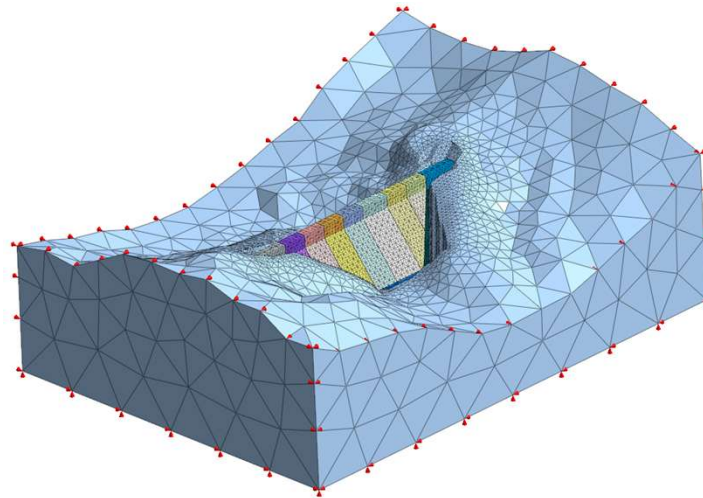
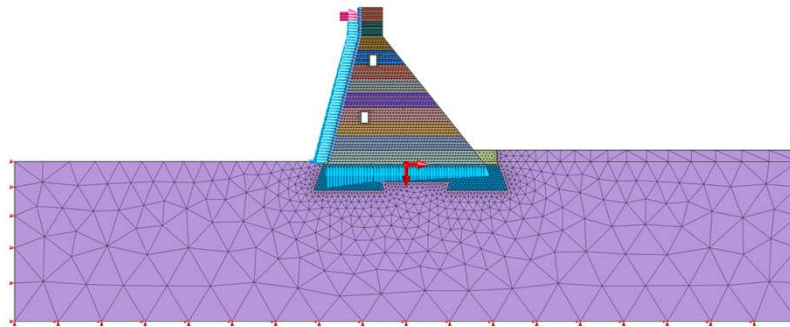


GRAVITY DAM



แผนผังย่อย (Gravity Dam)

Loads

Horizontal

- Headwater and tailwater pressures
- Earth and silt pressures
- Wave pressure.
- *Inertial force (Dam body)*
- *Hydrodynamic forces*

Vertical

- Dead load
- Uplift
- *Inertial force (Dam body)*

Gravity Dam

Hazard Classification

OBE, SEE

Basic loading conditions

Static Based

Seismic coefficient method
(Pseudo-static)

LEM / FEM

Equivalent Lateral
Force Methods

FEM

Basic loading conditions

1. Unusual - Construction
2. Usual - Normal operating construction
3. Unusual - Flood Discharge (SPF)
4. Extreme - Construction with OBE
5. Unusual - Normal operating with OBE
6. Extreme - Normal operating with SEE
7. Extreme - Probable Max. Flood (PMF)

Dynamic Response Analysis

Response spectrum
- modal analysis
procedure

FEM

Time history-
modal analysis
procedure

FEM

Nonlinear Time
history - direct
integration procedure

FEM

เกณฑ์ความปลอดภัย

Acceptable

1. Factor of Safety (F.S.)

- Sliding (USBR, 1976), (USACE, 1995), (RID, 2002)
- Compressive Stress (Foundation) (USBR, 1976), (RID, 2002)

2. Stability Criteria

- Resultant location at Base (Overturning) (USACE, 1995)

Acceptable

Stress Criteria

- Foundation Bearing Pressure (USACE, 1995)
- Concrete Stress (Compression & Tension) (USACE, 1995)

ความรุนแรงของ เหตุการณ์	ตำแหน่งแรง ลัพธ์ที่ฐาน	การ เลื่อน ตัว FS	หน่วยแรงแบก ทานที่ฐานราก	หน่วย แรงอัดที่ ฐานราก FS	หน่วยแรงในคอนกรีต	
					หน่วย แรงอัด	หน่วยแรงดึง
เหตุการณ์ปกติ	Middle 1/3	3.0	≤ที่ยอมให้	4.0	0.3 f _c '	0
เหตุการณ์ผิดปกติ	Middle 1/2	2.0	≤ที่ยอมให้	2.7	0.5 f _c '	0.6 f _c ' ^{2/3}
เหตุการณ์ร้ายแรงสูงสุด	Within base	1.3	≤1.33xที่ยอมให้	1.3	0.9 f _c '	1.5 f _c ' ^{2/3}

