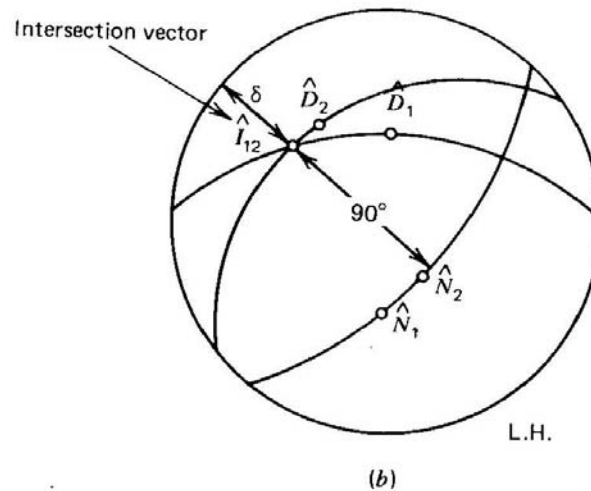
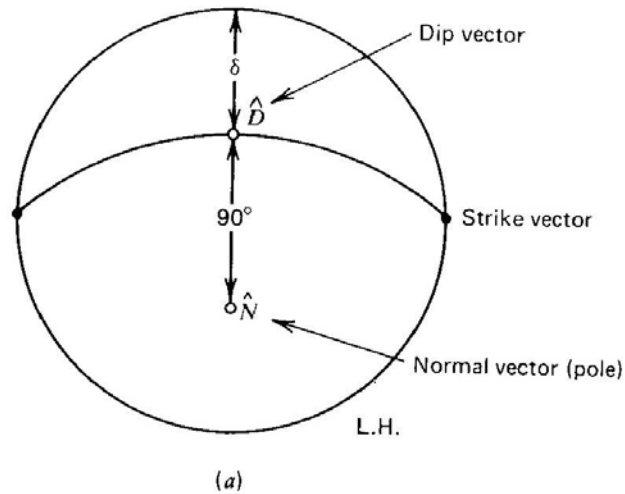
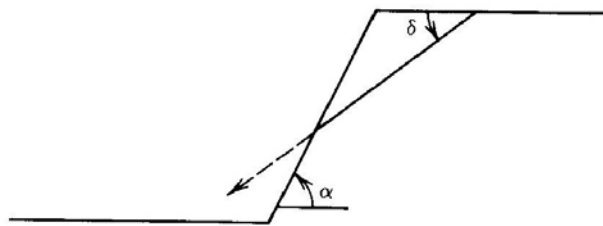


Rock Slope

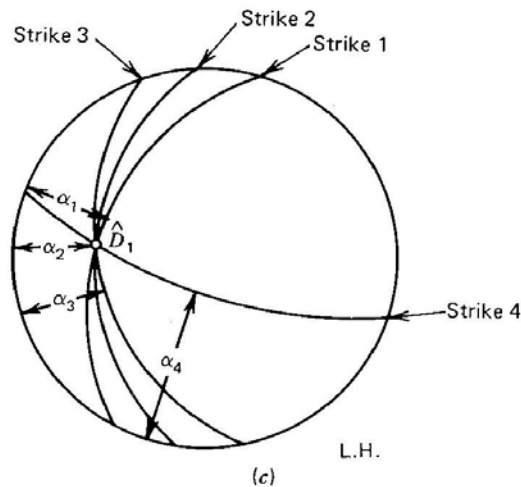
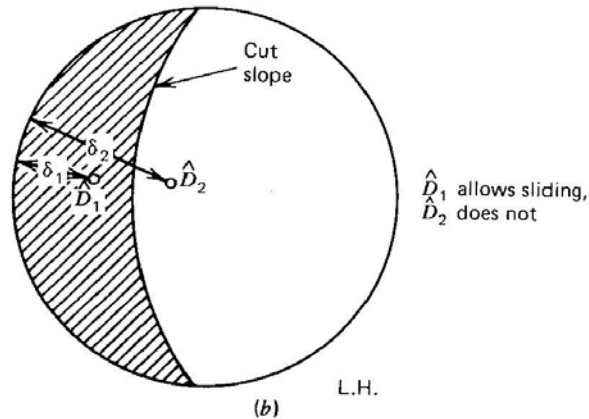
Kinematic analysis

- Lower hemisphere





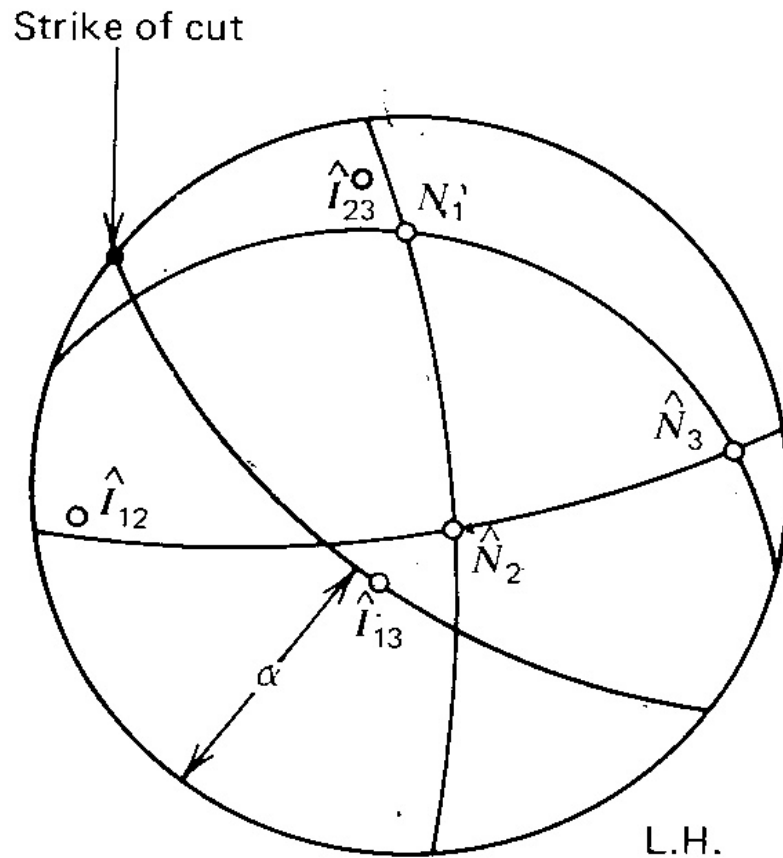
(a)



Plane Failure

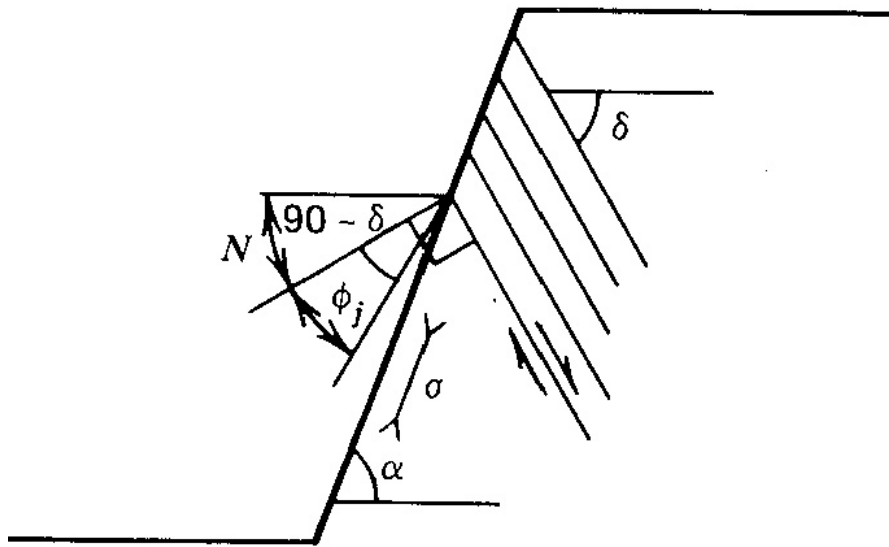
- ในการตัดหน้าพื้นลาดให้มีเสถียรภาพ
- Cut slope = Strike 1 strike และ dip
- Cut slope มี Strike 2,3,4 เบี่ยงไปจาก strike 1 แต่มี dip ใกล้เคียงกับ discontinuity plane

