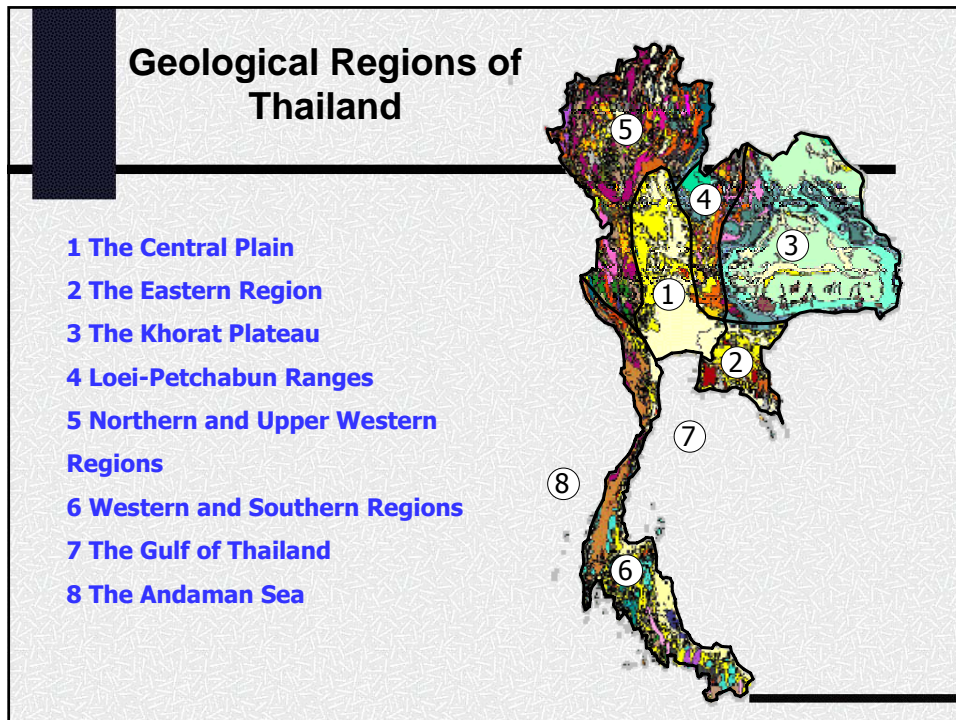




การพังทลายของลาดดินและลาดหิน

คือ พฤติกรรมการเคลื่อนตัวของมวลดินหรือหินจากระดับที่สูงกว่าลงสู่ระดับต่ำจากอิทธิพลของแรงโน้มถ่วง อาจเกิดอย่างรวดเร็วและมีปริมาณดินหรือหินที่เกี่ยวข้องมากเป็นหลายล้าน ลบ.ม. ไปจนการเคลื่อนตัวช้ามากปีละเพียงไม่กี่ ซม. และมวลดินไม่กี่ ลบ.ม.

- ส่วนมากเป็นขบวนการที่ทำให้เกิดความเสียหายกับชีวิตและทรัพย์สิน มักเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดลอมในทางลบ และการแก้ไขภายหลังทำได้ยากกว่าการป้องกัน
- เริ่มมีกฎหมายออกมาควบคุมการขุดและการถมจากการกระทำของคน แต่ ยังไม่มีมาตรการที่ชัดเจนถ้าเกิดจากสาเหตุทางธรรมชาติ






SLOPE STABILITY ANALYSIS

ลักษณะงานที่เกี่ยวข้องกับลาดดิน




ศูนย์วิจัยและพัฒนาชลประทานภูมิคุ้มกันและคุณภาพ

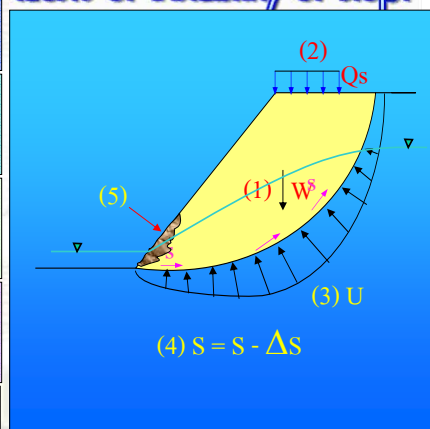


SLOPE STABILITY ANALYSIS

สาเหตุของการพังทลายของลาดดิน

1. น้ำหนักดินเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
Gravity Force of Soil Mass
2. แรงกระทำภายนอก
External Loads
3. แรงดันน้ำในมวลดิน
Pore Water Pressure in Soil Mass
4. การสูญเสียกำลังของดิน
Loss of Soil Strength
5. การผุพังและการกัดกร่อนเนื่องจากน้ำและลม
Weathering and Erosion from Water of Wind

Causes of Instability of Slope



ศูนย์วิจัยและพัฒนาชลประทานภูมิคุ้มกันและคุณภาพ

SLOPE STABILITY ANALYSIS

การจำแนกประเภทการพังทลาย



1. การร่วงหล่น (Fall)
2. การเคลื่อนหมุน (Rotational Slides)
3. การเคลื่อนแนวระนาบ (Translational Slides)
4. การเลื่อนไหล (Flows)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

SLOPE STABILITY ANALYSIS


การจำแนกประเภทการพังทลาย

ในขณะที่ยุคต่อมา Varnes (1978) ได้รวบรวมการพังทลายจากงานทางและจำแนกอย่างละเอียดโดยมีภาพสเกตเป็นสามมิติประกอบตามปกติการจำแนกการพังทลายจะพิจารณาจากลักษณะดังนี้

1. ลักษณะชั้นดินหรือชั้นหินที่เกี่ยวข้อง
2. ลักษณะรูปร่างการพังทลาย
3. อัตราการเคลื่อนตัวของ การพังทลาย
4. ขนาดและปริมาณของมวลดินที่เกิด
5. อายุของการเกิดพังทลาย






ศูนย์วิจัยและพัฒนาปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

SLOPE STABILITY ANALYSIS

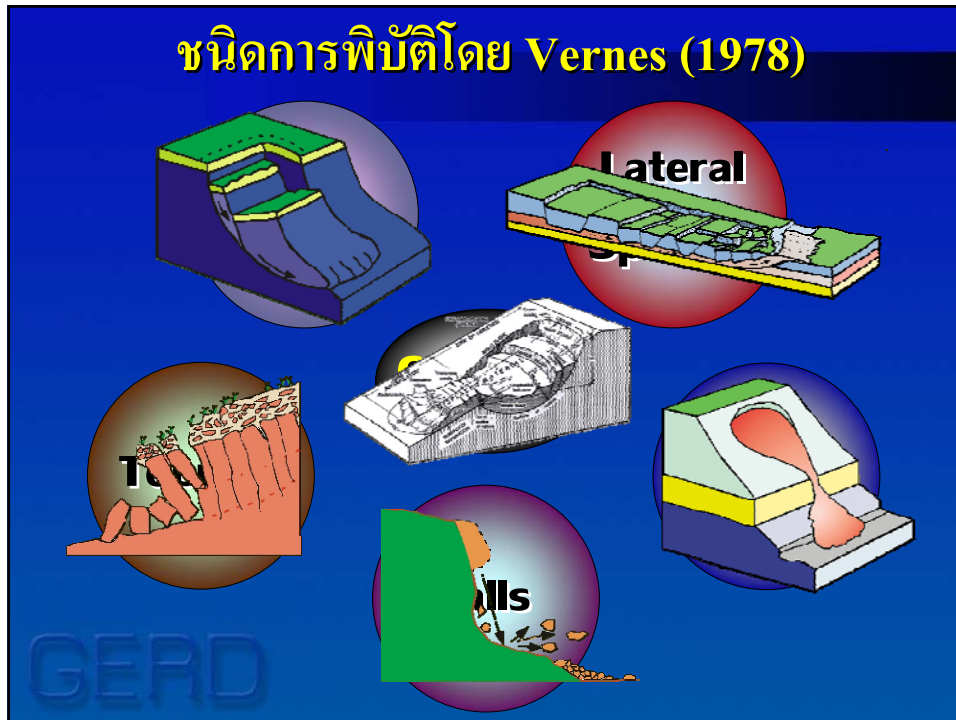


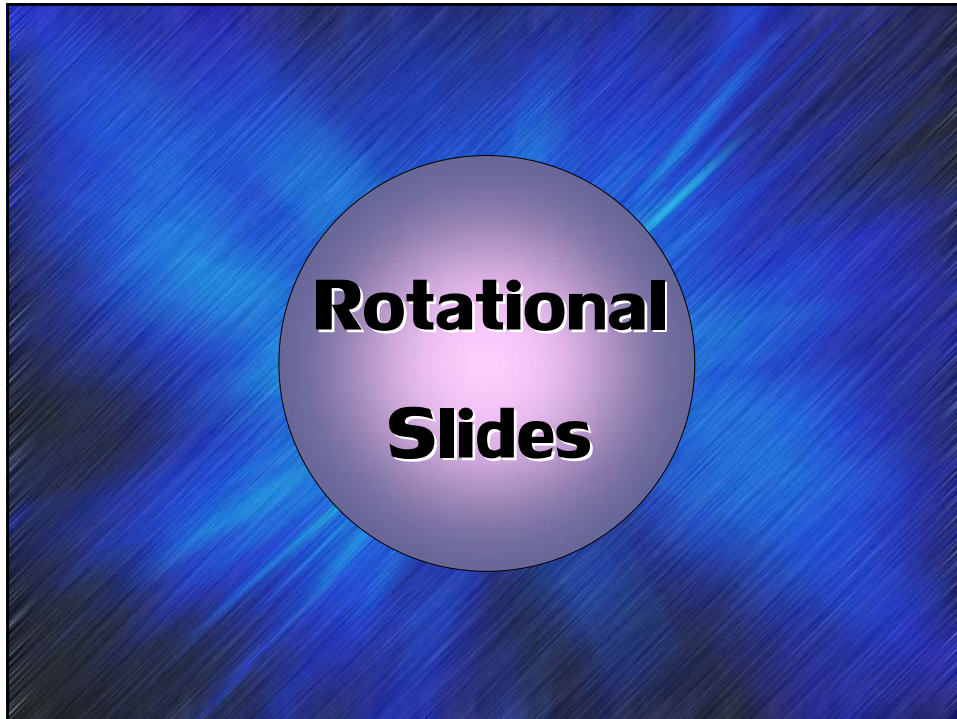
การจำแนกประเภทการพิบัติ

VERNES' LANDSLIDE CLASSIFICATION

TYPE OF MOVEMENT		TYPE OF MATERIAL		
		ROCK	DEBRIS <small>(coarse soil and rocks)</small>	EARTH <small>(fine soil)</small>
I	FALLS	rock fall	debris fall	earth fall
II	TOPPLES	rock topple	debris topple	earth topple
III	SLIDES	ROTATIONAL	rock slump 	debris slump 
		TRANSLATIONAL	a. rock block slide  b. rock slide	debris slide 
IV	SPREADS	rock spread		earth lateral spread
V	FLOWS	bedrock flow	a. debris flow	a. wet sand flow
			b. debris avalanche	b. rapid earth flow
			c. block stream	c. earth flow
			d. solifluction	d. loess flow
			e. soil creep	e. dry sand flow
VI	COMPLEX	combination of above movements		

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเขื่อนดินและหิน





ลักษณะการพิบัติ

- มักเกิดกับดินเนื้อเดียว (Homogeneous soil) และในสภาพของงานคันดินหรือดินถมบนชั้นดินอ่อน
- เกิดกับคันดินที่วางบนดินอ่อน เมื่อมีการลดระดับของน้ำในลำคลอง หรือแม่น้ำ

การเคลื่อนหมุน (Rotational Slides)



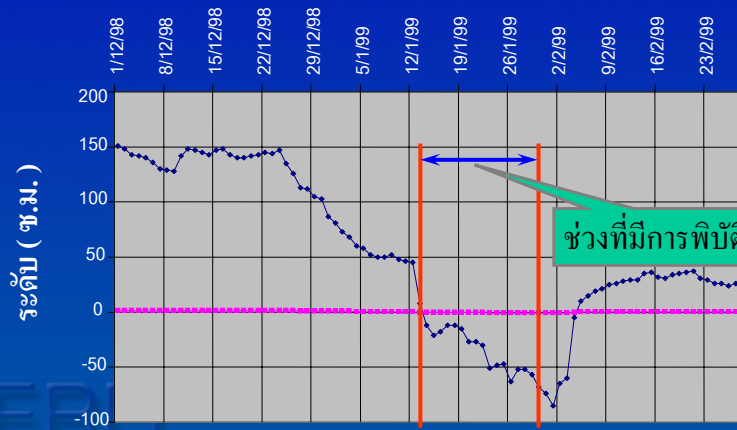
การเคลื่อนหมุน (Rotational Slides)



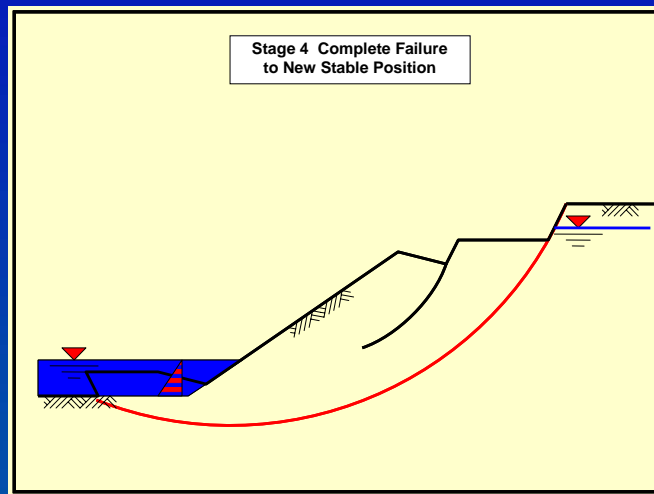
กรณีการพิบัติที่อเมริกา

การพิบัติของถนนบนคันคลองรังสิต

ระดับน้ำในคลอง 10 โครงการรังสิตใต้



กลไกการเกิด Rapid drawdown



การเคลื่อนหมุน (Rotational Slides)



การพังทลายของถนนบนคันคลองรังสิต สาเหตุจาก Rapid Drawdown

การเคลื่อนหมุน (Rotational Slides)



การพังทลายของถนนบนคันคลองรังสิต สาเหตุจาก Rapid Drawdown

การเคลื่อนหมุน (Rotational Slides)



การพังทลายของลาดตัดถนน

การเคลื่อนหมุน (Rotational Slides)



การพังทลายของตลิ่งแม่น้ำสงคราม จ.นครพนม

การเคลื่อนหมุน (Rotational Slides)



การพังทลายแบบ Toe Failure ของตลิ่งแม่น้ำโขง จ.หนองคาย

การแก้ปัญหาการกัดเซาะตลิ่งแม่น้ำน่าน จ.นครสวรรค์



สภาพโครงสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งเมื่อก่อสร้างเสร็จ

การเคลื่อนหมุน (Rotational Slides)



กรณีการพังทลายแบบ Toe Failure ของลาดตัดถนน

การเคลื่อนหมุน (Rotational Slides)



กรณีการพังทลายของไหล่เขา

การเคลื่อนหมุน (Rotational Slides)



กรณีการพิบัติบริเวณ พระตำหนักภูพิงศ์ราชนิเวศน์

แนวทางการวิเคราะห์

- วิเคราะห์โดยสมมติลักษณะการพิบัติเป็นส่วนของวงกลม
- ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ Ordinary Method , Simplified Bishop , Simplified Janbu , Spencer และ M&P

Translational Slides

ลักษณะการพิบัติ

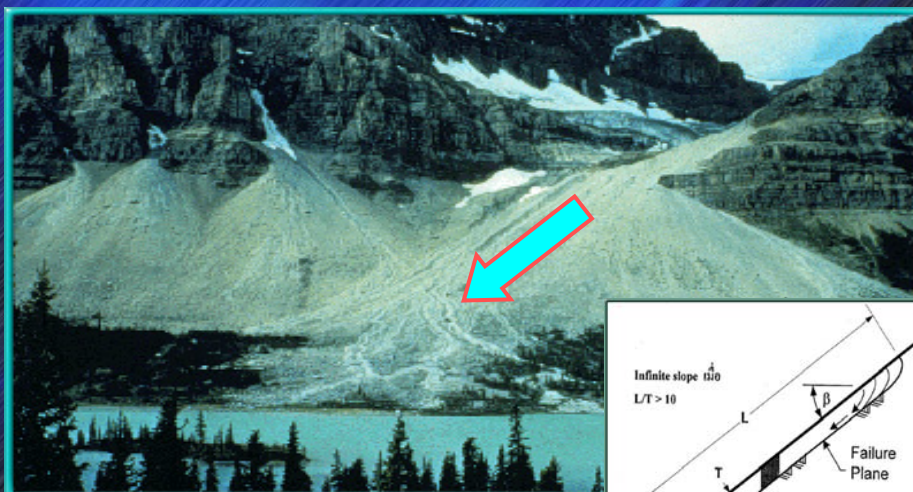
- การพิบัติไม่เป็นส่วนโค้งของวงกลม (Noncircular Arc) แต่จะใกล้เคียงกับแนวระนาบ (Near-Planar) โดยทั่วไป ทิศทางของการเคลื่อนที่จะถูกจำกัดตามระนาบของผิวดินอ่อนหรือระนาบที่เป็น Fault หรือ Joint เป็นต้น
- มักเกิดกับดินที่ไม่มีค่าความยึดเหนี่ยว ($c=0$)

การเคลื่อนในแนวราบ (Translational Slides)

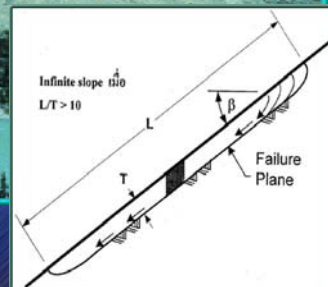


กรณีชั้นหินดินดานเลื่อนปิดชั้นถ่านในเหมือง

การเคลื่อนในแนวราบ (Translational Slides)

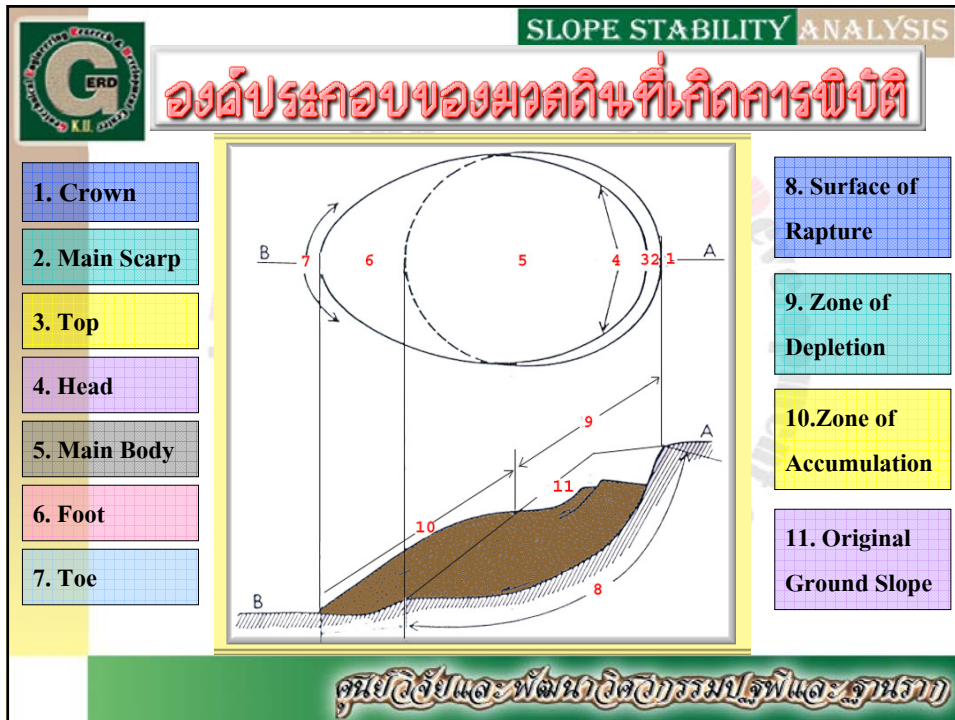


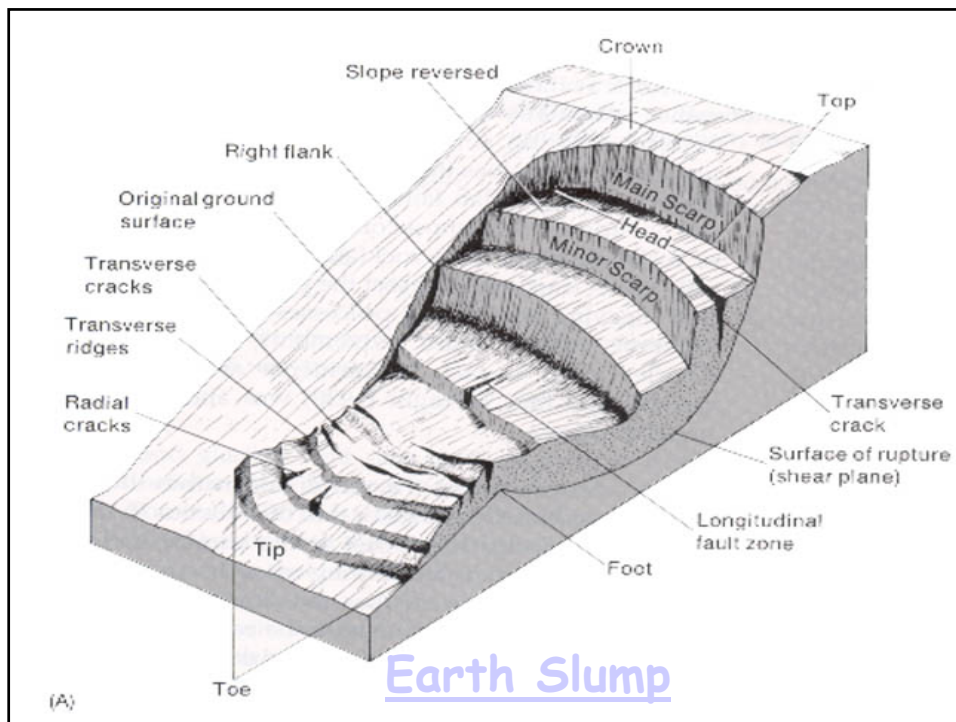
infinite slope



แนวทางการวิเคราะห์

- สำหรับพิบัติแบบขนานกับลาดดิน ใช้วิธี **Infinite Slope** ในการวิเคราะห์
- สำหรับกรณี **Block Failure** วิเคราะห์โดยการแบ่งมวลดินหรือหิน ออกเป็นส่วนๆ และวิเคราะห์โดย **Wedge Method**







SLOPE STABILITY ANALYSIS

ข้อมูลที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์

INFORMATION NEEDED FOR STABILITY ANALYSIS

1. ลักษณะภูมิประเทศของลาดชัน (Geometry of slope surface)
2. ลักษณะของชั้นดิน / หิน (Soil and/or Rock Profiles)
3. คุณสมบัติของดิน/หิน (Soil and/or Rock Properties)

ภายใต้เงื่อนไขของงานในสนาม

 - ดินบดอัดแน่น สำหรับงานคันทาง
 - ดินธรรมชาติ สำหรับงานฐานราก/ลาดดินธรรมชาติ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมโลหและฐานราก

SLOPE STABILITY ANALYSIS

ข้อมูลที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์
INFORMATION NEEDED FOR STABILITY ANALYSIS

4. ระดับน้ำใต้ดิน หรือ แรงดันน้ำในมวลดิน
(Ground Water Level or Pore Pressure)

- จากข้อมูลชั้นดิน (Soil Boring)
- จากเครื่องมือตรวจวัด เช่น Piezometers
- จากการคำนวณหรือการแปรผลข้อมูล
- จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

SLOPE STABILITY ANALYSIS

ข้อมูลที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์
INFORMATION NEEDED FOR STABILITY ANALYSIS

5. แรงกระทำจากภายนอก (External Loads)

- น้ำหนักของเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง
- บริเวณกองวัสดุจากงานขุด
- สิ่งปลูกสร้างบริเวณข้างเคียง

6. ข้อมูลของแรงสั่นสะเทือน (Seismicity Data)

- Seismic Response curve
- Seismic Coefficient (K_s)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

SLOPE STABILITY ANALYSIS

ค่ากำลังของดินที่ใช้ในการวิเคราะห์

Soil Strength for Stability Analysis

ค่าพารามิเตอร์กำลังของดิน:

c, ϕ หาได้จากการทดสอบในสนามหรือในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำไปจำลองสถานะที่เป็นจริงของดิน

ตัวอย่างเช่น

คันดินถม : ดินบดอัดตามข้อกำหนดในงานก่อสร้าง

ดินฐานราก : ดินคงสภาพตามธรรมชาติโดยการปรับปรุงน้อยมาก

ลาดดินธรรมชาติ : ดินหรือหินผุที่มีความแปรปรวนสูง

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก

SLOPE STABILITY ANALYSIS

การทดสอบคุณสมบัติที่แทนสถานะจริง

จากห้องปฏิบัติการ

Unconfined
compression Test

Direct Shear Test

Triaxial Test

Estimate (S_u)

c_u

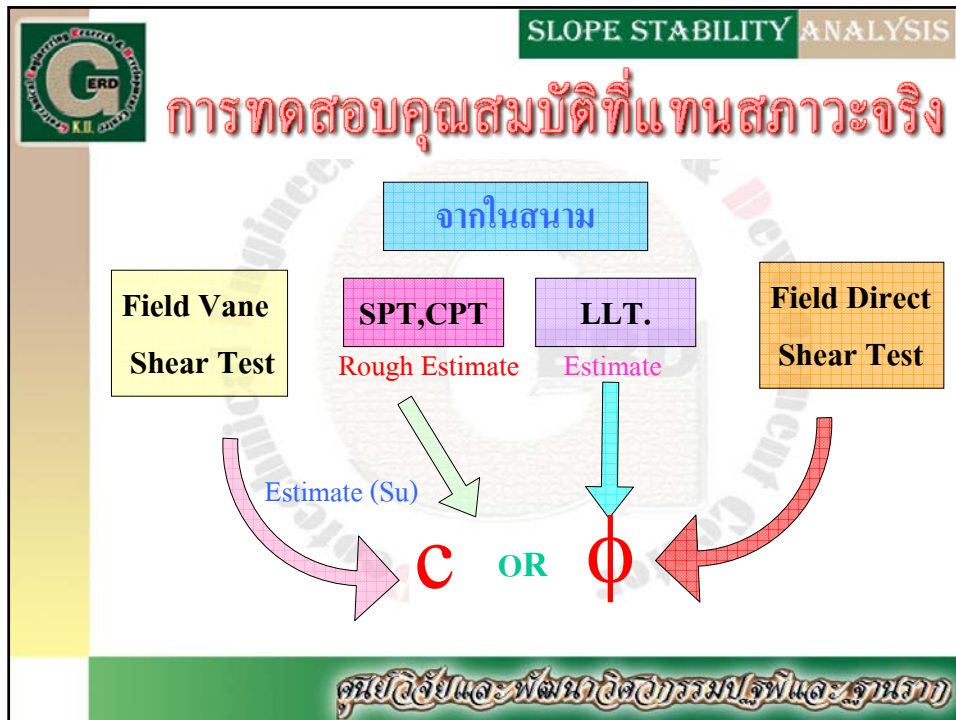
+

ϕ

+

u

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก



SLOPE STABILITY ANALYSIS


สภาวะของดินที่ใช้ในกรณีวิเคราะห์

TWO STRENGTH CONCEPTS

1. Total Strength (S_u , c , ϕ)

กำลังรับแรงเฉือนของดินรวมความดันน้ำที่เกิดขึ้นภายใต้อัตราการบรรทุกน้ำหนัก ความแน่นและความชื้นใกล้เคียงกับที่เกิดขึ้นจริงในสนาม ซึ่งการวัดหรือประมาณค่าแรงดันน้ำในมวลดินได้อย่างถูกต้องและแม่นยำทำได้ยาก ดังนั้นค่าแรงดันน้ำจะถูกพิจารณาารวมไปกับค่ากำลังของดินในขณะทดสอบ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี



SLOPE STABILITY ANALYSIS

ผลของแรงดันที่ใช้ในกรณีวิเคราะห์

2. Effective Strength (\bar{c} , $\bar{\phi}$, u)

กำลังรับแรงเฉือนประสิทธิผลของดินแยกจากความดันน้ำ เนื่องจากการวิเคราะห์ค่าการค้ำหรือควบคุมค่าแรงดันน้ำ ในมวลดินทำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี



SLOPE STABILITY ANALYSIS

การเลือกใช้ความแข็งแรงของดินในการวิเคราะห์

สภาพการก่อสร้าง	วิธีที่ควรเลือกใช้	ข้อแนะนำ
1. ขณะสิ้นสุดงานก่อสร้างบนชั้นดินเหนียวอิ่มตัวระยะเวลาก่อสร้างสั้นเทียบกับอัตราการอัดตัวคายน้ำ	- ใช้ S_u -analysis โดยให้ $\phi = 0$ และ $c = S_u$	- ใช้ c, ϕ -analysis ในการตรวจสอบระหว่างก่อสร้างเมื่อทราบค่าความดันน้ำจริงในสนาม
2. ความมั่นคงในระยะยาว เมื่อมีการไหลของน้ำผ่านคงที่ หรือระดับน้ำใต้ดินปกติ	- ใช้ c, ϕ -analysis โดยใช้ความดันน้ำจาก Flownet หรือ F.E.M.	

