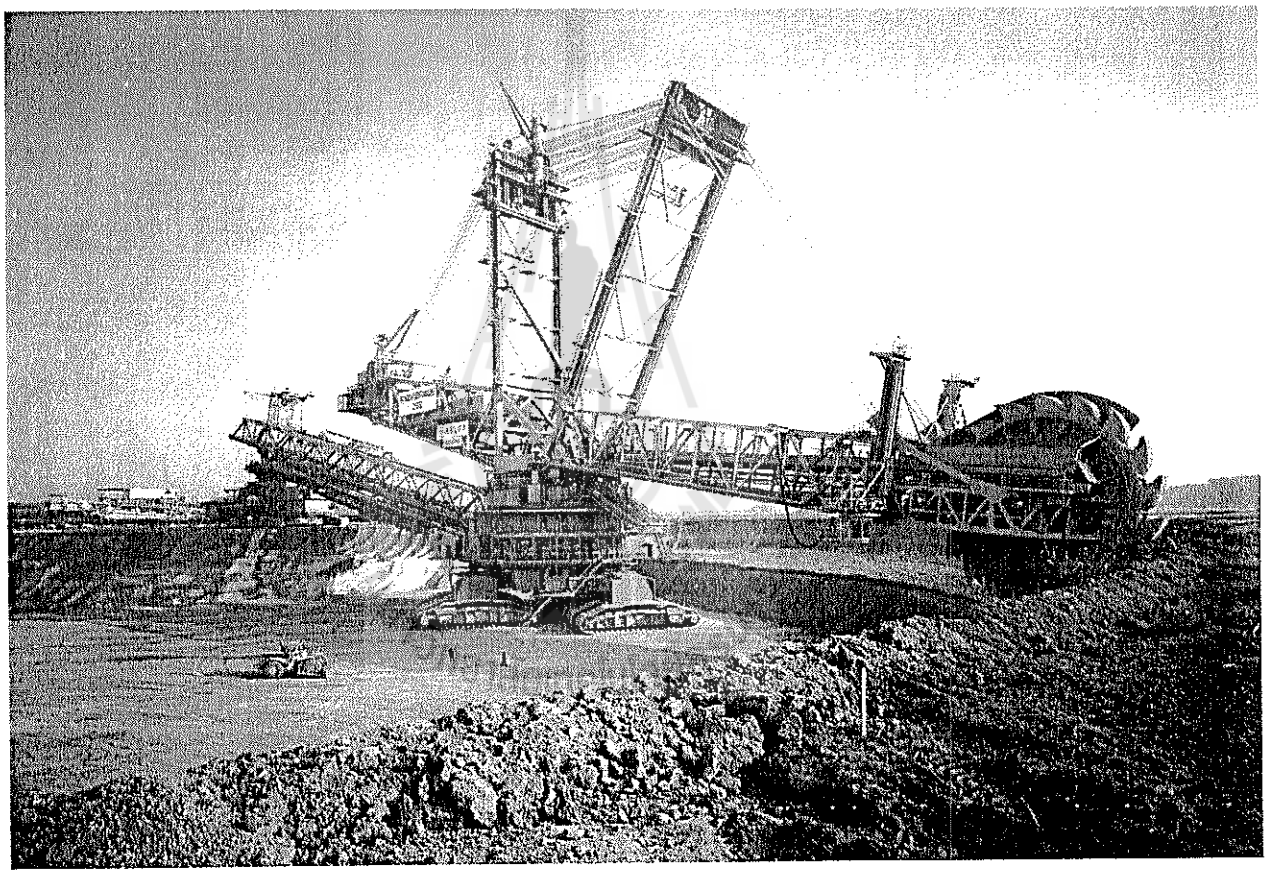
เอกสารประกอบการสอนรายวิชา

538416 Surface Mining and Mine Design



prepared by

Prachya Tepnarong, Ph.D.

prachya@sut.ac.th

Geological Engineering

Suranaree University of Technology

เอกสารประกอบการสอนรายวิชา

538416 Surface Mining and Mine Design

prepared by

Prachya Tepnarong, Ph.D.

prachya@sut.ac.th

Geological Engineering

Suranaree University of Technology

Disclaimer

This document has been prepared for use as a lecture note for the subject indicated above. The contents have been complied from relevant text books and technical papers, with a main emphasis on the teaching methodology and learning step on the subject. The author does not claim the originality of the presented materials (e.g., theories, formula, illustrations & tables). The document is not intended to be a technical publication. It serves as an internal document, and hence should not be distributed nor sold to publics.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

538416 Surface Mining and Mine Design (4 credits)

Prerequisite: 538309 Rock Mechanics

Instructor: Prachya Tepnarong, Ph.D.

SYLLABUS: (12 weeks)

Week	Surface Excavation and Design
1	Introduction, Exploration, evaluation and development of mineral deposits
	Economic and Planning Considerations, and Basic Mechanics of Slope Failure
2	Classification and application of various surface mining methods
3	Structural Geology and Data Interpretation, Site Investigation and Geological Data Collection
4	Rock Strength Properties and their Measurement
	Groundwater Flow and Pressure
5	Rock slope stability analysis, Plane Failure
6	Wedge Failure
7	MID TERM EXAM
8	Circular Failure
9	Toppling Failure
10	Introduction to Numerical Analysis
11	Slope Excavation Methods for Hard Rocks (Drilling and blasting techniques)
12	Stabilization of Rock Slopes
13	Movement Monitoring
14	FINAL EXAM

Scoring:

Homework	20%
Quiz (s)	10%
Term Project	20%
Mid-term Exam	25%
Final Exam	25%

Reference:

Duncan, C.W. and Christopher W.M., 2004, *Rock slope engineering: civil and mining (Base on Rock slope engineering, 3rd ed., 1981, by Dr Evert Hoek and Dr John Bray)*, Spon Press, London, 431p.

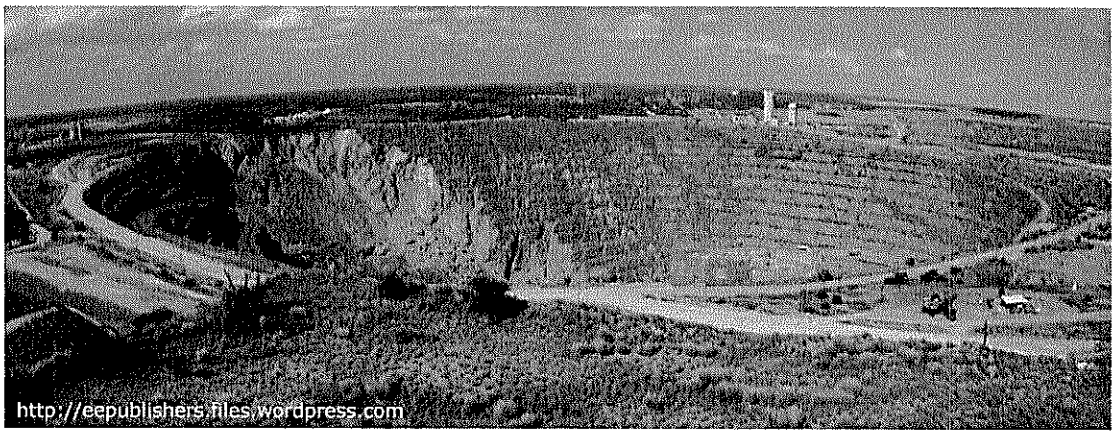
Hoek, E. and Bray J.W., 1980, *Rock slope engineering*, 3rd ed., Institute of Mining and Metallurgy, London, 358 p.

Hartman, H.L. (ed.), 1992, *SME mining engineering handbooks*, Vol. 1 & 2, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Littleton, CO., 2260 p

Hartman, H.L.,1982, *SME Mining Engineering Handbook*, Society of Mining Engineers, Littleton, Colorado.