Wedge failure

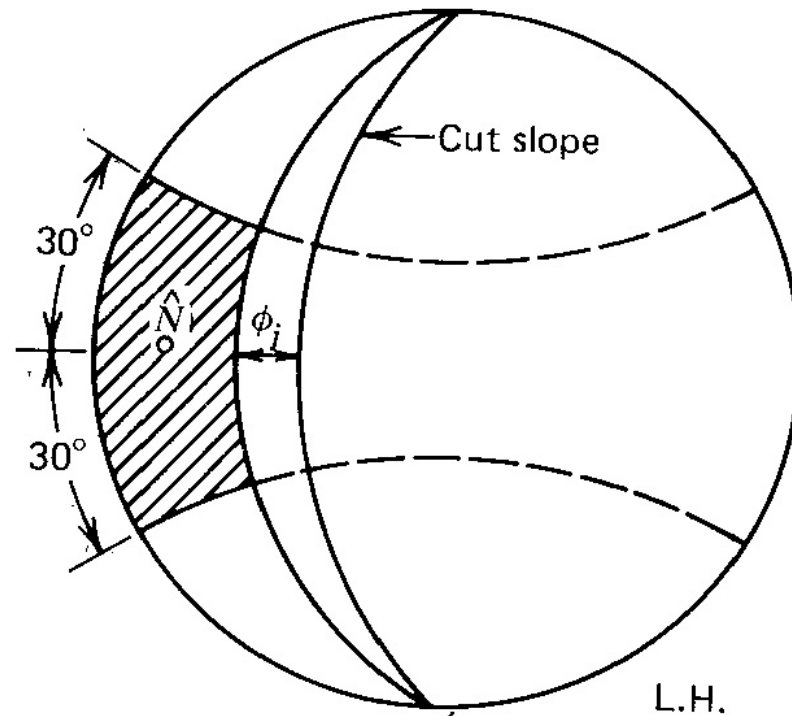


- $I_{12} = \text{unstable}$
เนื่องจากจุดตัดมีมุมเทต่ำกว่า
มุมเทของหน้าลาด

Toppling

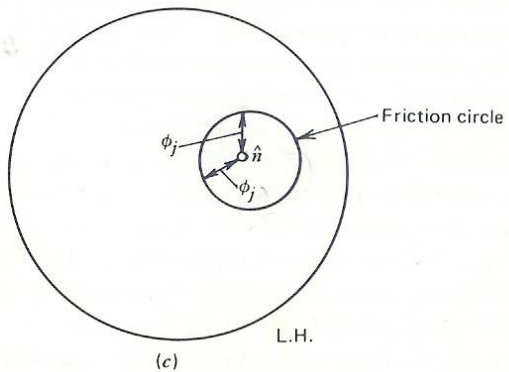
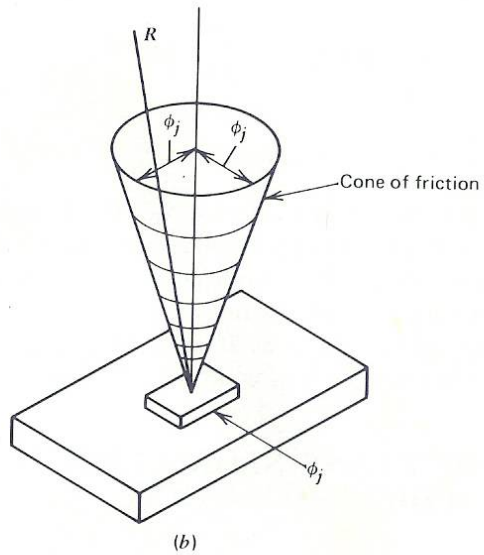
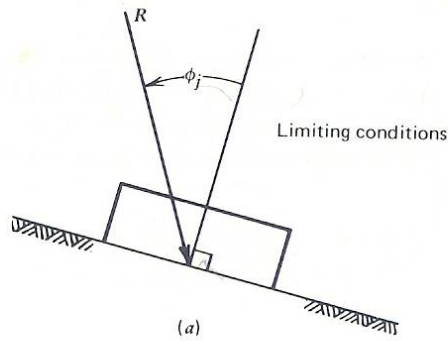


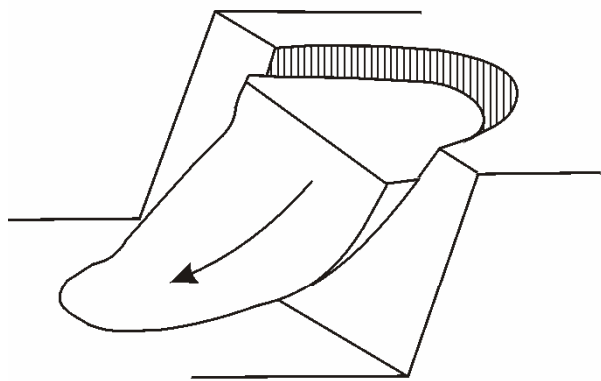
(a)



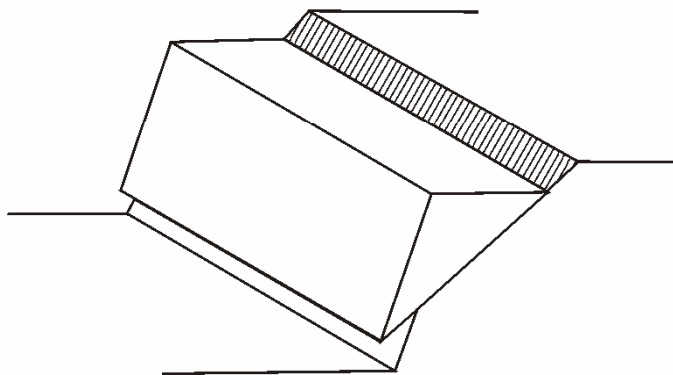
(b)

Friction cone

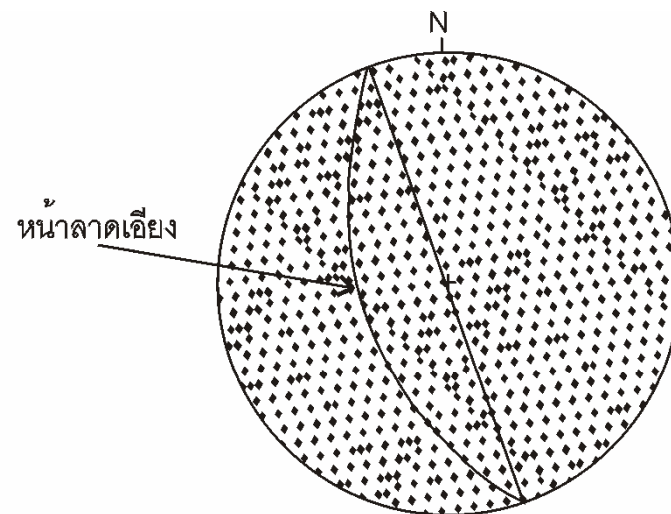




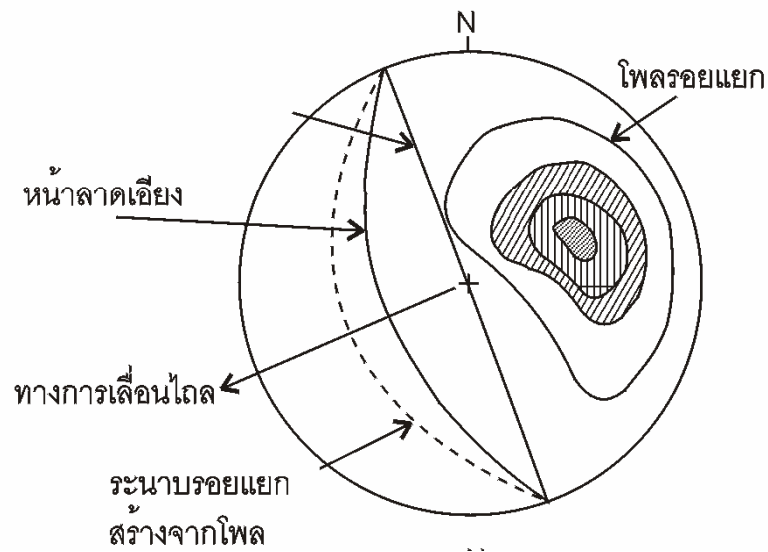
(ก)



(ข)



หน้าลาดเอียง

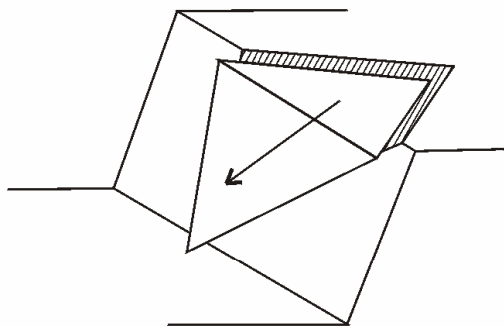


หน้าลาดเอียง

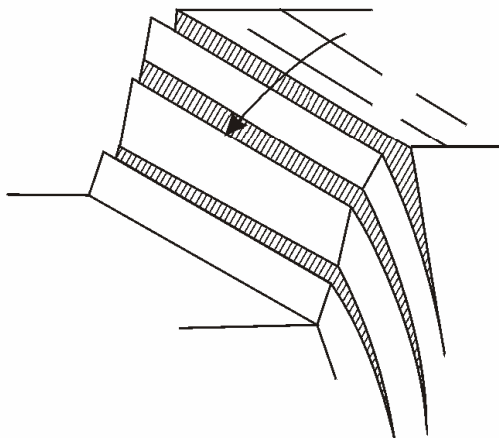
ไฟลรอยแยก

ทางการเลื่อนไถล

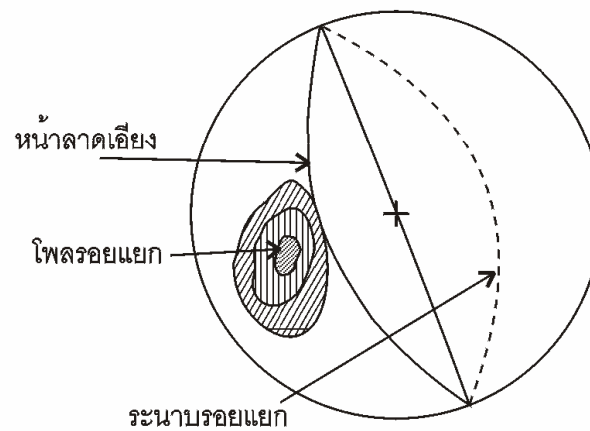
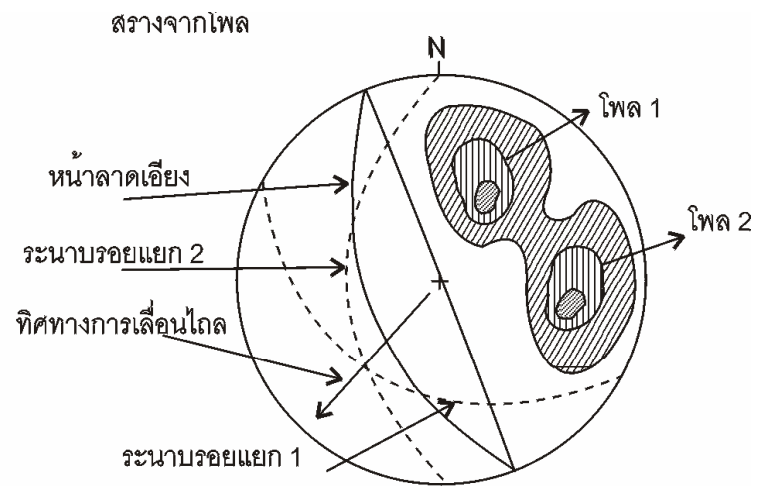
ระนาบรอยแยก
สร้างจากไฟล

