump test is carried out, following are the shape of the concrete slump that can be observed:

Suitability of Slump Test:

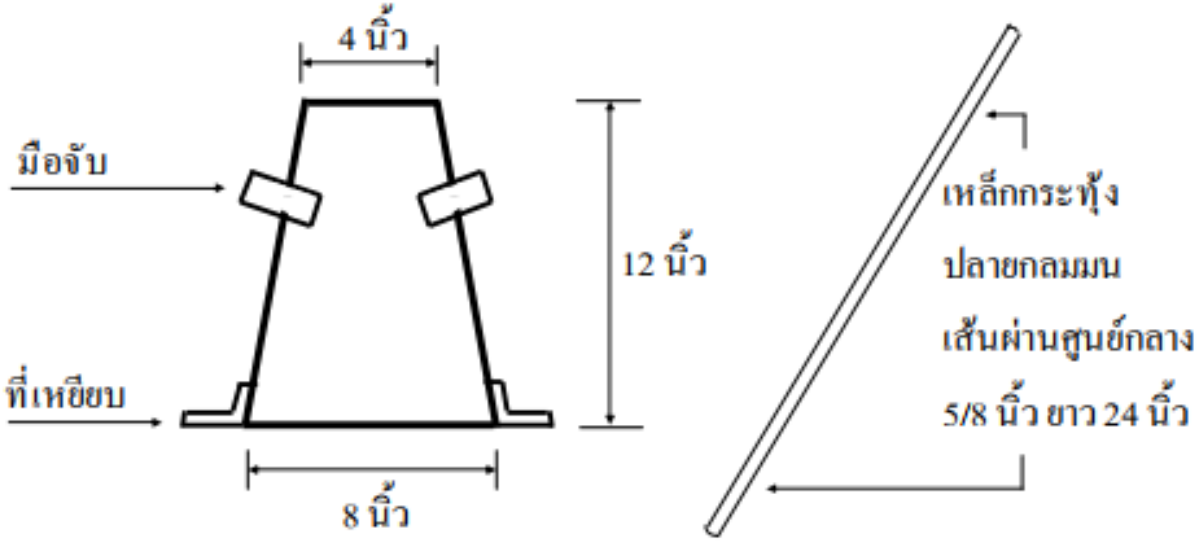
The slump test is suitable only for the concrete of high or medium workability.

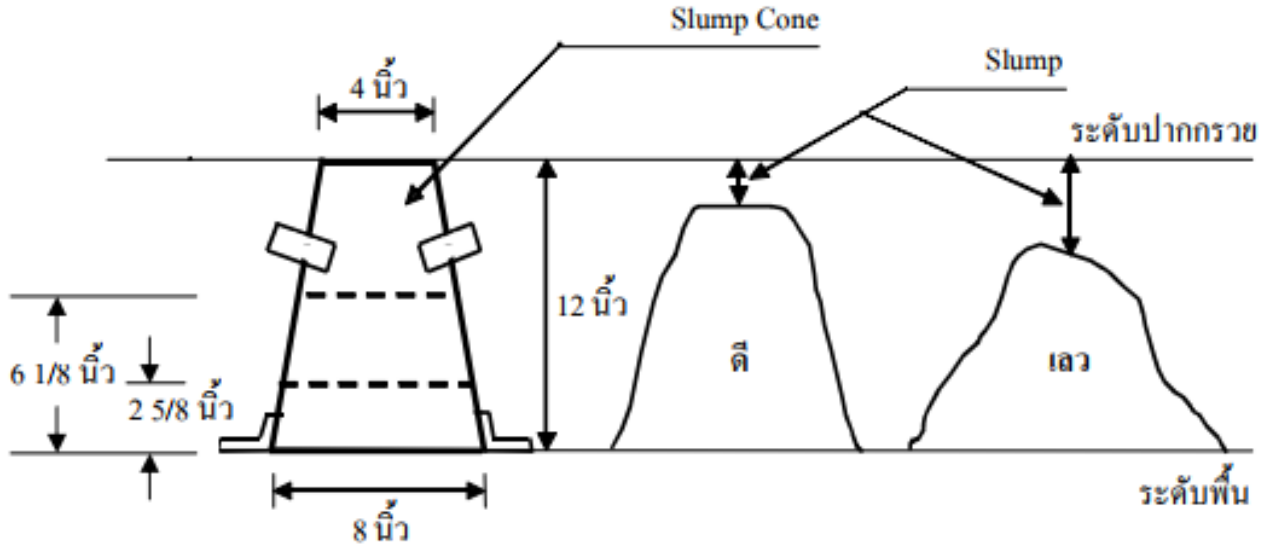
Recommended Values of Concrete Slump Tests for Various Purposes:

No.	Types of concrete	Slump
1	Concrete for road construction	20 to 40 mm
2	Concrete for tops of curbs, parapets, piers, slabs and wall	40 to 50 mm
3	Concrete for canal lining	70 to 80 mm
4	Normal RCC work	80 to 150 mm
5	Mass concrete	20 to 50 mm
6	Concrete to be vibrated	10 to 25 mm

3.7 การวัดการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) โดยใช้กรวยทดสอบการยุบตัว (Slump Cone)

การควบคุมความสามารถเทได้ของคอนกรีตทำได้โดยการหาค่าการยุบตัวโดยวิธี Slump Test ค่าการยุบตัวของคอนกรีตจะต้องอยู่ในช่วงระหว่าง 2 - 7 นิ้ว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของงานที่ต้องการเท และความพร้อมของเครื่องมือที่ใช้ในการทำให้คอนกรีตแน่น การเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อนำมาทำการทดสอบหาค่าการยุบตัวจะต้องเก็บให้แล้วเสร็จภายในเวลา 15 นาที การวัดการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) โดยใช้กรวยทดสอบการยุบตัว (Slump Cone) ซึ่งมีลักษณะเป็นกรวยเปิดทั้งสองด้าน มีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านบน 4 นิ้ว (100 มิลลิเมตร) ด้านล่าง 8 นิ้ว (200 มิลลิเมตร) สูง 12 นิ้ว (300 มิลลิเมตร) มีที่เหยียบ และมือจับ ดังรูป





การยุบตัวของคอนกรีตวัดได้จากผลต่างระหว่างความสูงของแบบกรวย (12 นิ้ว) กับความสูงของคอนกรีตโดยเฉลี่ยหลังจากยกแบบกรวยออกแล้ว หากตัวอย่างคอนกรีตซึ่งทลายลงหรือเอียงผิดปกติควรจะทำการทดสอบซ้ำอีกครั้งด้วยคอนกรีตใหม่ หลังจากวัดการยุบตัวแล้วควรใช้แท่งเหล็กกระทุ้งเคาะข้างๆ ตัวอย่าง 2 - 3 ครั้ง เพื่อดูการทรุดตัวของคอนกรีตสด ซึ่งจะเป็นเครื่องชี้ให้เห็นคุณภาพของคอนกรีตว่ามีคุณภาพดีหรือเลว ซึ่งคอนกรีตที่มีคุณภาพดีนั้น เมื่อเคาะแล้วจะยุบตัวลงโดยคงรูปเดิมอยู่ ส่วนคอนกรีตเลวจะทลายจากกัน หากสงสัยผลการทดสอบ ควรทำการทดสอบหาค่าการยุบตัว 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.9.2 เกณฑ์กำหนดค่ากำลังอัด

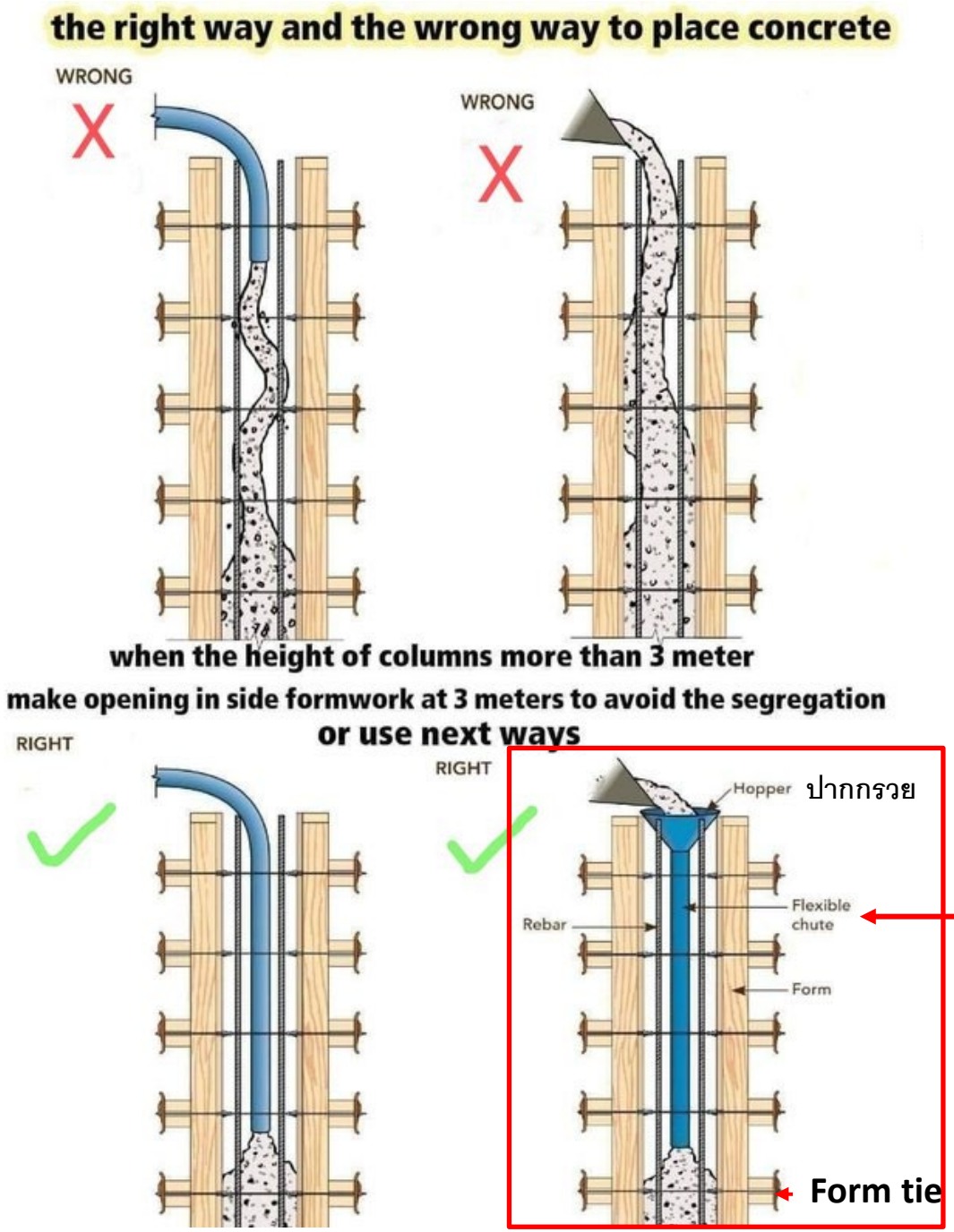
กำลังอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกมาตรฐาน 6 x 12 นิ้ว ที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ล้วน ให้ถือตามเกณฑ์ที่กำหนดดังต่อไปนี้

ที่	กำลังอัดของแท่งคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน	กำลังอัดของแท่งคอนกรีต ที่อายุ 7 วัน	หมายเหตุ
1	แบบกำหนดไม่ต่ำกว่า 140 กก./ ตร.ซม.	ต้องไม่ต่ำกว่า 110 กก./ ตร.ซม.	ถ้าผลการทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7 วัน ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดต้องเปลี่ยนส่วนผสมใหม่โดยทันทีตามคำแนะนำของผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง แต่การพิจารณากำลังของคอนกรีต จะพิจารณาที่อายุ 28 วัน
2	แบบกำหนดไม่ต่ำกว่า 175 กก./ ตร.ซม.	ต้องไม่ต่ำกว่า 140 กก./ ตร.ซม.	
3	แบบกำหนดไม่ต่ำกว่า 210 กก./ ตร.ซม.	ต้องไม่ต่ำกว่า 170 กก./ ตร.ซม.	
4	แบบกำหนดไม่ต่ำกว่า 240 กก./ ตร.ซม.	ต้องไม่ต่ำกว่า 210 กก./ ตร.ซม.	
7	แบบกำหนดไม่ต่ำกว่า 300 กก./ ตร.ซม.	ต้องไม่ต่ำกว่า 240 กก./ ตร.ซม.	
8	แบบกำหนดไม่ต่ำกว่า 350 กก./ ตร.ซม.	ต้องไม่ต่ำกว่า 280 กก./ ตร.ซม.	