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี







การเลือกใช้ความแข็งแรงของดินในการวิเคราะห์

สภาพการก่อสร้าง	วิธีที่ควรเลือกใช้	ข้อแนะนำ
3. ขณะสิ้นสุดงานก่อสร้าง ของคันดินเป็นดินไม่อิ่มตัว (บดอัด) โดยระยะเวลาก่อสร้างสั้น เทียบกับอัตราการระบายน้ำ	- ใช้ C_u, ϕ_u -analysis จาก UU Test หรือ C, ϕ โดยการประมาณค่าความดันน้ำที่เกิดขึ้น	- ใช้ C, ϕ analysis ในการตรวจสอบระหว่างการก่อสร้าง เมื่อทราบค่าความดันน้ำจริงในสนาม
4. ความมั่นคงในระยะกลาง (Intermediate time)	- ใช้ C, ϕ analysis โดยการประมาณค่าความดันน้ำ	- ต้องมีการตรวจสอบความดันน้ำจริงในสนาม
4. ลาดดินธรรมชาติที่มีหลักฐานการเคลื่อนตัวในอดีต	- ใช้ C_r, ϕ_r จากการทดสอบ Residual strength	- ต้องมีการวินิจฉัยการเคลื่อนตัวในอดีตและตรวจสอบความดันน้ำในสนาม

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี





การทดสอบหาค่ารั้งของดิน

TRIAxIAL TEST

1. Unconsolidated Undrained (UU-Test)

กรณี ดินเหนียวอิ่มตัวด้วยน้ำ รับแรงกระทำอย่างรวดเร็ว

กรณี ดินเหนียวบดอัดไม่อิ่มตัว รับแรงกระทำอย่างรวดเร็ว

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

SLOPE STABILITY ANALYSIS

การทดสอบหาค่ารั้งของดิน

TRIAxIAL TEST

1. Unconsolidated Undrained (UU-Test)
2. Consolidated Undrained (CU-Test)

กรณี ดินภายใต้แรงกดโดยรอบ(confining pressure) เช่น ดินตะกอนตามธรรมชาติ หรือ เขื่อนก่อสร้างเสร็จแล้ว ได้รับแรงกระทำอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดแรงดันน้ำส่วนเกิน

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก

SLOPE STABILITY ANALYSIS


การทดสอบหาค่ารั้งของดิน

TRIAxIAL TEST

1. Unconsolidated Undrained (UU-Test)
2. Consolidated Undrained (CU-Test)
3. Consolidated Drained (CD-Test)

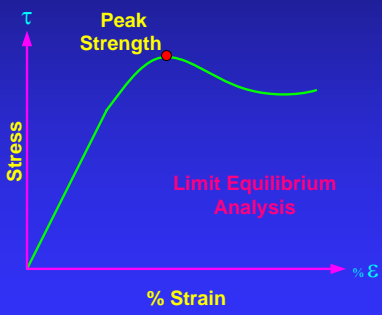
กรณี วัสดุกรวดทราย , ดินเหนียวที่ถูกกดทับ รับแรงกระทำอย่างช้าๆ ไม่มีแรงดันน้ำส่วนเกินเกิดขึ้น

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก




Limit Equilibrium Analysis

ตั้งอยู่บนสมมติฐานว่า “ ณ. ช่วงเวลาที่เกิดการเคลื่อนพังพอดิ ในขณะที่มวลดินอยู่ในสภาวะสมดุลย์”



The graph plots Stress (σ) on the vertical axis against % Strain (ε) on the horizontal axis. A green curve rises to a peak labeled 'Peak Strength' and then gradually declines. A red horizontal line is drawn at the level of the peak, labeled 'Limit Equilibrium Analysis'.

- สมมุติหรือสันนิษฐานลักษณะของพิบัติหรือผิวการเคลื่อนพัง
- คำนวณแรงต้านทานที่เพียงพอทำให้ เกิดความสมดุลย์ของมวลดินที่พิบัติ
- เปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างกำลังของดินต่อหน่วยแรงต้านทานขณะสมดุลย์
- เปลี่ยนลักษณะหรือผิวการเคลื่อนพังไปเรื่อยๆจนพบค่าอัตราส่วนปลอดภัยที่น้อยที่สุด



SLOPE STABILITY ANALYSIS

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการวิเคราะห์ความมั่นคง

1. ความแข็งแรงของมวลดิน (Strength)
2. แรงกระทำ (Imposed Load)
3. แรงดันน้ำในมวลดิน (Pore Water Pressure)

Anisotropic Material

Rock Anchor, Geofabric

Line Load, Strip Load

Seismic Load

Tension Crack

Phreatic, Piezometric Line

Pore Pressure Ratio (Ru)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรและฐานราก

SLOPE STABILITY ANALYSIS

วิธีวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดิน

1. วิธีวิเคราะห์ลาดอนันต์ (Infinite Slope)
2. Taylor Method
3. วิธีโมเมนต์
4. วิธี Ordinary Method of Slices
5. วิธี Simplified Bishop
6. Wedge Method

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

SLOPE STABILITY ANALYSIS

วิธีวิเคราะห์ลาดอนันต์

Force Polygon

Free Body Diagram

บนลาดดินแห่งนี้

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

SLOPE STABILITY ANALYSIS

วิธีวิเคราะห์ลาดอนันต์

Force Polygon

Free Body Diagram

บนลาดดินที่มีน้ำไหลขนานกับผิวลาด

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิชาการรวมรถไฟและดูนรภา

SLOPE STABILITY ANALYSIS

วิธีวิเคราะห์ลาดอนันต์

สำหรับดินทราย เมื่อ

$$\tau = \sigma \tan \phi \quad \text{และ} \quad \bar{\tau} = (\sigma - u) \tan \bar{\phi}$$

บนลาดดินแห้ง

บนลาดดินจมใต้น้ำ


$$F.S. = \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$$

$$F.S. = \frac{\tan \bar{\phi}}{\tan \beta}$$

บนลาดดินที่มีน้ำไหลขนานกับผิวลาด

$$F.S. = \frac{\gamma_b}{\gamma_{sat}} \cdot \frac{\tan \bar{\phi}}{\tan \beta}$$

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิชาการรวมรถไฟและดูนรภา



วิธีวิเคราะห์ลาดอนันต์

SLOPE STABILITY ANALYSIS

สำหรับดินเหนียว เมื่อ $\tau = c + \sigma \tan \phi$ และ $\bar{\tau} = \bar{c} + (\sigma - u) \tan \bar{\phi}$

บนลาดดินแห้ง

$$F.S. = \frac{\bar{c}}{\gamma \cdot h \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta} + \frac{\tan \bar{\phi}}{\tan \beta}$$


บนลาดดินจมน้ำ

$$F.S. = \frac{\bar{c}}{\gamma_b \cdot h \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta} + \frac{\tan \bar{\phi}}{\tan \beta}$$

บนลาดดินที่มีน้ำไหลขนานกับผิวลาด

$$F.S. = \frac{\bar{c}}{\gamma_b \cdot h \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta} + \frac{\gamma_b \tan \bar{\phi}}{\gamma_{sat} \tan \beta}$$

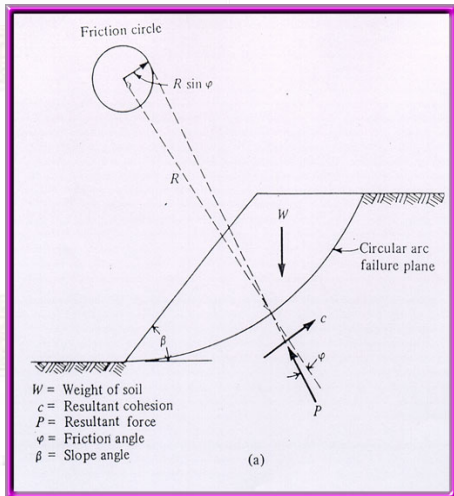
ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี



Taylor Method

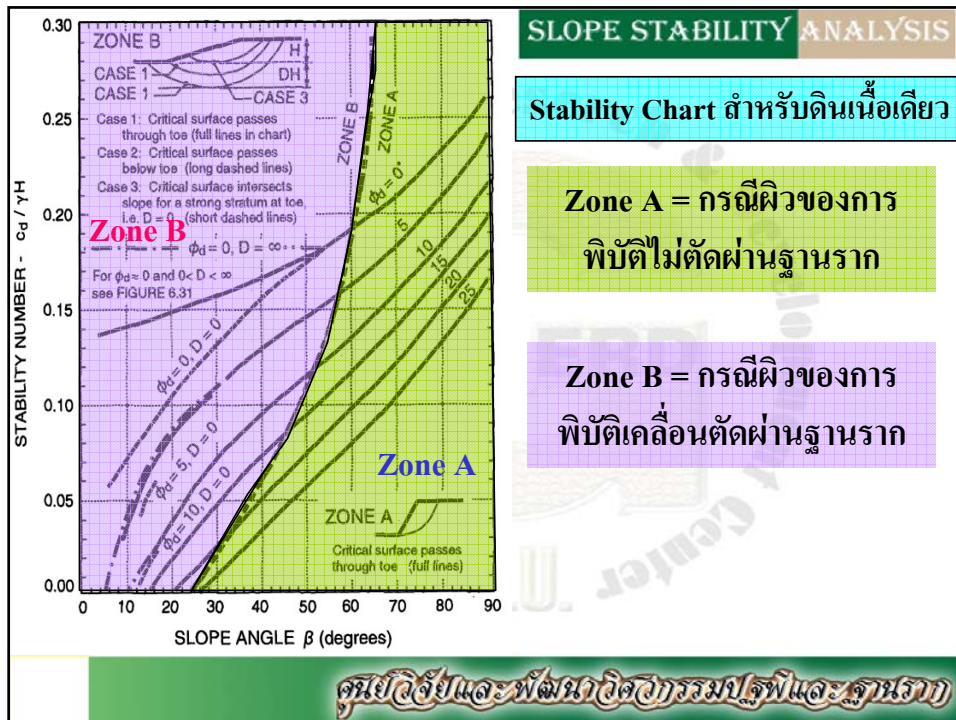
SLOPE STABILITY ANALYSIS

วิธีนี้ใช้ในกรณีของผิวเคลือบ
 พังเป็นส่วนโค้งของวงกลม
 ซึ่งเสนอโดย Prof. Taylor
 (1943) มีข้อจำกัดที่จะใช้ได้
 เฉพาะลาดดินที่มีเนื้อดินชนิด
 เดียวและหน้าตัดไม่ยุ่งยาก
 (Homogeneous simple
 slope)



W = Weight of soil
 c = Resultant cohesion
 P = Resultant force
 phi = Friction angle
 beta = Slope angle

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี



SLOPE STABILITY ANALYSIS

ตัวอย่างการคำนวณ ให้หาอัตราส่วนปลอดภัยของลาดดินดังรูป

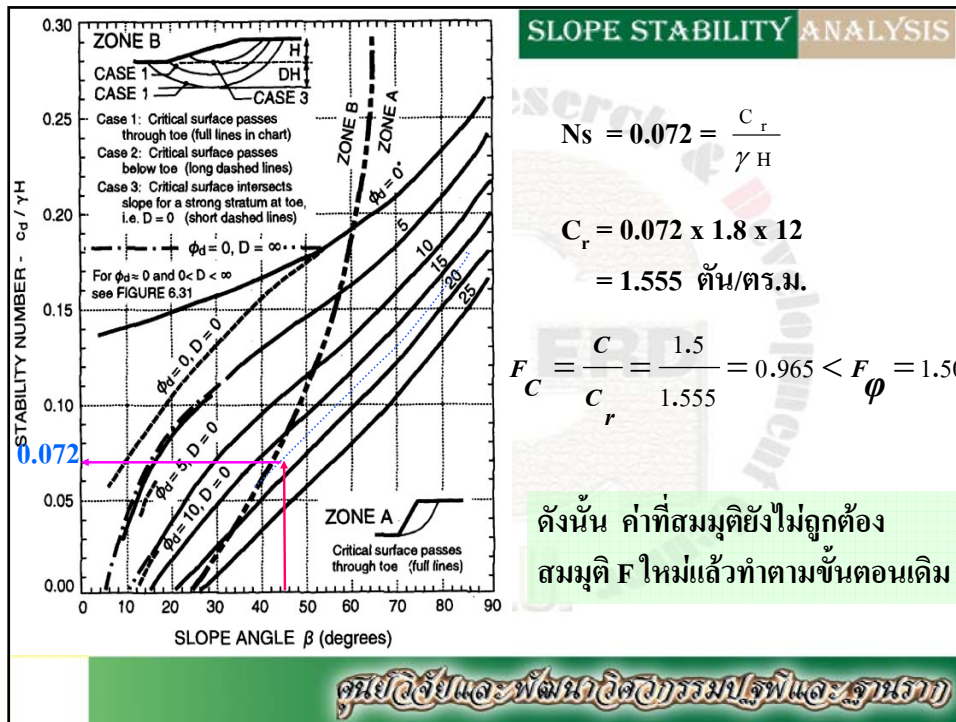
สมมุติ อัตราส่วนปลอดภัยของความฝืด (F.S. of Friction), $F = 1.50$


จาก $F_\phi = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_r}$

$\phi_r = \tan^{-1} \left(\frac{\tan 25^\circ}{F \phi} \right) = 17.27^\circ$

$\beta = 45^\circ$ อ่านค่าจาก กราฟจะได้ Stability Number(Ns)

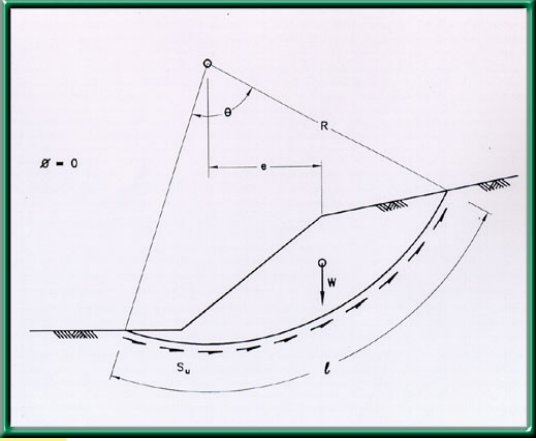
ศูนย์วิจัยและพัฒนาปิโตรเลียมและฐานราก





SLOPE STABILITY ANALYSIS

วิธีโมเมนต์



$$F.S. = \frac{\text{Resisting Moment}}{\text{Driving Moment}} = \frac{M_R}{M_D}$$


$$M_R = Su \cdot l \cdot R$$

$$M_D = W \cdot e$$

$$l = \frac{\theta}{360} (2 \pi R)$$

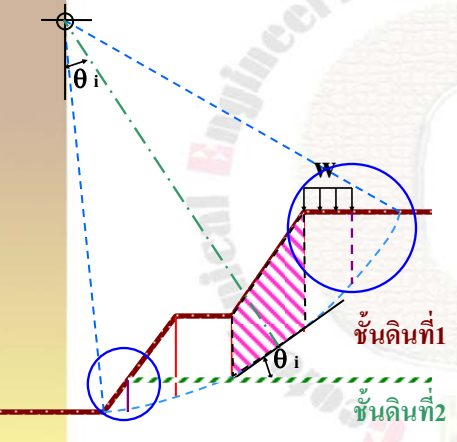
$$F.S. = \frac{Su \cdot l \cdot R}{W \cdot e}$$

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก



SLOPE STABILITY ANALYSIS

Ordinary Method of Slices



ใช้ได้กับลักษณะผิวเคลื่อนได้หลายลักษณะ ทำได้โดยการแบ่งมวลดินในผิวเคลื่อนพัง (Sliding mass) ออกเป็นชั้นๆ ตามแนวตั้งจากผิวดินจนถึงผิวเคลื่อนด้านล่าง โดยการนำเอาแรงที่กระทำต่อดินในแต่ละชั้นซึ่งอยู่ในสภาพสมดุลมาพิจารณา

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก

SLOPE STABILITY ANALYSIS

Ordinary Method of Slices

Force Polygon

Free Body Diagram

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

SLOPE STABILITY ANALYSIS

Ordinary Method of Slices

Normal Force

Sliding Force

$$\bar{N}_i = W_i \cdot \cos \theta_i - U_i$$

$$T_i = W_i \cdot \sin \theta_i$$

Resisting Force

$$R_i = \bar{c} \cdot \Delta l_i + (W_i \cdot \cos \theta_i - U_i) \cdot \tan \bar{\phi}$$

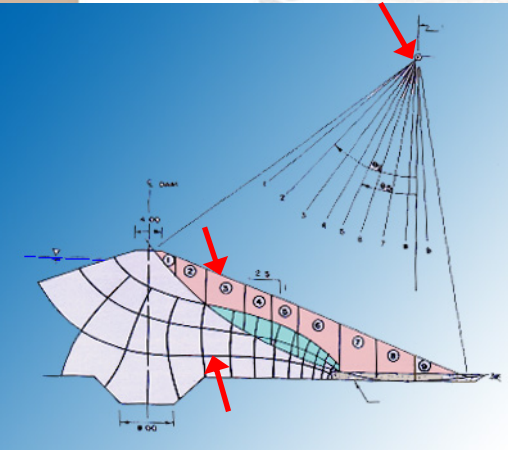
$$F.S. = \frac{\text{Resisting force}}{\text{Sliding force}} = \frac{\bar{c} \cdot \Delta l_i + (W_i \cdot \cos \theta_i - U_i) \tan \bar{\phi}}{W_i \cdot \sin \theta_i}$$

ศูนย์วิจัยและพัฒนาปิโตรเลียมปิโตรเคมี

SLOPE STABILITY ANALYSIS

Ordinary Method of Slices

ตัวอย่างการคำนวณ



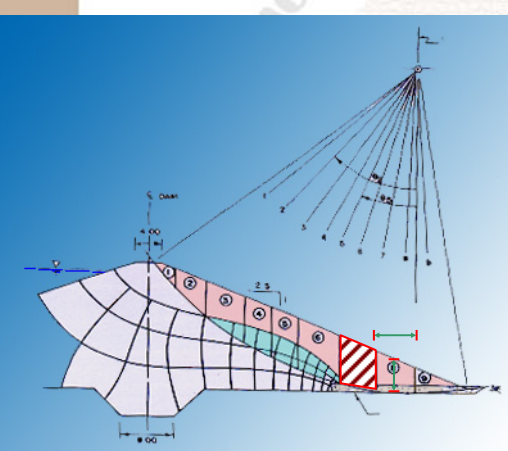
- 1.เขียน Flownet ของน้ำที่ซึมผ่านตัวเขื่อน
- 2.เลือกจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลม
- 3.แบ่งมวลดินเหนือผิวเคลื่อนพังเป็นชิ้นๆ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิชาการรวมครูพี่และคุณวราภ

SLOPE STABILITY ANALYSIS


Ordinary Method of Slices

ตัวอย่างการคำนวณ



- 4.วัดความกว้าง ความสูงเฉลี่ยของแท่งดิน
- 5.คำนวณน้ำหนักของแท่งดิน
6. คำนวณแรงต้านที่เกิดจาก cohesion

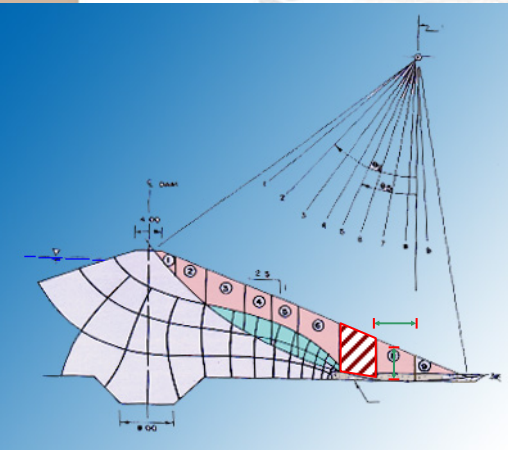
ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิชาการรวมครูพี่และคุณวราภ



SLOPE STABILITY ANALYSIS

Ordinary Method of Slices

ตัวอย่างการคำนวณ



7. คำนวณแรงดันดิน และแรงดันน้ำตั้งฉากผิวเคลื่อน

8. คำนวณแรงต้านที่เกิดจาก friction

9. คำนวณแรงกดลงตามแนวขนานผิวเคลื่อน

10. คำนวณอัตราส่วนปลอดภัย

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

Ordinary Method of slices								SLOPE STABILITY ANALYSIS					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (2)×(8)	11	12	13	14
Slice No.	c (T/m2)	φ (deg.)	b (m.)	θ (deg.)	h (m.)	h _w (m.)	Δl (m.)	W (T)	cΔl (T)	cosθ (T)	U (T)	(W cosθ - U) tanφ	W.sinθ
1	1.5	25	2.2	49	2.24	0	5.55	8.63	8.32	5.66	0	2.64	6.51
2	1.5	25	4.44	43	4.29	0	6.01						
3	1.5	25	5.55	34	6.44	1.77	6.76						
4	1.5	25	4.07	27	7.54	3.19	4.61						
5	1.5	25	3.89	23	7.7	3.34	4.21						
6	1.5	25	5.92	16	7.42	1.73	6.12						
7	0	30	5.55	10	6.27	0	5.68						
8	0	30	5.92	2	4.67	0	5.93						
9	0	30	5.56	-5	2.08	0	6.75						

Calculation Steps

$(W \cos \theta) - W \sin \theta = 8.63 \times \cos 49 - 8.63 \times \sin 49 = 6.51 - 6.51 = 0$


ศูนย์วิจัยและพัฒนาปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

Ordinary Method of slices								SLOPE STABILITY ANALYSIS					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Slice No.	c (T/m2)	ϕ (deg.)	b (m.)	θ (deg.)	h (m.)	hw (m.)	Δl (m.)	W (T)	$c\Delta l$ (T)	$\cos\theta$ (T)	U (T)	$(W \cos\theta - U) \tan\phi$	$W \cdot \sin\theta$
1	1.5	25	2.2	49	2.24	0	5.55	8.63	8.32	5.66	0	2.64	6.51
2	1.5	25	4.44	43	4.29	0	6.01	33.38	9.02	24.42	0	11.38	22.76
3	1.5	25	5.55	34	6.44	1.77	6.76	65.1	10.14	53.98	11.98	19.57	36.39
4	1.5	25	4.07	27	7.54	3.19	4.61	56.99	6.91	50.78	14.71	16.81	25.86
5	1.5	25	3.89	23	7.7	3.34	4.21	55.6	6.32	51.19	14.06	17.3	21.72
6	1.5	25	5.92	16	7.42	1.73	6.12	79.49	9.19	76.42	10.6	30.67	21.9
7	0	30	5.55	10	6.27	0	5.68	60.93	0	60	0	34.62	10.57
8	0	30	5.92	2	4.67	0	5.93	48.38	0	48.36	0	27.9	1.69
9	0	30	5.56	-5	2.08	0	6.75	20.25	0	20.18	0	11.64	-1.76
								49.9				172.54	145.63

F.S. = sum of col.(10+13)/sum of col. 14
 = (49.9+172.54)/145.63 = 1.528

Calculation Steps
~~Sum of col.(14) = 145.63~~

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

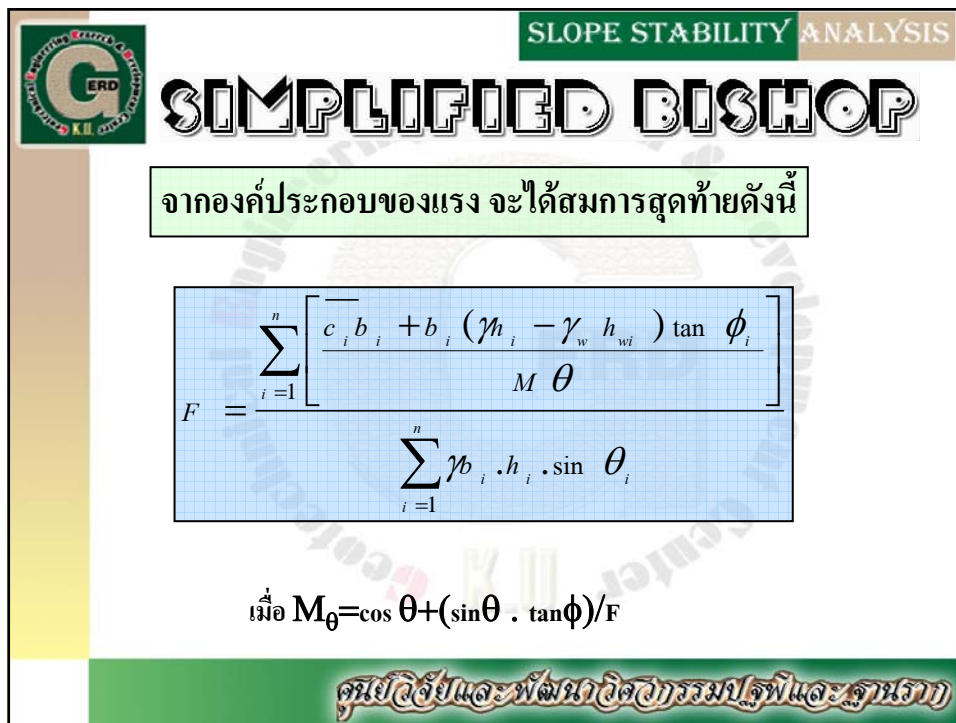
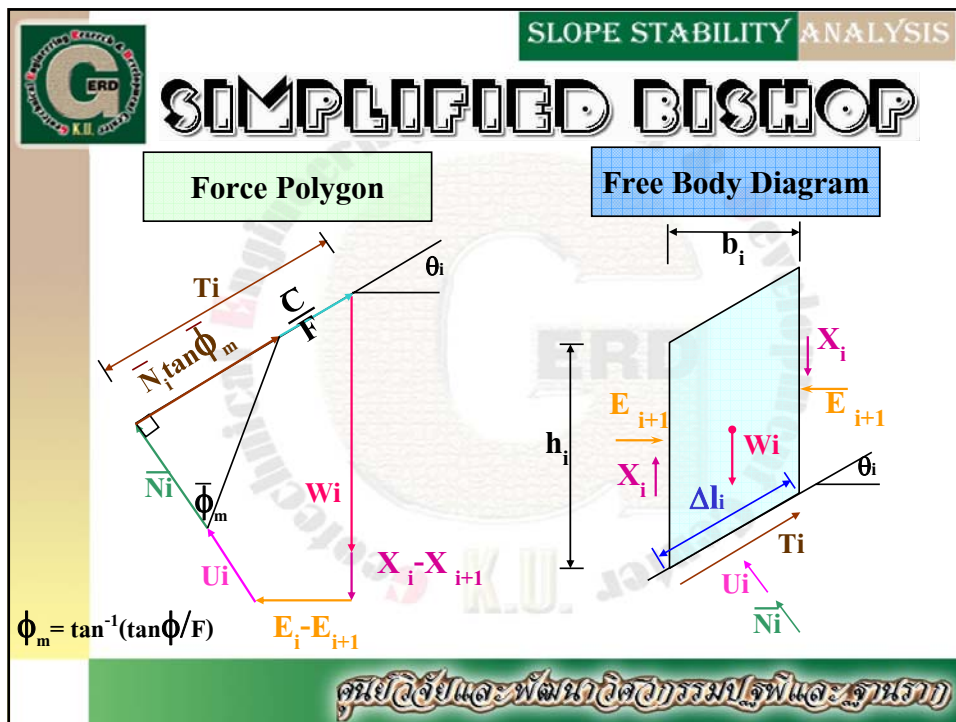



SLOPE STABILITY ANALYSIS

SIMPLIFIED BISHOP

มีการแบ่งมวลดินออกเป็นชั้น หรือแท่งเช่นเดียวกับ Slices Method แต่ได้พิจารณาแรงและสมดุลงของแรงละเอียดขึ้น คือ คัดสมดุลงของ Moment ของแท่งดินแต่ละแท่งด้วยแทนที่จะคิดเฉพาแรงของมวลดินทั้งหมดแต่เพียงอย่างเดียว แล้วยังนำเอาแรงที่กระทำด้านข้างของแท่งดินมาพิจารณาด้วย

ศูนย์วิจัยและพัฒนาปิโตรเลียมและปิโตรเคมี





SLOPE STABILITY ANALYSIS

SIMPLIFIED BISHOP


$$T_i = \frac{(W_i - N_i + U_i) \cos \theta_i}{\sin \theta_i}$$

$$N_i = \frac{b_i(\gamma_i - \gamma_w h_{wi}) - (c_i h_i \tan \theta_i)/F}{\cos \theta_i + \sin \theta_i \cdot \tan \phi_i / F}$$

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{c_i b_i + b_i (\gamma_i - \gamma_w h_{wi}) \tan \phi_i}{M \theta} \right]}{\sum_{i=1}^n \gamma b_i \cdot h_i \cdot \sin \theta_i}$$

$M \theta = \cos \theta + (\sin \theta \cdot \tan \phi) / F$

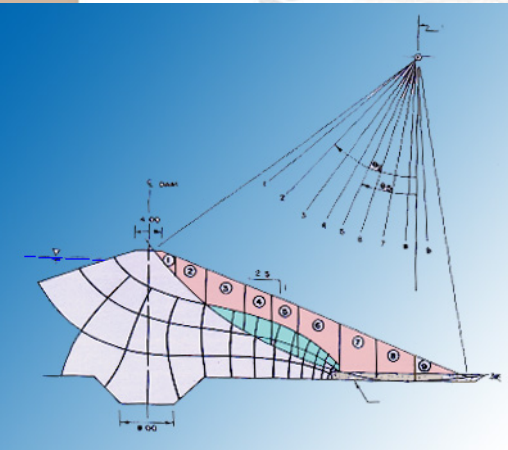
ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก



SLOPE STABILITY ANALYSIS

SIMPLIFIED BISHOP

ตัวอย่างการคำนวณ



คำนวณข้อมูลเบื้องต้น
เหมือนกับวิธี Ordinary
Method of Slices

สมมุติค่า F_{ai} แล้วคำนวณหา
 F_{ci} ตามสมการของวิธี Bishop

เปรียบเทียบค่า F_{ai} กับ F_{ci}
ให้ได้ละเอียดถูกต้องตามที่
ต้องการ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก

Simplified Bishop Calculation												SLOPE STABILITY ANALYSIS																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			14			15											
							(2)x(4)		(4)x(7)	(9)+[(10)-(11)](8)		M _θ			(12)/M _θ														
Slice No.	c (T/m2)	φ (deg.)	b _i (m.)	θ _i (deg.)	h (m.)	h _w (m.)	tanφ (T)	c.b (T)	W _s (T)	U (T)	c.b+(W _s -U)tanφ (T)	T1	T2	T3	T1	T2	T3	W _{total} sinθ											
1	1.5	25	3.4	49.5	2	0	0.466	5.10	11.56	0	10.49																		
2	1.5	25	4.5	43	4.1	0																							
3	1.5	25	5.5	35.5	6	2																							
4	1.5	25	4	29	7	3																							
5	1.5	25	4	24	7.6	3.8																							
6	1.5	25	6.3	18	7.5	2.8																							
7	0	30	5.7	10.5	6.5	0																							
8	0	30	6	3.5	5	0																							
9	0	30	7.7	-3.5	2.5	0																							
												Σ _i																	

Trial no.	T2	T1	T3
Assume F			
Calculate F			
Difference of F			

F.S.= sum of col.14/sum of col. 15

3.76 = 11.56 / 3.07

Calculation Steps

3.76 = 11.56 / 3.07

ศูนย์วิจัยและพัฒนาชลประทานสุพรรณบุรีและกาญจนบุรี

Simplified Bishop Calculation												SLOPE STABILITY ANALYSIS																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			14			15											
							(2)x(4)		(4)x(7)	(9)+[(10)-(11)](8)		M _θ			(12)/M _θ														
Slice No.	c (T/m2)	φ (deg.)	b _i (m.)	θ _i (deg.)	h (m.)	h _w (m.)	tanφ (T)	c.b (T)	W _s (T)	U (T)	c.b+(W _s -U)tanφ (T)	T1	T2	T3	T1	T2	T3	W _{total} sinθ											
1	1.5	25	3.4	49.5	2	0	0.466	5.1	11.56	0	10.49	0.903			11.62			8.79											
2	1.5	25	4.5	43	4.1	0	0.466	6.75	32.29	0	21.8																		
3	1.5	25	5.5	35.5	6	2	0.466	8.25	61.05	11	31.57																		
4	1.5	25	4	29	7	3	0.466	6	52.5	12	24.87																		
5	1.5	25	4	24	7.6	3.8	0.466	6	57.15	15.2	25.55																		
6	1.5	25	6.3	18	7.5	2.8	0.466	9.45	87.41	17.64	41.96																		
7	0	30	5.7	10.5	6.5	0	0.577	0	64.84	0	37.41																		
8	0	30	6	3.5	5	0	0.577	0	52.5	0	30.29																		
9	0	30	7.7	-3.5	2.5	0	0.577	0	33.69	0	19.44																		
												Σ _i																	

Trial no.	T2	T1	T3
Assume F	1.4		
Calculate F			
Difference of F			

F.S.= sum of col.14/sum of col. 15

11.62 = 8.79 / 0.75

Calculation Steps

11.62 = 8.79 / 0.75

ศูนย์วิจัยและพัฒนาชลประทานสุพรรณบุรีและกาญจนบุรี

Simplified Bishop Calculation												SLOPE STABILITY ANALYSIS						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			14			15
							(2)x(4)		(4)x(7)	(9)+[(10)-(11)](8)		M _θ			(12)/M _θ			
Slice No.	c (T/m2)	φ (deg.)	bi (m.)	θi (deg.)	h (m.)	h _w (m.)	tanφ (T)	c.b (T)	W _s (T)	U (T)	c.b+(W _s -U)tanφ (T)	T1	T2	T3	T1	T2	T3	W _{total} sinθ
1	1.5	25	3.4	49.5	2	0	0.466	5.1	11.56	0	10.49	0.9			11.6			8.79
2	1.5	25	4.5	43	4.1	0	0.466	6.75	32.29	0	21.8	0.96			22.7			22.02
3	1.5	25	5.5	35.5	6	2	0.466	8.25	61.05	11	31.57	0.1			31.3			35.45
4	1.5	25	4	29	7	3	0.466	6	52.5	12	24.87	1.04			24			25.45
5	1.5	25	4	24	7.6	3.8	0.466	6	57.15	15.2	25.55	1.05			24.4			23.24
6	1.5	25	6.3	18	7.5	2.8	0.466	9.45	87.41	17.64	41.96	1.05			39.8			27.01
7	0	30	5.7	10.5	6.5	0	0.577	0	64.84	0	37.41	1.06			35.4			11.82
8	0	30	6	3.5	5	0	0.577	0	52.5	0	30.29	1.02			29.6			3.21
9	0	30	7.7	-3.5	2.5	0	0.577	0	33.69	0	19.44	0.97			20			-2.06
												Σ			239			154.94

Trial no.	T2	T1	T3
Assume F	1.4	1.541	
Calculate F	1.541		
Difference of F	-0.141		

F.S.= sum of col.14/sum of col. 15

Calculation Steps
F.S. = 239/154.94
= 1.541

ศูนย์วิจัยและพัฒนาชลประทานภาคพายัพและสุพรรณบุรี

Simplified Bishop Calculation												SLOPE STABILITY ANALYSIS						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			14			15
							(2)x(4)		(4)x(7)	(9)+[(10)-(11)](8)		M _θ			(12)/M _θ			
Slice No.	c (T/m2)	φ (deg.)	bi (m.)	θi (deg.)	h (m.)	h _w (m.)	tanφ (T)	c.b (T)	W _s (T)	U (T)	c.b+(W _s -U)tanφ (T)	T1	T2	T3	T1	T2	T3	W _{total} sinθ
1	1.5	25	3.4	49.5	2	0	0.466	5.1	11.56	0	10.49	0.9	0.88	0.88	11.6	11.9	12	8.79
2	1.5	25	4.5	43	4.1	0	0.466	6.75	32.29	0	21.8	0.96	0.94	0.94	22.7	23.3	23.3	22.02
3	1.5	25	5.5	35.5	6	2	0.466	8.25	61.05	11	31.57	0.1	0.99	0.99	31.3	31.9	32	35.45
4	1.5	25	4	29	7	3	0.466	6	52.5	12	24.87	1.04	1.02	1.02	24	24.4	24.4	25.45
5	1.5	25	4	24	7.6	3.8	0.466	6	57.15	15.2	25.55	1.05	1.04	1.04	24.4	24.7	24.7	23.24
6	1.5	25	6.3	18	7.5	2.8	0.466	9.45	87.41	17.64	41.96	1.05	1.05	1.04	39.8	40.2	40.2	27.01
7	0	30	5.7	10.5	6.5	0	0.577	0	64.84	0	37.41	1.06	1.05	1.05	35.4	35.6	35.6	11.82
8	0	30	6	3.5	5	0	0.577	0	52.5	0	30.29	1.02	1.02	1.02	29.6	29.7	29.7	3.21
9	0	30	7.7	-3.5	2.5	0	0.577	0	33.69	0	19.44	0.97	0.98	0.98	20	19.9	19.9	-2.06
												Σ			239	241	242	154.94

Trial no.	T2	T1	T3
Assume F	1.4	1.54	1.56
Calculate F	1.54	1.56	1.56
Difference of F	-0.1	-0.017	-0.002

F.S.= sum of col.14/sum of col. 15

ศูนย์วิจัยและพัฒนาชลประทานภาคพายัพและสุพรรณบุรี

SLOPE STABILITY ANALYSIS

Wedge Method

ในบางกรณีผิวการเคลื่อนพังอาจเกิดในลักษณะของเส้นตรงเส้นเดียวหรือหลายเส้นประกอบกัน โดยมีมวลดินที่เคลื่อนตัว มีลักษณะคล้ายรูปสี่เหลี่ยมประกอบกัน มากกว่าหนึ่งชิ้นขึ้นไป

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก

SLOPE STABILITY ANALYSIS

Wedge Method

Failure Surface

Failure Surface

core

เขื่อนแกนดินเหนียวเอียง

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก

SLOPE STABILITY ANALYSIS

Wedge Method

ลาดดินหรือลาดหินธรรมชาติที่มีแนวดินอ่อนบังค้ำแนวพิถัด

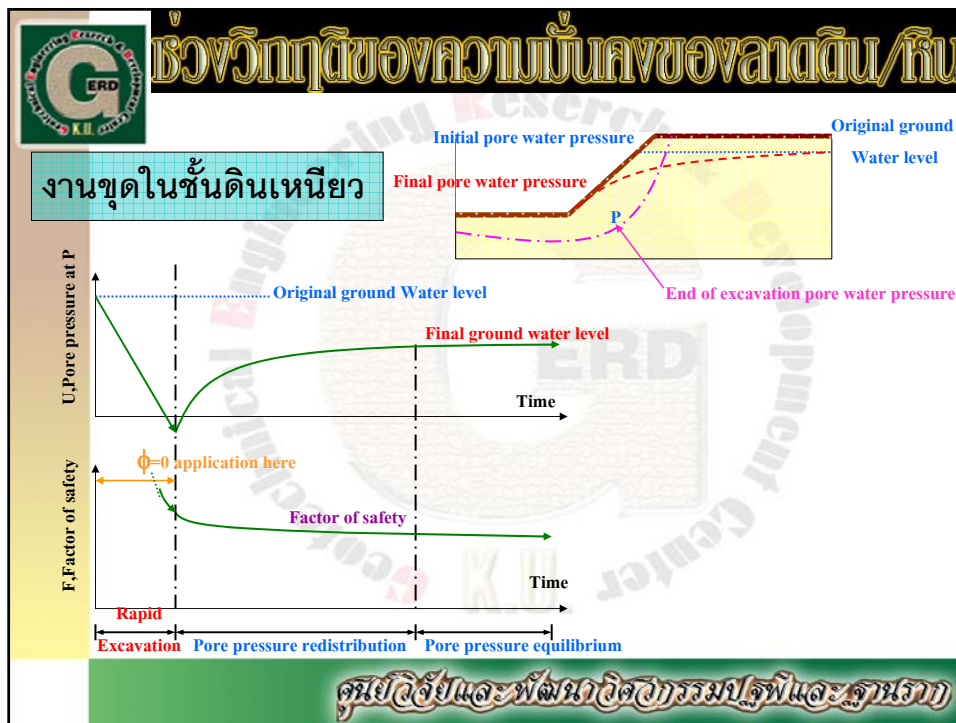
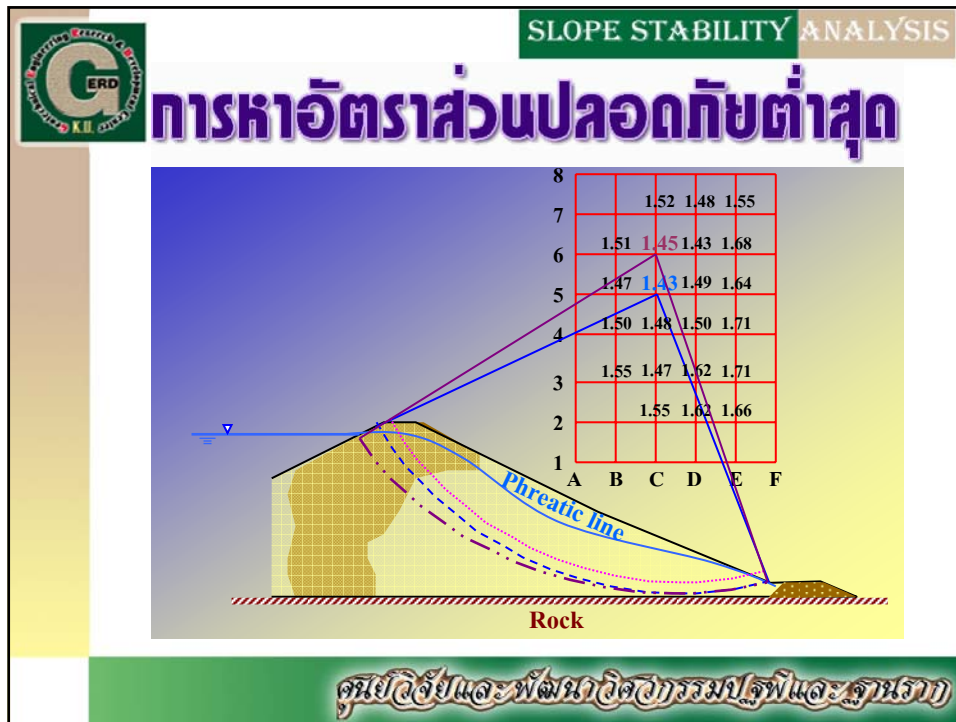
ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก

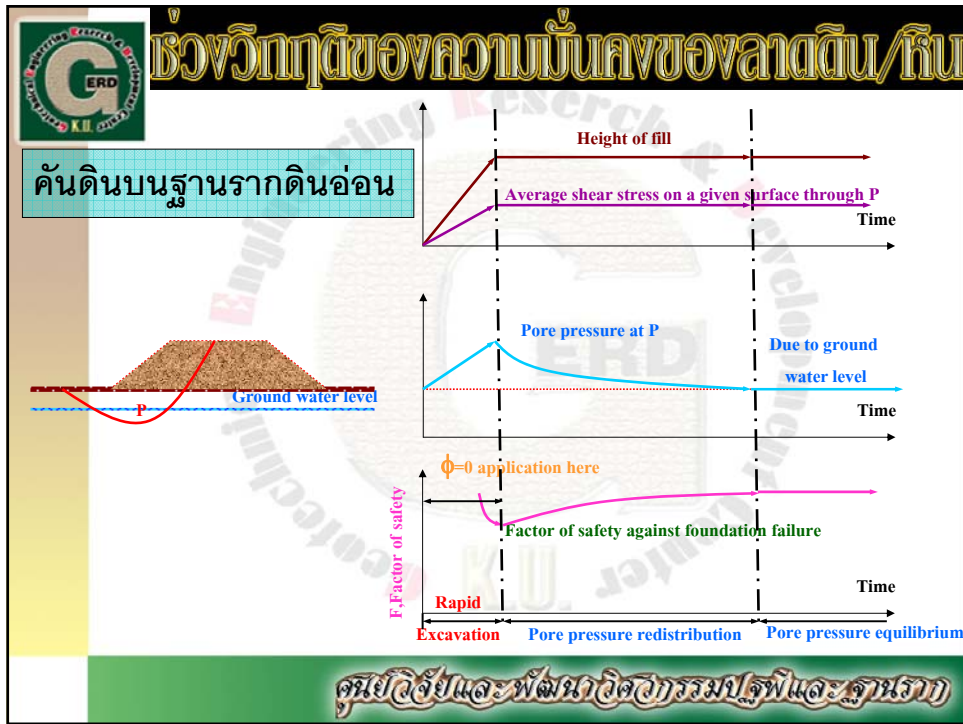
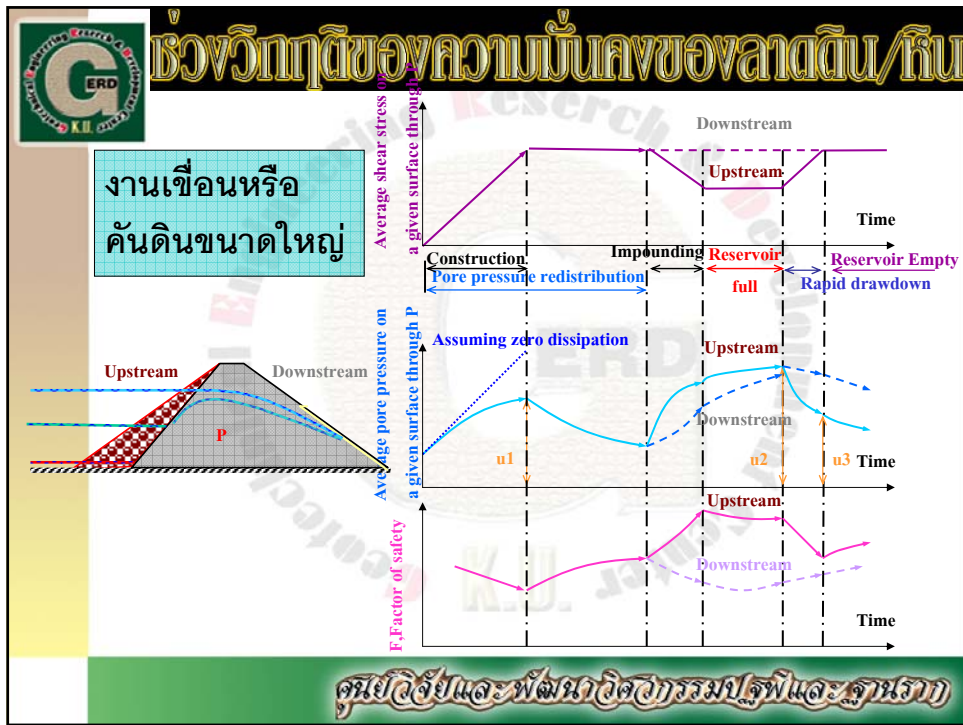
SLOPE STABILITY ANALYSIS


Wedge Method


ลาดดินที่มีชั้นดินหรือหินแข็งบังค้ำด้านล่าง

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก












เกณฑ์การกำหนดอัตราส่วนปลอดภัยต่ำสุด

1. ความมั่นใจในข้อมูลที่ได้มาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ออกแบบ
2. ช่วงเวลาการใช้งานหรือช่วงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในกรณีวิกฤตต่างๆ
3. ผลเสียหายที่อาจเกิดขึ้นภายหลังถ้ามีการพิบัติ
4. ฝีมือหรือคุณภาพการทำงานและการควบคุมในระหว่างการก่อสร้าง







เกณฑ์การกำหนดอัตราส่วนปลอดภัยต่ำสุด

CASE	DESIGN	CONDITION	เงื่อนไขใหญ่	เงื่อนไขเล็ก
1	เพิ่งก่อสร้างเสร็จ (End of Construction)	Static	1.3	1.5
		Earthquake	1.1	-
2	ระดับน้ำสูงสุด (Maximum water level)	Static	1.5	1.5
		Earthquake	1.1	-
3	ระดับเก็บกักปกติ (Normal water level)	Static	1.5	1.5
		Earthquake	1.2	-
4	ระดับน้ำลดอย่างรวดเร็ว (Rapid Drawdown)	Static	1.3	1.3
		Earthquake	1.1	-
5	ระดับน้ำปานกลาง (Intermediate water level)	Static	1.5	-
		Earthquake	1.2	-



SLOPE STABILITY ANALYSIS

การแก้ไขข้อบกพร่องตาดเขื่อน/ตาดดิน เพื่อเสริมความมั่นคง

1. วิธีการการตัดเปลี่ยนลาด (Geometrical Methods)

ลดความสูง

ลดลาดชัน

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

The slide features a green header with the text 'SLOPE STABILITY ANALYSIS'. Below it, a title in Thai reads 'การแก้ไขข้อบกพร่องตาดเขื่อน/ตาดดิน เพื่อเสริมความมั่นคง'. The main heading is '1. วิธีการการตัดเปลี่ยนลาด (Geometrical Methods)'. Two diagrams illustrate methods: the left one shows a slope with a dashed red line indicating a lower top edge, labeled 'ลดความสูง' (Reduce height); the right one shows a slope with a dashed red line indicating a shallower angle, labeled 'ลดลาดชัน' (Reduce slope). A logo for ERD (Energy Research and Development Center) is in the top left, and a footer in Thai script is at the bottom.