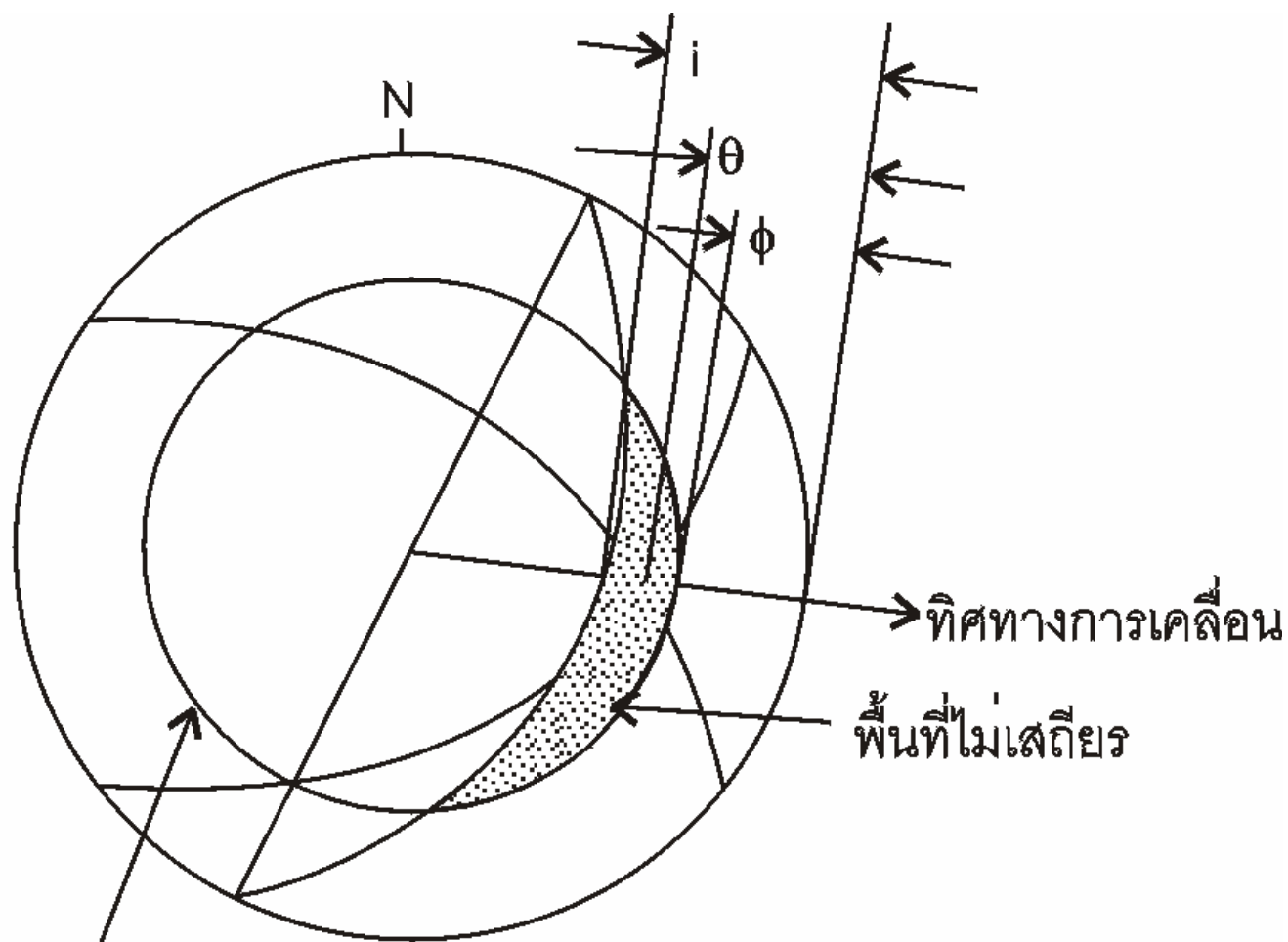


(ค)

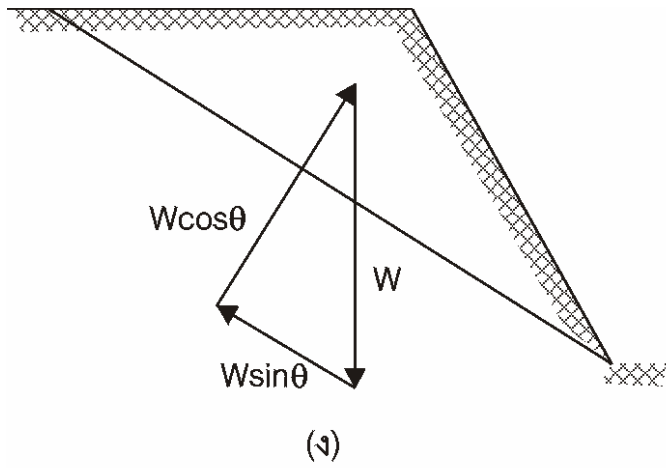


(ง)