การเทคอนกรีต

หลักการโดยทั่วไปของการเทคอนกรีตที่ดี คือการนำคอนกรีตไปให้ใกล้จุดที่ต้องการเทมากที่สุด พร้อมทั้งทำการเทอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการแยกตัวหรือการแยกชั้นของรอยต่อจากการแข็งตัว (Cold Joint) และเพื่อให้คอนกรีตสามารถอัดแน่นได้อย่างเต็มที่ โดยมีข้อปฏิบัติและข้อควรระวัง ดังนี้

- ต้องเทคอนกรีตให้เสร็จก่อนที่การแข็งตัวเบื้องต้นจะเกิดขึ้น และต้องไม่ช้าเกินกว่า 90นาที หลังจากผสมน้ำลงในส่วนผสมคอนกรีตแล้วยกเว้นผสมสารลดน้ำและหน่วงการแข็งตัว (Water Reducing and Retarding Admixture) มาตรฐาน มอก. 733 หรือ ASTM. C-494
- หลีกเลี่ยงการเทคอนกรีตปะทะไม้แบบหรือเหล็กเสริมโดยตรง และสำหรับโครงสร้างที่มีความสูงควรใช้วิธีการต่อท่อส่งคอนกรีต (Tremie) เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถเทคอนกรีตได้ตรงตามตำแหน่งที่ต้องการ และลดการแยกตัวของส่วนผสมในคอนกรีต



To pour concrete in a column right approach is as follows;

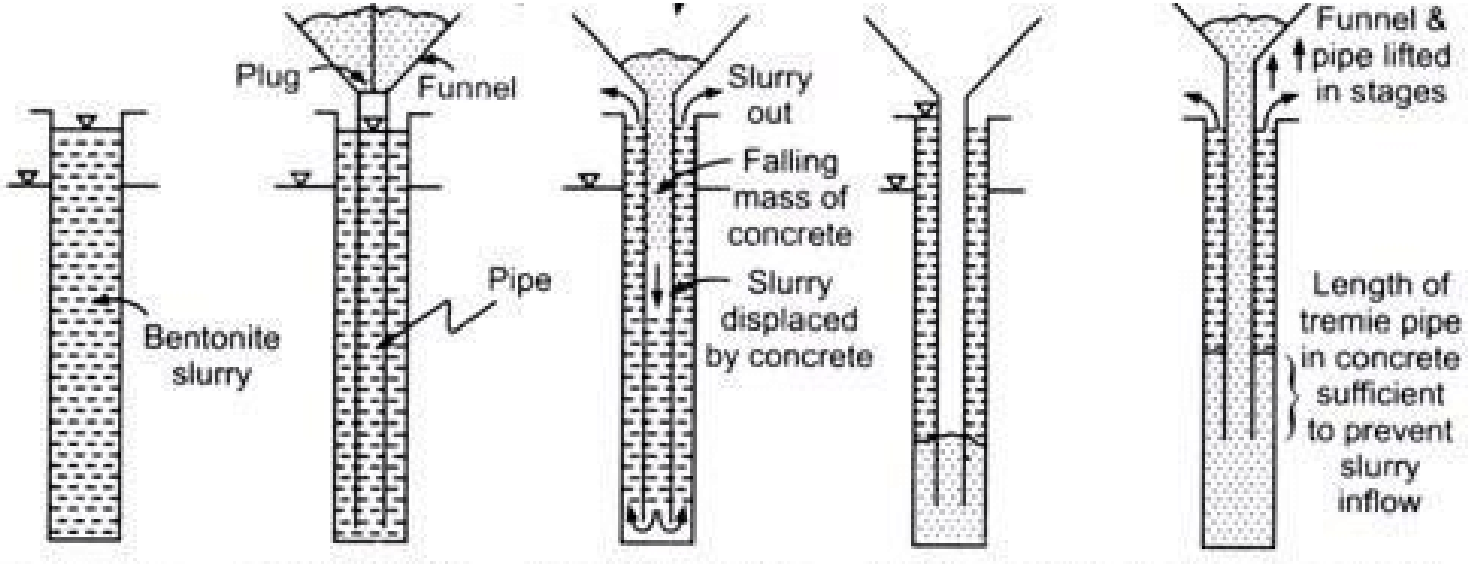
1.If it is a large column, place it through the tremie pipe and raise the tremie pipe upward.

2.Due to congestion of steel if tremie pipe is not possible to keep. Pour about 15 to 20 ltr. of rich mortar 1:3 just prior to pouring of concrete through bucket to minimize the segregation of concrete at the base.

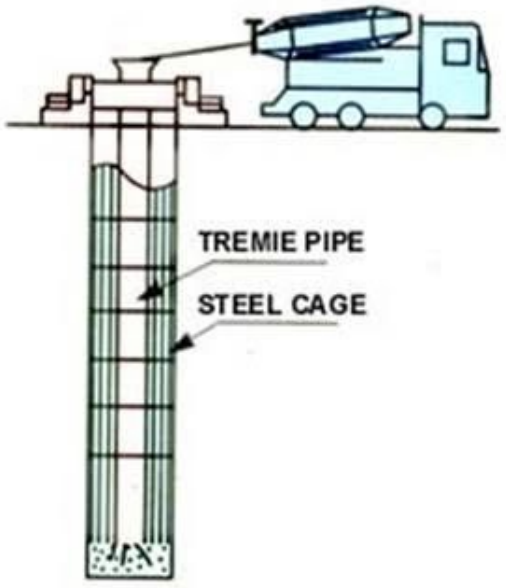
3.Create a window at suitable depth in the shutter to place needle vibrators if columns are long to vibrate placed concrete.

4.You may use the windows to pour concrete using a suitable trough to facilitate concrete to restrict drop heights,

Tremie concrete refers to placement by gravity feed from a hopper through a vertical pipe extending for above the surface



Typical tremie pour for a diaphragm wall panel installed under bentonite fluid



การเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะระบบเปียกโดยใช้ท่อ Trimie Pipe

- อัตราการเทคอนกรีตลงแบบ และอัตราการจี้เขย่าคอนกรีตจะต้องมีความสัมพันธ์กัน เพื่อให้คอนกรีตเกิดการอัดแน่น โดยไม่เกิดการแยกตัวของส่วนผสม ทั้งนี้ คอนกรีตแต่ละชั้นควรได้รับการจี้เขย่าให้อัดแน่นก่อนที่จะเทคอนกรีตชั้นต่อไป และการเทคอนกรีตชั้นต่อไปก็ควรเทในขณะที่คอนกรีตชั้นล่างยังเหลวอยู่ เพื่อให้โครงสร้างของคอนกรีตประสานเป็นเนื้อเดียวกัน และลดการเกิดรอยต่อจากการแข็งตัว
- หลีกเลี่ยงการดัน เกลี่ย โกย หรือจี้เขย่า ที่จะทำให้คอนกรีตเกิดการเคลื่อนที่ในแนวราบ ทั้งนี้ ข้อกำหนดตามรายละเอียดด้านวิศวกรรม ระบุว่าการจี้เขย่าคอนกรีตจะต้องไม่ทำให้เกิดการไหลของคอนกรีตในแนวราบเกินกว่า 1.50 เมตร
- ความหนาในการเทคอนกรีตแต่ละชั้นจะต้องเหมาะสมกับวิธีการจี้เขย่า เพื่อให้มั่นใจว่าฟองอากาศสามารถลอยขึ้นสู่ด้านบนเพื่อหนีออกจากคอนกรีตแต่ละชั้นได้ โดยการเทคอนกรีตจะต้องเทเป็นชั้นในแนวราบด้วยความสม่ำเสมอ ไม่กองเป็นลักษณะภูเขาหรือเป็นชั้นตามแนวเอียง เนื่องจากจะทำให้เกิดการแยกตัวของส่วนผสมในคอนกรีตได้ ทั้งนี้ ข้อกำหนดตามรายละเอียดด้านวิศวกรรม ระบุให้เทคอนกรีตเป็นชั้นในแนวราบ โดยกำหนดให้ความหนาในการเทคอนกรีตแต่ละชั้นไม่เกิน 0.50 เมตร

- ระหว่างการเทคอนกรีต เมื่อเทคอนกรีตจนได้ระดับที่ต้องการจะเกิดการเยิ้มของน้ำที่บริเวณผิวคอนกรีต (Bleeding) ให้ปาดน้ำที่เยิ้มผิวหน้าทิ้งออกไปให้หมดก่อนจะเริ่มตกแต่งผิวคอนกรีต ทั้งนี้ หากเกิดการแตกร้าวแบบพลาสติก (Plastic Shrinkage) ที่บริเวณผิวหน้าคอนกรีตให้ใช้น้ำปูนตกแต่งบริเวณรอยร้าวนั้นทันทีก่อนที่คอนกรีตจะก่อตัว

การเก็บตัวอย่างและการทดสอบ

การเก็บตัวอย่างคอนกรีต

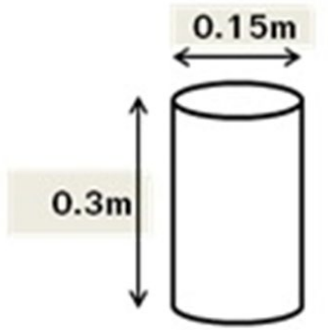
-การเก็บตัวอย่างและการบ่มแท่งตัวอย่างคอนกรีตจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดใน ASTM C 31 “Method of Making and Curing Concrete Compressive and Flexural Strength Test Specimens in the Field” และเป็นไปตามข้อกำหนดในสัญญา ดังนี้

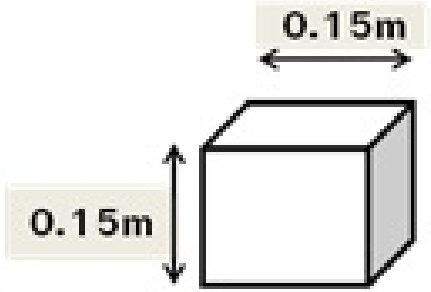
-การเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อทดสอบกำลังอัดจะใช้แบบหล่อมาตรฐานสำหรับแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 12 นิ้ว หรือแท่งตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ขนาดกว้าง 6 นิ้ว ยาว 6 นิ้ว สูง 6 นิ้วโดยพื้นที่วางแบบหล่อควรมีลักษณะราบเรียบ และไม่มีการสั่นสะเทือนใดๆ เกิดขึ้นระหว่างการเก็บตัวอย่าง

-ตัวอย่าง 1 ชุด ประกอบด้วยแท่งคอนกรีตจำนวน 6 แท่ง ซึ่งเก็บในเวลาเดียวกัน มีความข้นเหลวเท่ากัน ทั้งนี้ ต้องมีการหาค่าการยุบตัว (Slump) ก่อนเก็บแท่งตัวอย่าง

-การเก็บตัวอย่างต้องเก็บทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีต อย่างน้อยวันละ 1 ชุด โดยต้องมีปริมาณเพียงพอที่จะบันทึกกำลังอัดของคอนกรีตในส่วนต่างๆ ของอาคารได้อย่างครบถ้วน

-การหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่างให้หล่อเป็น 3 ชั้น โดยใส่คอนกรีตครั้งละ 1 ใน 3 ของความจุแบบหล่อ จากนั้นใช้เหล็กปลายมน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5/8” ยาว 24” กระทุ้งอย่างสม่ำเสมอชั้นละ 25 ครั้ง โดยชั้นแรกต้องกระทุ้งให้ถึงแผ่นเหล็กล่างของแบบ ส่วนการกระทุ้งชั้นต่อไปให้กระทุ้งผ่านชั้นเดิมเล็กน้อย เมื่อครบ 3 ชั้นแล้วให้ใช้เกรียงปาดผิวหน้าให้เรียบเสมอแบบ รอจนกระทั่งผิวหน้าคอนกรีตเริ่มแห้งจึงใช้กระสอบชุบน้ำคลุมไว้จนแท่งตัวอย่างมีอายุอย่างน้อย 27 ชั่วโมงจึงจะสามารถแกะแบบได้ ในช่วงเวลานี้ควรเก็บตัวอย่างคอนกรีตไว้ในที่ร่มไม่ให้โดนแดดหรือฝน เมื่อครบอายุแล้วให้แกะแท่งคอนกรีตออกจากแบบแล้วจึงเขียนรายละเอียดของแท่งตัวอย่าง อันประกอบด้วย วัน เดือน ปี ที่ทำการหล่อ ค่าการยุบตัว และหมายเลขแท่งคอนกรีต ก่อนนำไปบ่มและส่งทดสอบกำลังอัด





การวัดค่าการยุบตัว (Slump)

การเก็บตัวอย่างแท่งทดลอง

การทดสอบแท่งคอนกรีต

เมื่อได้แท่งตัวอย่างคอนกรีตที่เก็บอย่างถูกต้องตามข้อกำหนดแล้ว ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการทดสอบแท่งคอนกรีตดังกล่าว โดยแบ่งแท่งคอนกรีตออกเป็นชุด ชุดละ 6 แท่ง ซึ่งจะทดสอบ 3 แท่งแรกเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 7 วัน และทดสอบ 3 แท่งที่เหลือเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 28 วัน ทั้งนี้กำลังอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน จะต้องเป็นไปตามตาราง

กำลังอัดของแท่งตัวอย่าง คอนกรีตที่อายุ 7 วัน ต้องไม่ต่ำกว่า (kg/cm^2)	กำลังอัดของแท่งตัวอย่าง คอนกรีตที่อายุ 28 วัน ต้องไม่ต่ำกว่า (kg/cm^2)	หมายเหตุ
$\geq$ 110 กก./ซม.^{2}	140 กก./ซม.^{2}	ถ้าผลการทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7 วัน ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดดังกล่าว ต้องเปลี่ยนอัตราส่วนผสมใหม่โดยทันที ตามคำแนะนำของผู้ว่าจ้าง (โดยสำนักวิจัยฯ กรมชลประทาน) แต่การพิจารณาค่ากำลังอัดของคอนกรีตจะพิจารณาที่อายุ 28 วันเท่านั้น
$\geq$ 140 กก./ซม.^{2}	175 กก./ซม.^{2}	
$\geq$ 170 กก./ซม.^{2}	210 กก./ซม.^{2}	

Why do we test concrete compressive strength after 28 days?

Concrete gains strength with time after casting. It takes much time for concrete to gain 100% strength and the time for same is still unknown. The rate of gain of concrete compressive strength in higher during the first 28 days of casting and then it slows down.

The table below shows the compressive strength gained by concrete after 1, 3, 7, 14 and 28 days with respect to the grade of concrete we use.

Age	Strength per cent
1 day	16%
3 days	40%
7 days	65%
14 days	90%
28 days	99%

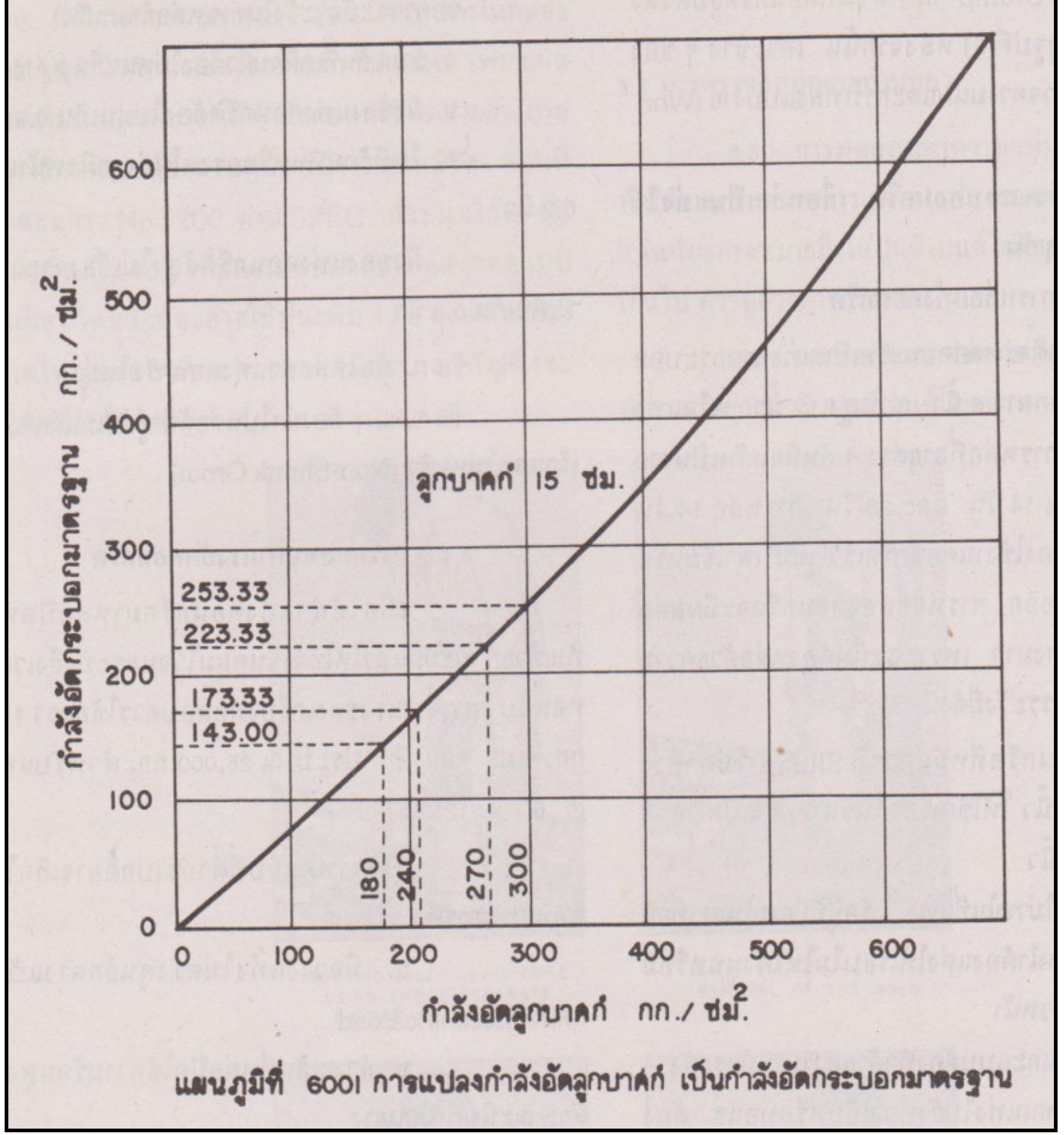
From above table, we see that, concrete gains 16 percent strength in one day, 40 percent in 3 days, 65% in 7 days, 90% in 14 days and 99% strength in 28 days.

Thus, it is clear that concrete gains its strength rapidly in the initial days after casting, i.e. 90% in only 14 days. When, its strength have reached 99% in 28 days, still concrete continues to gain strength after that period, but that rate of gain in compressive strength is very less compared to that in 28 days.

After 14 days of casting concrete, concrete gains only 9% in next 14 days. So, rate of gain of strength decreases. We have no clear idea up to when the concrete gains the strength, 1 year or 2 year, but it is assumed that concrete may gain its final strength after 1 year.

So, since the concrete strength is 99% at 28 days, it's almost close to its final strength, thus we rely upon the results of compressive strength test after 28 days and use this strength as the base for our design and evaluation.

Though there are also some rapid method of testing concrete compressive strength which gives relation between rapid test methods and 28 day strength. This rapid test is done where time is limited for construction and strength of structural member must be known to carry out further construction work.



แผนภูมิที่ 6001 การแปลงกำลังอัดลูกบาศก์ เป็นกำลังอัดกระบอกมาตรฐาน

แสดงการแปลงกำลังอัดลูกบาศก์ เป็นกำลังอัดทรงกระบอกมาตรฐาน

กำลังอัดทรงกระบอกมาตรฐานมีค่าประมาณ 0.80ของกำลังอัดลูกบาศก์

งานรอยต่อคอนกรีต(Concrete Joints)

1 รอยต่อก่อสร้าง (Construction Joint)

สำหรับงานโครงสร้างโดยทั่วไปควรวางแผนและดำเนินการเทคอนกรีตให้มีรอยต่อก่อสร้างน้อยที่สุด และรอยต่อก่อสร้างดังกล่าวจะต้องอยู่ในจุดที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้าง ทั้งนี้ การเตรียมรอยต่อก่อสร้างของคอนกรีตที่เทไว้ก่อนหน้าเพื่อที่จะเทคอนกรีตขั้นต่อไป ให้ขจัดสิ่งที่ยุ่ย สกปรก และไม่แข็งแกร่งออกให้หมดโดยการสกัด ใช้น้ำฉีด หรือทรายฉีด (Sand Blast) ซึ่งมีวิธีดำเนินการดังนี้

- สำหรับผิวหน้าที่เปิดโล่งสามารถทำงานได้สะดวก ให้ทำความสะอาดโดยการสกัดและฉีดล้างด้วยลม-น้ำความดันสูง (GreenCutting) หรือฉีดล้างด้วยทรายแบบเปียก หรือฉีดล้างด้วยน้ำความดันสูง โดยให้ฉีดล้างคอนกรีตจนกว่าคอนกรีต เศษปูน รอยเปื้อน รอยเคลือบ เศษผง หรือวัสดุแปลกปลอมอื่นๆ ได้ถูกชะล้างออกจนหมดสิ้น จากนั้นจึงค่อยล้างผิวหน้านั้นจนสะอาดปราศจากวัตถุที่หลุดลอกออกมา
- สำหรับผิวหน้าที่มีเหล็กเสริมหนาแน่น เข้าถึงไม่สะดวก หรืออาจเกิดการกระทบกระเทือนผิวหน้าของคอนกรีตชั้นที่เทไว้ก่อนหน้า ให้ใช้วิธีฉีดล้างด้วยทรายฉีด (Sand Blast) ในการทำความสะอาด

2. รอยต่อเผื่อหด (Contraction Joint)

สำหรับรอยต่อก่อสร้าง หรือรอยต่อเพื่อการหดตัวที่กำหนดให้มีการเคลือบผิว ทั้งแบบ Hot-Poured Joint Sealing Compound ซึ่งเป็นแบบที่ต้องใช้ความร้อน และแบบ Polysulfide-baseJoint Sealing compound ซึ่งเป็นแบบส่วนผสมเคมี ให้ดำเนินการได้หลังจากที่ผิวหน้าคอนกรีตบริเวณที่เป็นรอยต่อแข็งตัวแล้ว โดยทำความสะอาดผิวหน้านั้นให้สะอาดและแห้งพอสมควร จากนั้นจึงทาผิวคอนกรีตด้วยน้ำยาเคลือบผิวรอยต่อ (Sealing Compound) ทิ้งไว้ล่วงหน้าไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะเทคอนกรีตต่อจากรอยต่อนั้น เพื่อป้องกันมิให้คอนกรีตทั้งสองส่วนติดเป็นเนื้อเดียวกัน

3. รอยต่อเผื่อขยาย (Expansion Joint)