Peters, W.C., 1978, *Exploration and Mining Geology*, John Wiley & Sons, New York.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



538416 Surface Mining and Mine Design
4 credits

Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

538416 Surface Mining and Mine Design

Prerequisite: 538309 Rock Mechanics or
or 434370 Fundamental of Rock Mechanics

Instructor: Prachya Tepnarong, Ph.D.

Contact me

Prachya Tepnarong, Ph.D.
C- Building room C-09
Mobile : 081-3896426
Office : 044-224274
Lab : 044-226077

E-mail : prachya@sut.ac.th

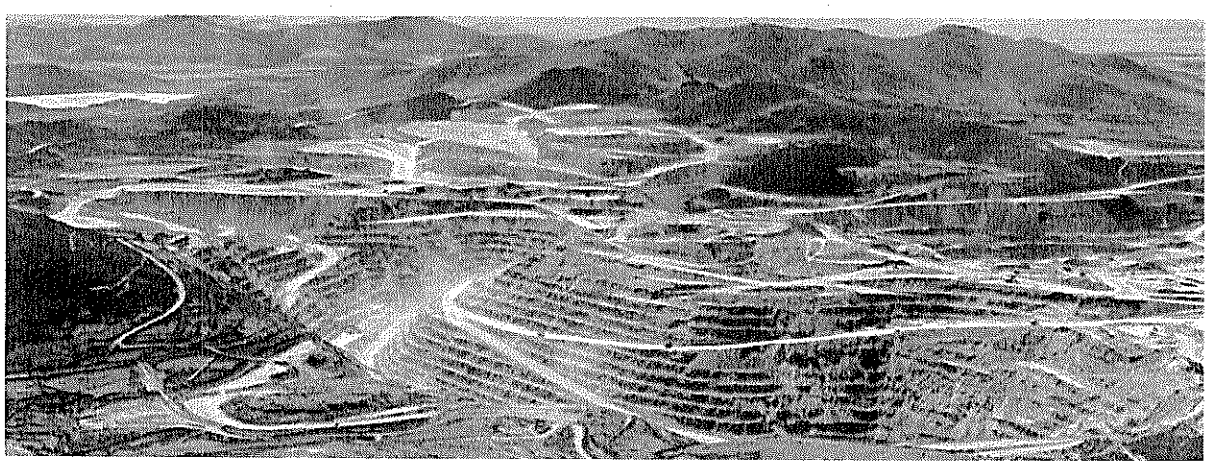
http://www.geomechsut.com

geo_nine@hotmail.com

http://www.facebook.com/Heinekaw

Scoring

- Homework 20%
- Quiz (s) 10%
- Term Project 20%
- Mid-term Exam 25%
- Final Exam 25%



References:

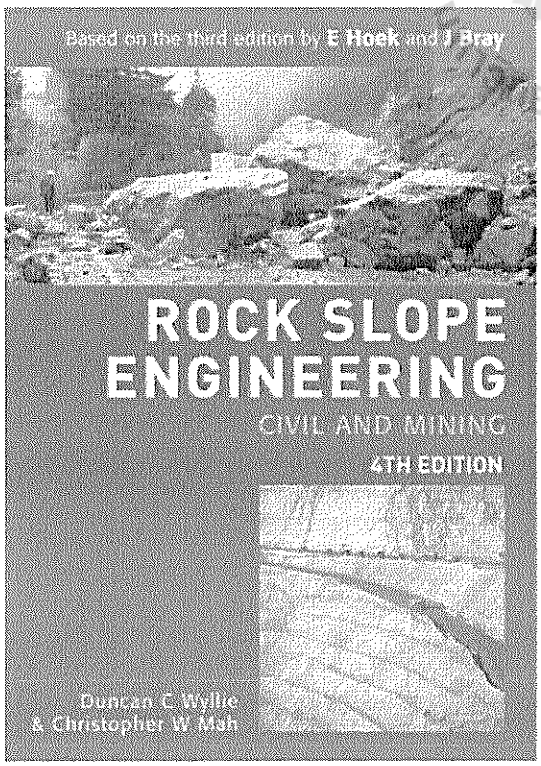
- **Hoek, E. and Bray J.W.,** 1980, *Rock slope engineering*, **3rd ed., Institute of Mining and Metallurgy, London, 358 p.**

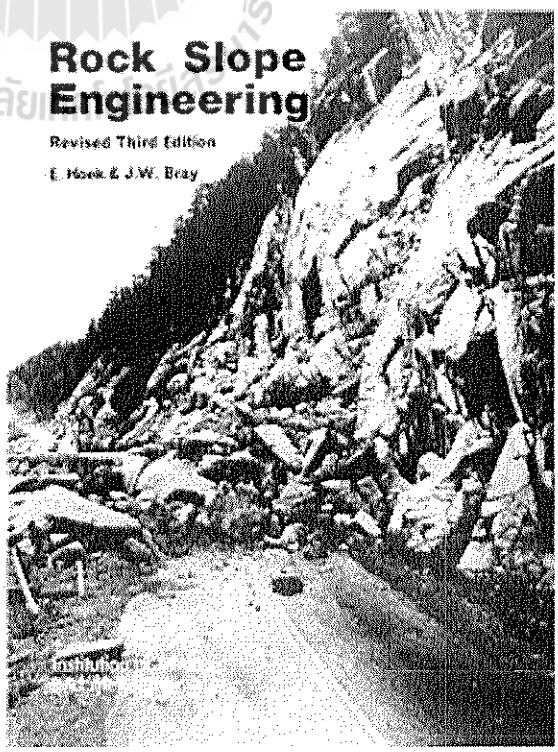
- **Brady, B.H.G. and Brown E.T.,** 1985, *Rock mechanics for underground mining*, **George Allen and Unwin, London, 527 p.**

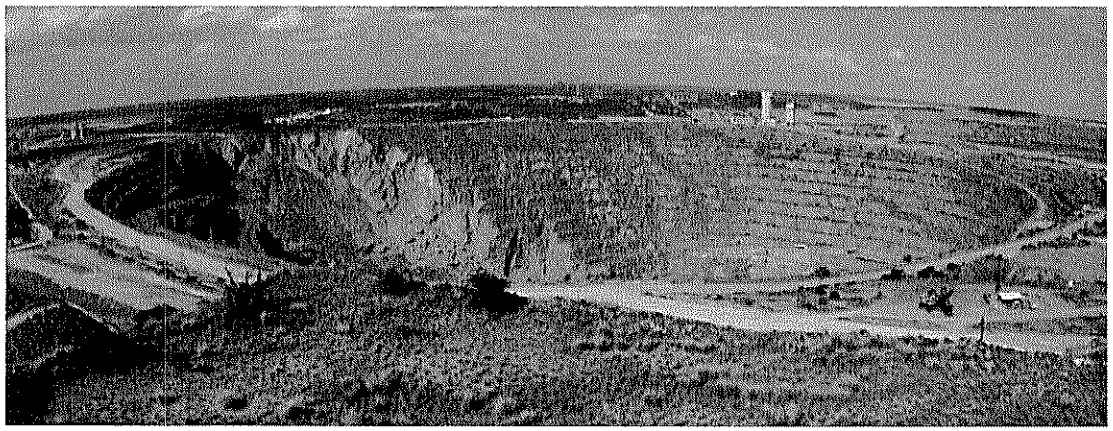
- **Duncan, C.W. and Christopher W.M.,** 2004, ***Rock slope engineering: civil and mining (Base on Rock slope engineering, 3rd ed., 1981, by Dr Evert Hoek and Dr John Bray),*** **Spon Press, London, 431p.**

- **Hartman, H.L. (ed.),** 1992, *SME mining engineering handbooks*, **Vol. 1 & 2, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Littleton, CO., 2260 p.**