FACTORS OF SAFETY

ความรุนแรงของเหตุการณ์	ตำแหน่งแรงลัพธ์ที่ฐาน	การเลื่อนตัว FS	หน่วยแรงแบกทานที่ฐานราก	หน่วยแรงอัดที่ฐานราก FS	หน่วยแรงในคอนกรีต	
					หน่วยแรงอัด	หน่วยแรงดึง
เหตุการณ์ปกติ	Middle 1/3	3.0	≤ที่ยอมให้	4.0	$0.3 f'_c$	0
เหตุการณ์ผิดปกติ	Middle 1/2	2.0	≤ที่ยอมให้	2.7	$0.5 f'_c$	$0.6 f'_c{}^{2/3}$
เหตุการณ์ร้ายแรงสูงสุด	Within base	1.3	$\leq 1.33 \times$ ที่ยอมให้	1.3	$0.9 f'_c$	$1.5 f'_c{}^{2/3}$

USBR (1976)

Load Condition	Usual	Unusual	Extreme
Min. F.S. of Sliding	3	2	1
Min. F.S. of Overturn	-	-	-
Min. F.S. of Compressive Stress (Concrete)	3	2	1
Min. F.S. of Compressive Stress (Foundation)	4	2.7	1.3

USACE (1995)

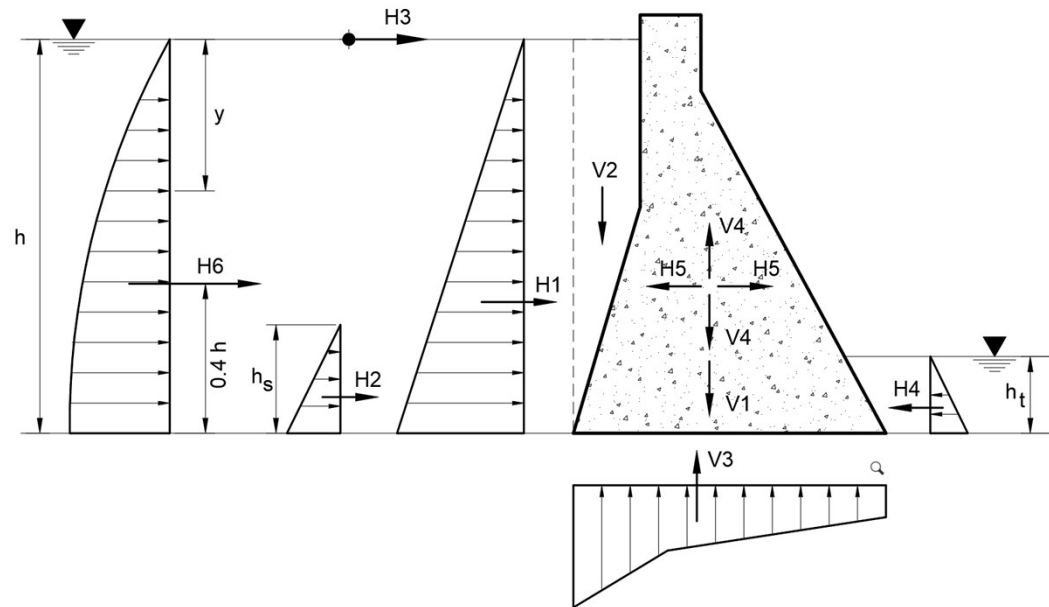
Table 4-1 Stability and stress criteria					
Load Condition	Resultant Location at Base	Minimum Sliding FS	Foundation Bearing Pressure	Concrete Stress	
				Compressive	Tensile
Usual	Middle 1/3	2.0	≤ allowable	$0.3 f'_c$	0
Unusual	Middle 1/2	1.7	≤ allowable	$0.5 f'_c$	$0.6 f'_c{}^{2/3}$
Extreme	Within base	1.3	$\leq 1.33 \times$ allowable	$0.9 f'_c$	$1.5 f'_c{}^{2/3}$

Note: f'_c is 1-year unconfined compressive strength of concrete. The sliding factors of safety (FS) are based on a comprehensive field investigation and testing program. Concrete allowable stresses are for static loading conditions.