ช่องว่างระหว่างรอยต่อในการเทคอนกรีต จะต้องมีระยะห่างตามที่กำหนดไว้ในแบบ โดยใส่ Joint Filler เช่น Preformed Expansion Joint Filler แบบ Cork Type หรือแบบ Polyethylene Foam Type ลงในช่องว่างระหว่างผิวคอนกรีตให้พอดีกับรอยต่อ ก่อนจะเทคอนกรีตช่วงต่อไปจากนั้นจึงอุดรอยต่อด้วย Joint Sealant เช่น Caulking Compound เมื่อคอนกรีตที่เทช่วงต่อไปนั้นแข็งตัวแล้ว

การถอดแบบ

การถอดแบบต้องใช้ความระมัดระวังไม่ให้เกิดความเสียหายต่อคอนกรีต และให้ดำเนินการอย่างเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อไม่ให้เกิดความล่าช้าในการบ่มคอนกรีตและซ่อมผิวคอนกรีต แต่ทั้งนี้การถอดแบบจะกระทำได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับกำลังได้โดยไม่เกิดความเสียหายต่อคอนกรีตและโครงสร้างของอาคารที่เกี่ยวเนื่อง ซึ่งโดยทั่วไปค้ำยันและแบบใต้ท้องคานหรือแผ่นพื้น จะยังต้องคงไว้จนกว่าคอนกรีตจะมีกำลังอัดถึง 75% ของความแข็งแรงที่ออกแบบไว้ และห้ามมีการบรรทุกน้ำหนักใดๆ บนคานหรือแผ่นพื้นนั้นจนกว่าคอนกรีตจะมีกำลังอัดถึง 100% ของค่าที่ออกแบบไว้ และไม่ว่าในกรณีใดๆ ก็ตาม ห้ามไม่ให้มีการบรรทุกน้ำหนักบนคานหรือแผ่นพื้นเกินกว่าค่าที่ออกแบบไว้เด็ดขาด ทั้งนี้ สำหรับระยะเวลาโดยประมาณที่จะถอดแบบและค้ำยันบางส่วนของงานคอนกรีตให้อนุโลมตามข้อกำหนดนี้ แต่อาจเพิ่มหรือลดระยะเวลาได้ตามผลการทดลองกำลังอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างของอาคารนั้น

แบบด้านข้างของตอม่อ, เสา และคานที่ไม่รับน้ำหนัก	2 วัน
แบบใต้ท้องคานและแผ่นพื้น	21 วัน
ค้ำยันใต้ท้องคาน	28 วัน

Age	Strength per cent
1 day	16%
3 days	40%
7 days	65%
14 days	90%
28 days	99%

การบ่มคอนกรีต (Curing for Concrete)

การบ่มคอนกรีตจะต้องเป็นไปตามวิธีการที่กำหนด และดำเนินการเป็นระยะเวลาต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 14 วัน หรือจนกว่าจะเทปิดทับด้วยคอนกรีตชั้นต่อไป

-การบ่มคอนกรีตด้วยน้ำ (Water Curing)

เป็นการบ่มคอนกรีตโดยการทำให้ผิวหน้าของคอนกรีตเปียกน้ำอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาที่ทำการบ่มคอนกรีต หรือจนกระทั่งถูกปิดทับด้วยคอนกรีตชั้นต่อไป ทั้งนี้น้ำที่นำมาใช้ในการบ่มคอนกรีตจะต้องใช้น้ำที่ใสสะอาด ปราศจากสารใดๆ ซึ่งอาจทำให้คอนกรีตเปรอะเปื้อน เปลี่ยนสีหรือเกิดความเสียหายได้

-การบ่มคอนกรีตด้วยทรายอิ่มน้ำ

สำหรับรอยต่อก่อสร้างในแนวราบและผิวคอนกรีตที่ผ่านการตกแต่งเรียบร้อยแล้ว อาจบ่มคอนกรีตด้วยการใช้ทรายเปียกซึ่งอิ่มตัวด้วยน้ำปิดทับให้ทั่วผิวคอนกรีต โดยทรายดังกล่าวจะต้องได้รับการเกลี่ยให้กระจายตัวปิดทั่วผิวคอนกรีตอย่างสม่ำเสมอด้วยความหนาไม่น้อยกว่า 50 มม. และต้องฉีดน้ำให้ทรายอิ่มน้ำตลอดระยะที่ทำการบ่ม

-การบ่มคอนกรีตด้วยน้ำยาบ่มคอนกรีต (Curing Compound)

น้ำยาบ่มคอนกรีตจะต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนด ASTM C 309 “Specification for Liquid Membrane - Forming Compounds for Curing Concrete” Type 1-D, Clear และข้อกำหนดตามรายละเอียดด้านวิศวกรรม โดยน้ำยาบ่มคอนกรีตจะต้องประกอบด้วยสีที่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อฉีดพ่นลงบนผิวของคอนกรีต เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบความทั่วถึงของการฉีดพ่น โดยสีดังกล่าวต้องติดอยู่บนผิวคอนกรีตเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมงหลังการฉีดพ่น และจะต้องจางหายไปเองได้ในระยะเวลาไม่เกิน 7 วัน ซึ่งน้ำยาบ่มคอนกรีตที่ใช้ต้องมีคุณภาพและความข้นเหลวที่สม่ำเสมอเหมือนกันทั้งหมด ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในการฉีดพ่นน้ำยาบ่มคอนกรีตจะต้องเป็นถังอัดความดันในตัว ที่มีอุปกรณ์ในการกวนน้ำยาขณะที่ทำการฉีดพ่น

-สำหรับการบ่มคอนกรีตที่หล่อโดยไม่ใช้แบบ หรือหล่อด้วยแบบชนิดรางเลื่อน(Slip form) ให้ดำเนินการทาหรือฉีดพ่นน้ำยาบ่มคอนกรีตทันทีที่การแต่งผิวเสร็จเรียบร้อย ส่วนการบ่มคอนกรีตที่หล่อด้วยแบบให้เพิ่มความชื้นแก่ผิวคอนกรีตก่อนโดยการฉีดพ่นด้วยน้ำจนชุ่มทั่วผิวคอนกรีต จากนั้นจึงฉีดพ่นน้ำยาบ่มคอนกรีตทับทันทีหลังจากที่ผิวคอนกรีตชุ่มน้ำแต่ไม่มีแผ่นน้ำปกคลุม ทั้งนี้ การฉีดน้ำยาบ่มคอนกรีตจะต้องฉีดพ่นเป็นฝอยกระจายปิดทับผิวหน้าคอนกรีตอย่างทั่วถึงต่อเนื่องกัน 2 ชั้น โดยแต่ละชั้นให้ใช้น้ำยาฉีดพ่นในอัตราไม่เกิน 10 ตารางเมตรต่อลิตร หรือตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต สำหรับการฉีดพ่นบริเวณขอบ มุม และผิวหน้าที่ไม่ราบเรียบ จะต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษและให้ลดพื้นที่ต่อน้ำยาหนึ่งลิตรลงอีก เพื่อให้น้ำยาปกคลุมผิวคอนกรีตได้อย่างทั่วถึงสำหรับน้ำยาที่พ่นทับไว้แล้ว หากเกิดความเสียหายหรือหลุดลอกออกจากผิวคอนกรีตภายใน 28 วันหลังการฉีดพ่น ให้ดำเนินการฉีดพ่นบริเวณที่เสียหายใหม่ทันที และหากเกิดกรณีที่น้ำยาบ่มคอนกรีตเคลือบหรือเปื้อนผิวเหล็กเสริม รอยต่อก่อสร้าง หรือผิวคอนกรีตในบริเวณอื่นซึ่งห้ามเคลือบด้วยน้ำยาบ่มคอนกรีต ให้รีบล้างน้ำยาบ่มคอนกรีตดังกล่าวออกทันทีด้วยวิธีการฉีดล้างด้วยทราย

งานก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมศาสตร์ของดินและการถมบดอัดดิน

การบดอัดดิน (Compaction)

การบดอัดดินคือการปรับปรุงคุณภาพดิน
ก่อให้เกิดประโยชน์หลายข้อดังนี้

1. ลดการทรุดตัวของดิน
2. เพิ่มกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินและปรับปรุงเสถียรภาพความลาดชัน
3. ปรับปรุงกำลังต้านทานน้ำหนักของพื้นทาง
4. ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรเช่นสาเหตุจากการบวมตัวและการหดตัวของดิน
5. ลดการซึมผ่านของน้ำในดิน

<u>การบดอัดดินสามารถแยกได้ 2 ส่วนดังนี้</u>

1. การบดอัดดินในสนามโดยใช้เครื่องจักรมี 3 ลักษณะดังนี้

1.1. วิ่งรถบดอัดไปมาเช่นรถบดล้อเหล็กรถบดล้อยางรถบดตีนแกะ

1.2. ประเภทสั่นหรือเขย่าเช่นรถบดสั่นสะเทือนเครื่องสั่นแบบแผ่นแบนและเครื่องสั่นแบบกระแทก

1.3. ประเภทกระทุ้งเช่นสองเกลอสามเกลอกบกระโดดหรือเครื่องกระทุ้งที่ใช้กาลังจากเครื่องบด

2. การบดอัดดินในห้องทดลองมี 3 วิธีดังนี้

2.1. วิธีบดอัดทางพลศาสตร์วิธีนี้จะทำโดยการใช้ค้อนเหล็กปล่อยตกบดอัดดินในแบบโมลซึ่งใช้กันทั่วไป

2.2. วิธีบดอัดแบบนวดวิธีนี้เหมาะกับการเตรียมตัวอย่างดินสาหรับทดสอบแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด (Unconfined Compression Test)

2.3. วิธีบดอัดทางสถิติศาสตร์วิธีนี้เหมาะสำหรับการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อการทดสอบแรงอัด 3 แกนและการอัดตัวคายน้ำวิธีนี้ทาได้ 2 ประเภทคือ

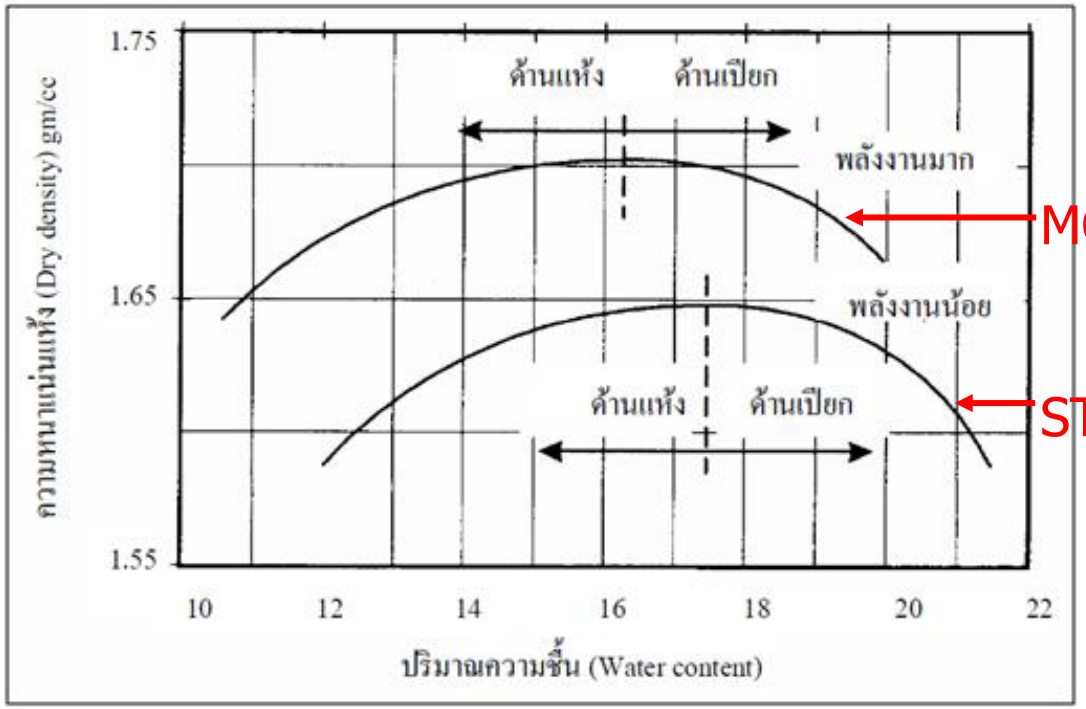
2.3.1 การบดอัดแบบมาตรฐาน

2.3.2 การบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน

<u>ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง ปริมาณน้ำและพลังงาน</u>

ความหนาแน่นของดินที่บดอัดแล้วนอกจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัดแล้วยังขึ้นอยู่กับวิธีการบดอัดและพลังงานที่ใช้ในการบดอัดสำหรับการบดอัดดินชนิดเดียวกันโดยใช้ปริมาณน้ำที่เท่ากันแต่พลังงานในการบดอัดต่างกันจะได้ความหนาแน่นที่ต่างกันด้วยซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งปริมาณน้ำและพลังงานเมื่อใช้พลังงานในการบดอัดเพิ่มขึ้นจะได้ความหนาแน่นแห้งสูงขึ้น, ความชื้นที่เหมาะสมลดลง, ความหนาแน่นแห้งจะเพิ่มมากขึ้นในด้านที่แห้งและความหนาแน่นแห้งในด้านที่เปียกจะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย

กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง,ปริมาณน้ำและพลังงาน



MODIFIED PROCTOR COMPACTION TEST,MPCT.