Text Book





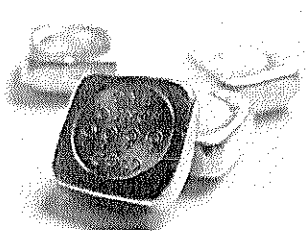


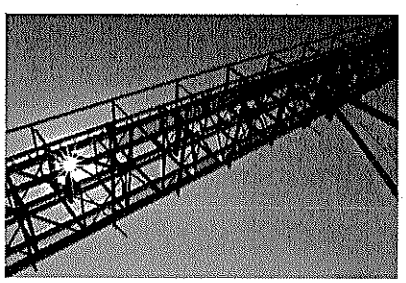
Exploration, evaluation and development of mineral deposits

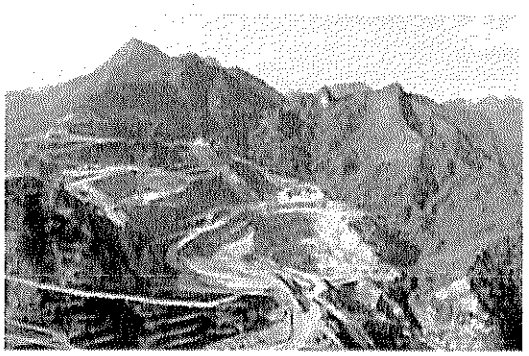
Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

ธรณีวิทยาและการสำรวจแหล่งแร่

- การกำหนดแหล่งแร่ การเจาะสำรวจและการเก็บตัวอย่าง
- การประเมินปริมาณแร่สำรอง (**Ore Reserve Estimation)**







การกำหนดแหล่งแร่

- การกำหนดแหล่งแร่โดยอาศัยข้อมูลจากการสำรวจในภาพกว้างๆ เช่น ข้อมูลจากแผนที่ธรณีวิทยาที่ได้จากการแปรความหมายภาพถ่ายทางอากาศ
- ข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินที่ได้จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบแรงโน้มถ่วง (Gravity Survey) การสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบคลื่นแม่เหล็ก (Magnetic Survey)และการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบคลื่นสั่นสะเทือน (Seismic Survey)
- หรือข้อมูลจากการสำรวจธรณีเคมี ซึ่งสามารถทำให้กำหนดพื้นที่ที่เชื่อได้ว่ามีสายแร่วางตัวอยู่ โดยที่ขอบเขตของแหล่งแร่ยังเป็นอาณาบริเวณกว้าง หรือยังไม่ทราบขอบเขตที่แน่นอน ดังนั้นการดำเนินการเพื่อที่จะหาขอบเขตที่แน่นอนในเชิงความลึกและในแนวบริเวณจึงจำเป็นต้องมีการเจาะสำรวจเพิ่มเติม

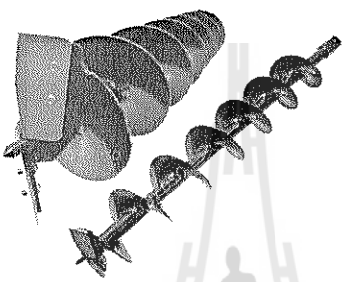
การกำหนดแหล่งแร่ การเจาะสำรวจและการเก็บตัวอย่าง

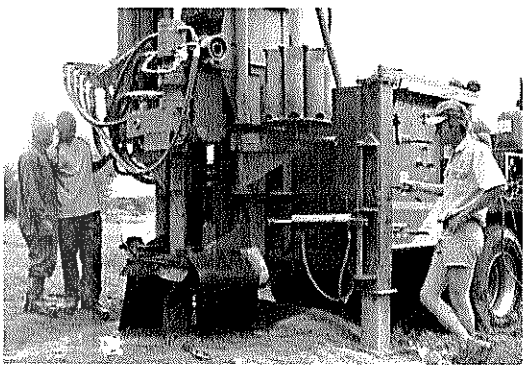
การเจาะสำรวจ แบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

- **ขั้นตอนที่** 1 เป็นการเจาะสำรวจแบบสุ่ม โดยเป็นการสุ่มเจาะเก็บตัวอย่างเพื่อกำหนดพื้นที่แหล่งแร่ได้ชัดเจนมากขึ้น โดยที่การสุ่มเจาะอาศัยข้อมูลจากการสำรวจธรณีวิทยาที่มีอยู่แล้ว เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดและโครงสร้างของชั้นหิน เพื่อให้ได้ข้อมูลจากหลุมเจาะมากที่สุด
- **ขั้นตอนที่** 2 เป็นการเจาะอย่างละเอียด เป็นการเจาะเก็บตัวอย่างเพื่อหาข้อมูลของแหล่งแร่ในอาณาบริเวณขอบเขตที่กำหนดจากการเจาะสำรวจแบบสุ่ม ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปคำนวณหาปริมาณและความสมบูรณ์ของแหล่งแร่ได้

การเจาะสำรวจ

- การเจาะสำรวจแบบหัวเพชร (Diamond Drilling)
- การเจาะสำรวจแบบหมุน (Auger หรือ Roller – Bit Rotary)
- การเจาะแบบกระแทก (Percussion)

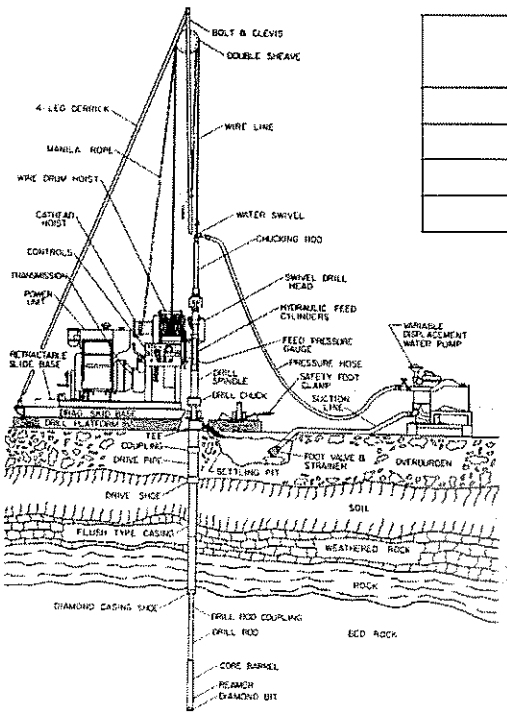




การเจาะสำรวจแบบหัวเพชร (Diamond Drilling)

- เหมาะสำหรับหินที่มีความแข็งมากและการเจาะที่ระดับความลึกปานกลางถึงลึกมาก
- จะเป็นแท่งตัวอย่าง (Core) สภาพดั้งเดิมทั้งลักษณะทางกายภาพของชั้นหินและโครงสร้างของชั้นหินมากที่สุด
- สามารถนำแท่งตัวอย่างไปทดสอบด้านกลศาสตร์หินได้
- เจาะโดยหัวเจาะที่มีเพชรหรือทังสเตนคาร์ไบน์ แท่งตัวอย่างจะถูกเก็บไว้ในแท่งเก็บตัวอย่าง (Core Barrel) ที่ต่อจากหัวเจาะ
- ขนาดของแท่งตัวอย่างที่นิยมเก็บมากที่สุดคือ ขนาด NX โดยแท่งตัวอย่างมีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 54 มม.