กรมชลประทาน, 2545

Load Condition	F.S. of Sliding	F.S. of Overturn	F.S. of Comp. Stress
Usual	3.0	1.5	4.0
Unusual	2.0	1.3	2.7
Extreme	1.0	1.1	1.3

Loads



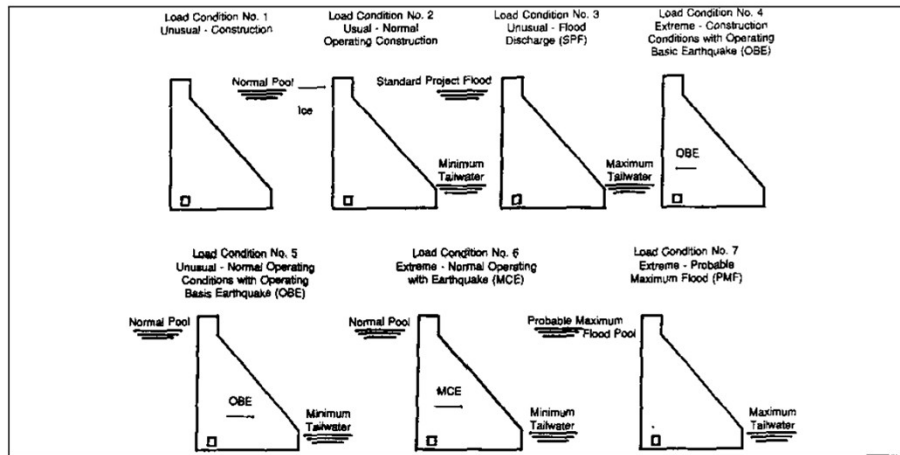
Horizontal (USACE, 1995)

- Headwater and tailwater pressures (**H1, H4**)
- Earth and silt pressures (**H2**)
- Wave pressure (**H3**)
- Inertial force (Dam body) (**H5**) (Seismic coefficient method (USACE, 1995))
- Hydrodynamic forces (**H6**) (Westergaard formula (USACE, 1995))

Vertical (USACE, 1995)

- Dead load (**V1, V2**)
- Uplift (**V3**)
- Inertial force (Dam body) (**V4**) (Seismic coefficient method (USACE, 1995))

กำหนด Basic loading conditions ตามเหตุการณ์การต่างๆที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยแบ่งเป็น 7 กรณี (USACE, 1995) ซึ่งมีการแบ่งระดับเหตุการณ์แผ่นดินไหวออกเป็น 3 ภาวะ ได้แก่ ภาวะปกติ (usual) ภาวะไม่ปกติ (unusual) และภาวะรุนแรงที่สุดที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Extreme)