STANDARD PROCTOR COMPACTION TEST, SPCT.

วิธีการถมดินบดอัดแน่น

การถมดินเพื่อบดอัดแน่นจะต้องนำดินที่จะใช้งานมาโรยเป็นชั้นในแนวราบดินที่นำมาใช้ต้องมีความชื้นถูกต้องตามที่กำหนดการบดอัดต้องบดอัดอย่างสม่ำเสมอตลอดผิวหน้าเพื่อให้มีความแน่นเป็นเนื้อเดียวกันตลอดการถมดินเพื่อบดอัดแน่นให้ปฏิบัติดังนี้

1. ดินที่นำมาใช้บดอัด ต้องได้รับการผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันเป็นอย่างดีเพื่อที่จะได้ดินที่มีคุณภาพสูง และเมื่อบดอัดแล้วสามารถต้านทานการรั่วซึม และรับน้ำหนักได้ดี
2. เศษหินหรือก้อนดินแข็งที่มีขนาดโตกว่า 15 เซนติเมตร และเศษรากไม้กิ่งไม้รวมทั้งวัสดุไม่พึงประสงค์จะต้องเก็บทิ้งไปก่อนทำการบดอัด
3. การถมให้ถมเกลี่ยเป็นชั้น ๆ ในแนวราบ
4. การถมดินแต่ละชั้นก่อนบดอัด ต้องไม่หนากว่า 30 เซนติเมตร
5. ชั้นดินแต่ละชั้นเมื่อทำการบดอัดแล้ว ต้องหนาไม่เกิน 15 เซนติเมตร หรือมากกว่า 2 ใน 3 ของความยาวของตีนแกะ แล้วแต่ว่าอย่างไหนจะน้อยกว่า
6. การบดอัดดินในชั้นต่อไป ถ้าผิวหน้าดินในชั้นที่บดอัดไว้แล้วแห้งและเรียบ ต้องทำให้ชื้นและผิวหน้าขรุขระ เพื่อที่จะได้เชื่อมเป็นเนื้อเดียวกันกับดินในชั้นต่อไป

7. ความชื้นของการบดอัดดินแตะละชั้น อนุโลมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่มากกว่าและไม่น้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์จากความชื้นสูงสุดที่ได้ความแน่นมากที่สุด (OPTIMUM MOISTURE CONTENT)และดินแต่ละชั้นจะต้องมีความชื้นเท่ากันโดยสม่ำเสมอ

8. ในขณะทำการถมบดอัดดินแต่ละชั้น จะต้องควบคุมความชื้นให้อยู่ในช่วงที่กำหนด ถ้าหากความชื้นในดินต่ำกว่าที่กำหนด (STANDARD OPTIMUM MOISTURE CONTENT) ต้องทำการให้น้ำเพิ่มเติม โดยใช้อุปกรณ์ที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อสร้างและ/หรือคณะกรรมการตรวจการจ้าง ถ้าหากความชื้นในดินมีมากเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนด จะต้องชะลอการบดอัดไว้จนกว่าความชื้นจะลดลงมาอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดให้จึงจะทำการบดอัดต่อไปได้ วิธีเร่งให้ดินแห้งเร็วขึ้นจนถึงระดับความชื้นที่ต้องการอาจจะต้องทำการไถคลาดผิวหน้า หรือทำการขุดลอกผิวหน้าที่เปียกมากเกินไปออกเสีย ทั้งนี้ตามความเห็นชอบของผู้ควบคุมงานก่อสร้างและ/หรือคณะกรรมการตรวจการจ้างก่อนที่จะทำการบดอัดดินชั้นต่อไป ถ้าหากพบว่าหน้าดินที่บดอัดเสร็จแล้วมีความแห้งมากเกินไป จะต้องทำการไถคลาดผิวหน้าดินแล้วพรมน้ำให้เปียกเสียก่อน ในทุกกรณีก่อนที่จะถมบดอัดแต่ละชั้นผิวหน้าดินชั้นล่างที่เป็นดินถม หรือเป็นดินตามธรรมชาติก็ดี จะต้องทำการไถคลาดผิวหน้าให้มีความขรุขระเสียก่อนทุกครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้เนื้อดินชั้นใหม่และชั้นเก่าจับตัวประสานเป็นเนื้อเดียวกัน

9. ขนาดของพื้นที่ ที่จะถมบดอัดแต่ละชั้นควรมีพื้นที่กว้างมากที่สุด เพื่อความสะดวกต่อการปฏิบัติงาน และลดจำนวนรอยต่อให้น้อยที่สุด ระดับของพื้นผิวของแต่ละชั้น ควรจะรักษาให้อยู่ในแนวใกล้เคียงกับระดับราบ และมีความลาดชันประมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์ ไปในทิศทางที่สะดวกในการระบายน้ำฝน

10. ในส่วนที่เป็นดินทึบน้ำ (IMPERVIOUS ZONE) ความลาดชันตรงจุดรอยต่อ ไม่ควรให้เกินกว่า 3 ต่อ 1 (แนวราบต่อแนวตั้ง) นอกจากจะได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน ผิวสัมผัสของรอยต่อทุกแห่ง จะต้องขุดตัดออกให้เป็นรอยใหม่ ต้องเก็บกวาดส่วนที่หลุดหลวมออกให้หมด และไถคลาดทำผิวให้ขรุขระ การบดอัด จะต้องทำการบดอัดเลยลึกเข้าไปในเขตที่บดอัดแล้วตลอดแนวรอยต่อเป็นระยะไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร การปฏิบัติเช่นนี้ให้นำไปใช้กับการบดอัดแกนเขื่อน (IMPERVIOUS CORE) ที่ติดกับฐานรากที่มีความลาดเอียง เช่น ในร่องแกนด้วย

11. การบดอัดดินในชั้นหนึ่ง ๆ จะต้องใช้เครื่องมือชนิดเดียวกัน และมีน้ำหนักเท่ากันโดยตลอด

12.การถมดินให้ถมเป็นชั้นๆในแนวราบความหนาขึ้นอยู่กับวัสดุที่ถมและเครื่องจักรกลที่ใช้บดอัดซึ่งสามารถกำหนดได้โดยการทำแปลงทดสอบการบดอัด (Test Section) จากวิธีการนี้ทำให้เราทราบได้ว่าเมื่อใช้วัสดุชนิดนี้ใช้เครื่องจักรกลแบบนี้บดอัดกี่เที่ยวปูวัสดุหนากี่เซนติเมตรจึงจะได้ความแน่นตามที่ต้องการโดยมีหลักเกณฑ์คร่าวๆดังนี้

ก.วัสดุพวกไม่มีแรงยึดเกาะ (Cohesionless), ตะกอนทราย (Silt) ที่มีความเหนียวต่ำให้ใช้ล้อเรียบแบบสั่นสะเทือน (VibratoryRollers)

ข. วัสดุพวกมีแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดิน (Cohesion), วัสดุพวก Clay, ตะกอนทราย (SILT) ที่มีความเหนียวปานกลางถึงสูงให้ใช้ล้อหนามธรรมดา (Pad Foot) หรือล้อหนามสั่นสะเทือน(Vibratory Pad Foot)

ค.การบดอัดในชั้นต่อไปถ้าผิวหน้าดินในชั้นที่บดอัดไว้แล้วแห้งและเรียบต้องทำให้ชื้นและขรุขระเพื่อที่จะได้เชื่อมเป็นเนื้อเดียวกันกับดินชั้นต่อไป

เกณฑ์การตรวจสอบวัสดุและการตรวจสอบหาความแน่นของดินถม

1. การตรวจสอบเพื่อควบคุมความแน่นของการบดอัดดิน จะถือเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1.1 จะทำการตรวจสอบทุกวันที่ทำการบดอัดดิน

1.2 จะทำการตรวจสอบความแน่นทุกชั้น

1.3 จำนวนตัวอย่างในการตรวจสอบ ให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้ว่าจ้าง

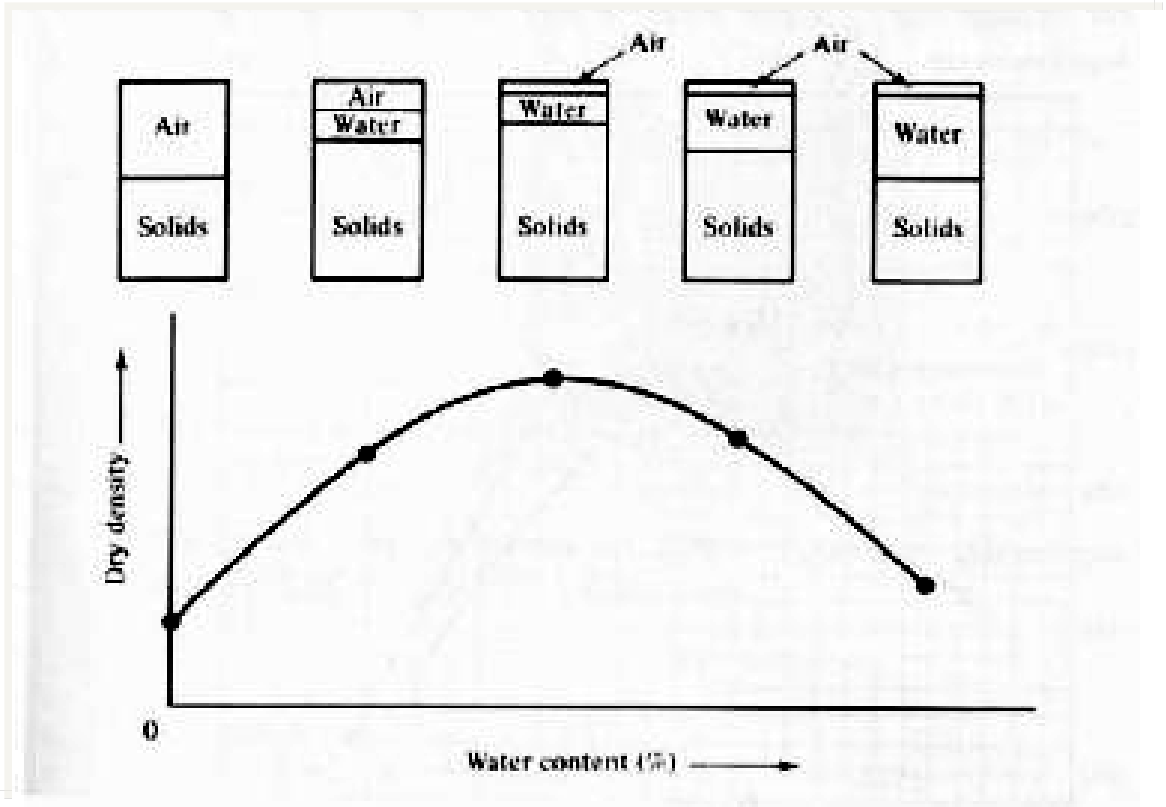
1.4 การตรวจสอบในสนาม จะใช้วิธีทดสอบแบบ FIELD DENSITY TEST (ASTM. DESIGNATION D-1556) หรือวิธีอื่น ที่ผู้ว่าจ้างเห็นชอบ

1.5 การทดสอบแบบ FIELD DENSITY จะดำเนินการโดยวิธี SAND REPLACEMENT โดยเปรียบเทียบกับ STANDARD PROCTOR COMPACTION TEST หรือMODIFIED PROCTOR COMPACTION TEST เพื่อจะได้พิจารณาค่า COMPACTION DEGREE (ค่าเปอร์เซ็นต์ของ FIELD DRY DENSITY ต่อ LAB MAX-DRY DENSITY)

The **Proctor compaction test** is a laboratory method of experimentally determining the optimal moisture content at which a given soil type will become most dense and achieve its maximum dry density.