SLOPE STABILITY ANALYSIS

การแก้ไขข้อบกพร่องตาดเขื่อน/ตาดดิน เพื่อเสริมความมั่นคง

1. วิธีการการตัดเปลี่ยนลาด (Geometrical Methods)

การตัดส่วนบนแล้วถมส่วนล่าง

ศูนย์วิจัยและพัฒนาปิโตรเลียมปิโตรเคมี

The slide features a green header with the text 'SLOPE STABILITY ANALYSIS'. Below it, a title in Thai reads 'การแก้ไขข้อบกพร่องตาดเขื่อน/ตาดดิน เพื่อเสริมความมั่นคง'. The main heading is '1. วิธีการการตัดเปลี่ยนลาด (Geometrical Methods)'. A diagram shows a slope with a dashed red line indicating a new, flatter top surface, labeled 'การตัดส่วนบนแล้วถมส่วนล่าง' (Cutting the top and filling the bottom). A logo for ERD (Energy Research and Development Center) is in the top left, and a footer in Thai script is at the bottom.

การแก้ปัญหา Landslide พระตำหนักภูพิงคราชนิเวศน์

SLOPE STABILITY ANALYSIS



รูปแบบการแก้ไข Landslide

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการรวมวัสดุ

GEO NET

Detailed description: This slide features a technical diagram of a slope stability analysis. The diagram shows a cross-section of a slope with a failure surface indicated by a dashed line. The soil is represented by a light brown color, and the reinforcement layers are shown as horizontal black lines. The background is a light blue sky. The slide includes a logo in the top left corner, a title in Thai, and a 'GEO NET' logo in the bottom right corner.

การแก้ปัญหา Landslide พระตำหนักภูพิงคราชนิเวศน์

SLOPE STABILITY ANALYSIS



การถมดินและบดอัดให้ตั้งโครงสร้างเสริมกำลังดิน

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการรวมวัสดุ

GEO NET

Detailed description: This slide shows a photograph of a construction site. In the foreground, there is a large, rectangular structure made of woven geotextiles, likely used for slope stabilization. In the background, several workers are visible on a dirt slope, and there are some construction materials and equipment. The slide includes a logo in the top left corner, a title in Thai, and a 'GEO NET' logo in the bottom right corner.

SLOPE STABILITY ANALYSIS

**การแก้ไขข้อบกพร่องดินเขื่อน/ลาดดิน
เพื่อเสริมความมั่นคง**

2. วิธีการระบายน้ำ (Hydrological Methods)



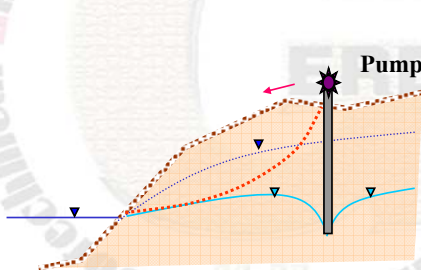
Horizontal Drain

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

SLOPE STABILITY ANALYSIS

**การแก้ไขข้อบกพร่องดินเขื่อน/ลาดดิน
เพื่อเสริมความมั่นคง**

2. วิธีการระบายน้ำ (Hydrological Methods)



Pump Drain

ศูนย์วิจัยและพัฒนาปิโตรเลียมปิโตรเคมี

SLOPE STABILITY ANALYSIS

การแก้ไขข้อบกพร่องดินเขื่อน/ลาดดิน เพื่อเสริมความมั่นคง

2. วิธีการระบายน้ำ (Hydrological Methods)



Surface Drain

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

SLOPE STABILITY ANALYSIS

การแก้ไขข้อบกพร่องดินเขื่อน/ลาดดิน เพื่อเสริมความมั่นคง

3. วิธีเพิ่มความแข็งแรง (Strength Improvement Method)



กำแพงกันดิน

เข็มเสริมแรง

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

SLOPE STABILITY ANALYSIS

การแก้ไขซ่อมแซมลาดเขื่อน/ลาดดิน เพื่อเสริมความมั่นคง

3. วิธีเพิ่มความแข็งแรง (Strength Improvement Method)



Rock Boiling

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก

SLOPE STABILITY ANALYSIS

การแก้ไขซ่อมแซมลาดเขื่อน/ลาดดิน เพื่อเสริมความมั่นคง

3. วิธีเพิ่มความแข็งแรง (Strength Improvement Method)



Rock Berm

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก

SLOPE STABILITY ANALYSIS

การแก้ไขซ่อมแซมลาดเขื่อน/ลาดดิน เพื่อเสริมความมั่นคง

3. วิธีเพิ่มความแข็งแรง (Strength Improvement Method)



Shotcrete

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก

Detailed description: This slide illustrates the 'Shotcrete' method for slope stabilization. It features a photograph of a steep, rocky slope that has been treated with a layer of shotcrete, which is a form of concrete applied pneumatically. The treated area is covered with green vegetation, showing the method's effectiveness in stabilizing the soil and promoting natural growth. The slide includes a logo for ERD (Energy Research and Development Center) and a title in Thai: 'การแก้ไขซ่อมแซมลาดเขื่อน/ลาดดิน เพื่อเสริมความมั่นคง' (Slope repair and stabilization to improve stability). The text '3. วิธีเพิ่มความแข็งแรง (Strength Improvement Method)' is also present. A yellow box with the word 'Shotcrete' is positioned to the right of the photo. At the bottom, there is a Thai text: 'ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก'.

SLOPE STABILITY ANALYSIS

การแก้ไขซ่อมแซมลาดเขื่อน/ลาดดิน เพื่อเสริมความมั่นคง

3. วิธีเพิ่มความแข็งแรง (Strength Improvement Method)

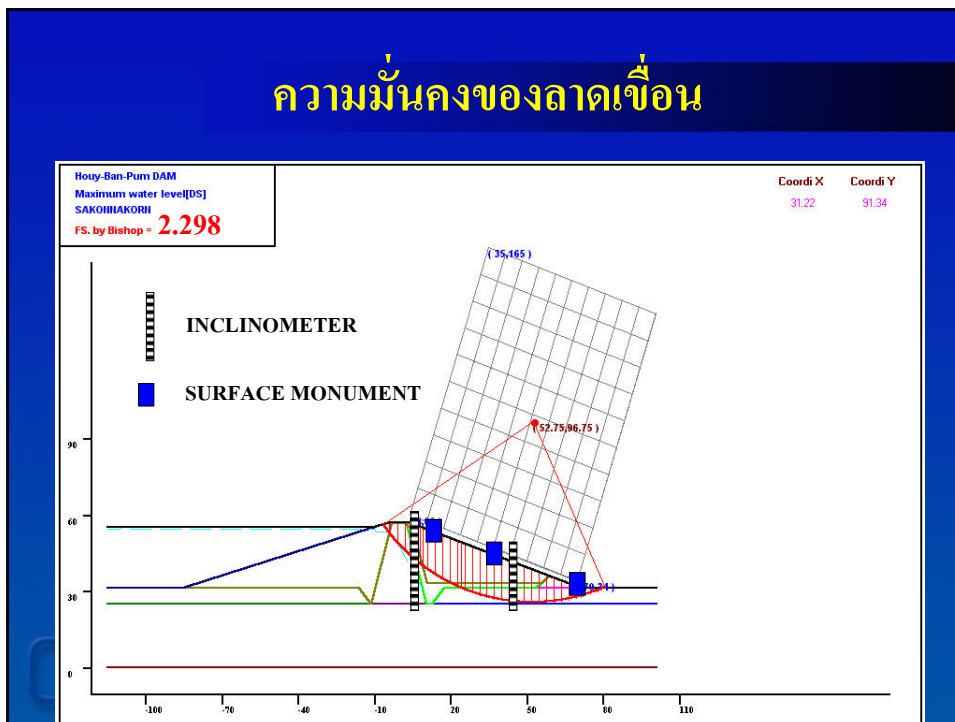


Gabion

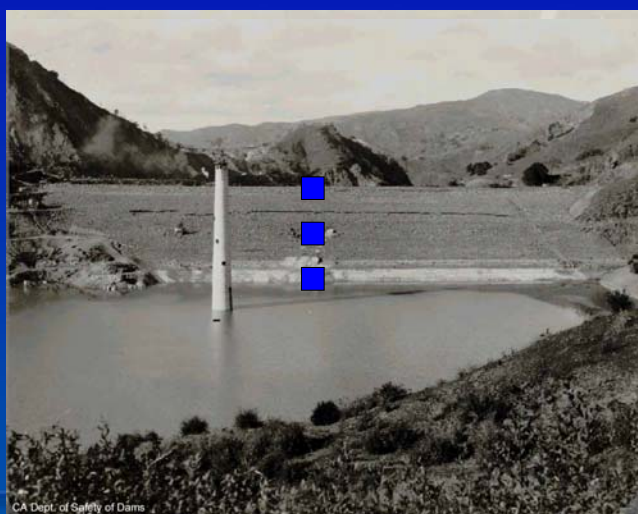
ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก

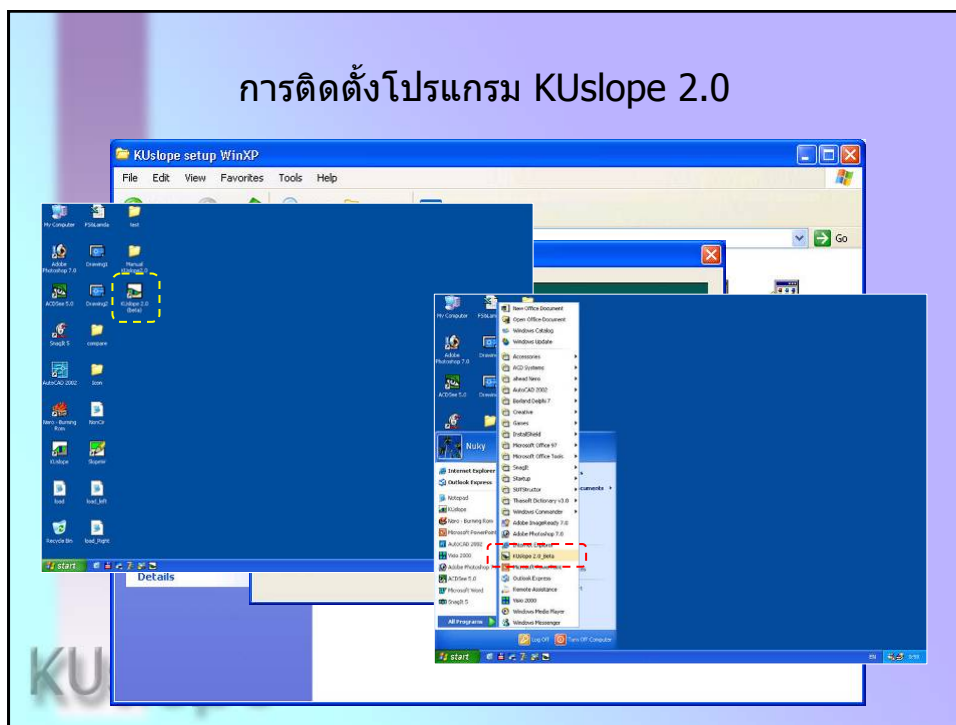
Detailed description: This slide illustrates the 'Gabion' method for slope stabilization. It features a photograph of a slope where gabion baskets, made of wire mesh and filled with stones, are used to stabilize the soil. The baskets are arranged in a grid pattern, and the slope is covered with green vegetation. The slide includes a logo for ERD (Energy Research and Development Center) and a title in Thai: 'การแก้ไขซ่อมแซมลาดเขื่อน/ลาดดิน เพื่อเสริมความมั่นคง' (Slope repair and stabilization to improve stability). The text '3. วิธีเพิ่มความแข็งแรง (Strength Improvement Method)' is also present. A green box with the word 'Gabion' is positioned to the right of the photo. At the bottom, there is a Thai text: 'ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปิโตรเลียมและฐานราก'.

ความมั่นคงของลาดเขื่อน

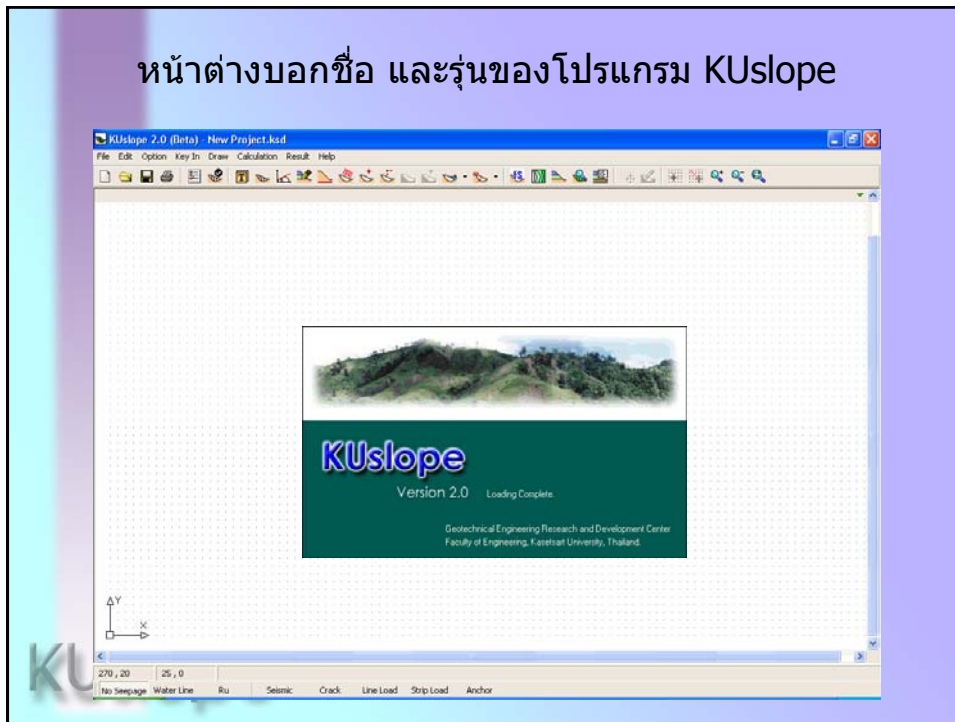


Slope Failure during Construction of Calaveras Dam, California, 1918.

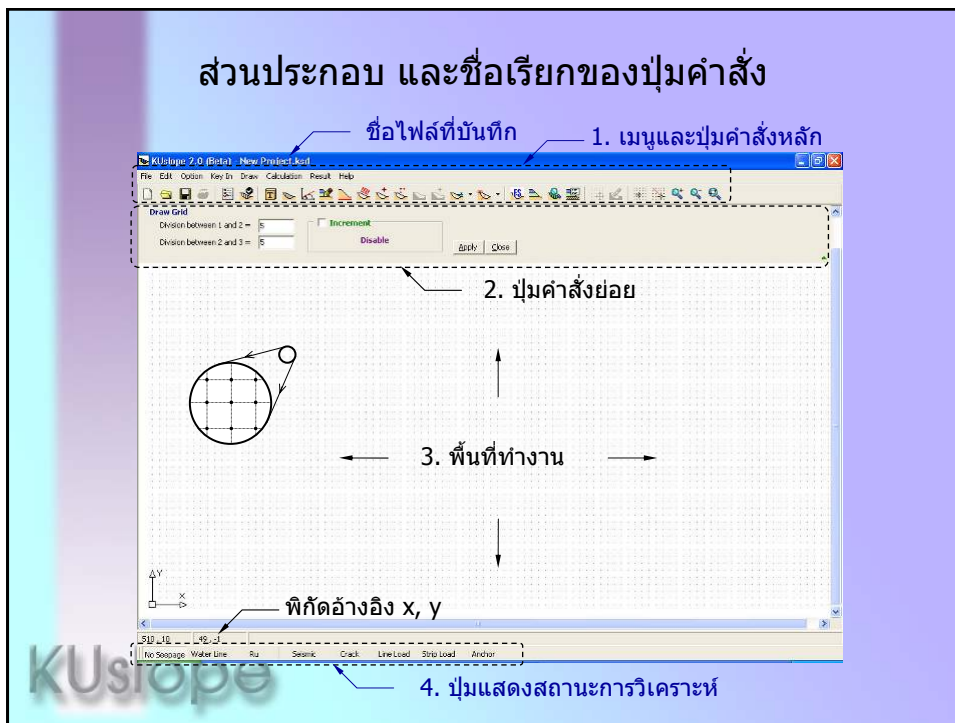




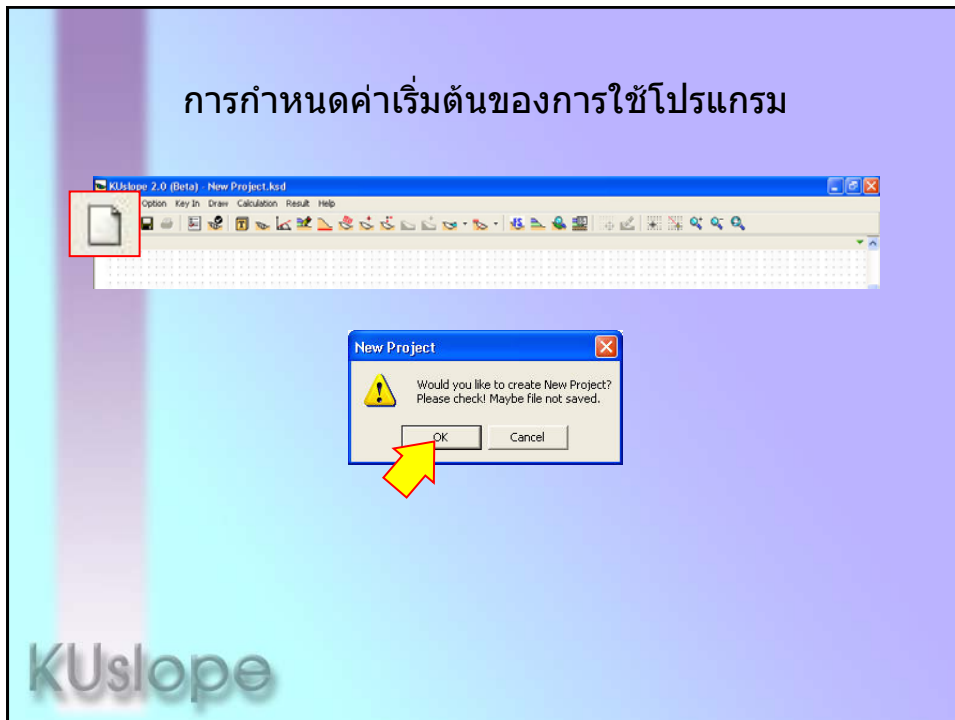
หน้าต่างบอกชื่อ และรุ่นของโปรแกรม KUslope



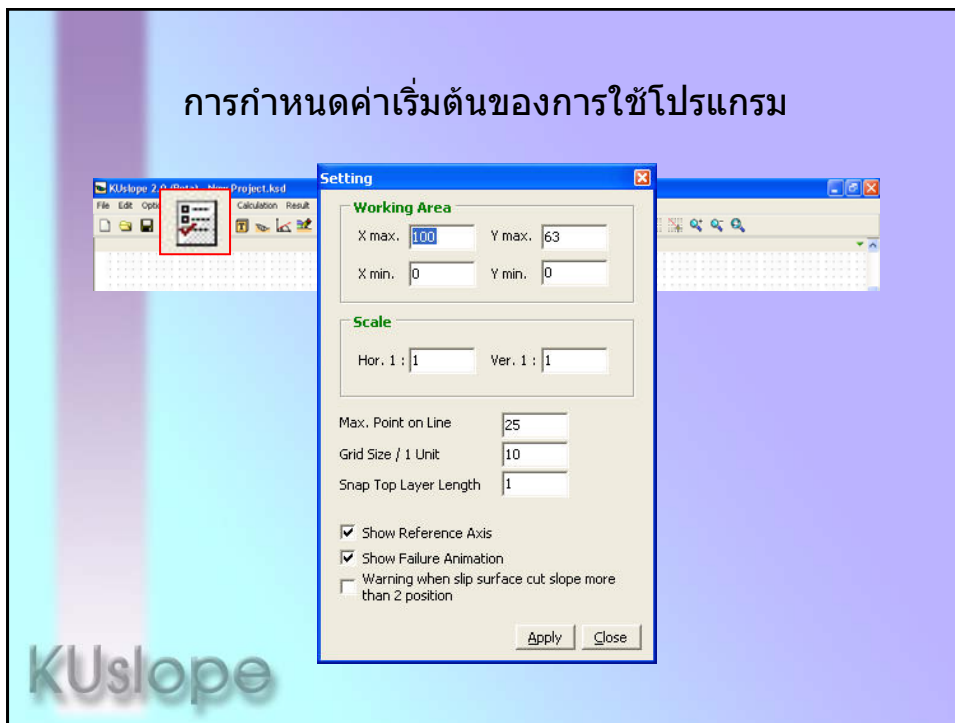
ส่วนประกอบ และชื่อเรียกของปุ่มคำสั่ง

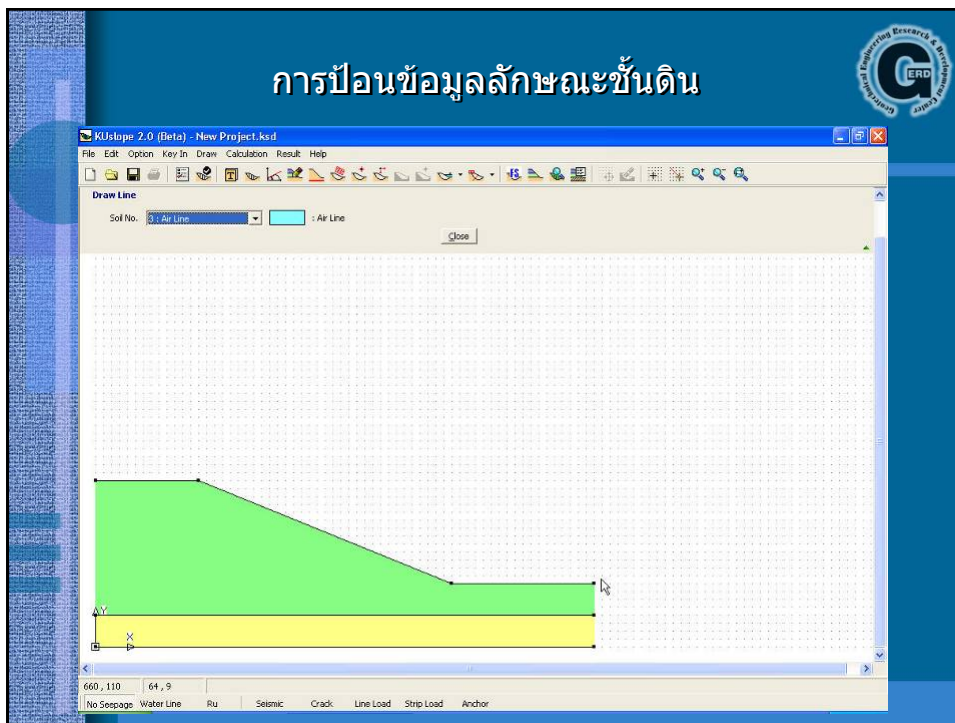
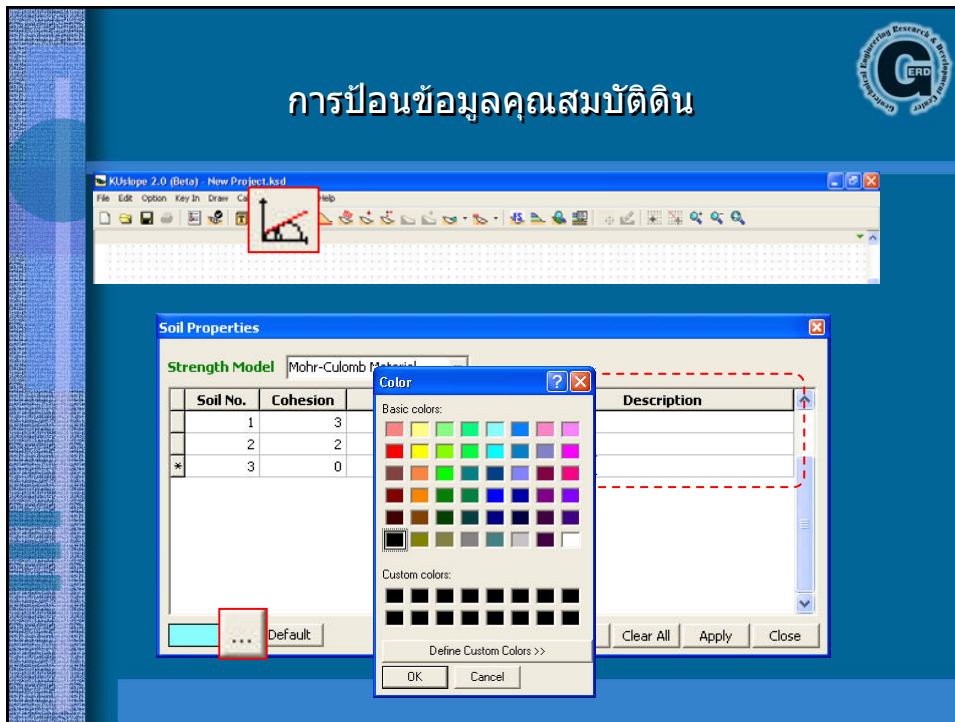