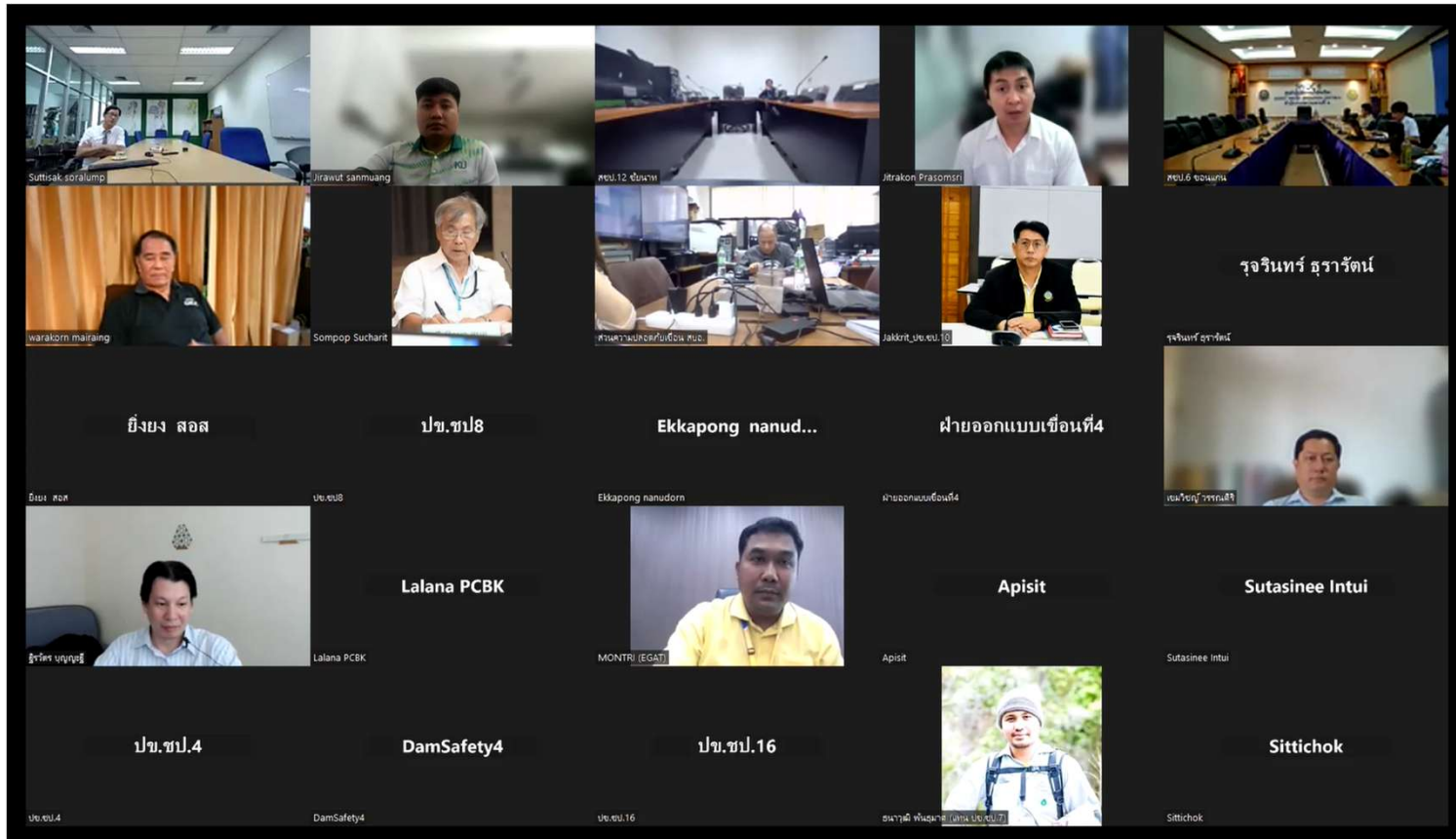
(USACE, 1995)

Case	เหตุการณ์
1	Unusual - Construction : เชื้อนสร้างเสร็จใหม่ๆ
2	Usual - Normal operating construction : ระดับน้ำในอ่างฯ อยู่ที่ระดับน้ำเก็บกัก และด้านท้ายเชื้อนอยู่ที่ Min. Tailwater
3	Unusual - Flood Discharge (SPF) : ระดับน้ำในอ่างฯ อยู่ที่ระดับน้ำสูงสุด และด้านท้ายเชื้อนอยู่ที่ Max. Tailwater
4	Extreme-construction with OBE : เชื้อนสร้างเสร็จใหม่ๆ และรับแรงแผ่นดินไหว (Operational Basis Earthquake, OBE)
5	Unusual-normal operating with OBE : ระดับน้ำในอ่างฯ อยู่ที่ระดับน้ำเก็บกัก ด้านท้ายเชื้อนอยู่ที่ Min. Tailwater รับแรงแผ่นดินไหว (Operational Basis Earthquake, OBE)
6	Extreme-normal operating with SEE : ระดับน้ำในอ่างฯ อยู่ที่ระดับน้ำเก็บกัก ด้านท้ายเชื้อนอยู่ที่ Min. Tailwater รับแรงแผ่นดินไหว (Max. Safety Evaluation Earthquake, SEE)
7	Extreme-Probable Max. Flood (PMF) : ระดับน้ำในอ่างฯ อยู่ที่ระดับ Probable Max. Flood (PMF) ด้านท้ายเชื้อนอยู่ที่ Max. Tailwater

(กลุ่ม Gravity Dam) ประชุมกลุ่มย่อยครั้งที่ 2 ร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

ประชุม Online ในวันจันทร์ ที่ 21 เมษายน 2568 เวลา 13.00-16.00 น.