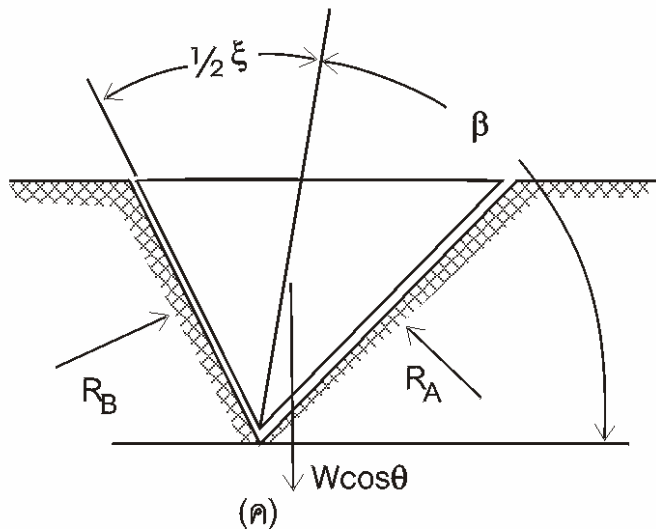


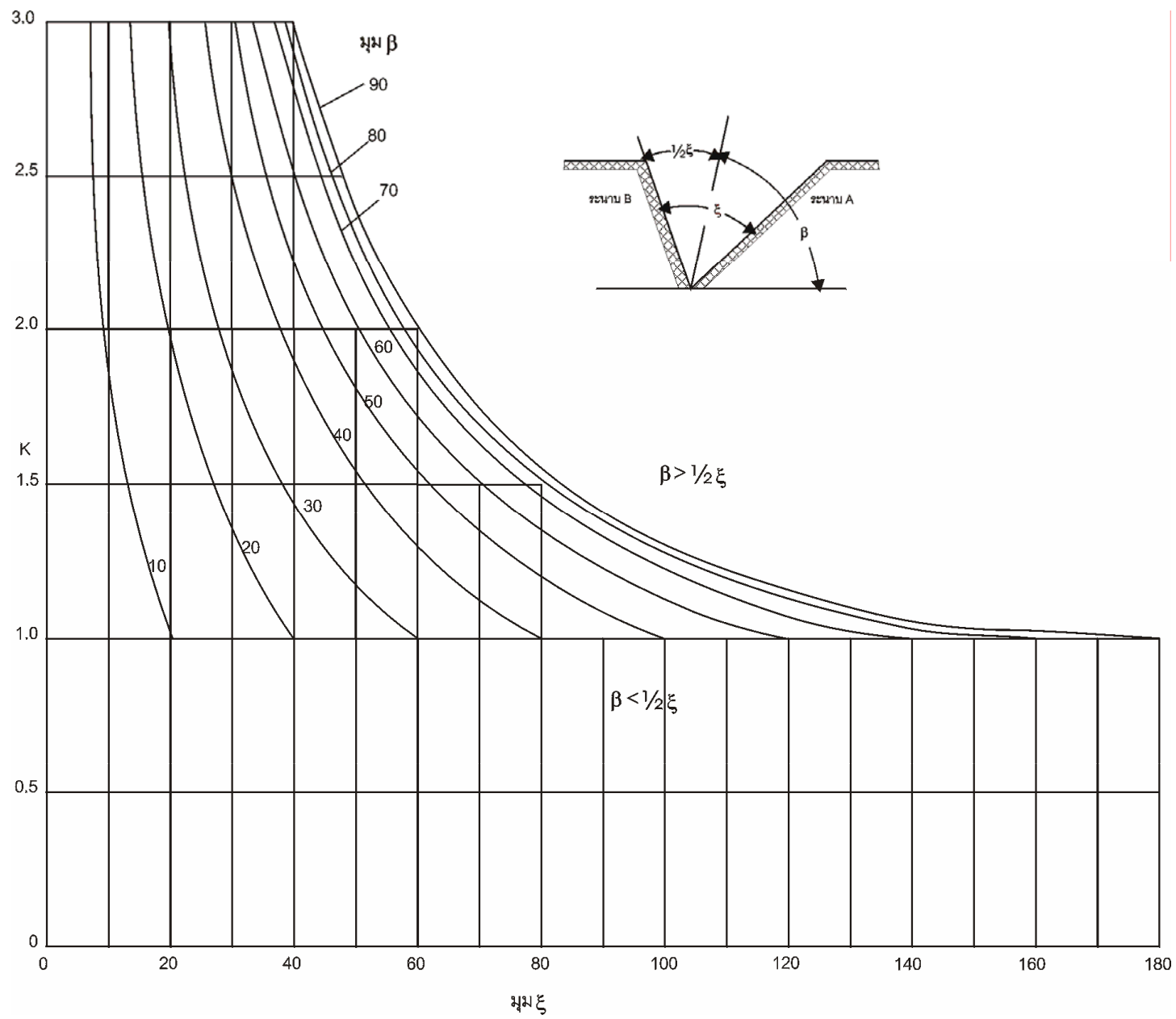


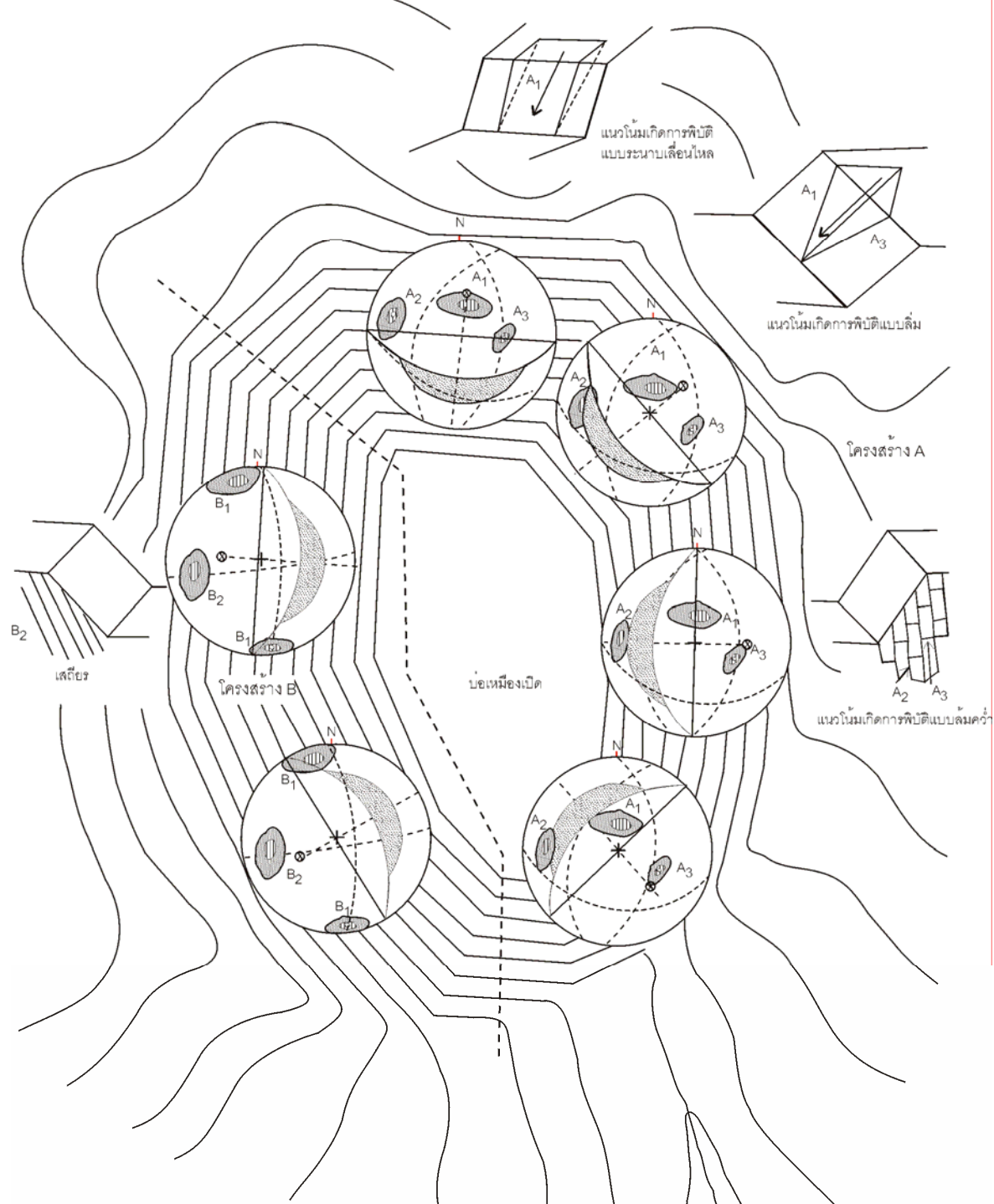
โคนของแรงเสียดทานภายใน

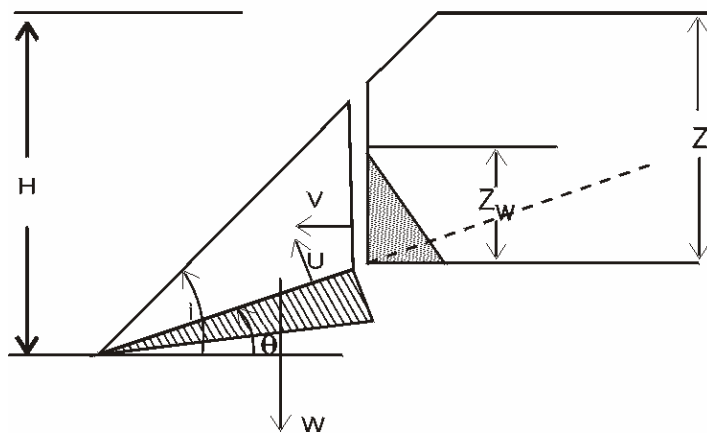
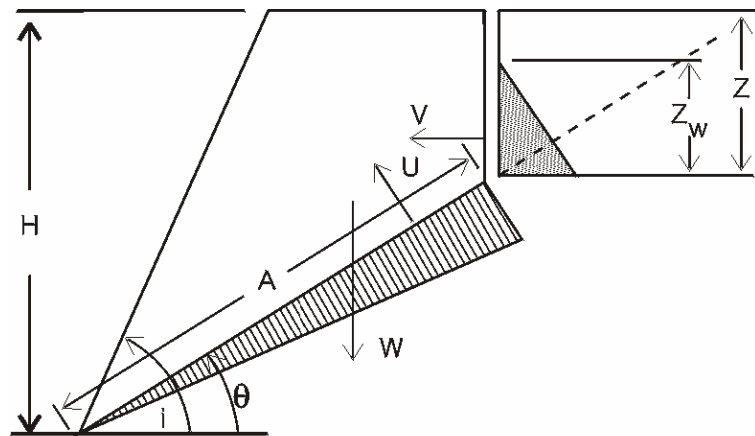


$$FS_{\text{ล้ม}} = K(FS_{\text{ระนาบ}})$$









$$FS = \frac{cA + (W \cos \theta - U - V \sin \theta) \tan \phi}{W \sin \theta + V \cos \theta}$$

- A = พื้นที่ของระนาบเลื่อน
- W = น้ำหนักของบล็อกที่เลื่อนไถล
- U = แรงดันน้ำในระนาบเลื่อน
- V = แรงดันน้ำในรอยแตก
- C = ค่าความเชื่อมแน่นของหิน
- ϕ = มุมเสียดทานภายในของหิน
- θ = มุมเอียงของระนาบเลื่อน

$$A = (H - z) \cos ec \theta$$

$$U = \frac{1}{2} \gamma_w z_w (H - z) \cos ec \theta$$

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w z_w^2$$

น้ำหนักเมื่อรอยแยกอยู่เหนือหน้าลาด

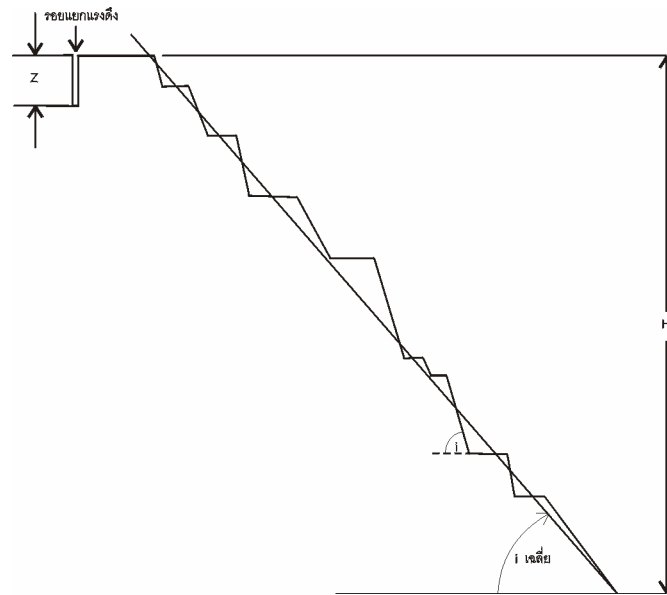
$$W = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left[\left(1 - \left(\frac{z}{H} \right)^2 \right) \cot \theta - \cot i \right]$$

น้ำหนักเมื่อรอยแยกอยู่บนหน้าลาด

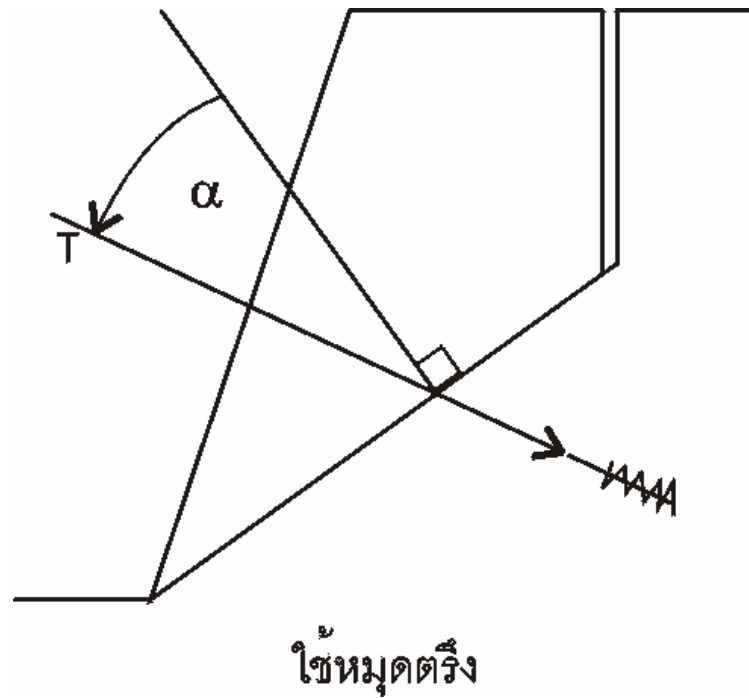
$$W = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left[\left(1 - \frac{z}{H} \right)^2 \cot \theta (\cot \theta \tan i - 1) \right]$$

- z = ระยะลึกของรอยแตกเนื่องจากแรงดึง
- z_w = ระยะที่น้ำแทรกในรอยแตก

การเพิ่มความชันให้หน้าลาด



การใช้หมุดตริง (Rock bolt)

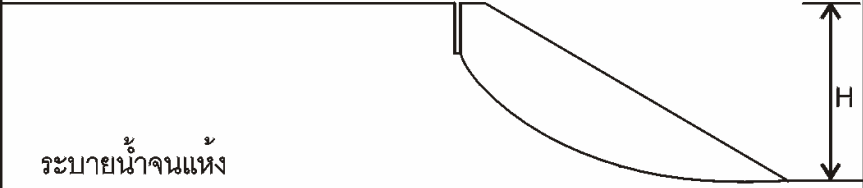
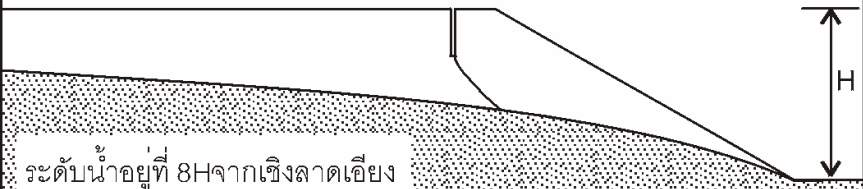
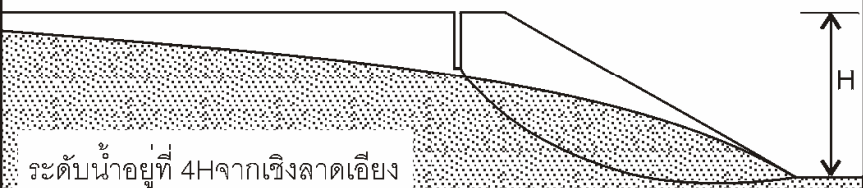
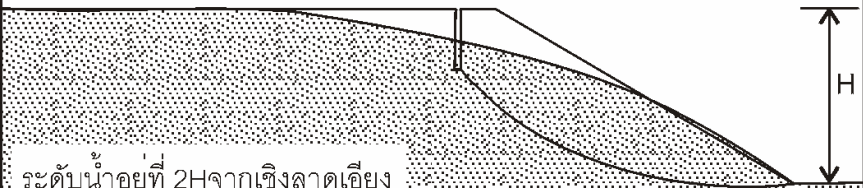
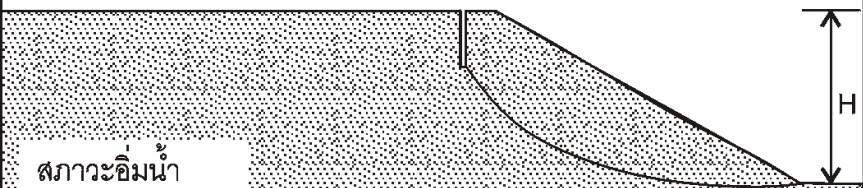