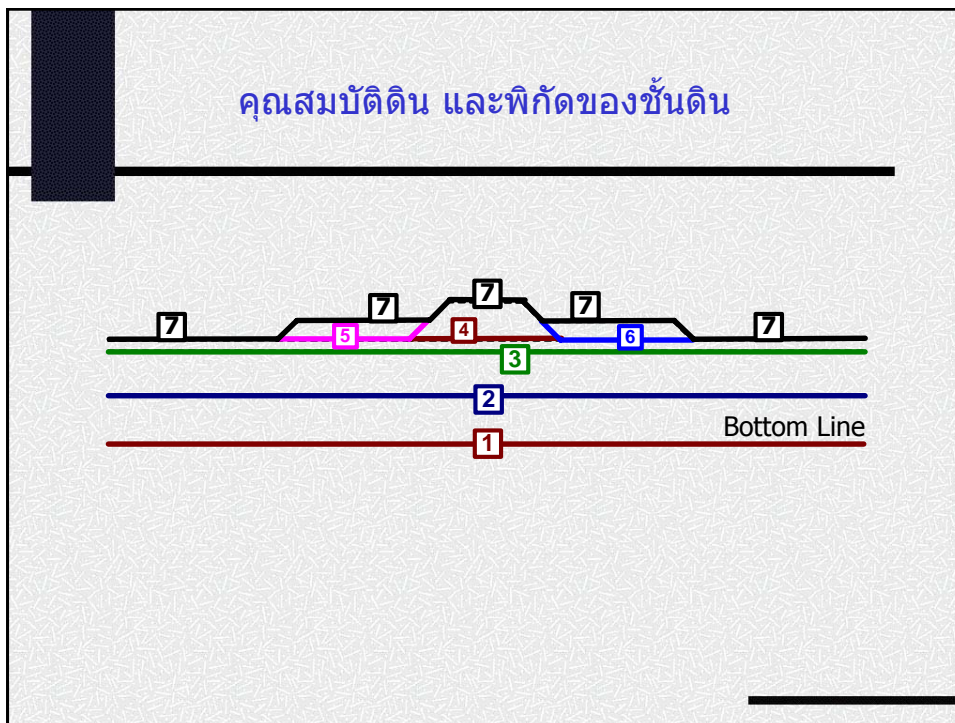
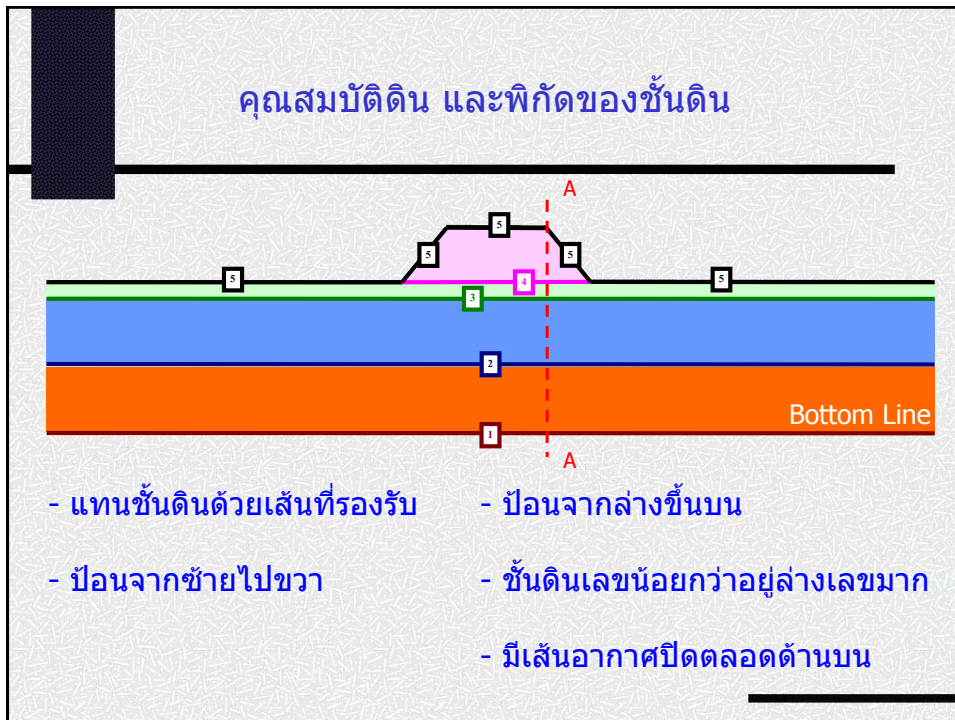
การกำหนดค่าเริ่มต้นของการใช้โปรแกรม



การกำหนดค่าเริ่มต้นของการใช้โปรแกรม







การป้อนข้อมูลชั้นดินล่างสุด

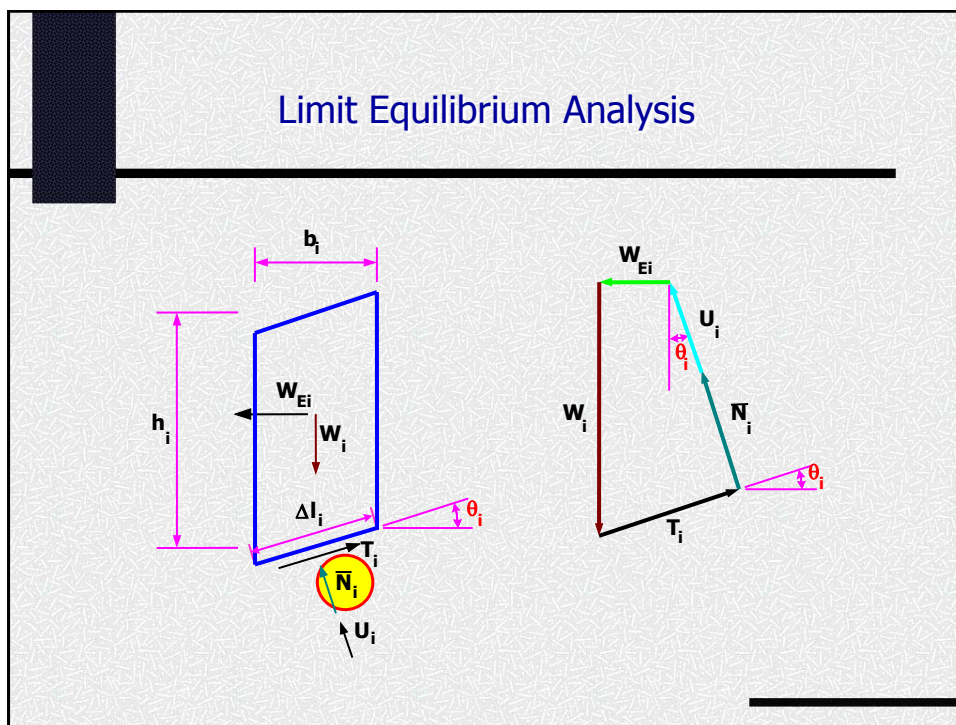
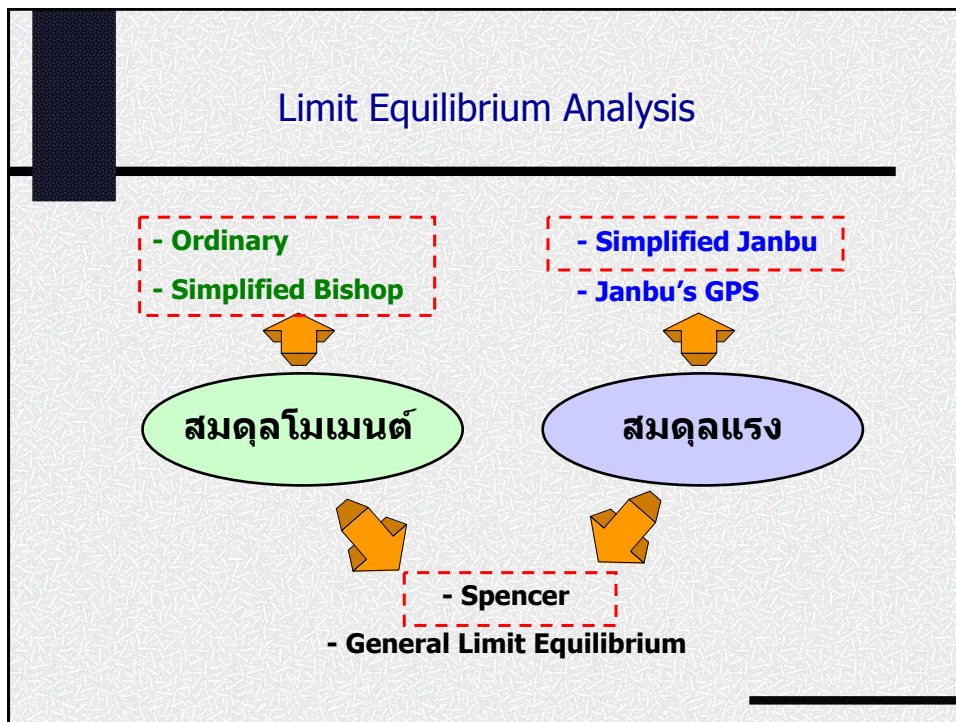
1. Bottom Line No.

2. Specific Bottom Line

เลือกทฤษฎี วิธีการวิเคราะห์ และวิธีการค้นหา ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย

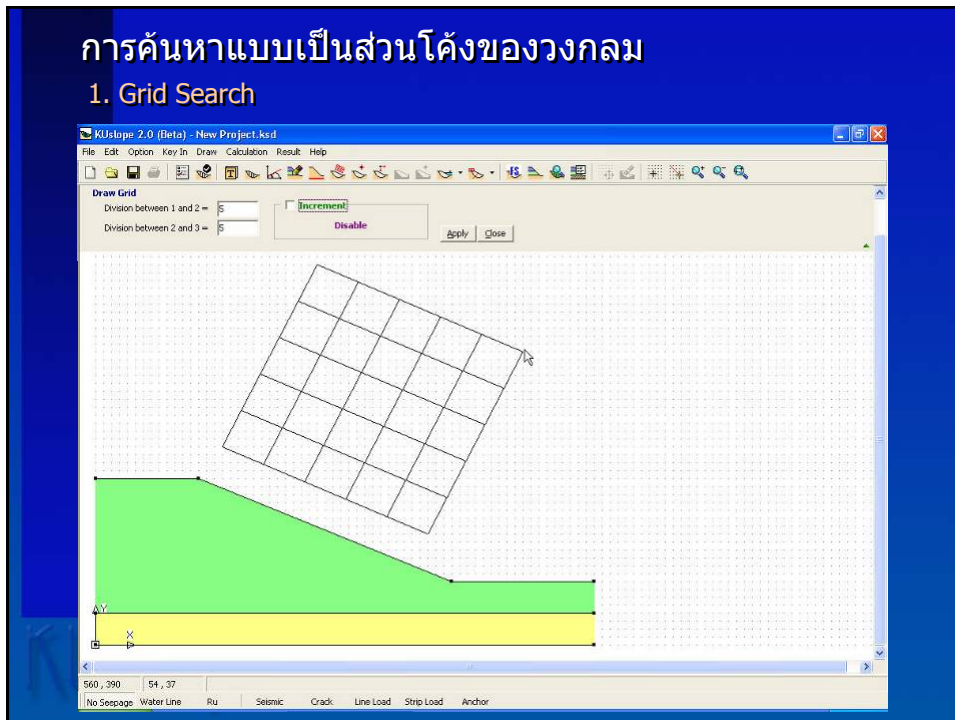
Circular Search

Non-Circular Search

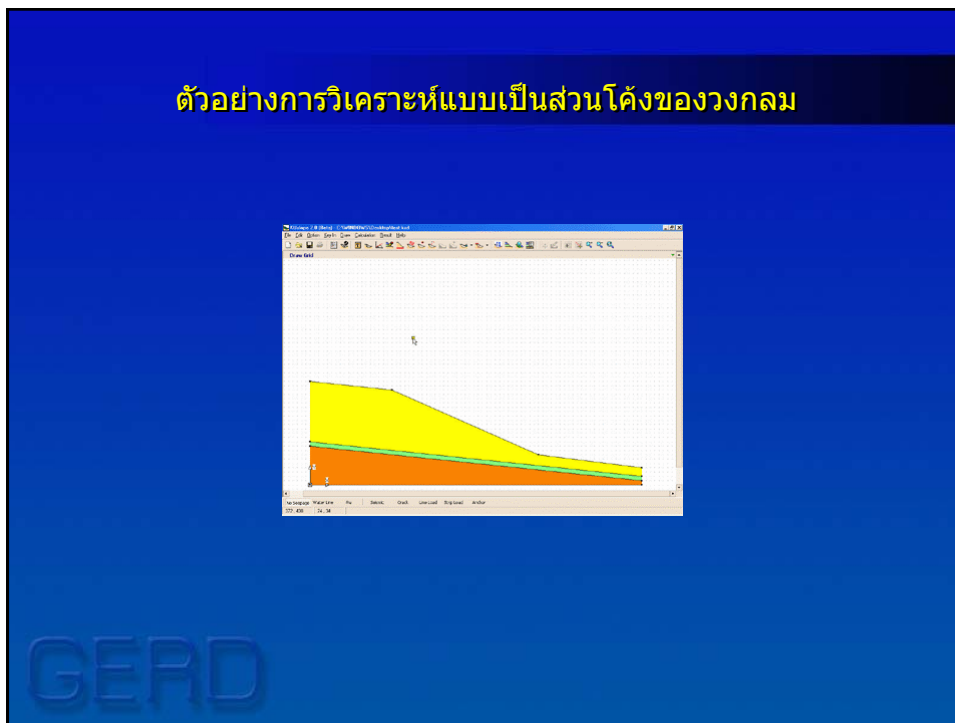


การค้นหาแบบเป็นส่วนโค้งของวงกลม

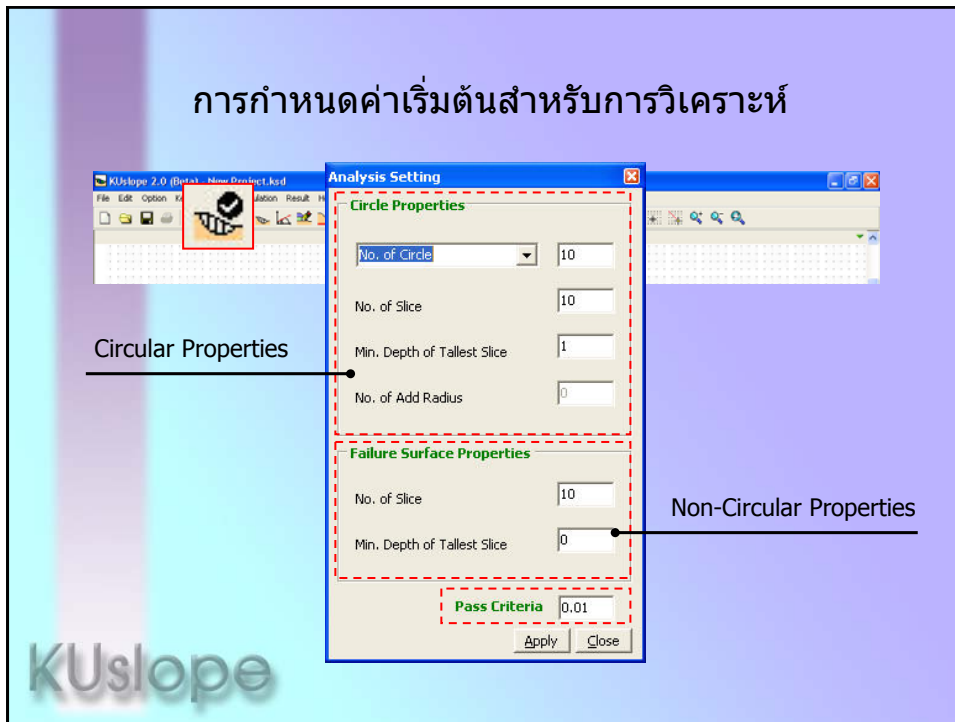
1. Grid Search



ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบเป็นส่วนโค้งของวงกลม

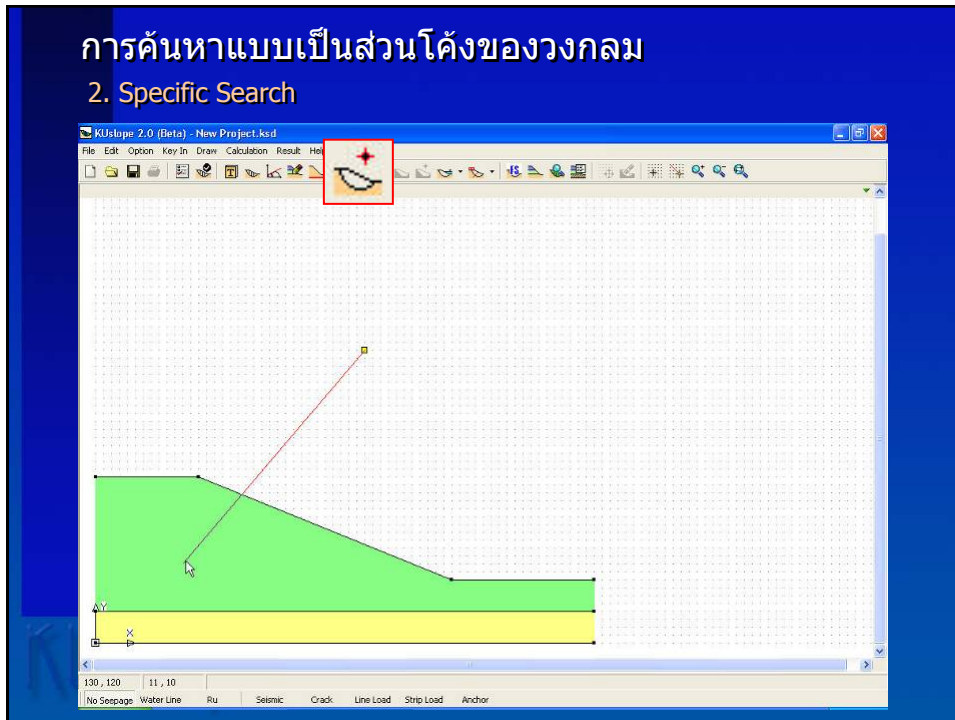


การกำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับการวิเคราะห์



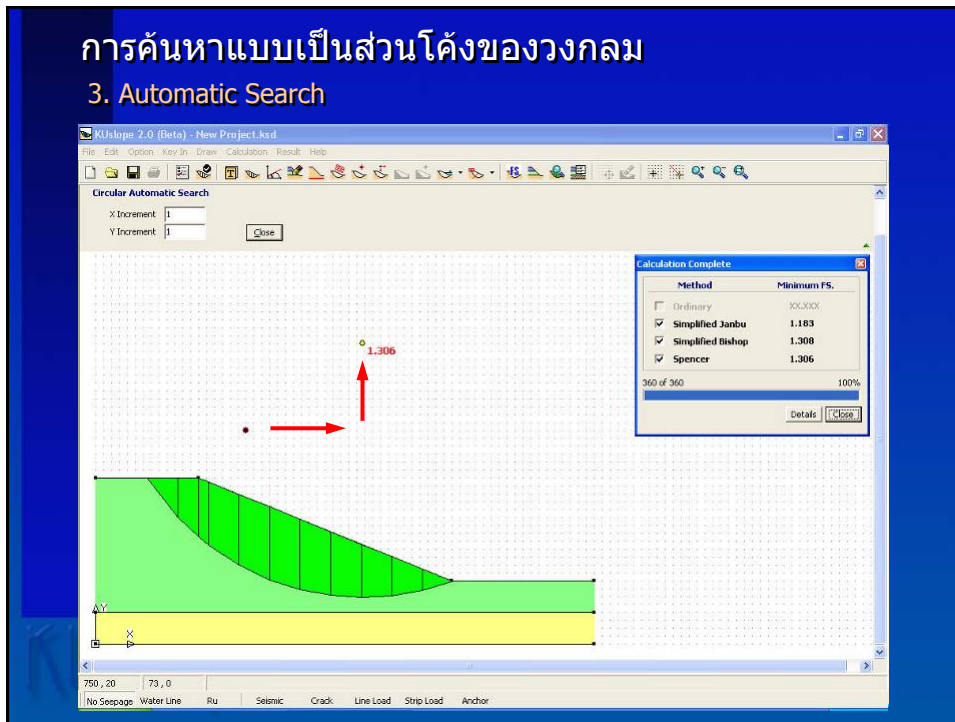
การค้นหาแบบเป็นส่วนโค้งของวงกลม

2. Specific Search

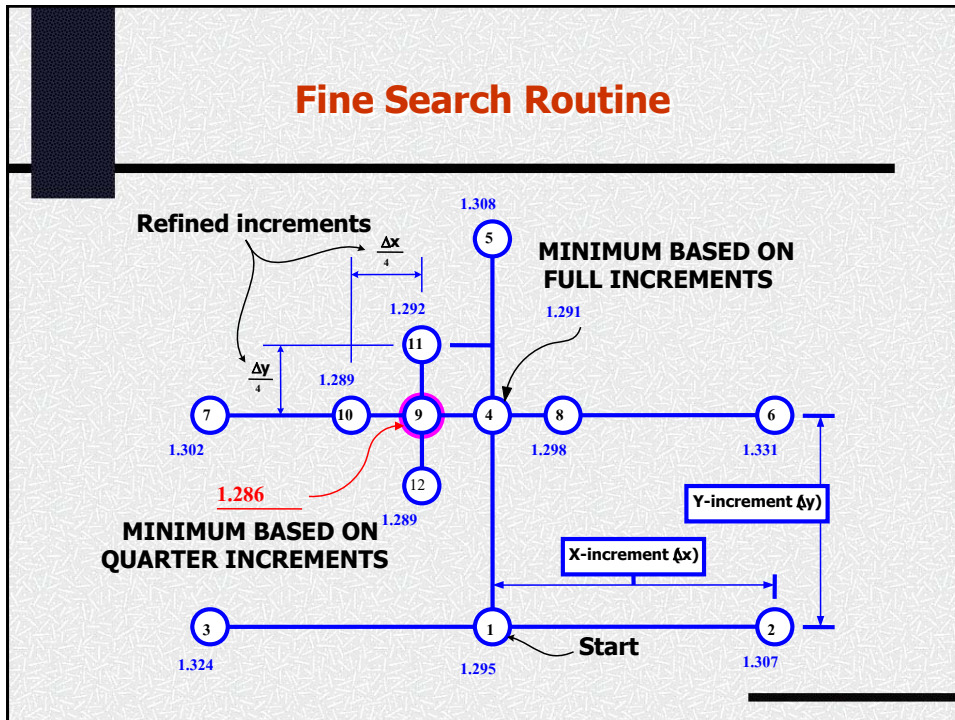


การค้นหาแบบเป็นส่วนโค้งของวงกลม

3. Automatic Search



Fine Search Routine



การคำนวณ

Calculation Complete

Method	Minimum FS.
<input type="checkbox"/> Ordinary	XX.XXX
<input checked="" type="checkbox"/> Simplified Janbu	1.181
<input checked="" type="checkbox"/> Simplified Bishop	1.32
<input checked="" type="checkbox"/> Spencer	1.318

360 of 360 100%

Factor of Safety

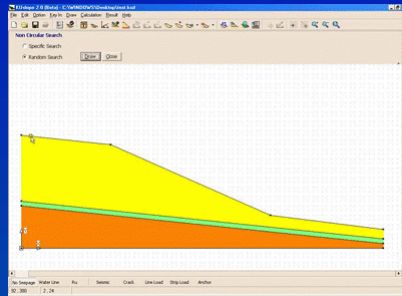
No.	X Center	Y Center	Radius	FS. Ord
1	16	24	16.28	2.455
2	16	24	15.04	2.503
3	16	24	13.8	2.562
4	16	24	12.57	2.634
5	16	24	11.33	2.727
6	16	24	10.09	2.852
7	16	24	8.86	3.031
8	16	24	7.62	3.32
9	16	24	6.38	3.871
10	16	24	5.15	5.469
11	21.8	21.6	21.6	2.891