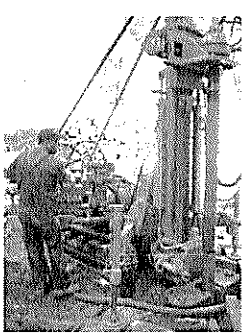
การเจาะสำรวจแบบหัวเพชร (Diamond Drilling)



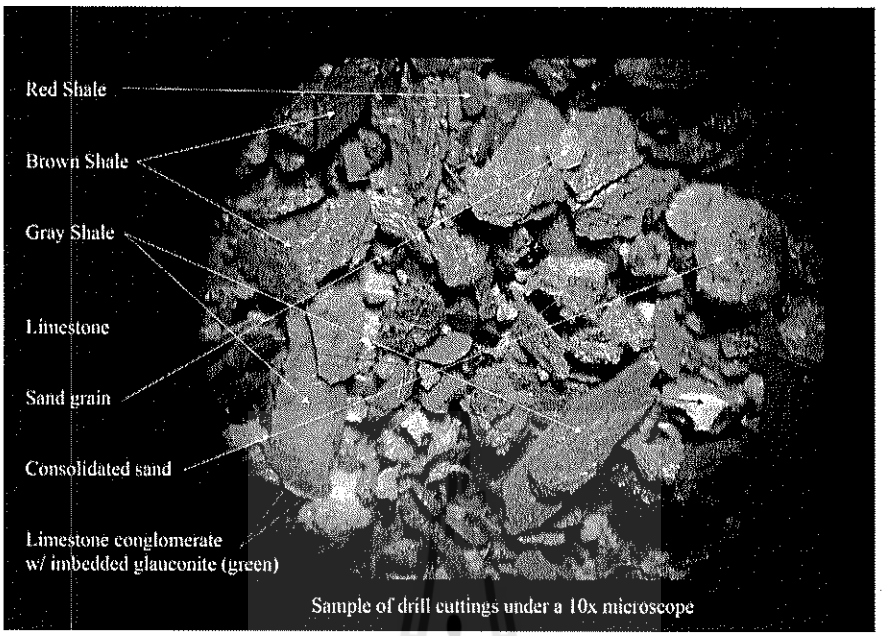
	ขนาดของแท่งตัวอย่าง (มม.)	ขนาดหัวเจาะ (มม.)	ขนาดหลุมเจาะ (มม.)
EX	22.2	36.5	38.1
AX	29.4	46.8	47.6
BX	41.3	58.7	60.3
NX	54	74.6	76.2

การเจาะแบบหมุน (Rotary Drilling)

- การเจาะสำรวจแบบนี้ใช้ในกรณีที่ไม่ต้องการแท่งตัวอย่าง (Core) โดยชั้นหินที่เจาะผ่านจะถูกกัดออกมาเป็นเศษตัวอย่าง (Cutting) และถูกนำพาขึ้นมายังปากหลุมเจาะผ่านก้านเจาะโดยน้ำโคลน
- เศษตัวอย่างที่ได้จะให้ข้อมูลชนิดหินโครงสร้างของชั้นหินและความต่อเนื่องของชั้นหินได้ไม่ดีเท่าแท่งตัวอย่าง การเจาะแบบนี้นิยมใช้กับหลุมที่ไม่ลึกมากนักและชั้นหินมีความแข็งอยู่ในระดับปานกลาง หรือใช้ในกรณีที่ต้องการเจาะผ่านชั้นหินที่รองรับอยู่ชั้นบนของแหล่งแร่ (Overburden)



Drill cutting



การเจาะแบบกระแทก (Percussion Drilling)

- คล้ายกับการเจาะสำรวจแบบหมุนคือ ใช้ในกรณีที่ไม่ต้องการแท่งตัวอย่าง โดยที่ชั้นหินที่เจาะผ่านจะถูกกระแทกและเศษตัวอย่างที่หลุดออกมาจากชั้นหินจะถูกนำพาขึ้นมายังปากหลุมเจาะ
- การเจาะสำรวจแบบนี้มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างถูก เมื่อเปรียบเทียบกับการเจาะแบบหัวเพชร และสามารถเจาะได้ที่ความลึกไม่มากนัก เศษตัวอย่างให้ข้อมูลชนิดของหิน โครงสร้าง และความต่อเนื่องไม่ชัดเจนเท่ากับแท่งตัวอย่าง
- เหมาะกับวัตถุประสงค์การเจาะสำรวจเพื่อกำหนดขอบเขตของแหล่งแร่ การเจาะสำรวจแบบหมุนหรือแบบกระแทกก็จะเพียงพอ

การเก็บตัวอย่าง

- การเจาะสำรวจเป็นการเจาะผ่านชั้นหิน ตัวอย่างหินที่ได้เป็นแท่งตัวอย่าง (Core) หรือเศษตัวอย่าง (Cutting) ซึ่งบ่งบอกการเปลี่ยนแปลงทางด้านธรณีวิทยาในเชิงลึก เช่น การเปลี่ยนแปลงชนิดของชั้นหินโครงสร้างและการวางตัวของชั้นหิน ในกรณีที่การเจาะสำรวจผ่านชั้นแร่ สามารถนำตัวอย่างแร่ไปวิเคราะห์หาปริมาณและความสมบูรณ์แหล่งแร่ได้

การเก็บตัวอย่าง

แหล่งแร่ที่อยู่ใกล้ผิวดิน (Surfacial Deposit)

- ในกรณีที่แหล่งแร่อยู่ใกล้ผิวดิน การเก็บตัวอย่างสามารถทำได้โดยใช้การเจาะสำรวจแบบหมุนหรือแบบกระแทก ซึ่งตัวอย่างที่ได้เป็นเศษแร่ที่เก็บจากปากหลุม ในกรณีที่ต้องการข้อมูลที่สมบูรณ์มากขึ้น การเจาะสำรวจแบบหัวเพชร ซึ่งให้ตัวอย่างที่เป็นแท่งตัวอย่างจะบ่งบอกการเปลี่ยนแปลงทางด้านธรณีวิทยาและความสมบูรณ์ของแหล่งแร่ได้ดีที่สุด

การเก็บตัวอย่าง

แหล่งแร่ลาน (Alluvial Deposit)

- การเก็บตัวอย่างสามารถทำได้โดยการขุดเป็นหลุม (Pitting) หรือขุดเป็นร่อง (Trenching) และเก็บตัวอย่างในหลุมและตามแนวร่องเพื่อวิเคราะห์หาความสมบูรณ์ของแหล่งแร่ ในกรณีที่แหล่งแร่อยู่ลึกเกินกว่าที่สามารถขุดเป็นหลุมหรือร่องได้ สามารถใช้การเจาะสำรวจแบบหมุนและแบบกระแทกเพื่อเก็บเศษตัวอย่างได้

การเก็บตัวอย่าง

แหล่งแร่ที่อยู่ลึกจากผิวดิน (Deep Deposit)

- การเก็บตัวอย่างจากแหล่งแร่ที่อยู่ลึกจากผิวดิน นิยมใช้วิธีการเจาะสำรวจ ซึ่งการเจาะสำรวจอาจจะเริ่มจากการเจาะสำรวจแบบกระแทกและแบบหมุนผ่าน ชั้นดิน ชั้นหินที่วางตัวอยู่ชั้นบน (Overburden) ของชั้นแร่ และเมื่อถึงชั้นแร่จะใช้การเจาะสำรวจแบบหัวเพชร เพื่อเก็บแท่งตัวอย่างแร่ การเจาะสำรวจแบบหัวเพชร สามารถทำได้ดีที่ความลึกมากๆ

การเก็บตัวอย่าง

แหล่งแร่ใต้ดินที่มีหน้างานเปิดอยู่แล้ว (Existing Underground Mine)