การประเมินเสถียรภาพเมื่อมีหมุดตรึง

$$FS = \frac{cA + (W \cos \theta - U - V \sin \theta + T \cos \alpha) \tan \phi}{W \sin \theta + V \cos \theta - T \sin \alpha}$$

- T = แรงดึงเนื่องจากหมุดตรึง
- α = มุมระหว่างหมุดตรึงกับเส้นเส้นปกติของระนาบเลื่อน

สภาพน้ำบาดาลที่กำหนดในการใช้แผนภูมิประเมินเสถียรภาพ

ระดับน้ำใต้ดิน	หมายเลขแผนภูมิแท่ง
 ระบายน้ำจนแห้ง	1
 ระดับน้ำอยู่ที่ 8H จากเชิงลาดเอียง	2
 ระดับน้ำอยู่ที่ 4H จากเชิงลาดเอียง	3
 ระดับน้ำอยู่ที่ 2H จากเชิงลาดเอียง	4
 สภาวะอึมน้ำ	5

การประเมินเสถียรภาพแบบระยะนาบ โค้ง

$$F = \frac{|\tau|}{\tau_m}$$

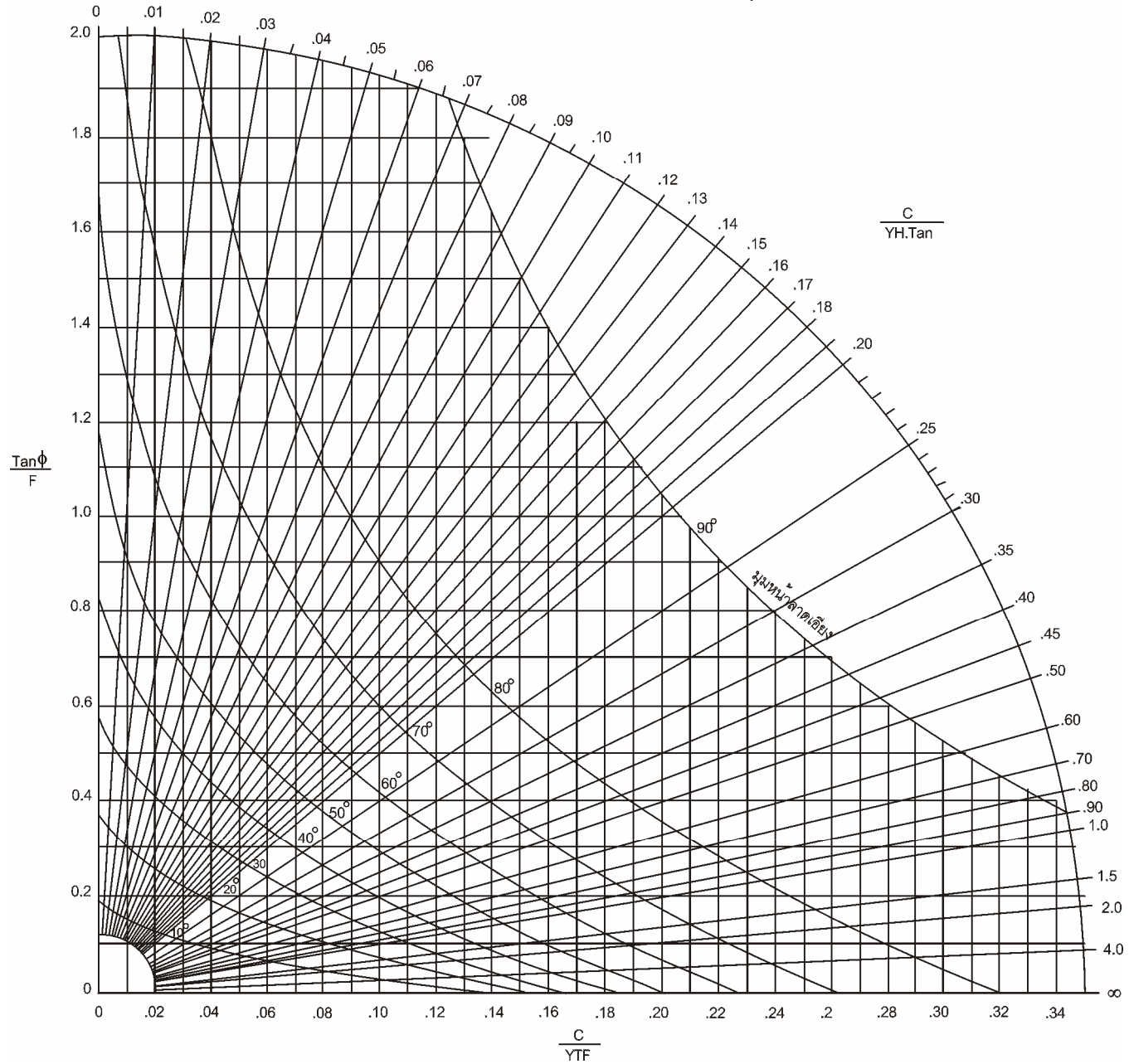
$$\begin{aligned} |\tau| &= \text{กำลังรับแรงเฉือนของหิน} \\ \tau_m &= \text{แรงเฉือนที่กระทำบนระยะนาบเลื่อน} \end{aligned}$$

$$\tau_m = \frac{|\tau|}{F} = \frac{c}{F} + \frac{\sigma_n \tan \phi}{F}$$

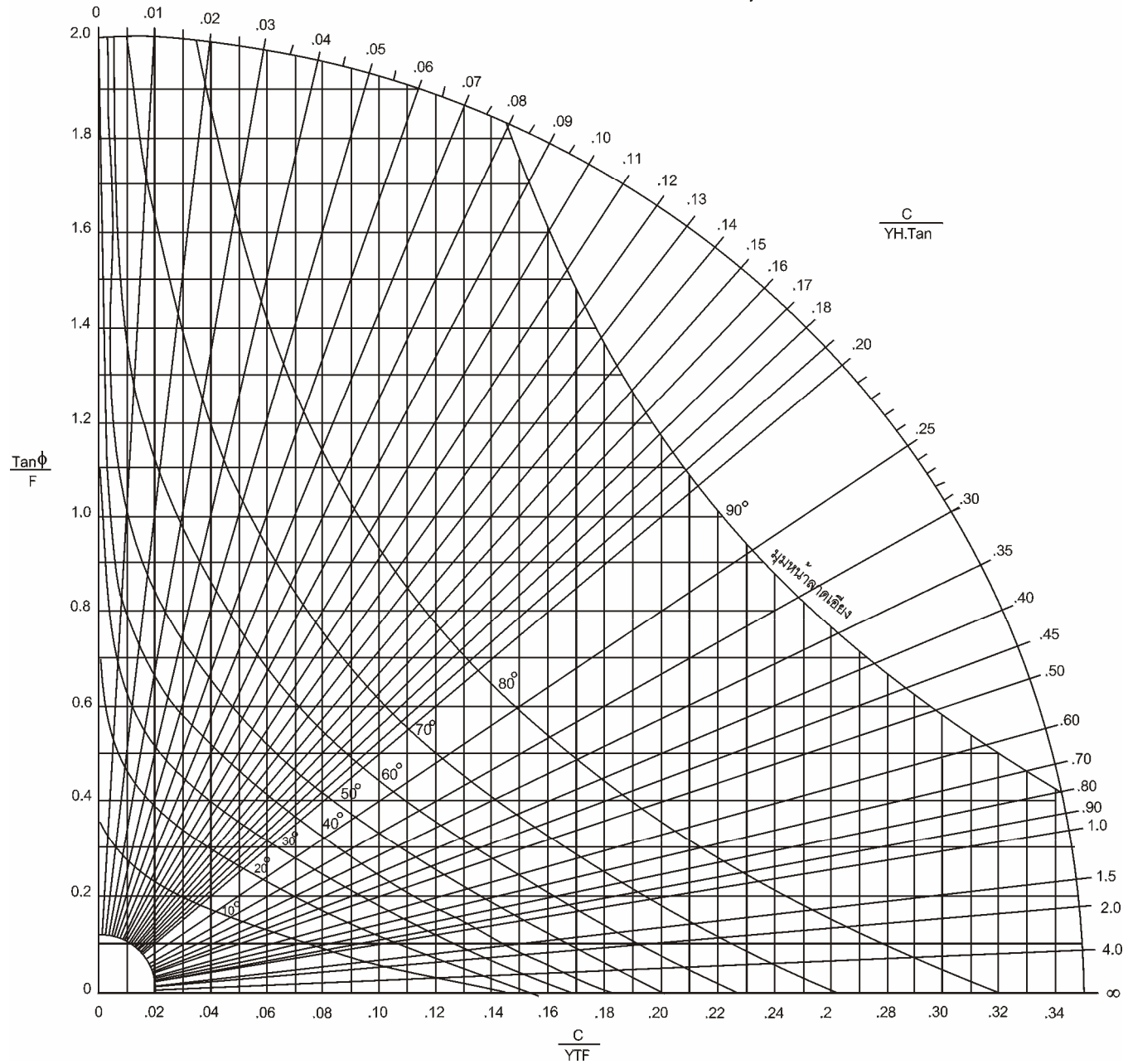
การวิเคราะห์

- เลือกแผนภูมิตามภาวะระดับน้ำใต้ดิน
- คำนวณหาค่า $\frac{c}{\gamma H \tan \phi}$ (stability number) กำหนดค่าที่คำนวณได้ลงบนแผนภูมิ
- ลากเส้นตามแนวรัศมีของแผนภูมิมาตัดเส้นมุมหน้าลาดเอียง(i)
- จากจุดตัดลากเส้นไปยังแกน $\frac{\tan \phi}{F}$ หรือ $\frac{c}{\gamma H F}$ จากค่าที่ได้ คำนวณหาปัจจัยความ