การค้นหาแบบไม่เป็นส่วนโค้งของวงกลม

Non Circular Axis

Automatic Center Close

ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบไม่เป็นส่วนโค้งของวงกลม

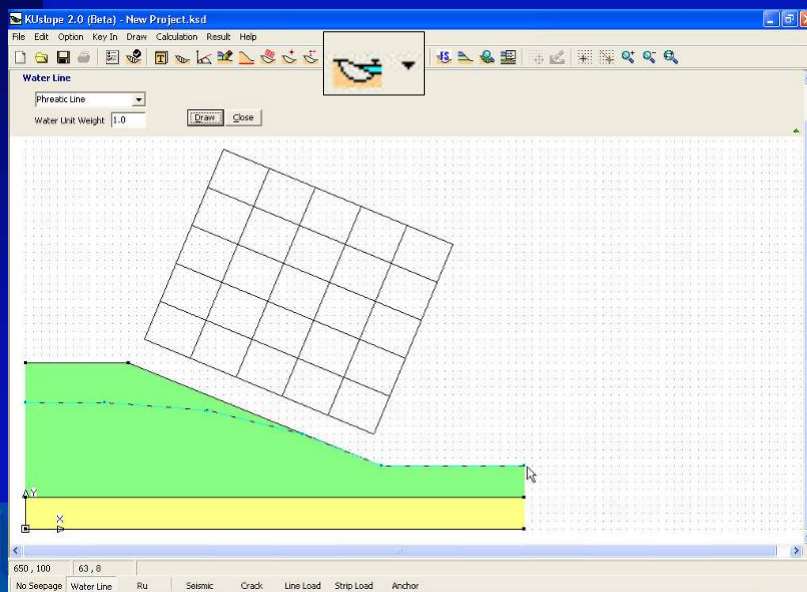


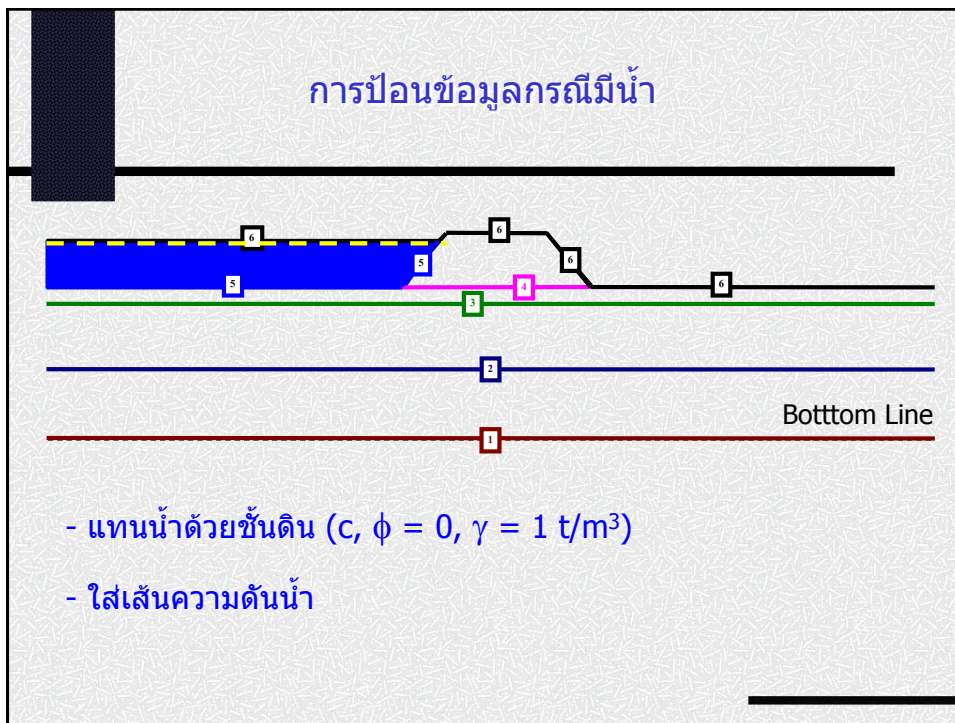
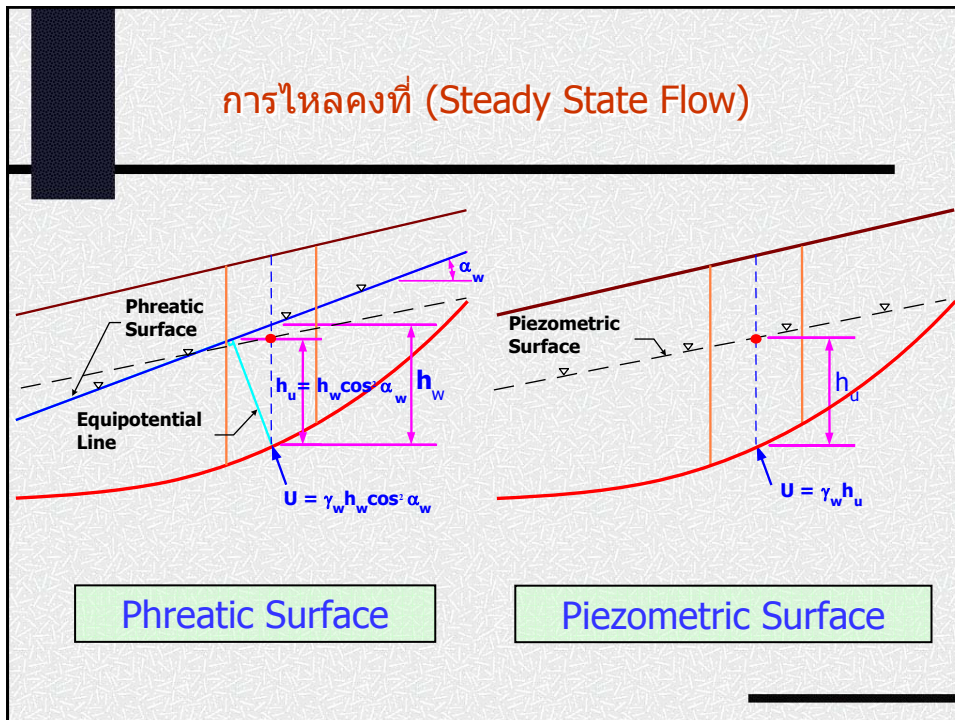
GERD



การวิเคราะห์โดยพิจารณาผลกระทบของน้ำ

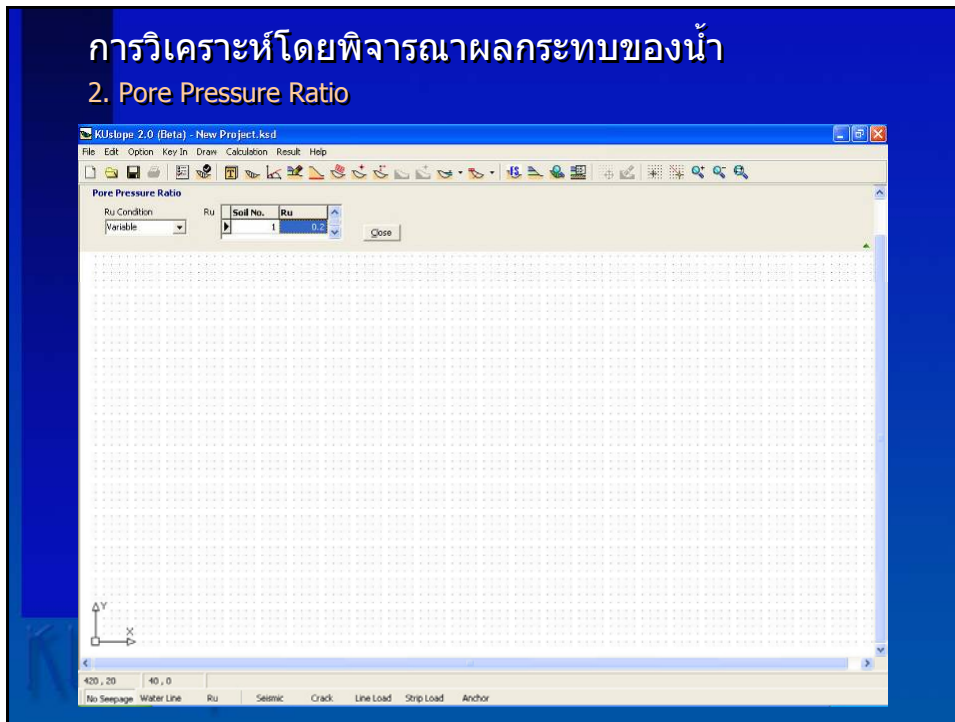
1. Water Line





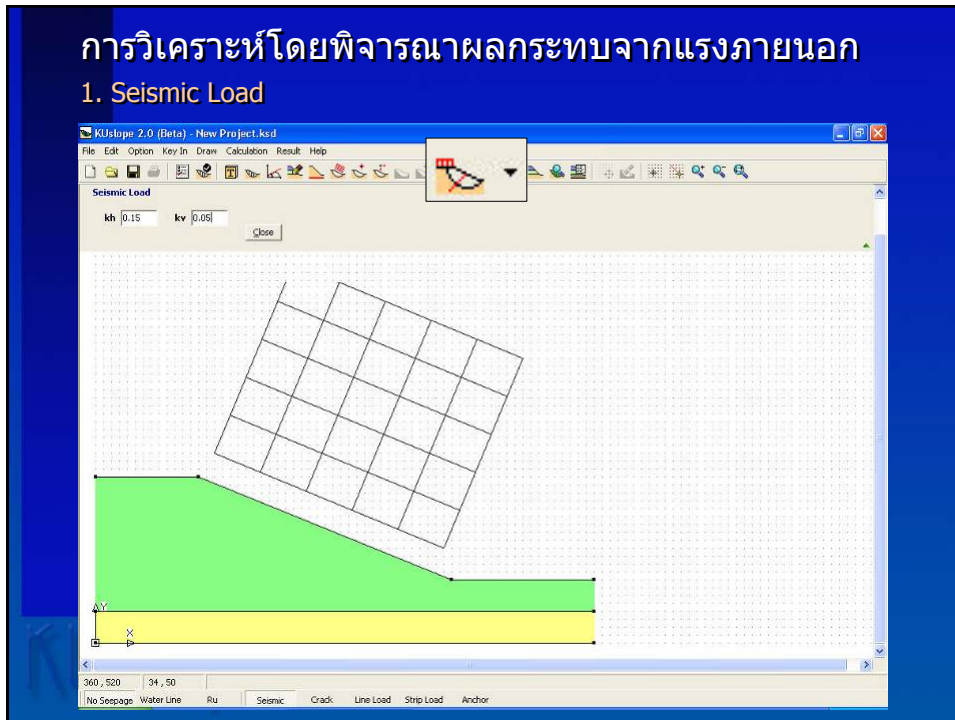
การวิเคราะห์โดยพิจารณาผลกระทบของน้ำ

2. Pore Pressure Ratio

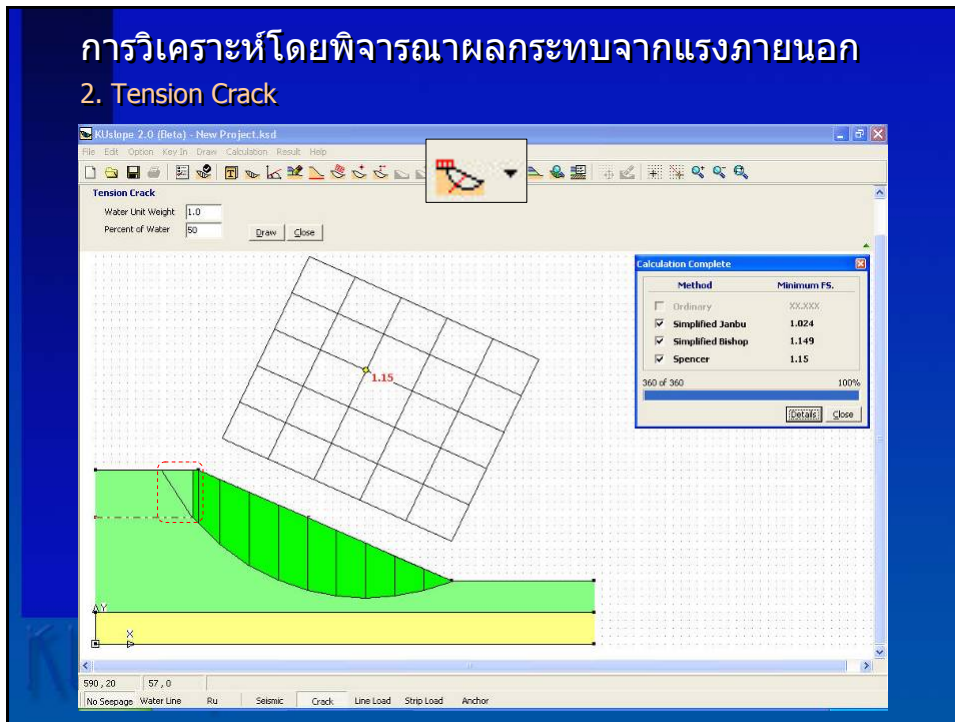


การวิเคราะห์โดยพิจารณาผลกระทบจากแรงภายนอก

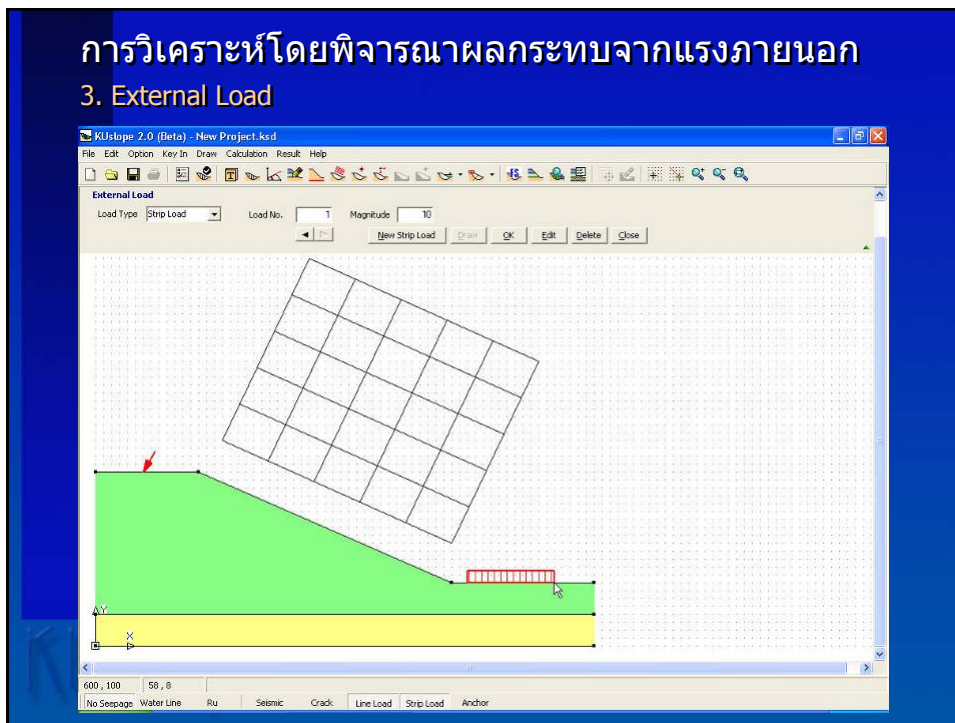
1. Seismic Load



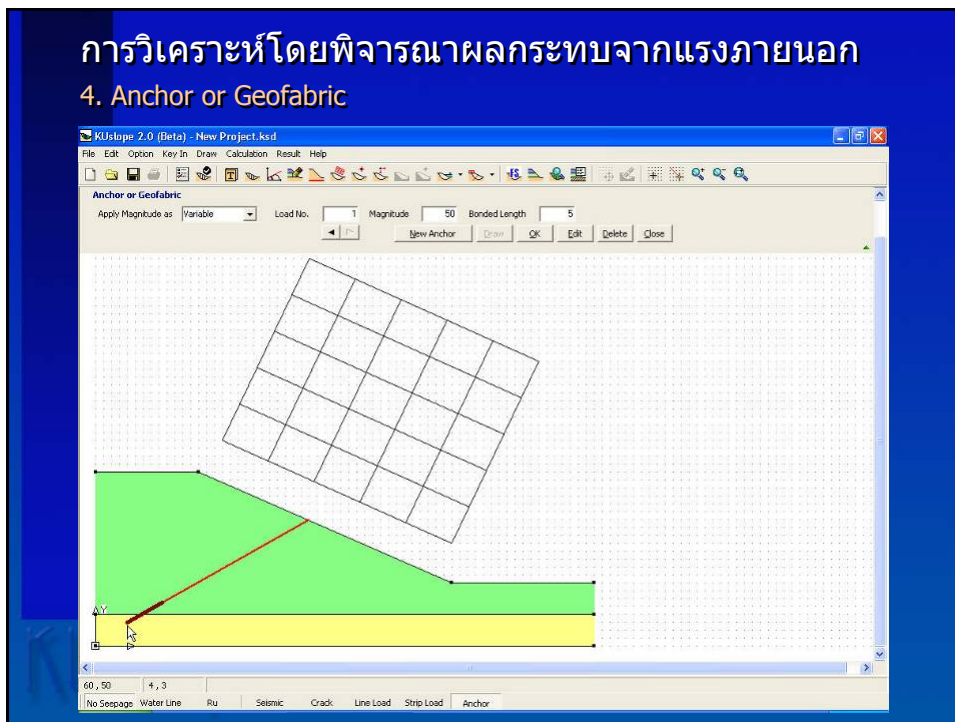
การวิเคราะห์โดยพิจารณาผลกระทบจากแรงภายนอก 2. Tension Crack



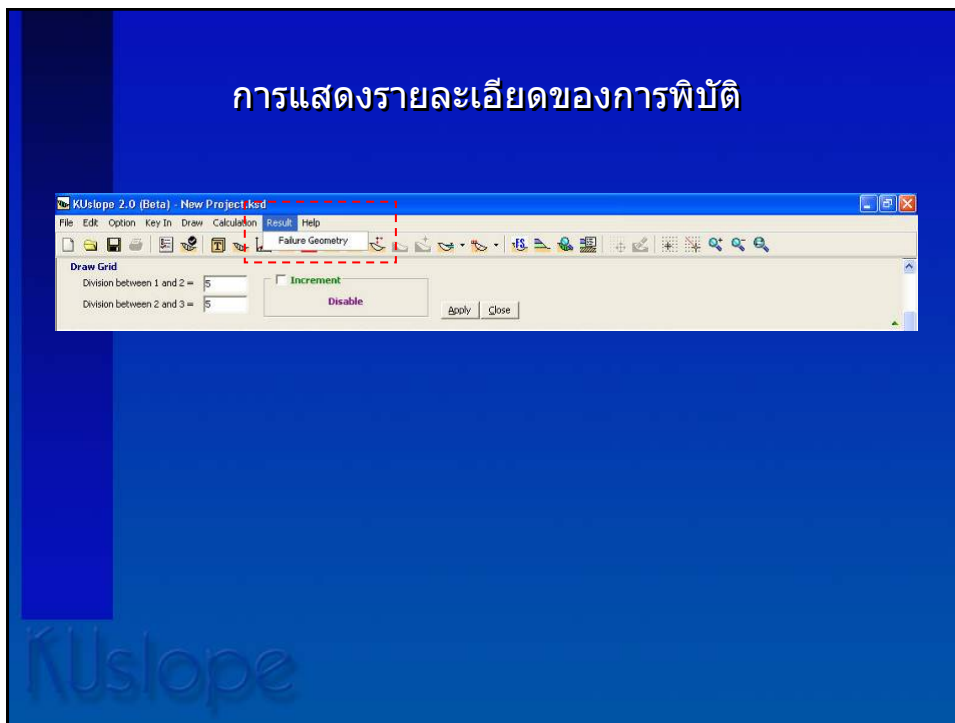
การวิเคราะห์โดยพิจารณาผลกระทบจากแรงภายนอก 3. External Load



การวิเคราะห์โดยพิจารณาผลกระทบจากแรงภายนอก 4. Anchor or Geofabric



การแสดงผลละเอียดของการพิบัติ



แสดงรายละเอียดของ Failure Surface

Safety Factor

X, Y, R, Area

Failure Geometry

Safety Factor

- Ordinary : N/A
- Simp. Janbu : 1.1831
- Simp. Bishop : 1.311
- Spencer : 1.3096

X Center : 34.6

Y Center : 38.4

Radius : 32.7401

Failure Area : 243.9667

Failure Surface Coordinate

No	Coor_X	Coor_Y
1	6.8664	21
2	10.8553	15.8589
3	13	13.9411
4	14.8442	12.2921
5	18.8331	9.7065
6	22.822	7.8518
7	26.8109	6.5999
8	30.7998	5.8812
9	34.7887	5.6604
10	38.7776	5.9275
11	42.7665	6.6948
12	45	7.4256

Failure Surface Coordinate

การพิมพ์ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

File Edit Option Key-In Draw Calculation Report

- New Ctrl+N
- Open Ctrl+O
- Save Ctrl+S
- Save As...
- Print Data
- Exit

GERD

KUSlope Version 2.0

File Name : Nomon.Best.Best View : 10/15/11 Date : 20/7/20

Project : test

Location : Nomon Water

Structure : Canal

SOIL PROPERTIES

Soil No.	Cohesion	Fric. Angle	Unit Weight
1	5.000	20.000	2.000
2	3.000	10.000	2.000
3	3.000	0.000	2.000
4	3.000	0.000	2.000

GEOMETRY

Line No.	Points No.	X Coord.	Y Coord.
1	2	68.000	3.000
2	2	68.000	19.000
3	1	38.000	25.000
3	3	68.000	23.000
4	1	0.000	39.000
4	3	28.000	39.000
4	3	38.000	29.000
4	4	68.000	29.000

BOTTOM LINE

No. of Bottom Line = 1
Line No. = 1 Beg No. = 1 End No. = 2

SEEPAGE CONDITION : No Seepage

LOAD EFFECT

Surfact
Hx = 0.000 H_y = 0.000

SEARCH CONDITION

Fixing Criteria = 0.01000

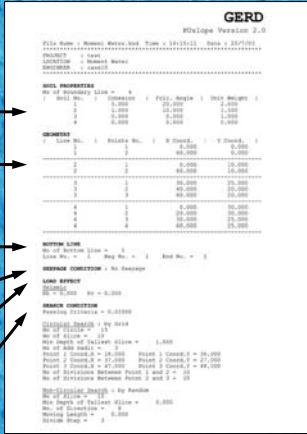
Circular Search : by R14
No. of Circle = 15
No. of Slice = 10
min. depth of Failure Slice = 1.000
No. of Add Radial = 3
Point 1 Coord.X = 18.000 Point 1 Coord.Y = 36.000
Point 2 Coord.X = 37.000 Point 2 Coord.Y = 29.000
Point 3 Coord.X = 47.000 Point 3 Coord.Y = 48.000
No. of Divisions Between Point 1 and 2 = 10
No. of Divisions Between Point 2 and 3 = 10

Non-Circular Search : by Random
No. of Slice = 10
Min. depth of Failure Slice = 0.000
No. of Expectation = 8
Sorting Length = 8
Divide Step = 3

ลักษณะการแสดงผลของโปรแกรม KUslope 2.0

1. ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

2. ลักษณะหน้าตัดที่วิเคราะห์



Soil Properties →

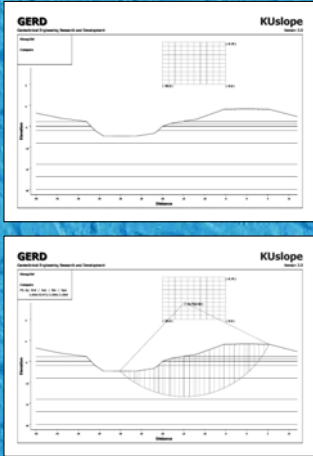
Geometry →

Bottom Line →

Seepage Condition →


Load Effect →

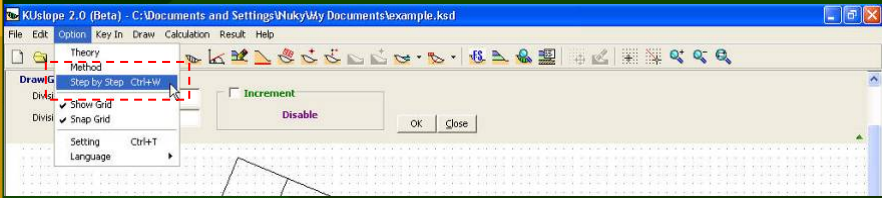
Search Condition →



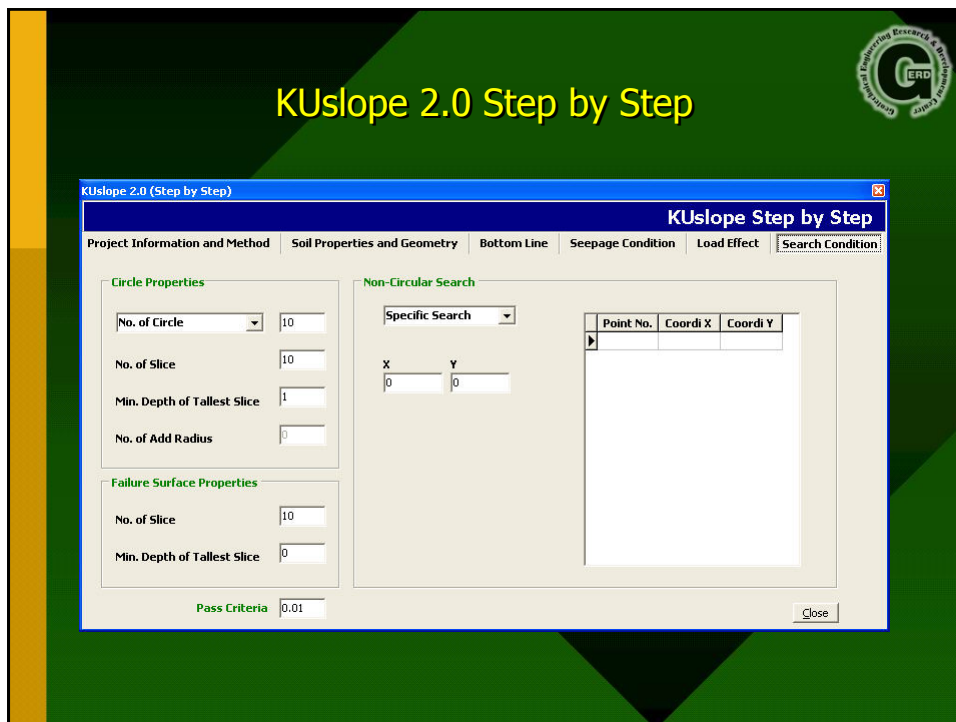
© 2008 KUSlope

การใช้งานตัวช่วยป้อนข้อมูล (KUslope Step by Step)





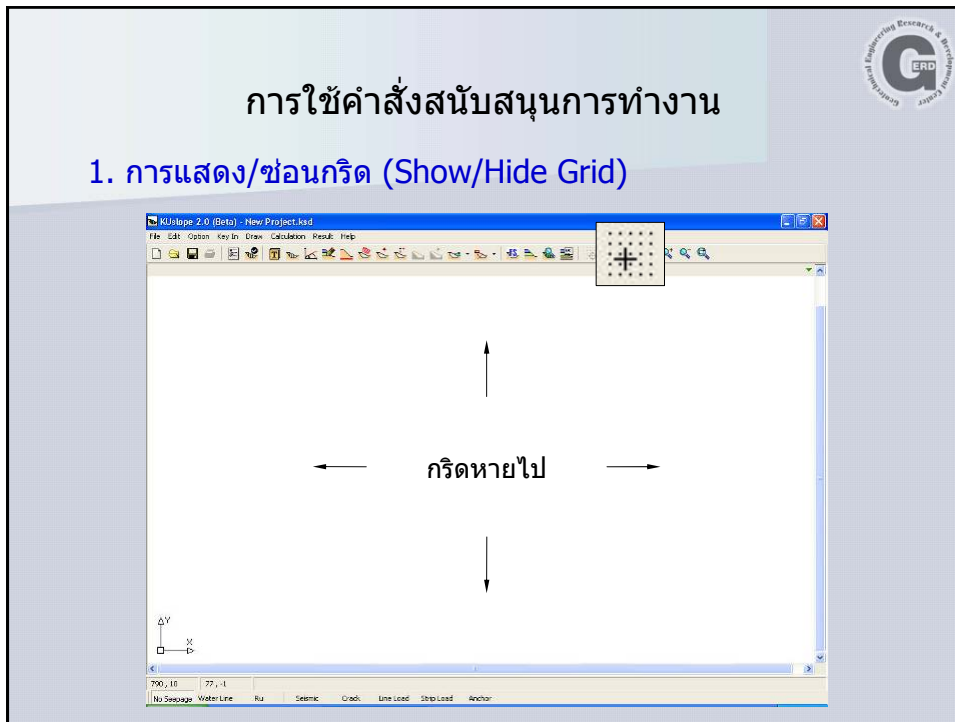
The screenshot shows the KUslope 2.0 (Beta) software interface. The 'DrawIG' menu is open, and the 'Step by Step' option is highlighted. Other options include 'Theory Method', 'Show Grid', 'Snap Grid', 'Setting', and 'Language'. A dialog box titled 'Increment' is also visible, with a 'Disable' button and 'OK'/'Close' options.