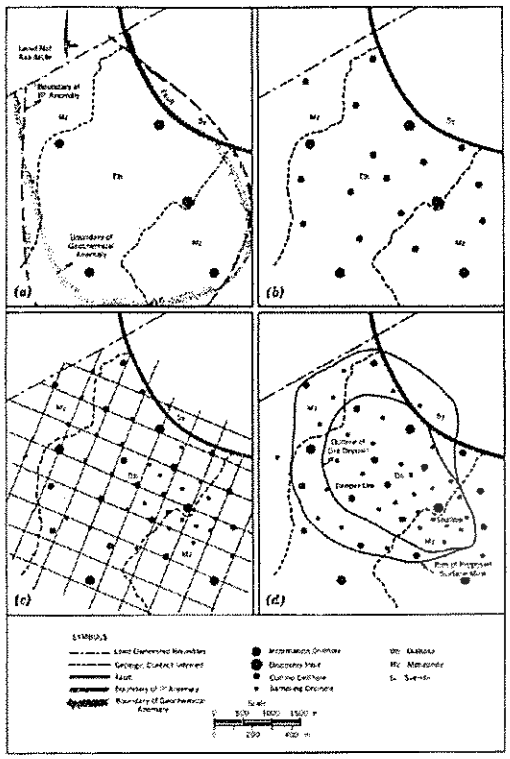
- ในกรณีที่บริเวณแหล่งแร่มีหน้างานใต้ดินเปิดอยู่แล้ว เช่น อุโมงค์สำรวจ (Prospecting Shaft) อุโมงค์ระบายอากาศ (Ventilation Shaft) Drift Adit หรือ Cross Cut
- ตัวอย่างจะเก็บตามแนวของหน้างาน เช่น เก็บตัวอย่างเป็นร่อง (Groove หรือ Channel Sample) ตลอดแนวหรือเป็นช่วงๆของอุโมงค์เอียง (Inclined Shaft)
- การเก็บตัวอย่างแบบสุ่มโดยเลือกเก็บตัวอย่างเป็นจุดๆ (Chip Sample) หรือขุดตัวอย่างจากบริเวณหน้างาน (Grab Sample)
- รูปร่างของตัวอย่างส่วนมากจะเป็นแบบไม่แน่นอน (Irregular Shape) ในบางกรณีอาจมีการเจาะเก็บแท่งตัวอย่าง (Coring) บริเวณหน้างานเพื่อนำ ไปทดสอบด้านกลศาสตร์หิน ซึ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งตัวอย่างขึ้นกับชนิดการทดสอบ หรือการเก็บตัวอย่างเป็นจำนวนมาก (Bulk Sample) เพื่อนำมาทดลองด้านการแต่งแร่

การกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะเก็บตัวอย่าง

แบ่งขั้นตอนการเจาะสำรวจเป็น 4 ขั้นตอน

- ขั้นตอนที่1 การเจาะสำรวจขั้นต้น (Information Drilling) ซึ่งประกอบด้วยหลุมเจาะจำนวน 5 หลุม เพื่อยืนยันการมีอยู่และการกระจายตัวของแหล่งแร่อย่างคร่าวๆ
- ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเจาะสำรวจเพื่อหาขอบเขตของแหล่งแร่ (Outline Drilling) ซึ่งประกอบด้วยหลุมเจาะจำนวน 15 หลุม
- ขั้นตอนที่ 3 เป็นการเจาะสำรวจเก็บตัวอย่างแร่ (Sample Drilling) เป็นการเจาะสำรวจเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของแหล่งแร่ ซึ่งประกอบด้วย หลุมเจาะจำนวน 31 หลุม ตามตำแหน่งของกริดที่มีระยะห่างแน่นอน (Regular Grid Spacing) ที่ได้ถูกออกแบบไว้
- ขั้นตอนที่ 4 เป็นการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาใช้ประกอบในการกำหนดขอบเขตแหล่งแร่ที่แน่นอน และขอบเขตพื้นที่ทำเหมือง

การกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะเก็บตัวอย่าง



ตัวอย่างการสำรวจแหล่งแร่ซัลไฟด์ เพื่อกำหนดขอบเขตแร่และการออกแบบเหมือง

(a) การเจาะสำรวจขั้นต้น (Information Drilling)

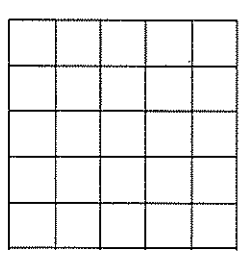
(b) การเจาะสำรวจเพื่อหาขอบเขตของแหล่งแร่ (Outline Drilling)

(c) การเจาะสำรวจเก็บตัวอย่างแร่ (Sample Drilling)

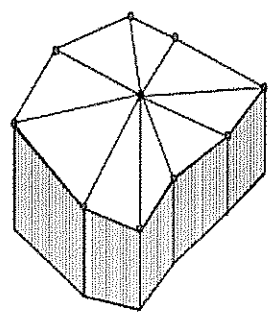
(d) ขอบเขตแหล่งแร่และพื้นที่ทำเหมือง

การกำหนดกริดหลุมเจาะ (Drillhole Grid)

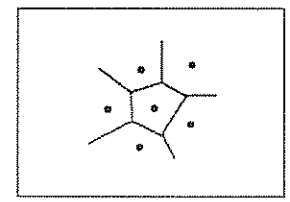
- กริดมีอยู่ 2 แบบคือ กริดที่มีระยะห่างแน่นอน และวัสดุที่มีระยะห่างไม่แน่นอน โดยที่กริดที่มีระยะห่างแน่นอนมีความนิยมมากกว่าเนื่องจากให้ระดับความสำคัญของข้อมูลที่เสมอภาค ตลอดบริเวณแหล่งแร่ ระบบกริดที่มีระยะห่างแน่นอนสามารถกำ หนดได้หลายรูปแบบ



1) Rectangular หรือ Square



2.) Triangular



3) Polygonal

การประเมินปริมาณแร่สำรอง (Ore Reserve Estimation)

- มีวัตถุประสงค์เพื่อให้การคำนวณปริมาณแหล่งแร่สำรองเป็นไปอย่างง่าย รวดเร็วมีความน่าเชื่อถือ เป็นไปตามข้อเท็จจริงของการเกิดแหล่งแร่และข้อมูลที่รวบรวมได้ และสามารถตรวจสอบและแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งการเลือกใช้วิธีการ ต่างๆ ขึ้นกับ

  1) ลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่

  2) วิธีการสำรวจ

  3) จำนวนข้อมูลและคุณภาพข้อมูลตัวอย่างแร่

  4) เป้าหมายการคำนวณปริมาณสำรวจ และ

  5) ระดับความถูกต้องที่ต้องการ

การคำนวนปริมาณแร่สำรอง

- ความหนาและพื้นที่ที่จะนำไปสู่การคำนวณปริมาตร (Volume) ได้โดยความหนาของแหล่งแร่หรือของบล๊อคหาได้จากค่าเฉลี่ยความหนาของหลุมเจาะนั้นๆของแหล่งแร่หรือของบล๊อค

$$T_{avg} = (t_1+t_2+t_3 \ldots . t_n)/n$$

- t_i = ความหนาที่หลุม i
- และการคำนวณหาพื้นที่อาศัย Planimeter หรือ Templates

การคำนวนปริมาณแร่สำรอง

- ความสมบูรณ์แร่ (Grade) การคำนวณหาค่าเฉลี่ยความสมบูรณ์แร่ขึ้นอยู่กับสมมุติฐานที่ใช้

ตารางที่ 1.2-1 สมมุติฐานที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความสมบูรณ์แร่

Type of Problem	Assumption	Equation
Arithmetic Average	All blocks are equal in area, thickness and weight factor.	$C_{avg} = (C_1+C_2+\ldots+C_n)/n$
Thickness Weighted Average	All blocks are equal in area and have the same weight factor.	$C_{avg} = (C_1 t_1+C_2 t_2+\ldots+C_n t_n)/(t_1+t_2+\ldots+t_n)$
Area Weighted Average	All blocks have consistent thickness and weight factor, but different areas.	$C_{avg} = (C_1 S_1+C_2 S_2+\ldots+C_n S_n)/(S_1+S_2+\ldots+S_n)$
Volume Weighted Average	Weighted factor of all blocks are the same.	$C_{avg} = (C_1 V_1+C_2 V_2+\ldots+C_n V_n)/(V_1+V_2+\ldots+V_n)$
Tonnage Weighted Average	Tonnage and grade of blocks are different.	$C_{avg} = (C_1 Q_1+C_2 Q_2+\ldots+C_n Q_n)/(Q_1+Q_2+\ldots+Q_n)$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การคำนวนปริมาณแร่สำรอง