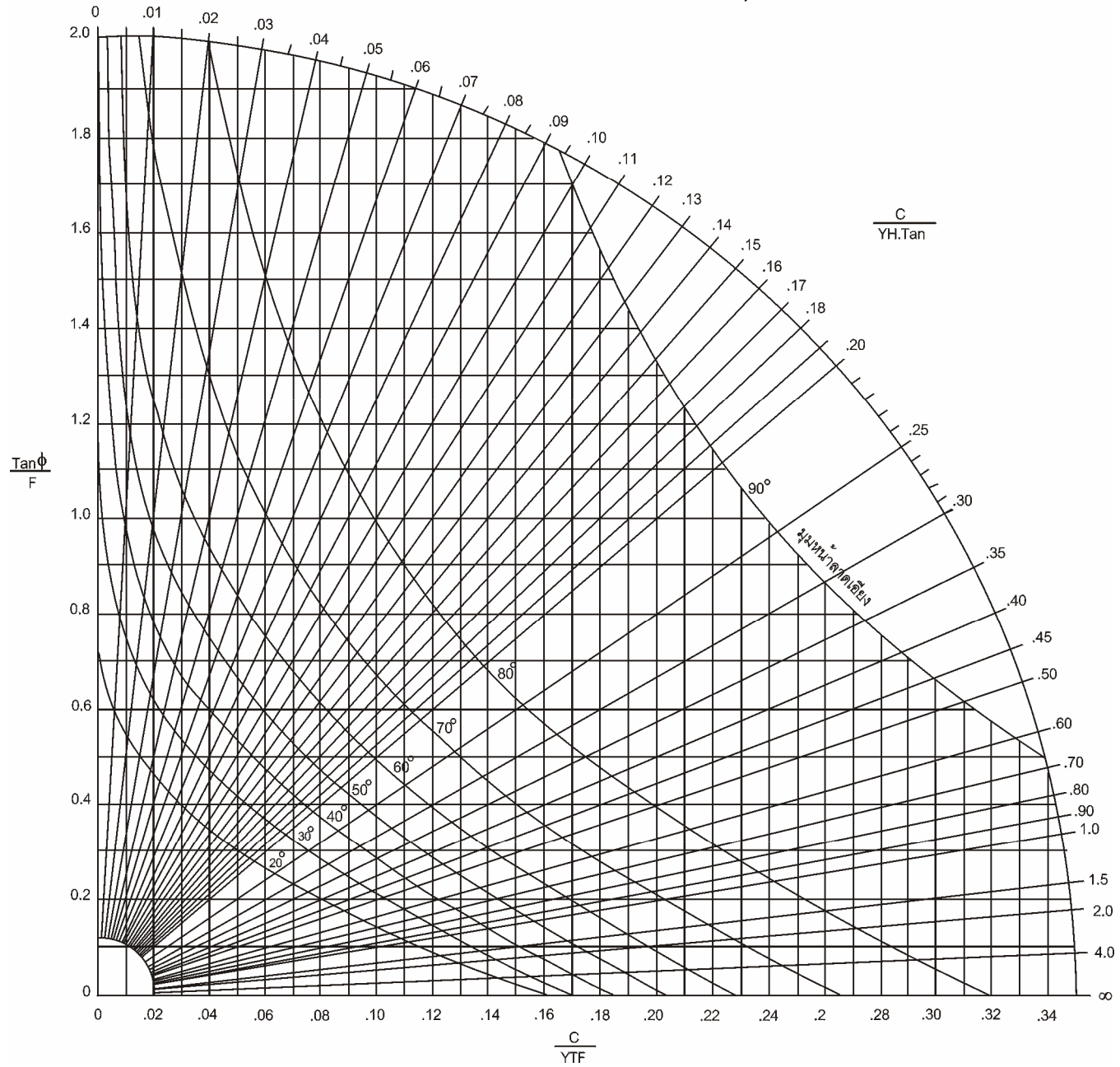
แผนภูมิหมายเลข 1
 สำหรับวิเคราะห์การวิบัติแบบระนาบโค้งของ Hoek & Bray 1977



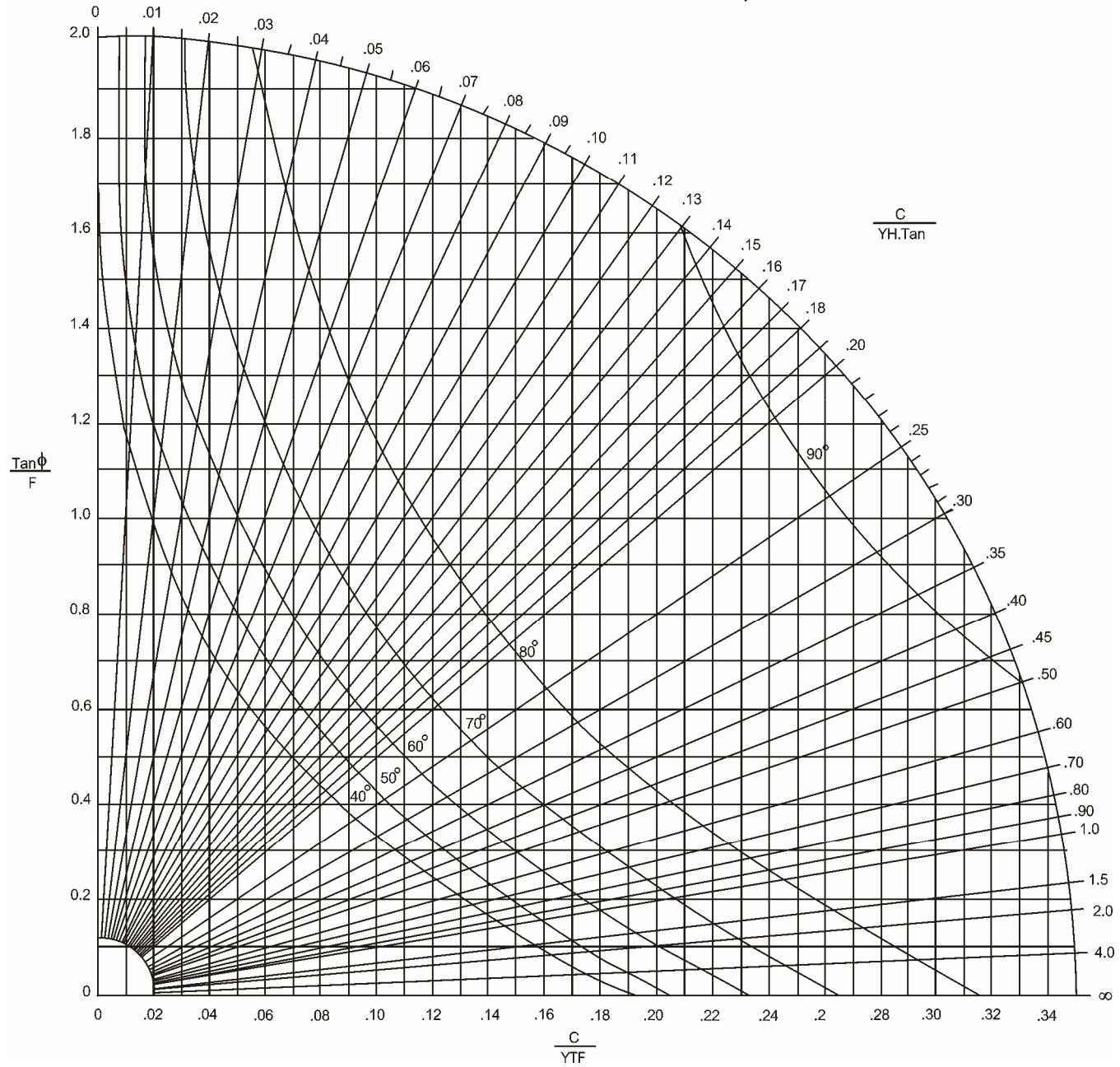
แผนภูมิหมายเลข 2
สำหรับวิเคราะห์การวิบัติแบบระนาบโค้งของ Hoek & Bray 1977



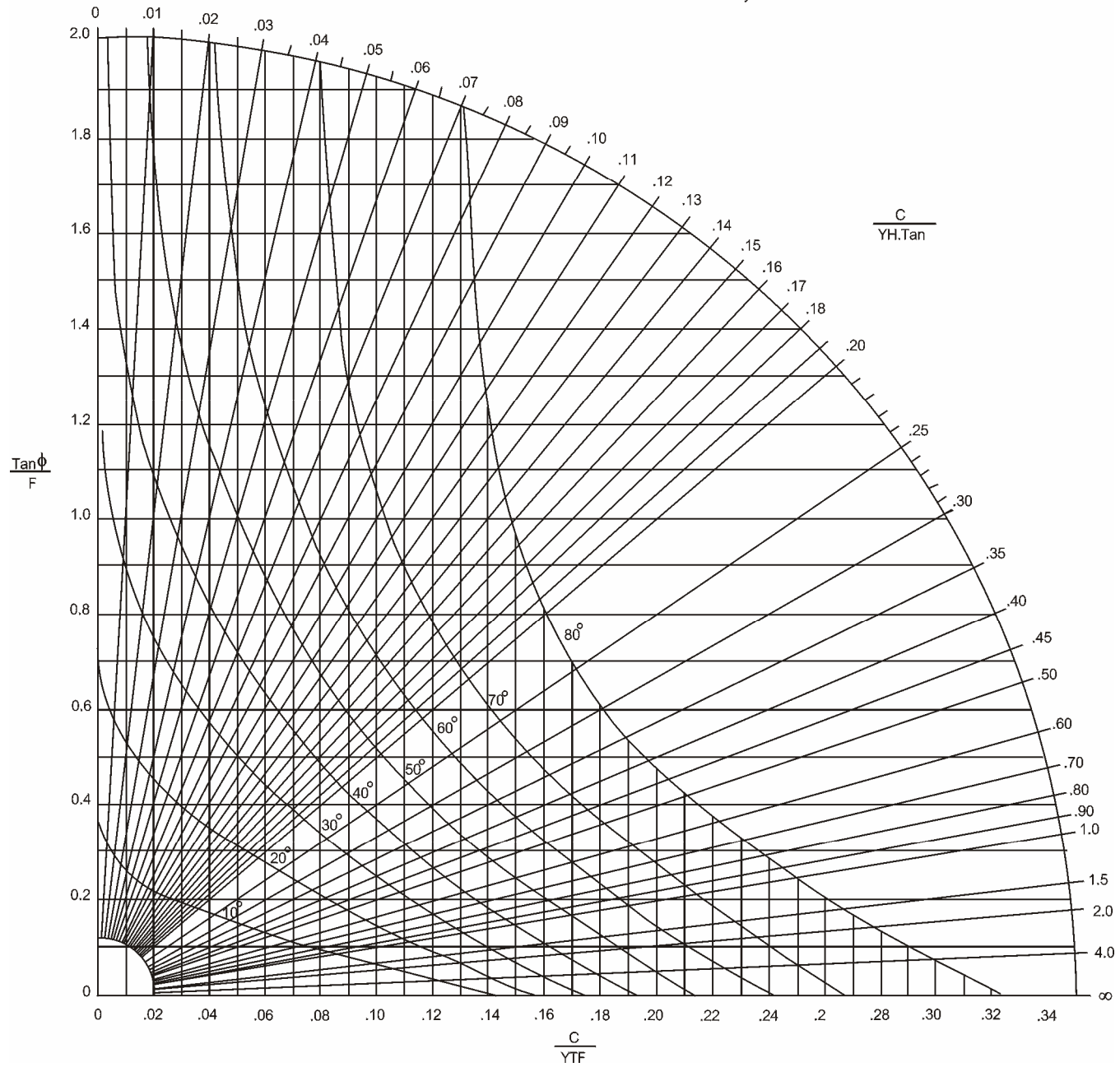
แผนภูมิหมายเลข 3
 สำหรับวิเคราะห์การวิบัติแบบระนาบโค้งของ Hoek & Bray 1977