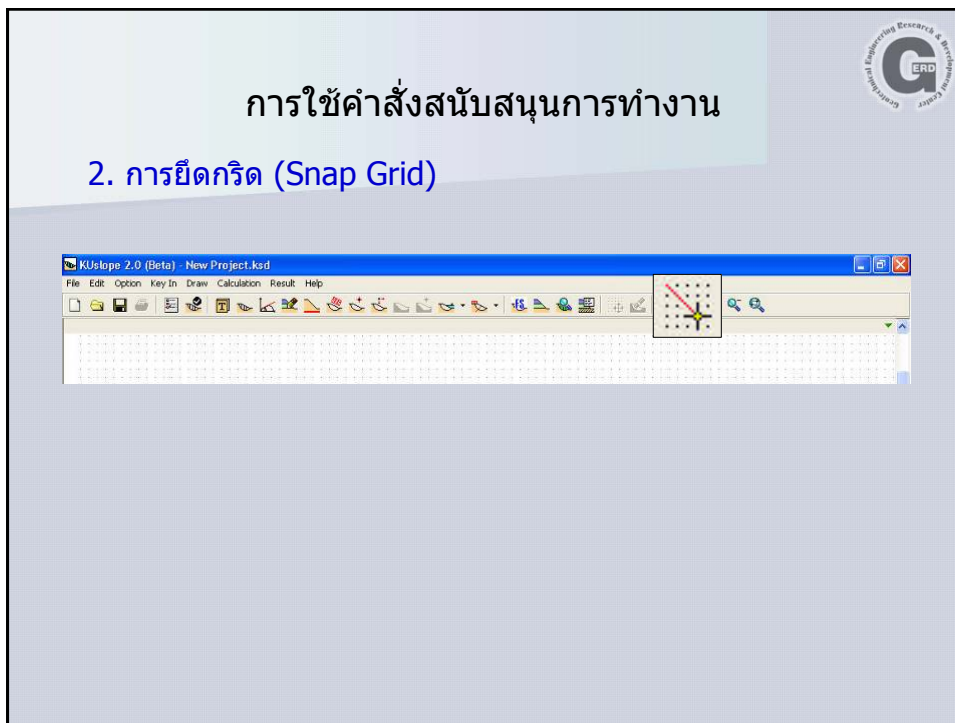
การใช้คำสั่งสนับสนุนการทำงาน

1. การแสดง/ซ่อนกริด (Show/Hide Grid)



การใช้คำสั่งสนับสนุนการทำงาน

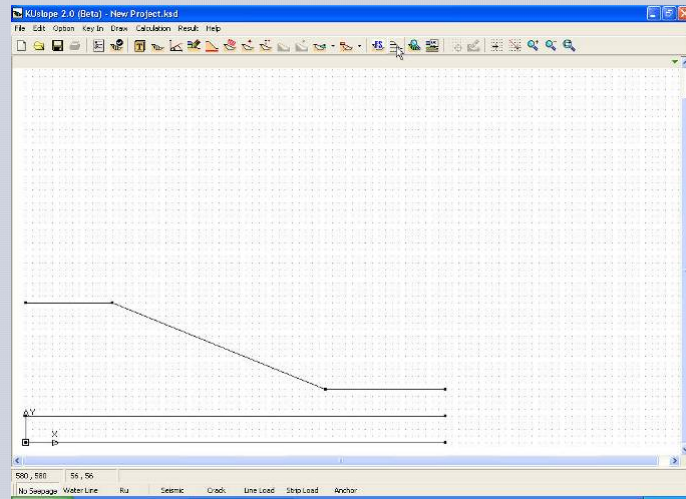
2. การยึดกริด (Snap Grid)





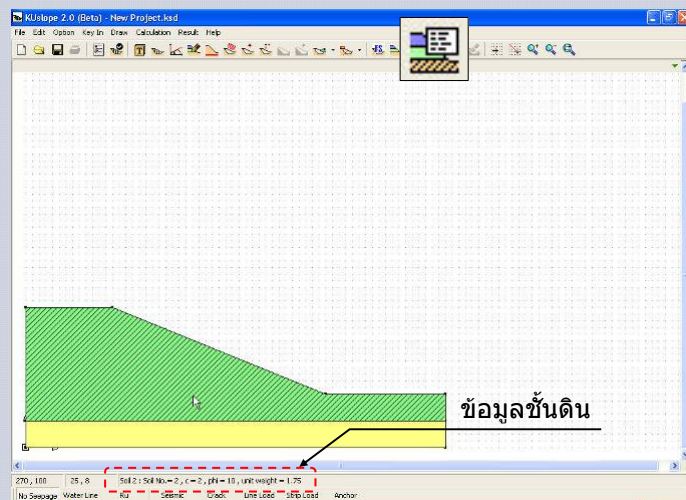
การใช้คำสั่งสนับสนุนการทำงาน

3. การแสดงสีชั้นดิน (Show Soil Color)



การใช้คำสั่งสนับสนุนการทำงาน

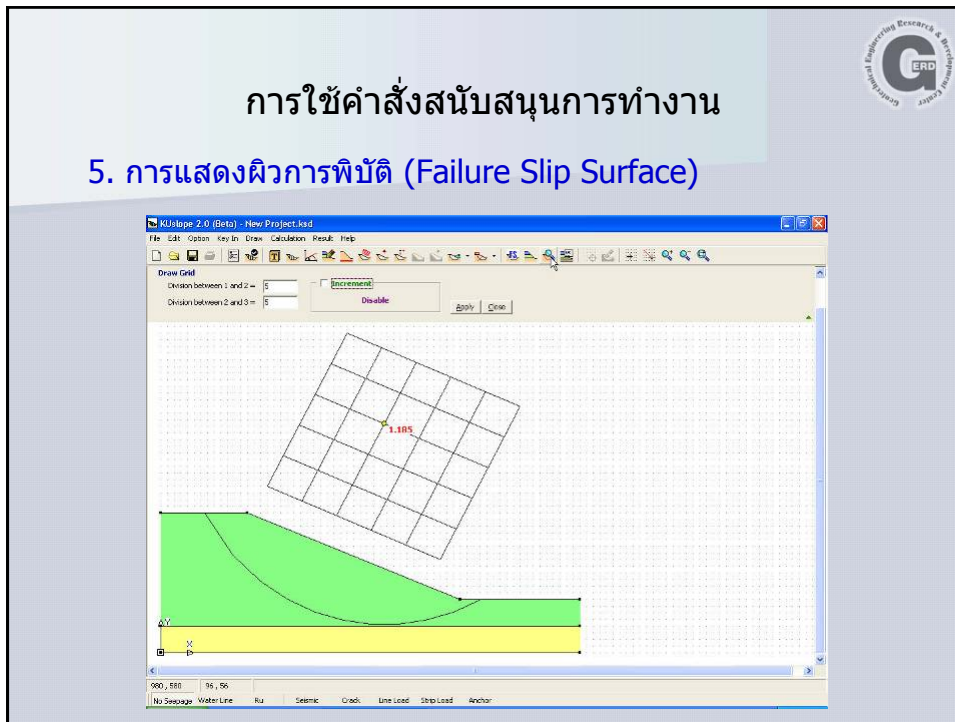
4. การแสดงข้อมูลรายละเอียดชั้นดิน (Show Soil Properties)





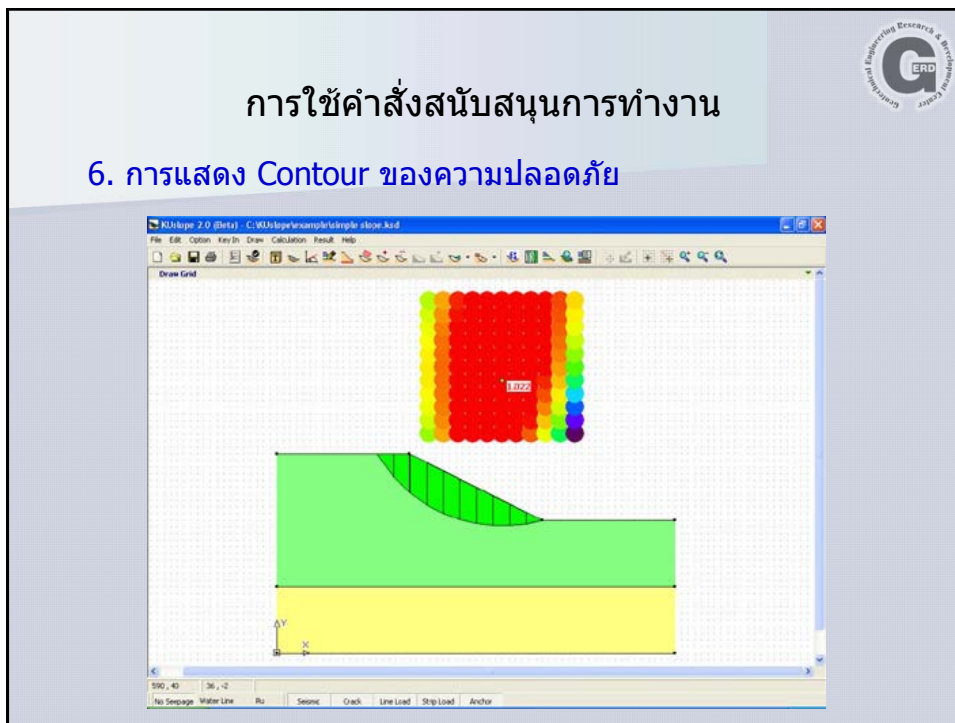
การใช้คำสั่งสนับสนุนการทำงาน

5. การแสดงผิวการพิบัติ (Failure Slip Surface)



การใช้คำสั่งสนับสนุนการทำงาน

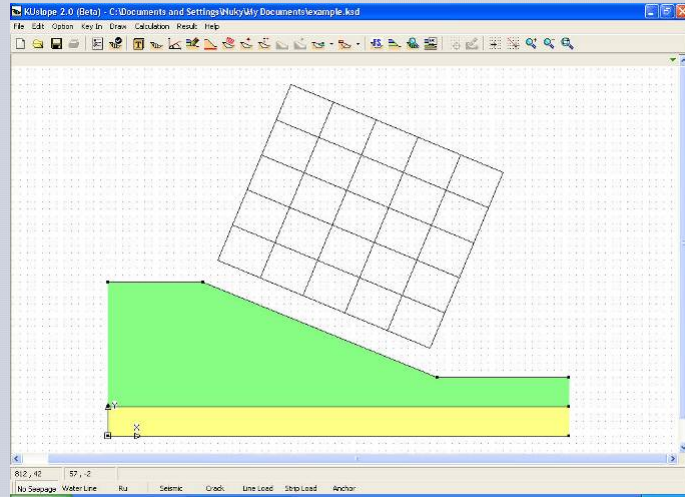
6. การแสดง Contour ของความปลอดภัย





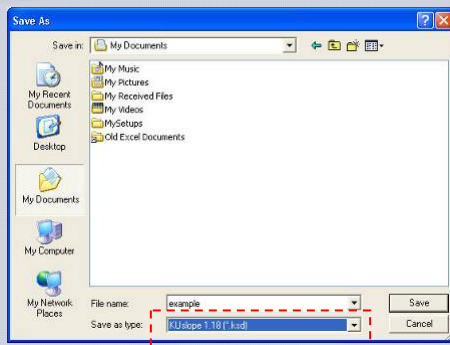
การใช้คำสั่งสนับสนุนการทำงาน

7. การย่อ-ขยายภาพ (Zoom)



การใช้คำสั่งสนับสนุนการทำงาน

8. การนำเข้าและบันทึกข้อมูลระหว่าง KUslope ทั้ง 2 version



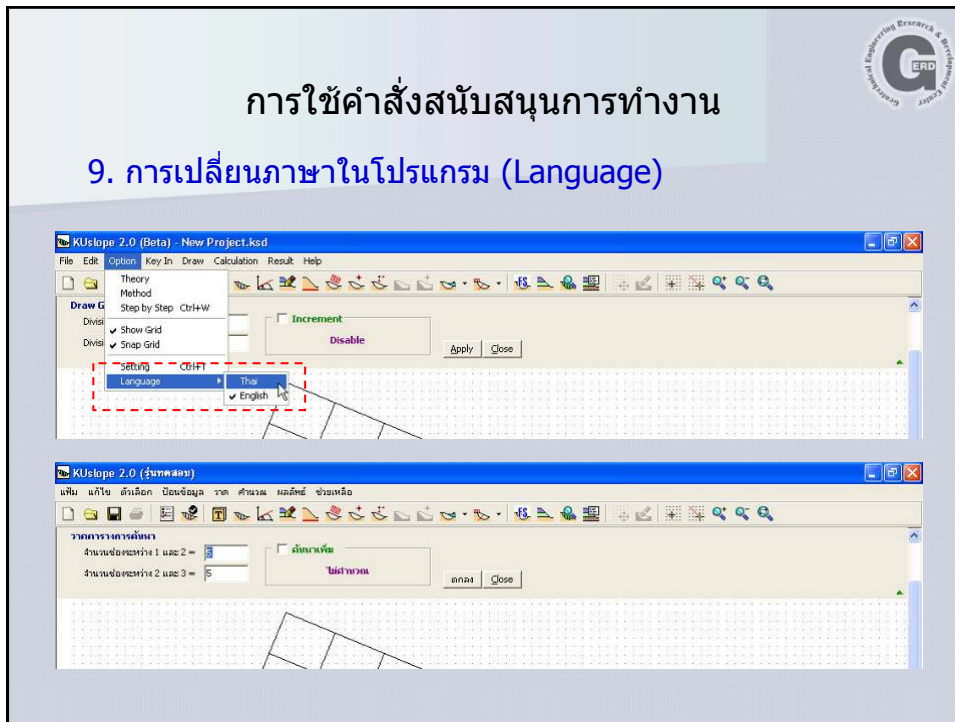
ชื่อไฟล์และตำแหน่งที่บันทึก





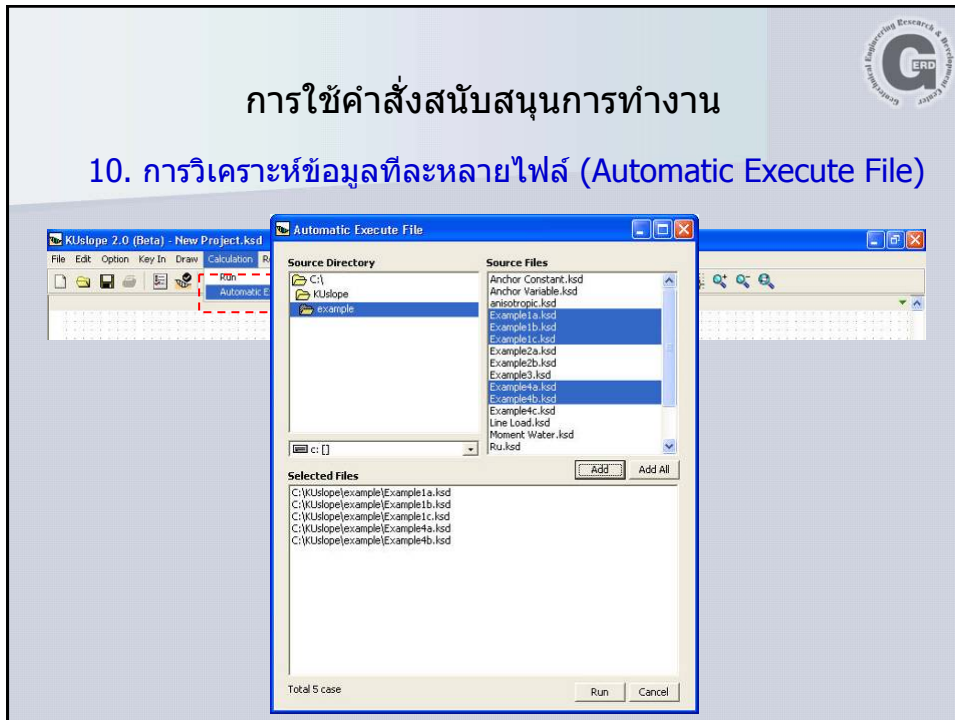
การใช้คำสั่งสนับสนุนการทำงาน

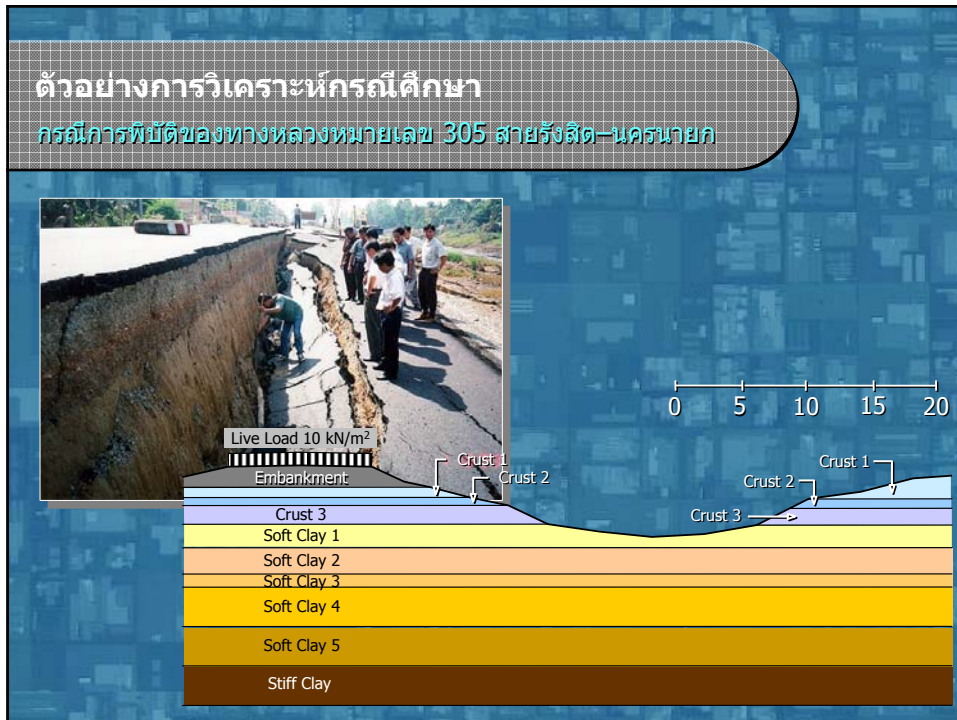
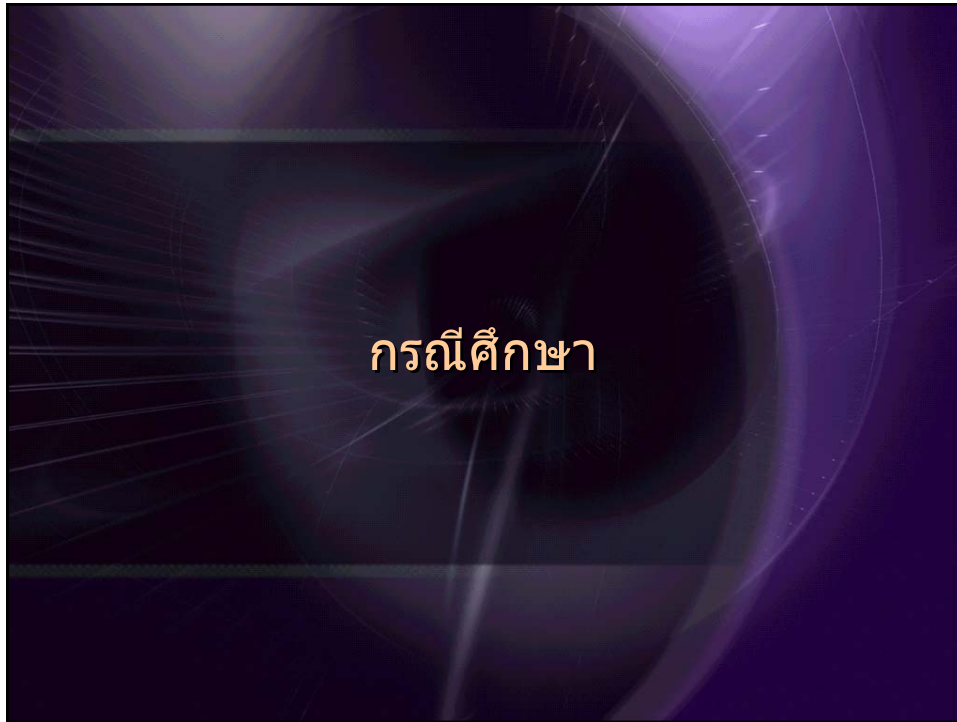
9. การเปลี่ยนภาษาในโปรแกรม (Language)

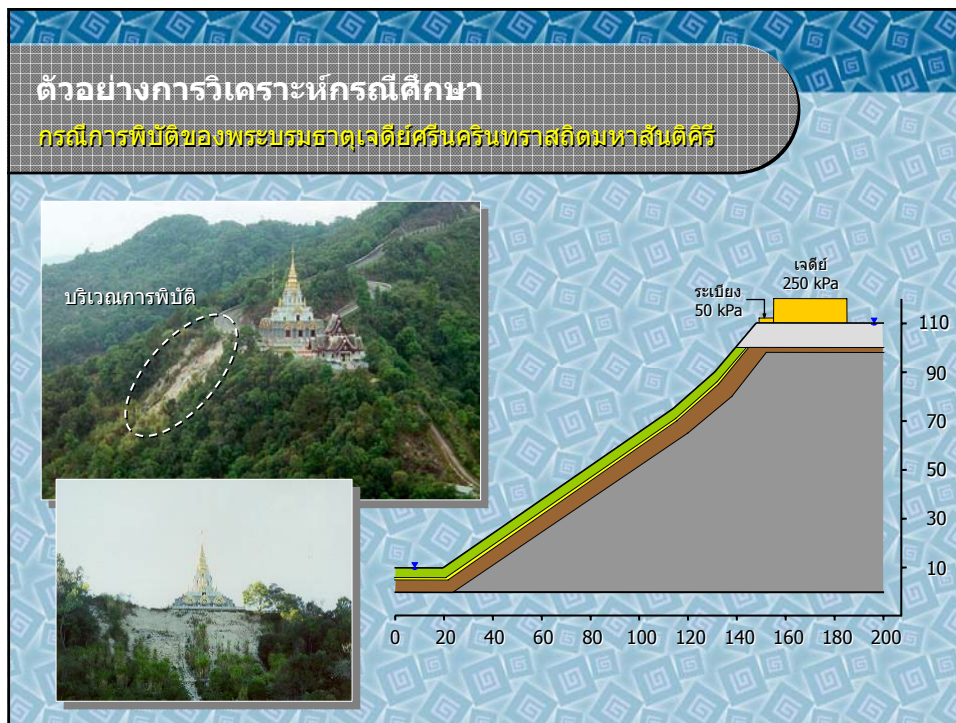
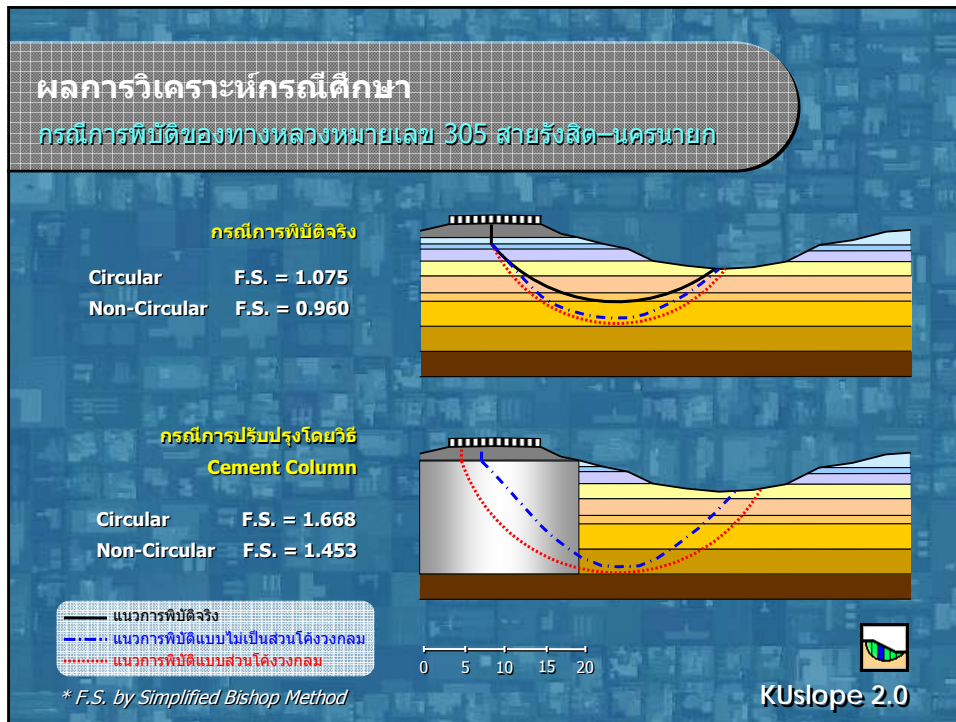