การบดอัดดินจะทำให้ค่าความหนาแน่นแห้ง (Dry Density) ของดินสูงขึ้น ขณะที่ช่องว่าง หรือ โพรงอากาศระหว่างเม็ดดินลดลง ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมจะทำให้ได้ค่าความหนาแน่นของดินสูงสุด (Maximum Dry Density) เรียก “Optimum Moisture Content, OMC ”

การบดอัดดิน เป็นกระบวนปรับปรุงคุณภาพดิน คือทำให้ดินแน่น (Dense) สูงสุด เพื่อเหมาะสมแก่ งานประเภทต่าง ๆ ในเชิงวิศวกรรม การทำให้ดินแน่น หรือทำให้ดินมีความหนาแน่นสูงสุดนอกจากจะใช้พลังงาน เช่น บดอัด (Compact) แล้ว ยังต้องคำนึงถึงปริมาณความชื้น (หรือปริมาณน้ำ) และช่องว่าง (Void) ในดิน เพราะปกติดินประกอบด้วย มวลดิน ช่องว่าง และน้ำดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 สัดส่วนองค์ประกอบของดิน ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำและความแน่นของดิน ณ ภาวะต่าง ๆ (ที่มา: www.sdhabhon.com)

R.R. Proctor (1933) ได้กำหนดวิธีการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับ ความแน่น **Density** ของดินที่ได้จากการบดอัดในห้องปฏิบัติการ ซึ่งต่อมาได้เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้ในการทดสอบการบดอัดในงานก่อสร้างโดย ทั่วไปว่าเป็นวิธีการทดสอบมาตรฐาน **Standard Proctor Test** โดยเฉพาะการทดสอบเพื่อควบคุมงานก่อสร้าง สนามบิน เขื่อนดิน พื้นโรงงาน เป็นต้น ในปัจจุบันยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งได้วิวัฒนาการมีขนาดใหญ่ขึ้น บรรทุกน้ำหนักได้มากหลายเท่าตัว พลังงานที่ใช้ในการบดอัดก็จำเป็นจะต้องเพิ่มขึ้นด้วย จึงได้มีการกำหนดวิธีการทดสอบการบดอัดดินด้วยการเพิ่มพลังงานให้สูงขึ้น เพื่อจะได้ฐานดินที่มีความแน่นสูงรับน้ำหนักได้มาก เรียกว่า วิธีการทดสอบแบบโมดิฟายด์ **Modified Proctor Test**

Standard Proctor Compaction Test

-The standard was originally developed to simulate field compaction in the lab

-Purpose: Find the optimum moisture content at which the maximum dry unit weight is attained

-ASTM D 698

-Equipments;

Standard Proctor

-1/30 ft^3 mold

-5.5 lb hammer

-12” drop

-3 layers of soil

-25 blows / layer

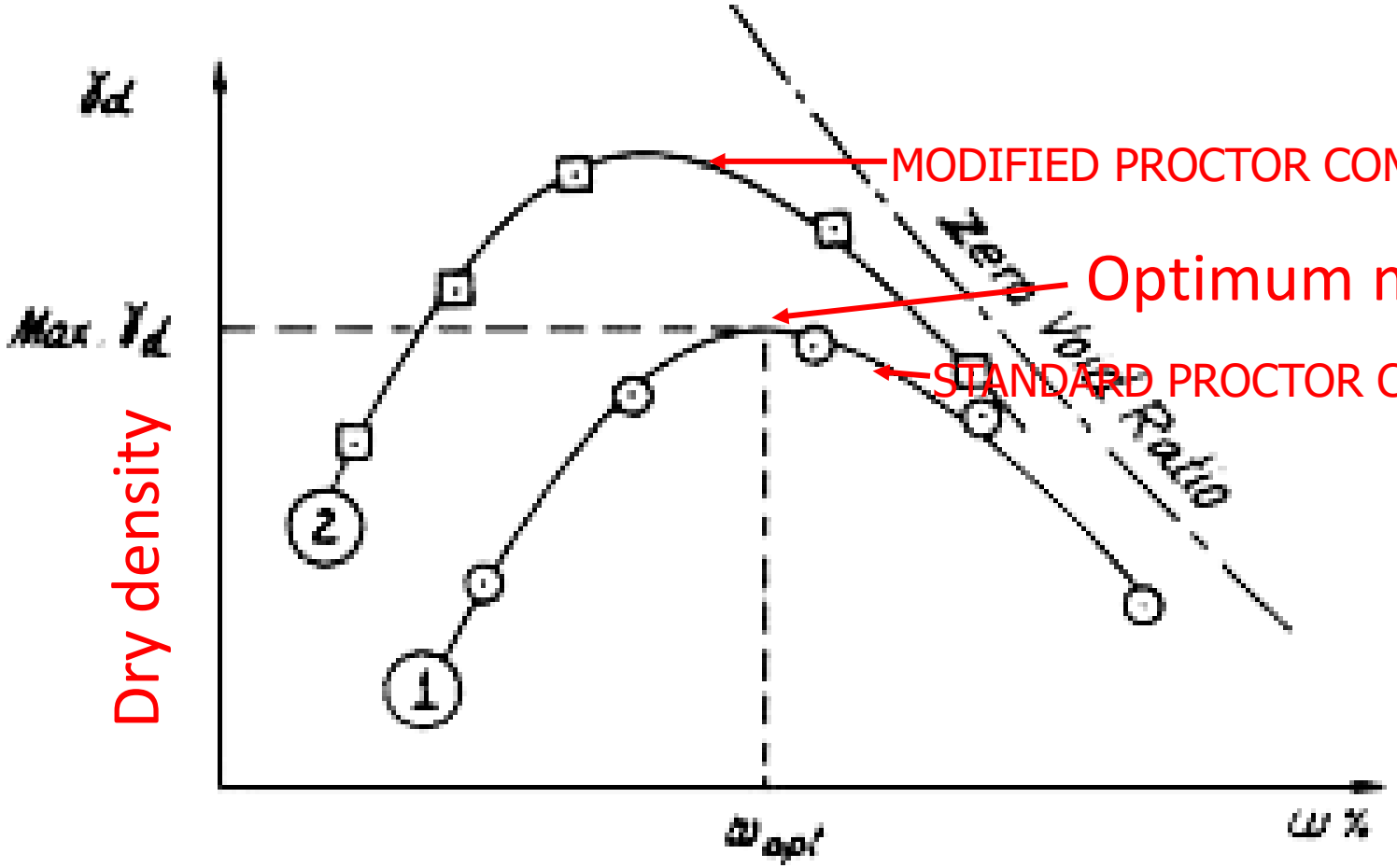
Modified Proctor Test

- The modified was developed to simulate larger compaction effort for more serious loads and bigger equipment
- ASTM D 698
- Modified Proctor
  - –1/30 ft^3 mold
  - –10 lb hammer
  - –18”drop
  - –5 layers of soil
  - –25 blows / layer

แสดงการเปรียบเทียบอุปกรณ์และพลังงานที่ใช้ในการทดสอบ Standard Proctor และ Modified Proctor

Test	Mold size	Wt. Of hammer (1b.)	No. of layer	height of drop (in)	No. of blow per layer	energy / vol. ft – lb/ft^3
Standard	∅ 4.0" x 4.6"	5.5	3	12	25	12,400
Proctor	∅ 6.0" x 5.0"	5.5	3	12	56	12,400
Modified	∅ 6.0" x 5.0"	10	5	18	56	56,000
Proctor	∅ 4.0" x 4.6"	10	5	18	25	56,300

รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Dry Density () และเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้น (Percent water content) ของ (1) Standard Proctor และ (2) Modified Proctor



MODIFIED PROCTOR COMPACTION TEST,MPCT.

Optimum moisture content

STANDARD PROCTOR COMPACTION TEST, SPCT.

Dry density

Moisture content

2. บริเวณที่จะเก็บตัวอย่างส่วนมากจะเก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบควบคุมคุณภาพ ณ บริเวณต่อไปนี้
2.1 บริเวณที่สงสัยว่า ทำการปูดินก่อนบดอัดหนากว่าที่กำหนด
2.2 บริเวณที่สงสัยว่า ความชื้นของดินไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด
2.3 บริเวณที่สงสัยจำนวนเที่ยวที่บดอัด
2.4 บริเวณที่เป็นเลี้ยวกลับของลูกกลิ้ง
2.5 บริเวณจุดเชื่อมที่บดอัดดินด้วยลูกกลิ้งตีนแกะ และเครื่องกระทุ้ง
2.6 บริเวณอื่นใด ที่คณะกรรมการตรวจการจ้างเห็นสมควร

Sand Cone Test

ชุดทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนาม Field Density

DESIGN OF CONCRETE FORMWORKS การออกแบบไม้แบบ(หรือแบบเหล็ก)ในงานคอนกรีต
สภาวิศวกร 2558

THE WALL FORM DESIGN

การคำนวณแรงดันของคอนกรีตกระทำต่อไม้แบบ

Lateral Pressures on Wall Forms

The pressure imposed by concrete on a wall form is a function of the following primary factors:

1. Density of concrete
2. Temperature (*T*) of the concrete at the time of placing (degree Celcius)
3. Rate (*R*) of concrete placing (meter of height per hour)
4. Height (*h*) of concrete placement (in meter)

What determines the pressure on concrete forms?
The effective lateral pressure is influenced by the weight, rate of placement, temperature of concrete mix, use of retardant admixtures, and vibration. Internal vibration leads to an increase in lateral pressure temporarily by 10 to 20%. This is because it makes fresh concrete to behave like a liquid for the full depth of vibration. Therefore, forms should be designed to withstand the greater pressure and depth of vibration must be controlled during concrete placement. Re-vibration and external vibration generate greater loads on forms compare with internal vibration.

การคำนวณแรงดันด้านข้างของคอนกรีต

เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อแรงดันด้านข้างของคอนกรีตมีจำนวนมาก จึงมีสูตรในการคำนวณที่แตกต่างกันไปแล้วแต่จะพิจารณาถึงปัจจัยใดบ้างซึ่งแต่ละสูตรจะให้ค่าแรงดันของคอนกรีตที่แตกต่างกันไป ตามแต่ปัจจัยที่นำมาพิจารณา โดยปัจจัยหลัก ๆ ในการพิจารณา ได้แก่

- อัตราการเทคอนกรีต
- ความหนาแน่นของคอนกรีต และ
- ความสูงในการเทคอนกรีต

สูตรแรงดันของเหลว (Hydrostatic Pressure) เช่น แรงดันน้ำหรือคอนกรีตเหลว

$$P = \gamma H$$

P = แรงดันของของคอนกรีตเหลว $kg./m.^2$

γ = ความหนาแน่นของคอนกรีตเหลว ทั่วไปใช้ 2400 $kg./m.^2$

H = ความสูงของคอนกรีตที่เท (ม.)