- Weight Factor หรือความหนาแน่น (Density) ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$Q = \nabla / F$ หรือ $Q = \nabla * f$

เมื่อ Q = วัตถุดิบ (Raw Material (tons))

∇ = ปริมาตร

f = Volume Tonnage Factor หรือความหนาแน่น (Density (ton/m^3))

F = Weight Factor (m^3/ton)

การคำนวนปริมาณแร่สำรอง

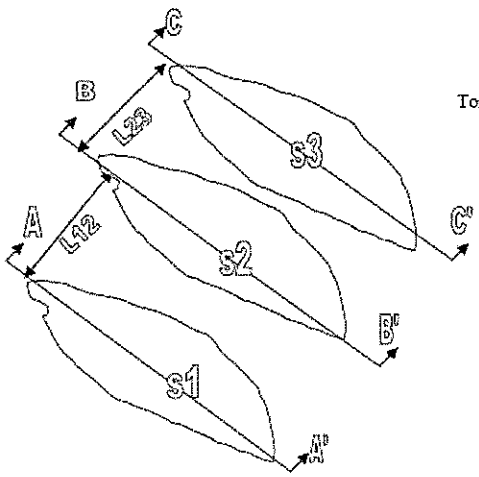
วิธีการคำนวณปริมาณแร่สำรองที่นิยมใช้กัน แบ่งเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ

- กลุ่มที่ 1 วิธีการ Cross-Sectional Methods
- กลุ่มที่ 2 วิธีการ Analysis Methods

วิธีการ Cross-Sectional Methods

- 1) วิธีการนี้ใช้ได้ดีกับแหล่งแร่ที่มีการวางตัวอย่างสม่ำเสมอ (Uniform Deposit)
- 2) วิธีการนี้ให้ผลลัพธ์ที่มีความน่าเชื่อถือได้เมื่อใช้กับแหล่งแร่ที่มีรูปแบบการเก็บตัวอย่างโดยเว้นระยะห่างระหว่างตัวอย่างที่คงที่ (Regular Grid Sample) และมีความหนาแน่นของตัวอย่างสูง
- 3) วิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่ายและสามารถกระทำได้อย่างรวดเร็ว เหมาะสมกับแหล่งแร่ที่มีลักษณะเป็นแผ่นหนา (Tabular Deposit) หรือ ลานแร่ (Placer Deposit) เช่นแหล่งแร่ฟอสเฟส ยิปซั่ม หินปูนและถ่านหิน
- 4) วิธีการนี้มีข้อจำกัดคือ ไม่ได้รวมเอาลักษณะการกระจายตัวของตัวอย่าง (Sample Distribution) ทั้งด้านคุณภาพและปริมาณมาประกอบการคำนวณ

วิธีการ Cross-Sectional Methods



วิธีการ

1) คำนวณพื้นที่ของภาพตัดขวาง ทุกๆ อัน (S_i)

2) คำนวณ weight Factor (F) ของแต่ละภาพตัดขวาง

3) คำนวณปริมาตร (Volume) จำนวนต้นแร่ (Ore Tonnages) และจำนวนต้นโลหะ (Metal Tonnages) ของแต่ละภาพตัดขวาง โดยปริมาตรคำนวณจาก $V=((S_1+S_2)/2)*L_{12}$

เมื่อ S_1 และ S_2 คือพื้นของภาพตัดขวางที่ 1 และ 2

L_{12} คือระยะห่างระหว่างภาพตัดขวางที่ 1และ 2

Sections	พื้นที่
A-A'	S_1
B-B'	S_2
C-C'	S_3

L_{12} คือระยะห่างระหว่างภาพตัดขวางที่ A-A' และ B-B'

L_{23} คือระยะห่างระหว่างภาพตัดขวางที่ B-B'และ C-C'

รูปที่ 1.2.1-1 Block Layout โดยวิธีการ Cross-Sectional Methods

วิธีการ Cross-Sectional Methods

- โดยวิธีการนี้ภาพตัดขวางสามารถเป็นได้ทั้งในแนวตั้ง (Vertical Cross-Section) ในแนวนอน (Horizontal Cross-Section) และในแนวเอียง (Inclined Cross-Section)

ตารางที่ 1.2.1-1 การคำนวณปริมาณแร่สำรองโดยวิธีการ Cross-Sectional Method

Block No.	Sections	Area (S)	Interval Between Sections (L)	Volume (V)	Weight Factor (F, m^3/ton)	Raw Material (tons)	Grade (%)	Reserve (tons)
1	A-A' B-B'	S_1 S_2	L_{12}	$V_1=((S_1+S_2)/2)*L_{12}$	F	$Q_1=V_1F$	$C_{1(avg)}$	$P_1=C_{1(avg)}*Q_1$
:		:		:	:	:	:	:
Total		ΣS_i	ΣL_i	ΣV_i		ΣQ_i		ΣP_i
Average							$C_{avg}=\Sigma P_i / \Sigma Q_i$	

วิธีการ Analysis methods

- วิธีการวิเคราะห์ปริมาณแร่สำรองโดยวิธีการนี้ที่นิยมจะทำกัน ประกอบด้วย

(1) วิธีการ Triangular Method

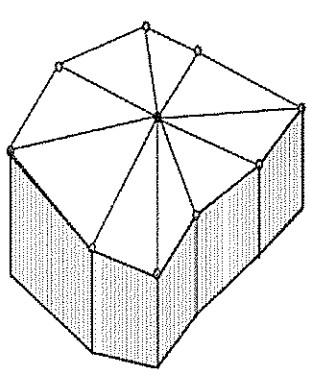
(2) วิธีการ Inverse Distance Weight Method

(3) วิธีการ Polygonal Method

(4) วิธีการ ธรณีสถิติ (Geostatistics)

วิธีการ Triangular method

- วิธีการนี้ใช้หลักการที่เรียกว่า " Rule of gradual change" โดยสร้างพื้นที่สามเหลี่ยมจากการเชื่อมต่อหลุมเจาะ 3 หลุม ในบริเวณข้างเคียงโดยไม่ให้เกิดการทับกันระหว่างเส้นและพื้นที่สามเหลี่ยมนั้นเป็นพื้นที่อิทธิพล (Influence Area) ของทั้ง 3 หลุมเจาะ