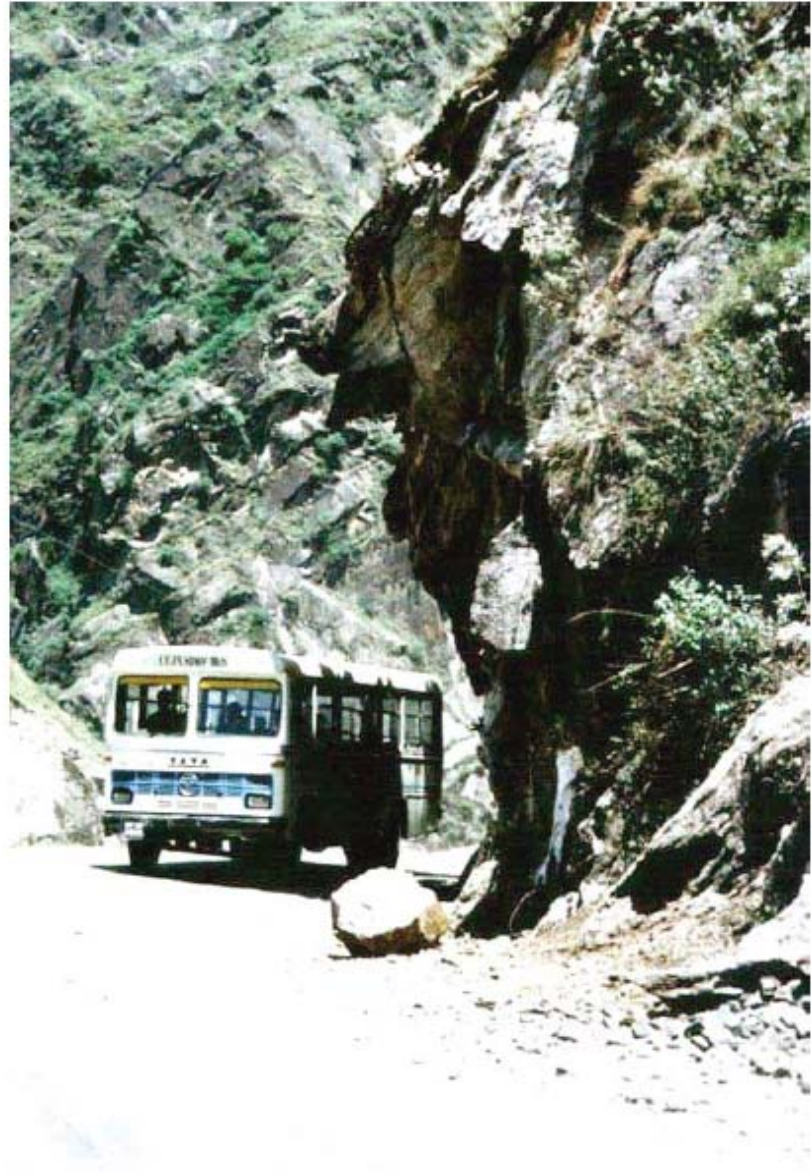
แผนภูมิหมายเลข 4
 สำหรับวิเคราะห์การวิบัติแบบร่นเฉือนของ Hoek & Bray 1977

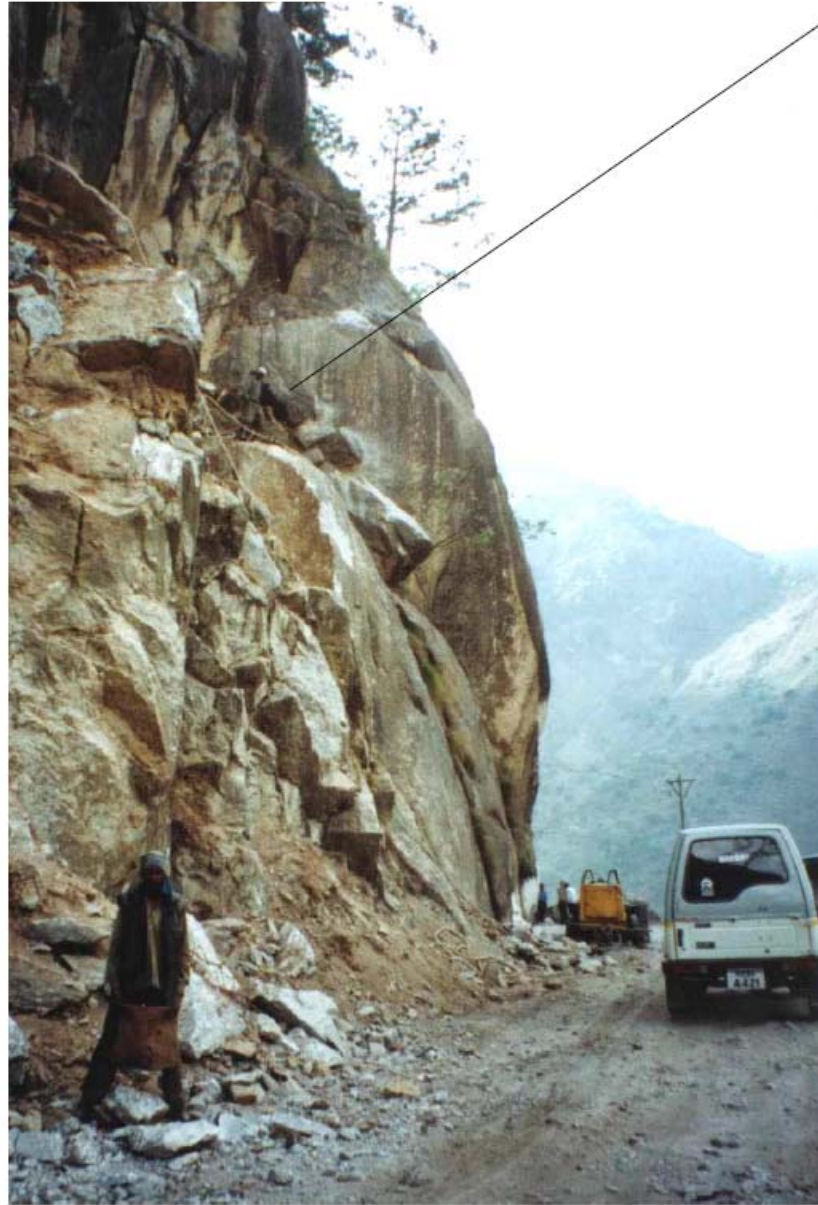


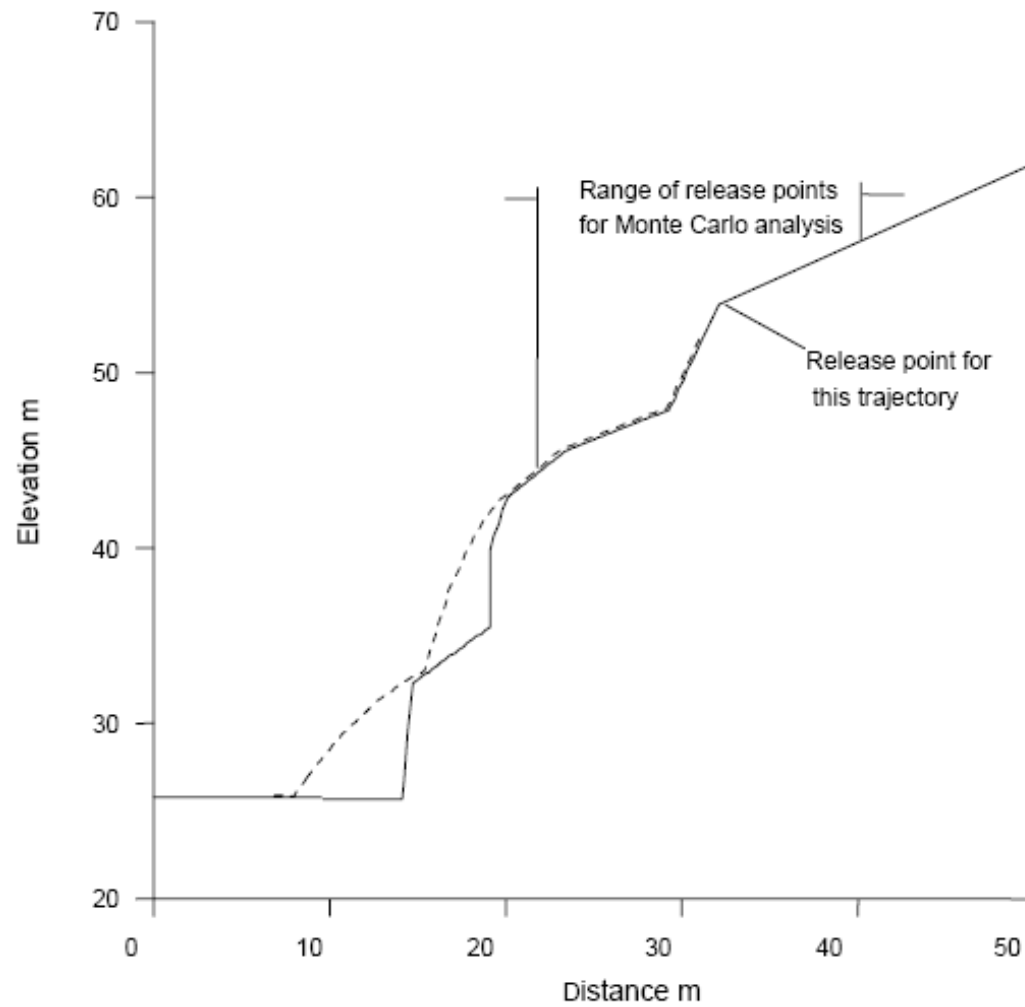
แผนภูมิหมายเลข 5
 สำหรับวิเคราะห์การวิบัติแบบระนาบโค้งของ Hoek & Bray 1977



Rockfalls







a) Typical trajectory for a 1000 kg boulder.