สูตรแรงดันของคอนกรีตกระทำต่อไม้แบบ

สูตรจากการทดลอง โดยพิจารณาปัจจัยคือ อัตราการเท อุณหภูมิ Slump เป็นปัจจัยหลักที่กระทบต่อแรงดันโดยแยกสูตรตามลักษณะของโครงสร้าง

กรณีแบบหล่อเสา โดยมีเงื่อนไขดังนี้ แรงดันคอนกรีตไม่เกิน 15,000 kg/m.^{2}

$$P = 800 + \frac{80{,}000R}{T + 20}$$

แบบหล่อกำแพง โดยมีเงื่อนไขดังนี้ แรงดันคอนกรีตไม่เกิน 10,000 kg/m^2

กรณี อัตราเทช้ากว่า 2 ม./ชม.

$$P = 800 + \frac{80{,}000R}{T + 20}$$

กรณีอัตราการเทเร็วกว่า 2 เมตร/ ชั่วโมง

$$P = 800 + \frac{(12{,}000 + 25{,}000\,R)}{T + 20}$$

เมื่อ P = แรงดันของคอนกรีตเหลว kg./m.^{2}

R = อัตราการเท (วัดเป็นความสูงในการเท/ชั่วโมง)(ม./ชม.)

T = อุณหภูมิของคอนกรีต (C)

H = ความสูงของคอนกรีตสดภายในแบบ (ม.)

เมื่อ R=1.52 m/hr. T=26.67 ^{0} c

P=800+((80000(1.52)/(26.67+20))

=800+(2605.53)

=3405.53 kg./m^2

=3.405 t/m^2 สูตรของสภาวิศวกร

สูตร ACI ได้ = 3.48 t/m^2

สภาวิศวกร 2558

DESIGN OF CONCRETE FORMWORKS การออกแบบไม้แบบ(หรือแบบเหล็ก)ในงานคอนกรีต

THE WALL FORM DESIGN

Lateral Pressures on Wall Forms

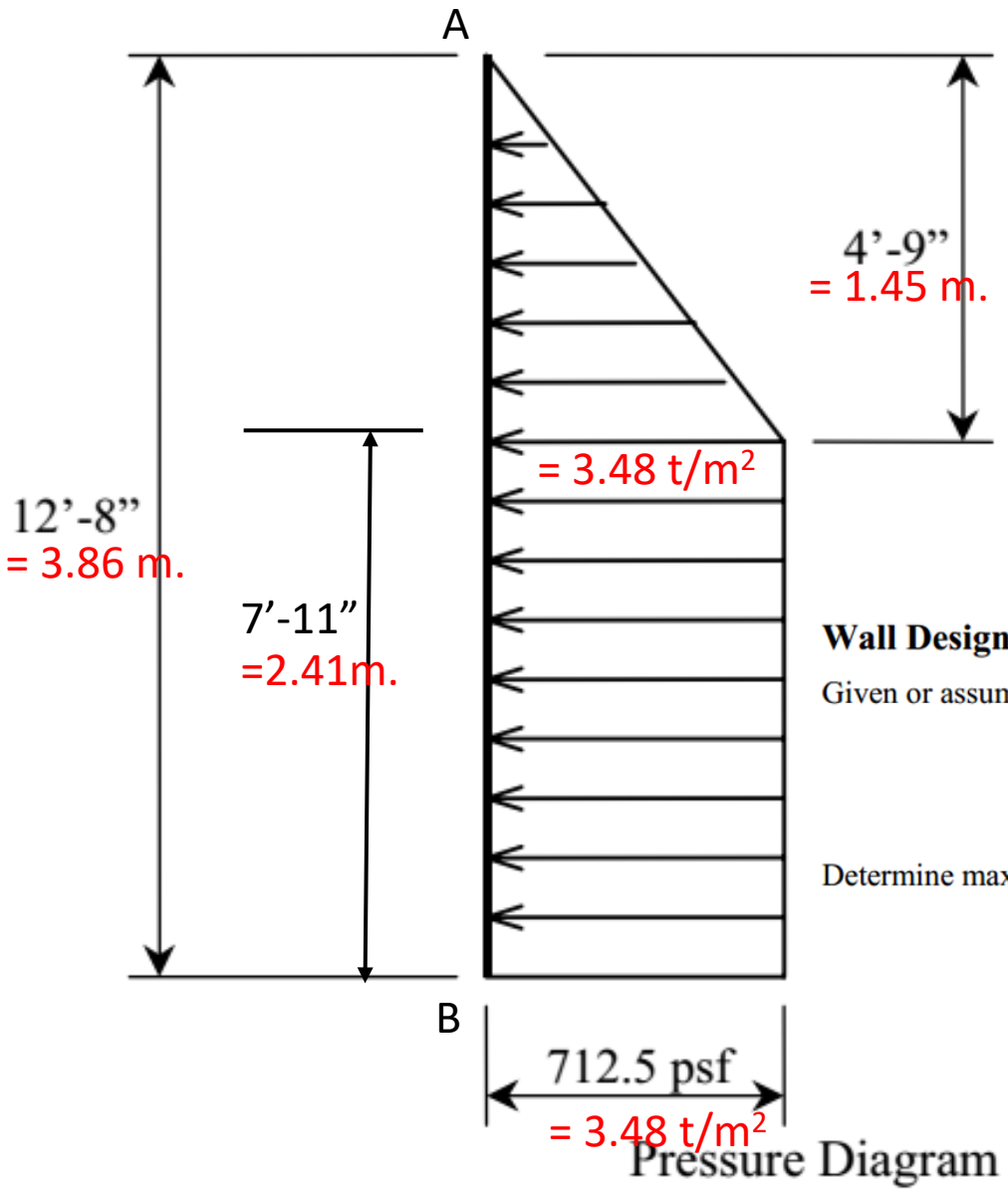
A. The pressure imposed by concrete on a wall form is a function of the following primary factors:

1. Density of concrete
2. Temperature (*T*) of the concrete at the time of placing (degree Fahrenheit)
3. Rate (*R*) of concrete placing (feet of height per hour)
4. Height (*h*) of concrete placement (in feet)

ทดลองคำนวณแรงดัน(pressure)ของคอนกรีตเหลวกระทำต่อไม้แบบ
สูตรทางชลศาสตร์ Pressure p=wxh
สมมุติว่าเทคอนกรีตสูง 3.00 ม.(=3x3.28 ft.)ใน 1 ชั่วโมง
1 psf.= 0.004882 tsm. = 4.88241 ksm.
1 psi.= 0.07031 ksc.
น.น.ของคอนกรีต = 150 lb./cu.ft. (ประมาณ 2400 กก./ลบ.ม.)
วิธีทำ: 150x3x3.28 = 1476 psf. (convert = 1476x4.88 = 7202.88 กก./ตร.ม.)
2400x3 = 7200 กก./ตร.ม. (แรงดันเมื่อกำแพงคอนกรีตสูง 3.00 ม.)
1000x3 = 3000 กก./ตร.ม. (แรงดันเมื่อน้ำลึก 3.00 ม.)

ACI 347

Diagram of Lateral Pressure on Wall Form



Pressure Diagram

Hydrostatic Load Zone:

$$\frac{712.5\ \text{psf}}{150\ \text{pcf}} = 4.75\ \text{ft} = 4'\text{-}9''$$

ถ้าเป็นแรงดันของน้ำที่ความลึก 1.45 ม.

จะมีค่า = 1.45x1.0=1.45 t/m²

Wall Design – Pressure Determined

Given or assumed values:

density of Concrete = 150 pcf = 2400 ksc.
Height of Wall (h) = 12’-8” = 3.86 m.
Rate of Placement (R) = 5 ft/hr = 1.52 m/hr.
Concrete Temperature (T) = 80°F = 26.67° c.

Determine maximum wall pressure (Per ACI 347)

ถ้าเป็นแรงดันของน้ำที่ความลึก 3.86 ม.

จะมีค่า = 3.86x1.0=3.86 t/m²

แรงดันของคอนกรีตสดกระทำต่อไม้แบบกำแพง

ACI 347

B. The pressure (P) that concrete will impose on a wall form is determined as follows:

=2.134 m.

1. If the placement rate (R) does not exceed 7 feet per hour, the pressure (P – measured in psf) is the least of the following; yet never less than 600 psf:

=42.186 ksc

   a. $P = 150 + \frac{9000R}{T}$

   b. $P = 150h$

   c. $P = 2000$ psf

=2.134 to 3.049 m.

2. If the placement rate (R) is from 7 to 10 feet per hour, the least of the following values apply; yet never less than 600 psf:

=42.186 ksc

   a. $P = 150 + \frac{43{,}400}{T} + \frac{2800R}{T}$

   b. $P = 150h$

   c. $P = 2000$ psf

3. If the placement rate exceeds 10 feet per hour, assume the lateral pressure is equal to $150h$. (=----- psf. when h in ft.) or (=2400h ---- ksm. when h in m.)

ACI 347

C. The wall form pressure calculations apply only if additional assumptions are satisfied.CM 420 – TEMPORARY STRUCTURES LESSON 1: INTRODUCTION AND CONCRETE FORMWORK

1. Concrete density is 150 pcf.(=2400 ksc. approx.)

2. Concrete is vibrated at the time of placement and not more than 4 feet below the top of the concrete surface.

3. Concrete slump does not exceed 4 inches.

4. Concrete is made of Type I cement and contains no pozzolans or admixtures.

5. Concrete temperature is in the range of 40 to 90 degrees F

Wall Design – Pressure Determined

Given or assumed values:

density of Concrete = 150 pcf = 2400 ksc.
Height of Wall (h) = 12'-8" = 3.86 m.
Rate of Placement (R) = 5 ft/hr = 1.52 m/hr.
Concrete Temperature (T) = 80°F = 26.67^0 c.

Determine maximum wall pressure (Per ACI 347)

Since $R < 7$ ft/hr, the maximum pressure is the least of the following:

$$P = 150 + \frac{9000R}{T} = 150 + \frac{9000(5)}{80} = 712.5 \text{ psf}$$ = 3478.72 ksm. = 3.48 t/m^2

$$P = 150h = 150\,(12.67') = 1900 \text{ psf}$$ = 9276.58 ksm. = 9.28 t/m^2

$P = 2000$ psf = 9764.82 ksm. = 9.76 t/m^2

Using the smallest value: Use $P = 712.5$ psf = 3478.72 ksm. = 3.48 t/m^2

Verify with Table 5-4
P = 712 psf

ACI 347

TABLE 5-4: MAXIMUM LATERAL PRESSURE FOR DESIGN OF WALL FORMS

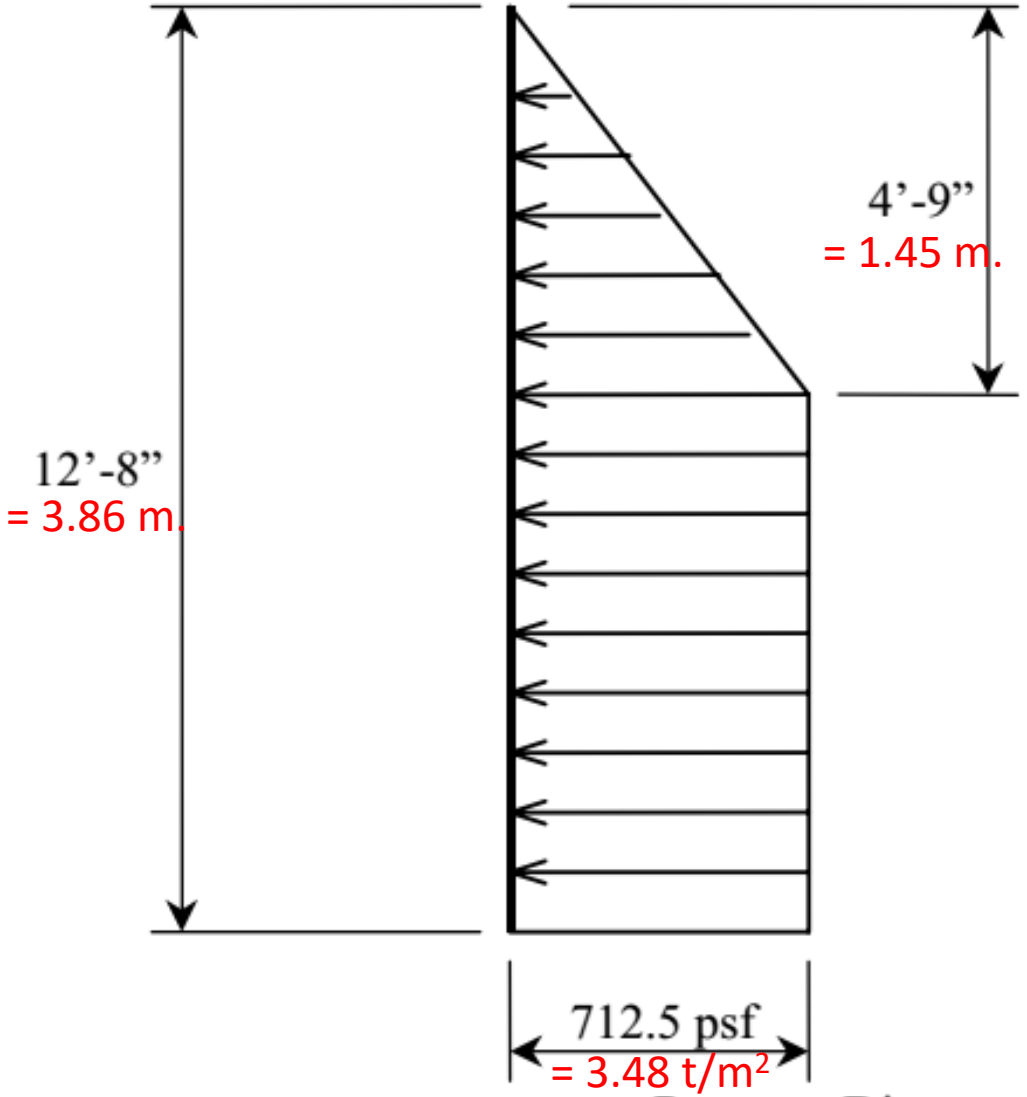
Applies only for normal weight concrete made with Type I cement, no admixtures or pozzolans, slump no more than 4 in., and vibration depth limited to 4 ft or less.