วิธีการ Triangular method

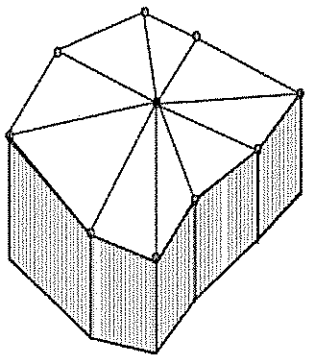
<u>วิธีการคำนวณ</u>

1. ปริมาตรสามเหลี่ยม คำนวณจาก

$V = 1/3(t_1+t_2+t_3)*S$

เมื่อ t_1, t_2, t_3 = ความหนาของชั้นแร่ในหลุมเจาะที่ 1, 2, และ 3

S = พื้นที่ของสามเหลี่ยม



วิธีการ Triangular method

2. การคำนวณค่าเฉลี่ยความสมบูรณ์แร่ (C_{avg}) ของแต่ละ block โดย

- Arithmetic mean

$C_{avg} = (C_1+C_2+C_3)/3$

เมื่อ C_1, C_2, C_3 = ความสมบูรณ์ของแร่ของหลุมที่ 1, 2, 3

- Thickness weight average

$C_{avg} = (C_1 t_1+C_2 t_2+C_3 t_3)/(t_1 +t_2 +t_3)$

3. การคำนวณค่า Tonnage (P) ของบล็อคโดย

Tonnage ของวัตถุดิบ (Raw Material); $Q = V/F$

Tonnage ของ แร่ (P) = $Q*C_{avg}$

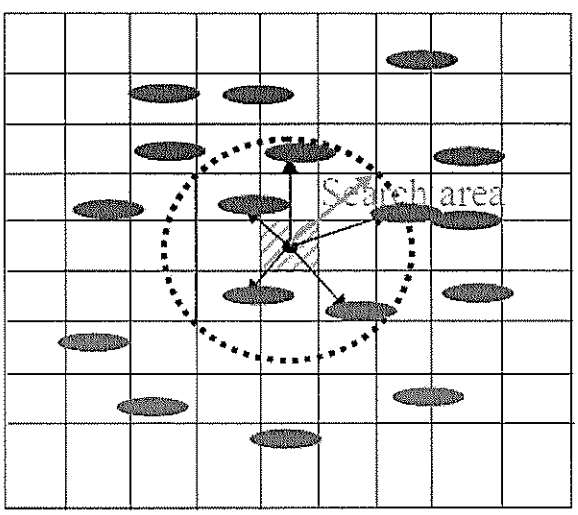
วิธีการ Triangular method

ตารางที่ 1.2.2-1 การคำนวณปริมาณแร่สำรองโดยวิธีการ Triangular Method

Triangular Block No.	Area (S)	Volume (V)	Weight Factor (F, m^3/ton)	Raw Material (tons)	Grade (%)	Reserve (tons)
1	S_1	V_1	F	$Q_1 = V_1/F$	$C_{1(avg)}$	$P_1=C_1*Q_1$
:	:	:	:	:	:	:
Total	ΣS_i	ΣV_i		ΣQ_i		ΣP_i
Average					$C_{avg} = \Sigma P_i / \Sigma Q_i$	

วิธีการ Inverse Distance Weighting Method (IDWM)

- วิธีการนี้จะแบ่งแหล่งแร่ออกเป็นหลายๆบล๊อคที่มีขนาดพื้นที่หรือปริมาตรที่เท่ากัน โดยความสมบูรณ์แร่ของบล๊อคนั้นๆ หาได้จากค่าเฉลี่ยแบบถ่วงดุลย์ (Weight Average) ของตัวอย่างที่อยู่บริเวณโดยรอบ



วิธีการ Inverse Distance Weighting Method (IDWM)

ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ใช้ตัวอย่างจำนวน m ตัวอย่าง เพื่อคำนวณหาความสมบูรณ์แร่ที่บล๊อคหนึ่งๆ ค่าถ่วงดุล (Weight) ของตัวอย่างที่ 2 หาได้จาก

$$\lambda_2 = [\,(1/d_2^n)/(\sum 1/d_j^n)\,].\ j = 1\ldots,m$$

เมื่อ d_2 = ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางของบล๊อคที่ถูกประเมินถึงตำแหน่งตัวอย่างที่ 2

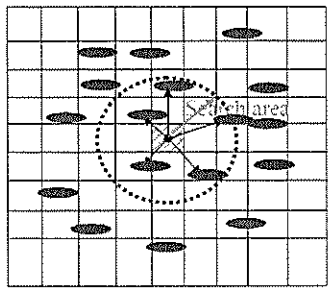
d_j = ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางของบล๊อคที่ถูกประเมินถึงตำแหน่งตัวอย่างที่ j

n = power factor ขึ้นอยู่กับชนิดของแหล่งแร่

λ_2 = ค่าถ่วงดุล (Weight) สำหรับตัวอย่างที่ 2

ดังนั้นค่าความสมบูรณ์แร่ของบล๊อคที่ตำแหน่ง i คำนวณจาก $z_i = \lambda_j * C_j$

เมื่อ C_j = ค่าความสมบูรณ์ของตัวอย่างแร่



วิธีการ Inverse Distance Weighting Method (IDWM)

ตารางที่ **1.2.2-2** การคำนวณปริมาณแร่สำรองโดยวิธีการ IDWM

Triangular Block No.	Area (S)	Volume (V)	Weight Factor (F, m^3/ton)	Raw Material (tons)	Grade (%)	Reserve (tons)
1	S_1	V_1	F	$Q_1 = V_1/F$	$Z_i = \lambda_i * C_i$	$P_1 = Z_1 * Q_1$
:	:	:	:	:	:	:
Total	ΣS_i	ΣV_i		ΣQ_i		ΣP_i
Average					$Z_{av} = \Sigma P_i / \Sigma Q_i$	

วิธีการ Inverse Distance Weighting Method (IDWM)

- **ข้อเสนอแนะ**

1) วิธีการนี้กำหนดค่าถ่วงดุล (Weight) ของตัวอย่างตามระยะห่างจากจุดกึ่งกลางของบล๊อคที่ทำการประเมินกับตัวอย่าง

2) ขนาดพื้นที่หรือปริมาตรของบล๊อคขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของตัวอย่าง

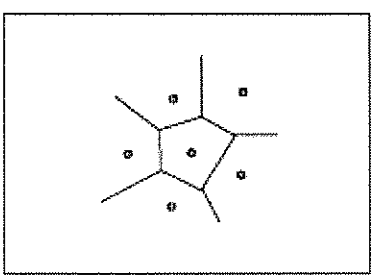
3) ค่า power factor (n) ขึ้นอยู่กับชนิดของแหล่งแร่ ถ้าแหล่งแร่มีระยะอิทธิพลมาก ควรใช้ค่า n = 1 และเพิ่มมากขึ้นเมื่อแหล่งแร่มีระยะอิทธิพลน้อย

4) ในกรณีที่ตำแหน่งของตัวอย่างอยู่บนจุดกึ่งกลางของบล๊อคตัวอย่างนั้นจะได้รับค่าถ่วงดุลไปทั้งหมด ดังนั้นค่าความสมบูรณ์ของแร่ที่บล๊อคนั้นเท่ากับค่าความสมบูรณ์แร่ของตัวอย่าง

5) วิธีการนี้จะให้ผลที่คลาดเคลื่อนเมื่อแหล่งแร่มีความแปรปรวนสูง หรือมีค่าความสมบูรณ์แร่ที่แตกต่างกันในระยะใกล้

วิธีการ Polygon Method

- หลักการของวิธีนี้คือ การสร้างพื้นที่อิทธิพล (Area of Influence) โดยรอบหลุมเจาะ โดยการลากเส้นตั้งฉากจากจุดกึ่งกลางของเส้นที่ลากระหว่างหลุมต่างๆเกิดขึ้นเป็นรูปหลายเหลี่ยมดังแสดงใน
- ด้วยวิธีการนี้จะสังเกตเห็นว่าอิทธิพลของตัวอย่างขยายออกมาเป็นระยะทางครึ่งหนึ่งของจุดเชื่อมต่อระหว่างตัวอย่างรอบข้าง โดยค่าความสมบูรณ์แร่และความหนาของโพลีกอนก็จะแทนด้วยความสมบูรณ์แร่และความหนาของหลุมเจาะนั่นเอง



วิธีการ Polygon Method

ตารางที่ 1.2.2-3 การคำนวณปริมาณแร่สำรองโดยวิธีการ Polygon Method

Polygon No.	Area (S)	Thickness (t)	Volume (V)	Weight Factor (F, m^3/ton)	Raw Material (tons)	Grade (%)	Reserve (tons)
1	S_1	t_1	V_1	F	$Q_1 = V_1/F$	C_1	$P_1=C_1*Q_1$
:	:	:	:	:	:	:	:
Total	ΣS_i		ΣV_i		ΣQ_i		ΣP_i
Average						$C_{avg} = \Sigma P_i / \Sigma Q_i$	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีการ Polygon Method

ข้อเสนอแนะ

1) วิธีการนี้เหมาะกับแหล่งแร่ที่มีความหนาที่ค่อนข้างคงที่ (Tabular Deposits) เช่น แหล่งถ่านหิน แหล่งแร่ฟอสเฟต แหล่งหินดินดานน้ำมัน (Oil Shale)