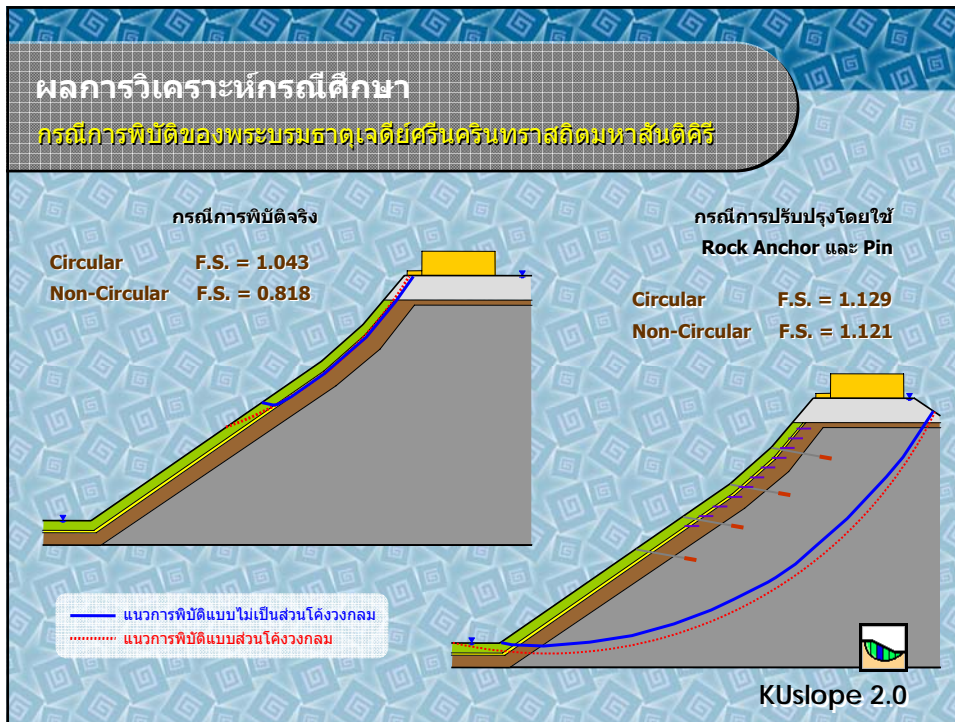
การใช้คำสั่งสนับสนุนการทำงาน

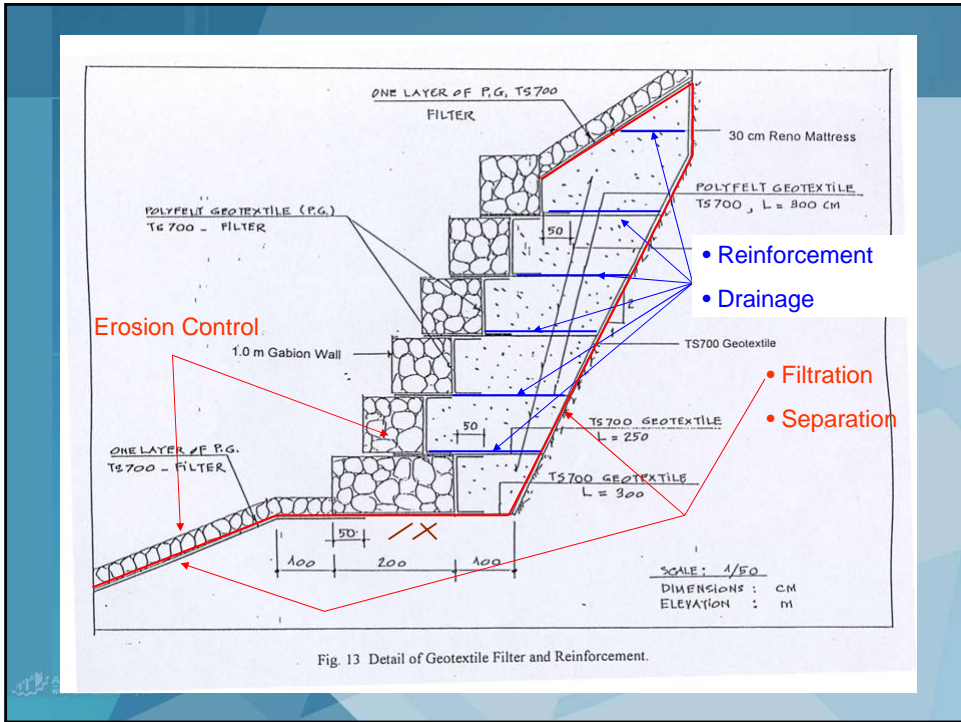
10. การวิเคราะห์ข้อมูลทีละหลายไฟล์ (Automatic Execute File)

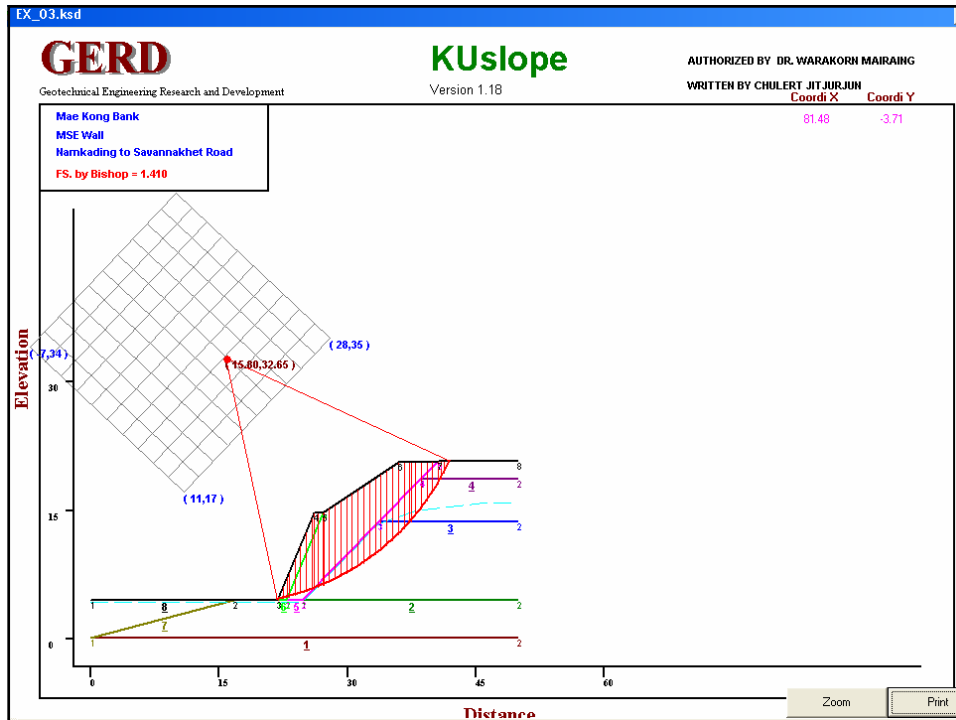
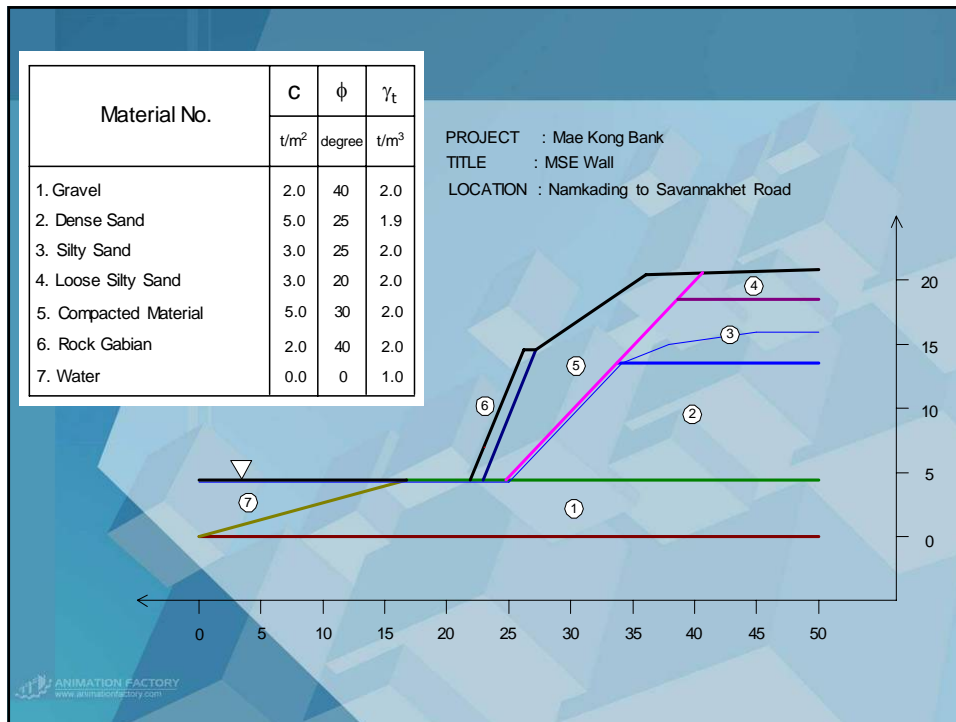


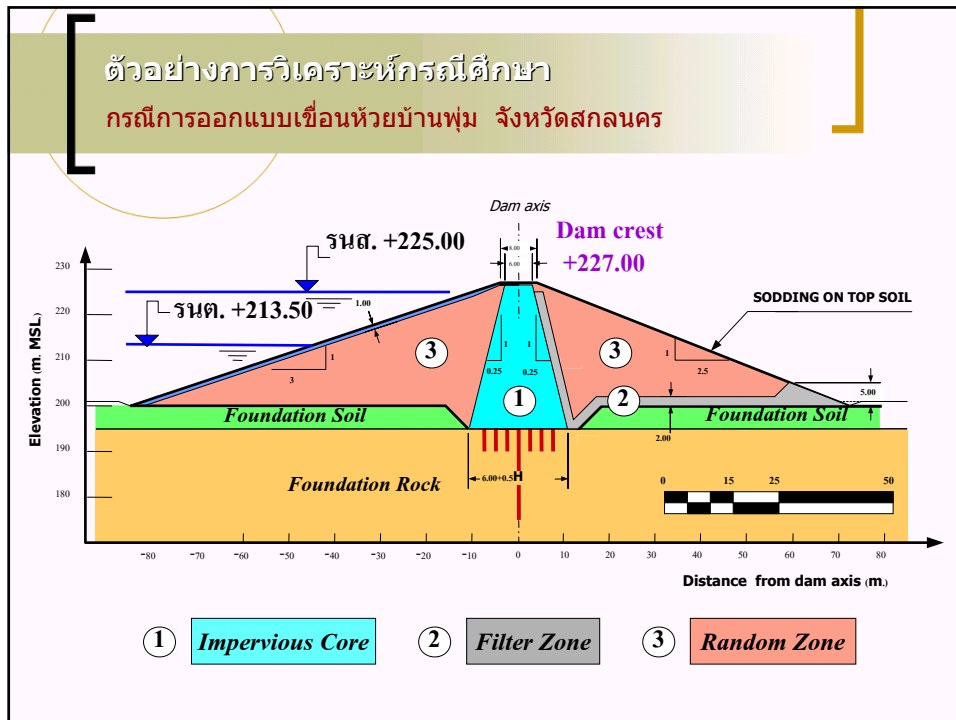






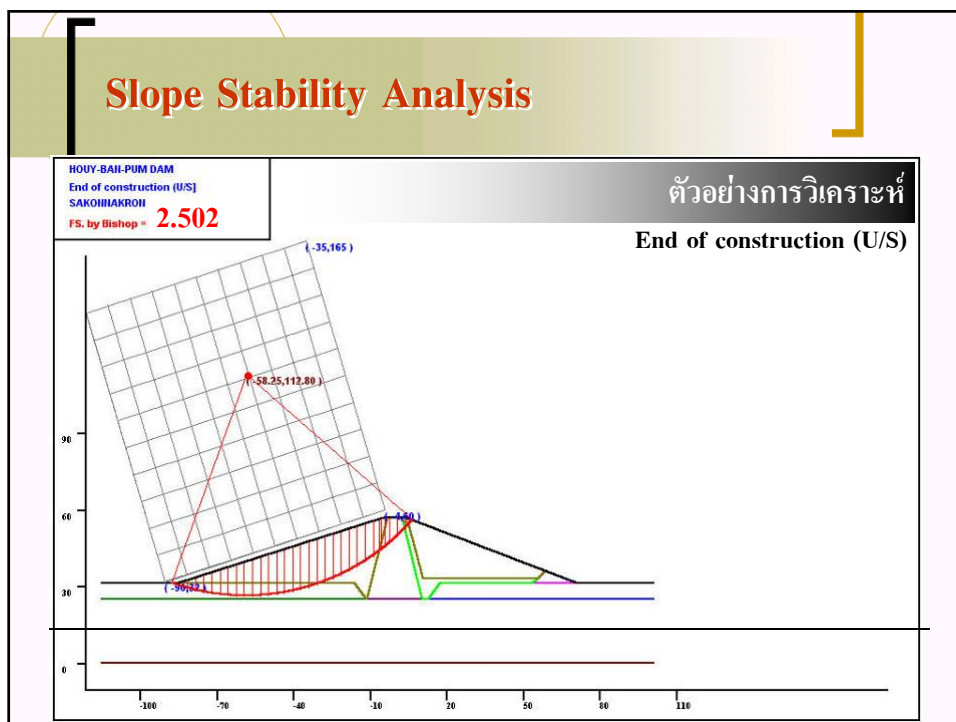
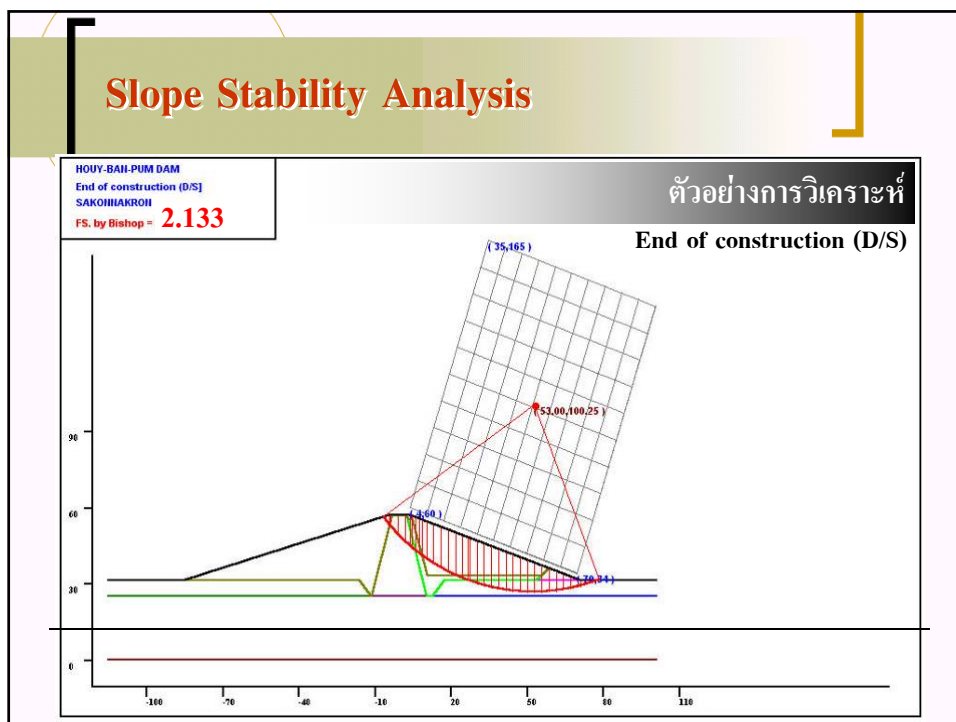


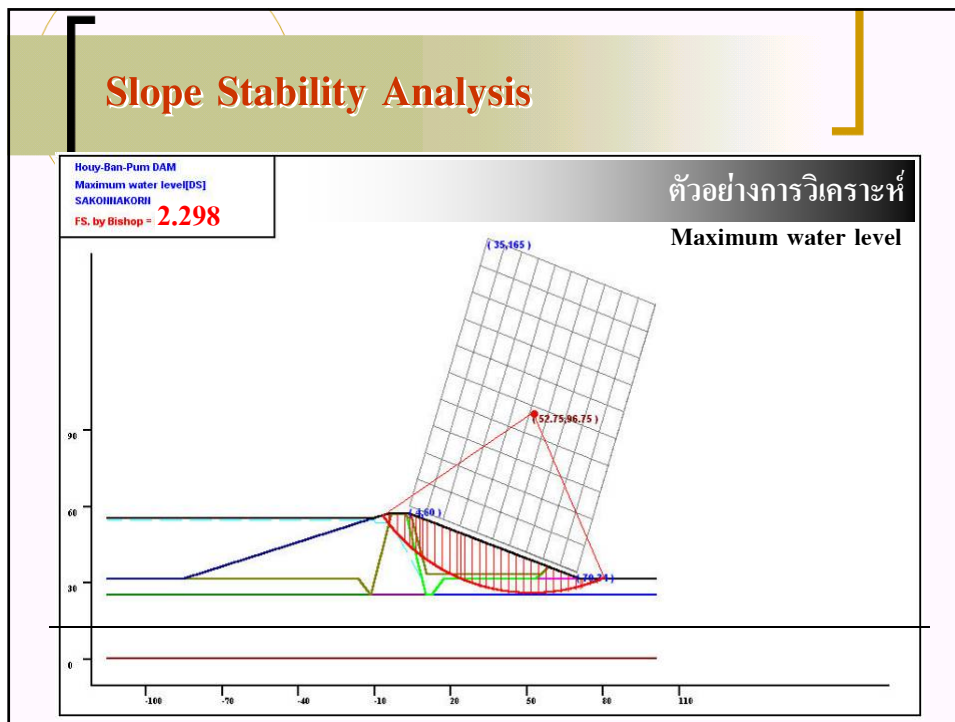




Slope Stability Analysis

Material Properties						
ส่วนของเขื่อน	UU - Test			CU - Test		
	c (t/m ²)	ϕ (deg.)	γ (t/m ³)	c (t/m ²)	ϕ (deg.)	γ (t/m ³)
Rock Foundation	30.0	35	2.20	30.0	35	2.20
Soil Foundation	0.0	30	2.00	0.0	30	2.00
Core Zone	6.0	15	2.10	10.0	21	2.20
Random Zone	6.0	30	2.15	8.0	31	2.20
Filter	0.0	30	2.00	0.0	30	2.00
Rock Toe Drain	0.0	40	2.00	0.0	40	2.00





Slope Stability Analysis

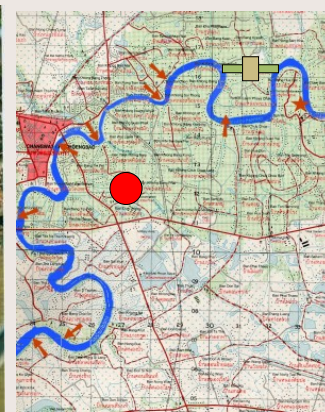
ผลการวิเคราะห์

Case	Condition		Location	Allowable FS	FS	Strength Parameter
	State	Water Level (m.MSL)				
1	End of Construction	-	U/S	1.300	2.502	UU-Test
			D/S	1.300	2.133	UU-Test
			U/S	1.300	1.976	CU-Test & Ru = 0.3
			D/S	1.300	1.634	CU-Test & Ru = 0.3
2	Maximum Water Level	225.0	D/S	1.500	2.298	CU-Test
3	Rapid Drawdown	213.5	U/S	1.300	2.250	CU-Test

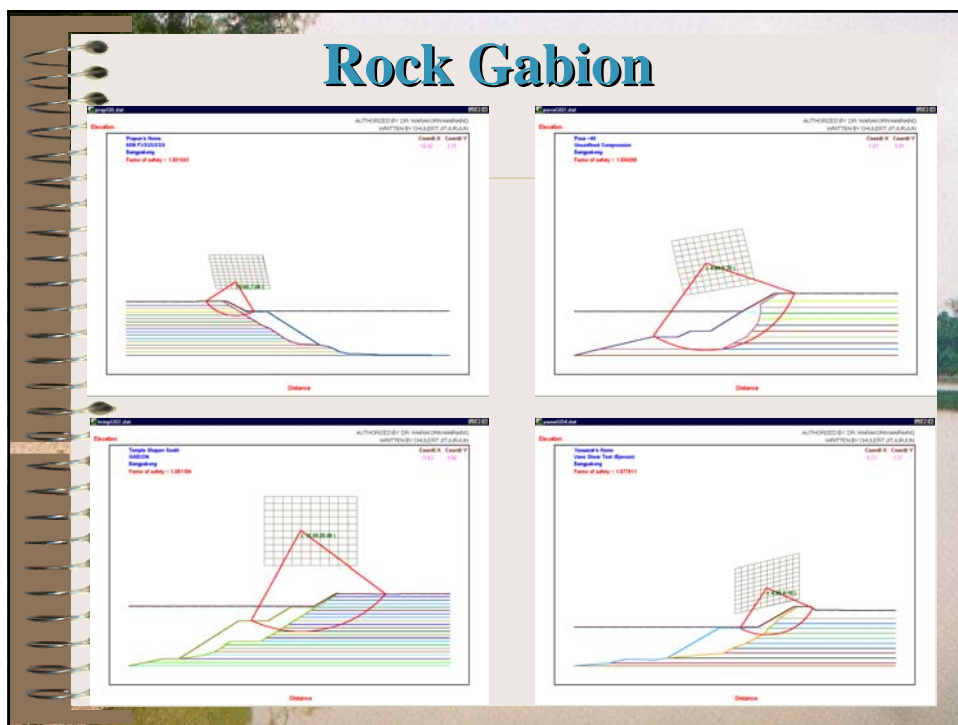
ตัวอย่างการวิเคราะห์กรณีศึกษา กรณีการพังทลายของตลิ่งแม่น้ำบางปะกง



การพังของตลิ่งแม่น้ำบางปะกง



วัดแหลมใต้




 **บทสรุป** SLOPE STABILITY ANALYSIS

- การวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดินมีความจำเป็นในการศึกษา ออกแบบ และควบคุมงานทางวิศวกรรมโยธา ทรัพยากรน้ำ ชลประทาน และสิ่งแวดล้อม ในหลายลักษณะงาน
- การวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดินมีความจำเป็นในการศึกษา ออกแบบ และควบคุมงานทางวิศวกรรม

Conclusion


ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมโลหิตและฐานราก

 **บทสรุป** SLOPE STABILITY ANALYSIS

- การวิเคราะห์ทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับรูปลักษณะการพิบัติ และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสมมติให้เกิดการพิบัติขึ้นก่อน แล้วจึงหาอัตราส่วนปลอดภัย(F.S.)ที่เกิดขึ้น
- การวิเคราะห์ด้วยการคำนวณจากตารางของวิธี Fellenius และ Modified Bishop จะเป็นพื้นฐานของความเข้าใจในการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไป

Conclusion

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมโลหิตและฐานราก

 **บทสรุป** SLOPE STABILITY ANALYSIS

• ปัจจัยที่สำคัญต่อความถูกต้องของการวิเคราะห์ความมั่นคงคือ การเลือกใช้รูปแบบการพิบัติ ความแข็งแรงของวัสดุ ความดันน้ำที่เกี่ยวข้อง และกรณีวิกฤติที่ครอบคลุมให้ครบถ้วน

• KU Slope เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยวิศวกรไทย จากหลักการของวิธี Modified Bishop จึงมีศักยภาพที่จะพัฒนาต่อเนืองให้สอดคล้องกับปัญหาของประเทศไทย

Conclusion
ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมโลหิตและฐานราก

THE END

www.gerd.eng.ku.ac.th


จัดทำโดย ๒๗ อดิษฐ์