Rate of placement, R, ft per hr	p, maximum lateral pressure, psf, for temperature indicated					
	90F	80F	70F	60F	50F	40F
1	600 psf minimum governs					
2						
3					690	825
4			664	750	870	1050
5	650	712	793	900	1050	1275
6	750	825	921	1050	1230	1500
7	850	938	1050	1200	1410	1725
8	881	973	1090	1246	1466	1795
9	912	1008	1130	1293	1522	1865
10	943	1043	1170	1340	1578	1935

NOTE: Do not use design pressures in excess of 150 x height of fresh concrete in forms.

ACI 347

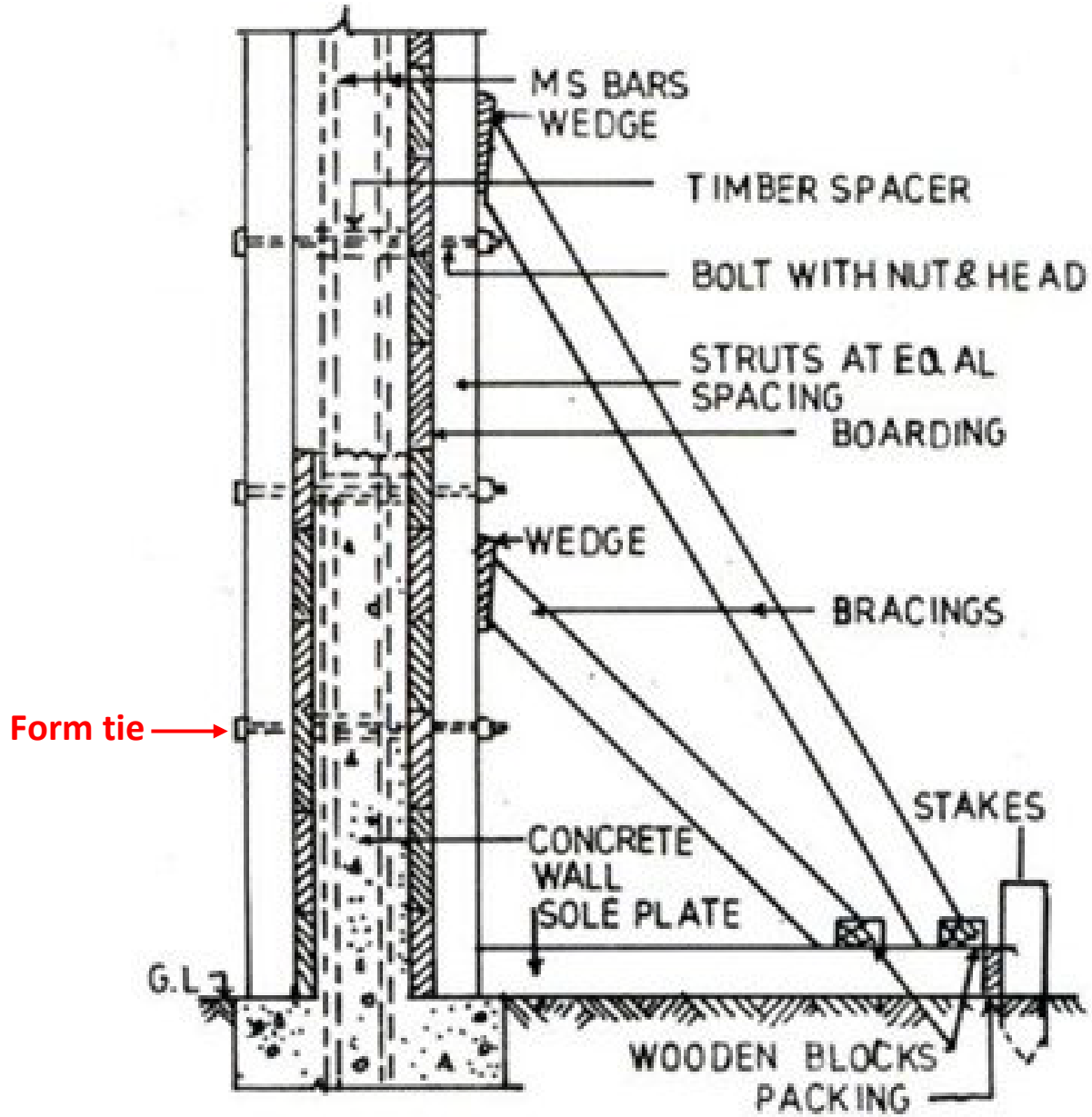
Diagram of Lateral Pressure on Wall Form

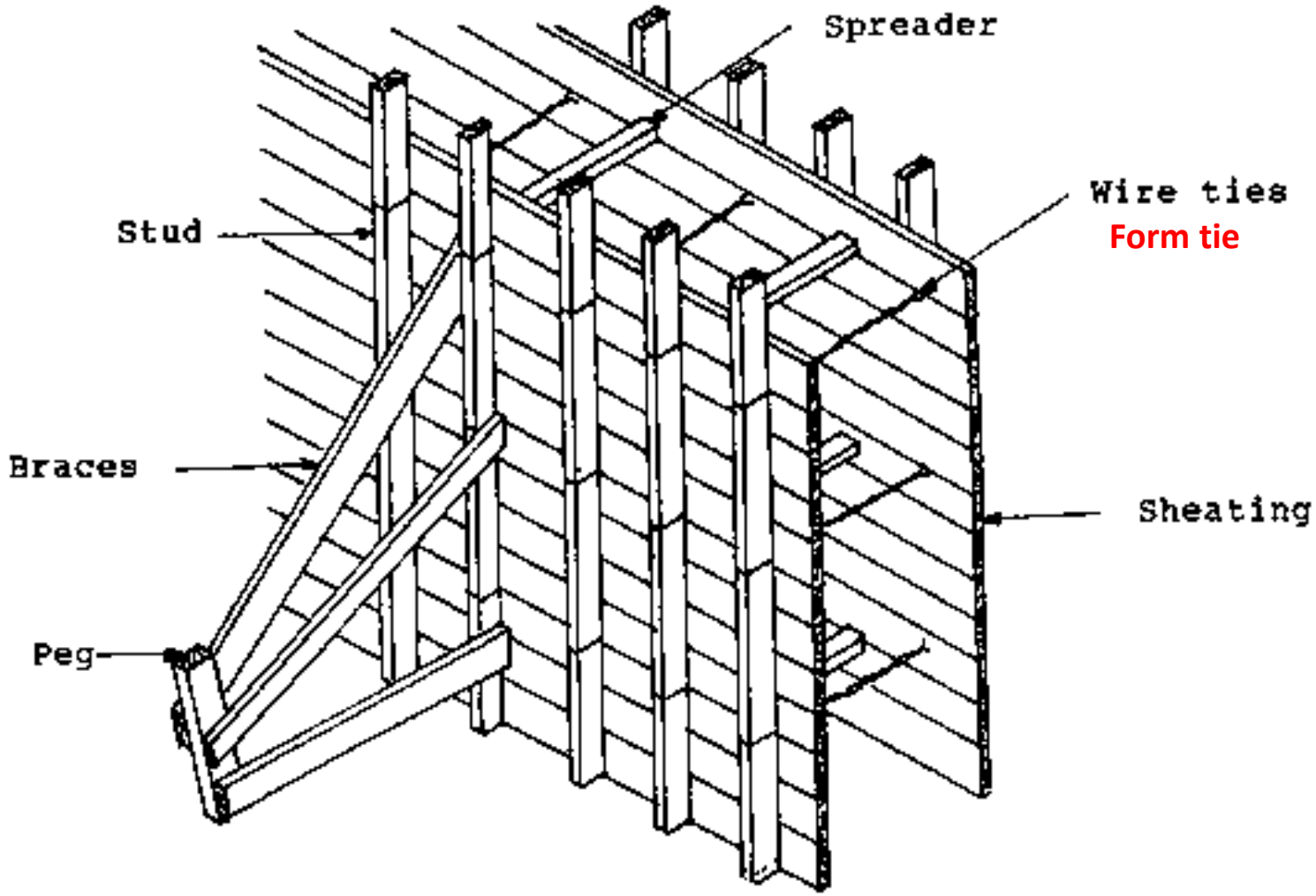


Pressure Diagram

Hydrostatic Load Zone:

$$\frac{712.5\ \text{psf}}{150\ \text{pcf}} = 4.75\ \text{ft} = 4'\text{-}9''$$


M S BARS
WEDGE
TIMBER SPACER
BOLT WITH NUT & HEAD
STRUTS AT EQUAL SPACING
BOARDING
WEDGE
BRACINGS
Form tie
STAKES
CONCRETE WALL
SOLE PLATE
G.L
WOODEN BLOCKS PACKING


Spreader
Wire ties
Form tie
Stud
Braces
Sheating
Peg

Form tie

Frame Wall formwork

Description

Use plywood embed in steel frame to build a steel frame formwork panel.

ก่อนจบการบรรยาย ยังมีหัวข้อที่จะต้องมีความรู้ในการตอบคำถาม ดังนี้:

1. การคำนวณ(โดยสูตร)และการทดลอง(ในสนาม,plate bearing test) เพื่อหาค่ากำลังแบกทาน ของดินใต้ฐานรากอาคาร

2. การคำนวณ (โดยสูตร) และการทดลอง(ในสนาม) เพื่อหาค่ากำลังแบกทานของ เสาเข็ม ใต้ฐานรากอาคาร

3. Seismic test, Dynamic load test, Static load test ในงานเสาเข็มฐานราก

3. การประเมินเพื่อหาค่ากำลังแบกทาน ของดินใต้ฐานรากอาคาร และหาค่ากำลังแบกทานของเสาเข็ม ใต้ฐานรากอาคาร จากค่า SPT-N จากตารางผลการเจาะสำรวจดินและจากการคำนวณโดยสูตร

4.การคำนวณและเขียน **Hydraulic Grade Line** ที่อาคารชลศาสตร์ และคำนวณหาค่า **Uplift Pressure**

จบการบรรยาย
ขอบคุณและสวัสดี

สำนักงานสภาวิศวกร

1616/1 ถนนลาดพร้าว

แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง

Bangkok,Thailand 10310