การวิเคราะห์

- In terms of rockfall hazard assessment, one of the most widely accepted is the **Rockfall Hazard Rating System (RHRS)** developed by the Oregon State Highway Division (Pierson et al. 1990).

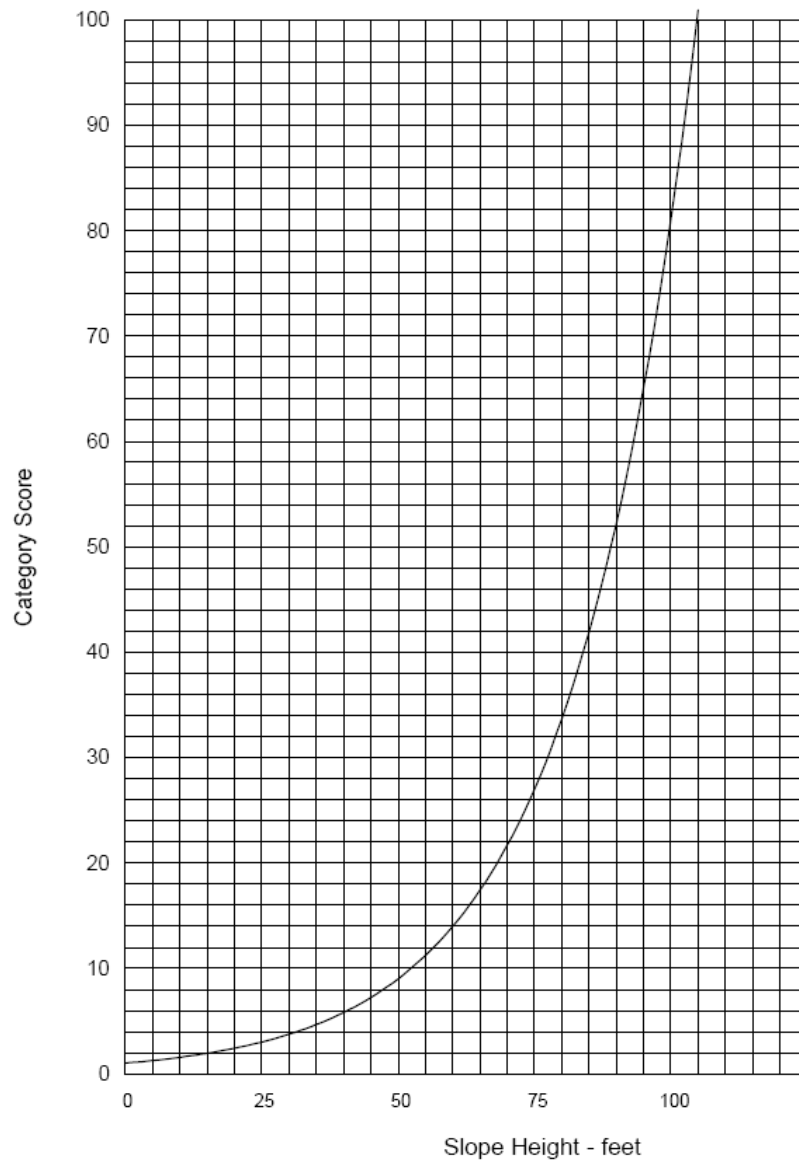


Figure 9.8: Category score graph for slope height.

used for more refined estimates of category scores. The curve shown in Figure 9.8 is calculated from the equation $y = 3^x$ where, in this case, $x = (\text{Slope height- feet})/25$. Similar curves for other category scores can be calculated from the following values of the exponent x .

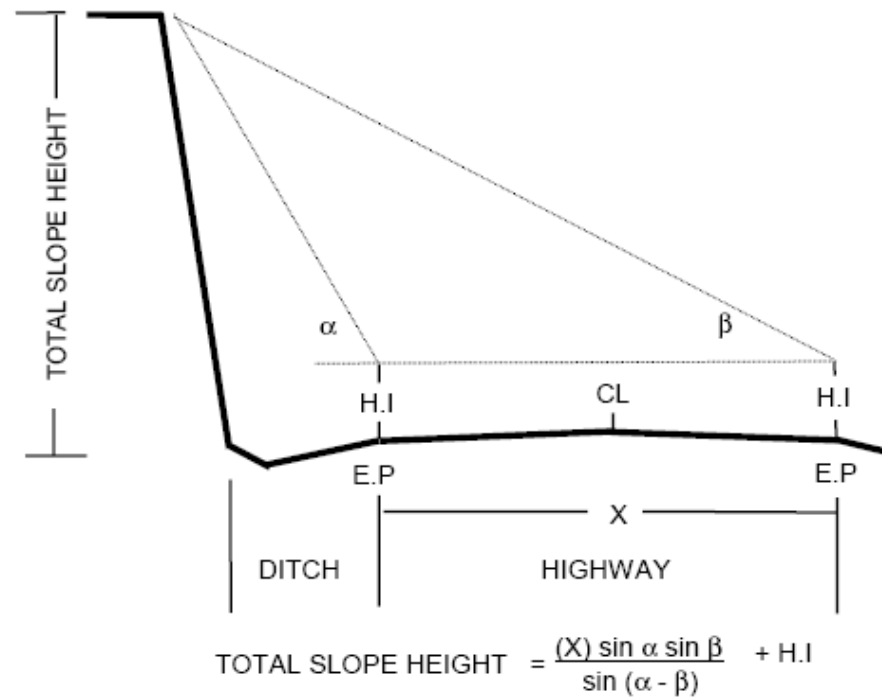
Slope height	$x = \text{slope height (feet)} / 25$
Average vehicle risk	$x = \% \text{ time} / 25$
Sight distance	$x = (120 - \% \text{ Decision sight distance}) / 20$
Roadway width	$x = (52 - \text{Roadway width (feet)}) / 8$
Block size	$x = \text{Block size (feet)}$
Volume	$x = \text{Volume (cu.ft.)} / 3$

RHRS

Table 9.1: Rockfall Hazard Rating System.

CATEGORY	RATING CRITERIA AND SCORE			
	POINTS 3	POINTS 9	POINTS 27	POINTS 81
SLOPE HEIGHT	25 FT	50 FT	75 FT	100 FT
DITCH EFFECTIVENESS	Good catchment	Moderate catchment	Limited catchment	No catchment
AVERAGE VEHICLE RISK	25% of the time	50% of the time	75% of the time	100% of the time
PERCENT OF DECISION SIGHT DISTANCE	Adequate site distance, 100% of low design value	Moderate sight distance, 80% of low design value	Limited site distance, 60% of low design value	Very limited sight distance, 40% of low design value
ROADWAY WIDTH INCLUDING PAVED SHOULDERS	44 feet	36 feet	28 feet	20 feet

GEOLOGIC CHARACTER	CASE 1	STRUCTURAL CONDITION	Discontinuous joints, favorable orientation	Discontinuous joints, random orientation	Discontinuous joints, adverse orientation	Continuous joints, adverse orientation
		ROCK FRICTION	Rough, irregular	Undulating	Planar	Clay infilling or slickensided
	CASE 2	STRUCTURAL CONDITION	Few differential erosion features	Occasional erosion features	Many erosion features	Major erosion features
		DIFFERENCE IN EROSION RATES	Small difference	Moderate difference	Large difference	Extreme difference
	BLOCK SIZE		1 FT	2 FT	3 FT	4 FT
QUANTITY OF ROCKFALL/EVENT		3 cubic yards	6 cubic yards	9 cubic yards	12 cubic yards	
CLIMATE AND PRESENCE OF WATER ON SLOPE		Low to moderate precipitation; no freezing periods, no water on slope	Moderate precipitation or short freezing periods or intermittent water on slope	High precipitation or long freezing periods or continual water on slope	High precipitation and long freezing periods or continual water on slope and long freezing periods	
ROCKFALL HISTORY		Few falls	Occasional falls	Many falls	Constant falls	



where X = distance between angle measurements
 H.I = height of the instrument.

Figure 9.9: Measurement of slope height.

Ditch effective

- 3 points *Good Catchment*. All or nearly all of falling rocks are retained in the catch ditch.
- 9 points *Moderate Catchment*. Falling rocks occasionally reach the roadway.
- 27 points *Limited Catchment*. Falling rocks frequently reach the roadway.
- 81 points *No Catchment*. No ditch or ditch is totally ineffective. All or nearly all falling rocks reach the roadway .

Average vehicle risk

$$\frac{\text{ADT (cars/hour)} \times \text{Slope Length (miles)} \times 100\%}{\text{Posted Speed Limit (miles per hour)}} = \text{AVR}$$

Case 1

Structural Condition Adverse joint orientation, as it is used here, involves considering such things as rock friction angle, joint filling, and hydrostatic head if water is present. Adverse joints are those that cause block, wedge or toppling failures. 'Continuous' refers to joints greater than 10 feet in length.

- | | |
|-----------|---|
| 3 points | <i>Discontinuous Joints, Favourable Orientation</i> Jointed rock with no adversely oriented joints, bedding planes, etc. |
| 9 points | <i>Discontinuous Joints, Random Orientation</i> Rock slopes with randomly oriented joints creating a three-dimensional pattern. This type of pattern is likely to have some scattered blocks with adversely oriented joints but no dominant adverse joint pattern is present. |
| 27 points | <i>Discontinuous Joints, Adverse Orientation</i> Rock slope exhibits a prominent joint pattern, bedding plane, or other discontinuity, with an adverse orientation. These features have less than 10 feet of continuous length. |
| 81 points | <i>Continuous Joints, Adverse Orientation</i> Rock slope exhibits a dominant joint pattern, bedding plane, or other discontinuity, with an adverse orientation and a length of greater than 10 feet. |