Topic: เกณฑ์มาตรฐาน-เขื่อน-แผ่นดินไหว (ตัวเขื่อน)



ความคิดเห็นเบื้องต้นที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิ

	• ในช่วงการประเมิน Seismic Hazard ใช้ชื่อระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวเป็น OBE กับ SEE แต่ทำไมในเรื่อง Gravity Dam ถึงใช้ OBE กับ MCE • รศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ตอบกลับ ให้เปลี่ยนเป็น OBE กับ SEE ซึ่งอ้างอิงจาก ICOLD
	• ได้นำเอาแรง Hydrodynamic forces จากน้ำมาพิจารณาด้วยหรือไม่ • ดร.เขมวิชญ์ วรรณศิริ ตอบกลับ มีการนำเอาแรง Hydrodynamic forces มาพิจารณาด้วย โดยใช้สมการ Westergaard formula ตาม USACE, 1995 ซึ่งเป็นสมการแบบ Parabolic และกระทำที่ด้านหน้าเขื่อน
รศ.ดร.ฐิรวัตร บุญญะฐิ	• ตอนที่นำเอา PGA มาใช้วิเคราะห์ ได้มีการลดทอนค่าด้วยหรือไม่ ก่อนที่จะนำมาใช้เป็นค่า <i>Seismic coefficient</i> (K_h) • ดร.เขมวิชญ์ วรรณศิริ ตอบกลับ ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของ Gravity dam จะไม่ลดทอนค่าความเร่ง โดยจะใช้ค่า K_h เท่ากับค่า PGA
	• ในตอนที่วิเคราะห์ในสถานะที่มีน้ำไหลตลอดฐานเขื่อน Uplift Pressure ได้มีการพิจารณาผลจากแผ่นดินไหวด้วยหรือไม่ • ดร.เขมวิชญ์ วรรณศิริ ตอบกลับ มีการพิจารณา Uplift Pressure ที่สถานะแผ่นดินไหวด้วย ทำโดยปรับค่า Uplift Pressure ภายหลังจากการวิเคราะห์เสถียรภาพเบื้องต้น หากพบว่ามีแรงดึงดูดขึ้นที่ฐานเขื่อนโดยเฉพาะในสถานะ Extreme จะเสมือนว่ามีรอยร้าวเกิดขึ้น ทำให้มีน้ำไหลลอดเข้าไปที่ฐานด้านหน้าเขื่อน ในบริเวณนี้ค่า Uplift Pressure จะมีการเปลี่ยนแปลง วิธีการปรับค่า Uplift Pressure อ้างอิงได้จาก USBR, 1976

ความคิดเห็นเบื้องต้นที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิ

- | | |
|-----------------------|--|
| รศ.ดร.วรารกร ไหมเรียง | <ul style="list-style-type: none">เนื่องจากโดยปกติ Uplift pressure ที่เกิดขึ้นในแต่ Block จะไม่เท่ากัน หรือขนาดของ Block ก็ไม่เท่ากัน ซึ่งหากเกิดแผ่นดินไหวจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ที่ไม่เท่ากัน อาจสร้างความเสียหายบริเวณรอยต่อ ตอนนี้มีมาตรฐานใดบ้างที่กล่าวถึงเรื่องนี้หรือมีเกณฑ์อะไรกำหนดไว้บ้างรศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ตอบกลับ ขอกลับไปศึกษาเพิ่มเติม เรื่อง Allowable differential movement ว่ามีเกณฑ์กำหนดด้วยหรือไม่ |
|-----------------------|--|

- | | |
|-------------------------|---|
| คุณมนตรี จินากุลวิวัฒน์ | <ul style="list-style-type: none">ต่อเนื่องจาก รศ.ดร.วรารกร ไหมเรียง ควรศึกษาเรื่องเกณฑ์การเคลื่อนที่ที่ต่างกันของตัวเขื่อนและ Abutment ด้วยรศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ตอบกลับ ขอกลับไปศึกษาเพิ่มเติม เรื่อง Allowable differential movement ว่ามีเกณฑ์กำหนดด้วยหรือไม่ |
|-------------------------|---|