2) การสร้างโพลีกอน ค่อนข้างใช้เวลามากและขนาดของโพลีกอนขึ้นกับการกระจายตัวของตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างน้อยขนาดของโพลีกอนจะใหญ่และมีพื้นที่อิทธิพลมาก และถ้าจำนวนตัวอย่างมากโพลีกอนจะมีขนาดเล็กมีพื้นที่อิทธิพลน้อย

3) พื้นที่อิทธิพลแปรตามลักษณะการเก็บตัวอย่าง (Sampling Patterns)

4) มักจะเกิดปัญหาการประเมินปริมาณสำรองแร่เกินความเป็นจริง (Overestimated) โดยเฉพาะบริเวณขอบเขตสิ้นสุดของแหล่งแร่

5) ในกรณีที่มีการเก็บตัวอย่างเพิ่มเติม จำเป็นต้องสร้างโพลีกอน ขึ้นมาใหม่

วิธีการธรณีสถิติ (Geostatistics)

- ธรณีสถิติถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณแร่สำรองให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นกว่าวิธีการดั้งเดิมที่ใช้กันอยู่ในอดีต โดยเป็นการประยุกต์ใช้หลักการด้านสถิติเพื่อให้สามารถคำนวณหาโครงสร้างความแปรปรวน (Spatial Variability Structure) ของตัวแปรภูมิภาค (Regionalized Variables) และอาศัยโครงสร้างความแปรปรวนดังกล่าวเป็นข้อกำหนด (Conditioned) ในการประเมินค่าของตัวแปรภูมิภาค ณ บริเวณที่ต้องการ ซึ่งในการประเมินปริมาณแร่สำรอง ตัวแปรภูมิภาคที่นำมาประเมินคือความหนาของแหล่งแร่และความสมบูรณ์แร่ในแต่ละบล๊อค และผลลัพธ์ที่ได้คือ แผนที่แสดงความหนาความลึก และความสมบูรณ์แร่ของทั้งแหล่ง

วิธีการธรณีสถิติ (Geostatistics)

- ขั้นตอนการคำนวณปริมาณแร่สำรองของวิธีการธรณีสถิติ

1) ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาที่มีผลต่อการเกิดของแหล่งแร่ การแบ่งชั้นและการแบ่งโซนของแหล่งแร่

2) รวบรวมตัวอย่างในแต่ละชั้นและโซนของแหล่งแร่และแยกกันคำนวณปริมาณแร่สำรอง

3) คำนวณค่าสถิติพื้นฐาน (Basic Statistics) เพื่อทราบถึงการกระจายตัวของค่าความสมบูรณ์แร่

4) คำนวณหาโครงสร้างความแปรปรวนของตัวแปรโดยการสร้างแวริโอแกรม
(Variogram Calculation and Modeling)

5) แบ่งแหล่งแร่ออกเป็นบล๊อคเพื่อหาความสมบูรณ์ของแต่ละบล๊อคโดยวิธีการประเมินแบบคริกกิ้ง (Kriging Estimation)

6) คำนวณหาความสมบูรณ์ของแร่สำรองของบล๊อค และทั้งแหล่งแร่ (Deposit)

7) จัดทำแผนที่แสดงความสมบูรณ์และการกระจายตัวของแร่

วิธีการธรณีสถิติ (Geostatistics)

- ข้อเสนอแนะ

1) วิธีการธรณีสถิติให้ผลลัพธ์ที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่าวิธีการอื่นๆ เนื่องจากวิธีการนี้ได้รวมเอาลักษณะการกระจายตัวของตัวอย่างมาประกอบการคำนวณในขั้นตอนการวิธีการประเมินแบบคริกกิ้ง

2) ระยะอิทธิพล (Range Distance) ในโครงสร้างแวริโอแกรมเป็นตัวกำหนดขนาดพื้นที่อิทธิพลในการค้นหาตัวอย่าง (Searching Area) เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณความสมบูรณ์แร่ของบล๊อคนั้นๆ ซึ่งสามารถตอบคำถามในกรณีของ IDWM ได้

3) ธรณีสถิติสามารถรองรับทุกๆขนาดและรูปร่างของตัวอย่างและเช่นเดียวกับขนาดและรูปร่างของบล๊อคที่จะถูกประเมิน

4) ค่าถ่วงดุล (Weight) ของตัวอย่างที่ใช้ประเมินคำนวณได้โดยใช้ระยะห่างและทิศทางจากจุดศูนย์กลางของบล๊อคที่ถูกประเมินและโครงสร้างความแปรปรวนในรูปของแวริโอแกรม

วิธีการธรณีสถิติ (Geostatistics)

- ข้อเสนอแนะ

- 5) ธรณีสถิติเชิงเส้นตรง (Linear Geostatistic) ให้ผลลัพธ์เป็นค่าตัวแปรที่ถูกประเมินของแต่ละบล๊อคในกรณีเมื่อจำเป็นต้องทราบการกระจายตัวของค่าตัวแปรในบล๊อคนั้นๆ หรือฟังค์ชั่นการกระจายตัว (Distribution Function) ของบล๊อคจำเป็นต้องใช้การคำนวณแบบธรณีสถิติเชิงไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear Geostatistics) หรือการสร้างแบบจำลองธรณีสถิติ (Geostatistics Simulation) ซึ่งใช้ได้ดีกับแหล่งแร่ที่มีความแปรปรวนสูง เช่น แหล่งแร่ทองคำ เป็นต้น การสร้างแบบจำลองธรณีสถิตินอกจากให้ผลลัพธ์การคำนวณปริมาณแร่สำรองที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นแล้วยังสามารถใช้ในการวิคราะห์ความไม่แน่นอน (Uncertainty Analysis) ที่เกิดขึ้นได้

Economic and Planning Considerations

Factors in Rock Slope Design and Analysis

1. Geologic Conditions (Rock types, structural geology, GW, etc.)

2. Excavation Technique (Soft rock / Hard rock)

3. Shape of Slope (Dip angle/dip direction)

4. Cost

Economic Consequence of Instability

Cost Considerations used to Design Rock Slope Excavations

1. Basic Excavation Cost

(The basic cost unit is taken as the cost per ton mined from the face)

2. Clean-up Cost

(The cost of clearing up a slope failure)

3. Drainage Installation Cost

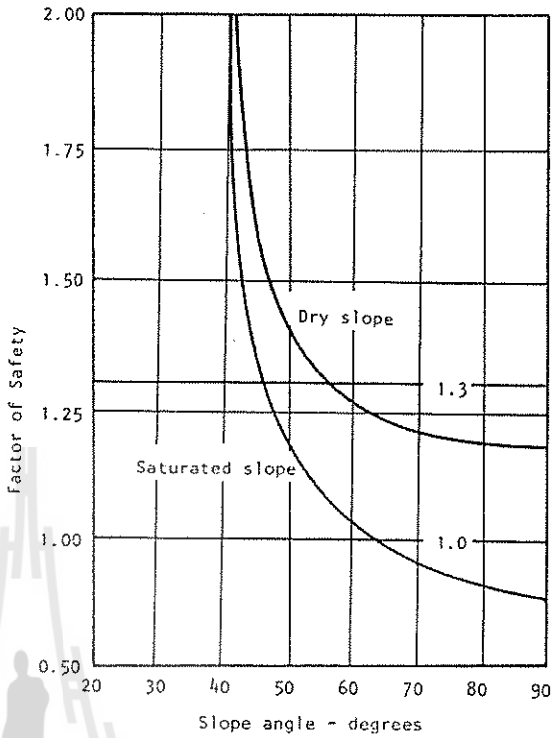
(The design and installation of a drainage system involves a fixed cost)

4. Rock Support Cost

(The cost of rock bolt, tensioned cables, etc., installed by a specialist contractor)

Variation of Factor of Safety with slope angle

Figure 2 : Variation of Factor of Safety with slope angle.



Excavation Tonnages and Cable Loads

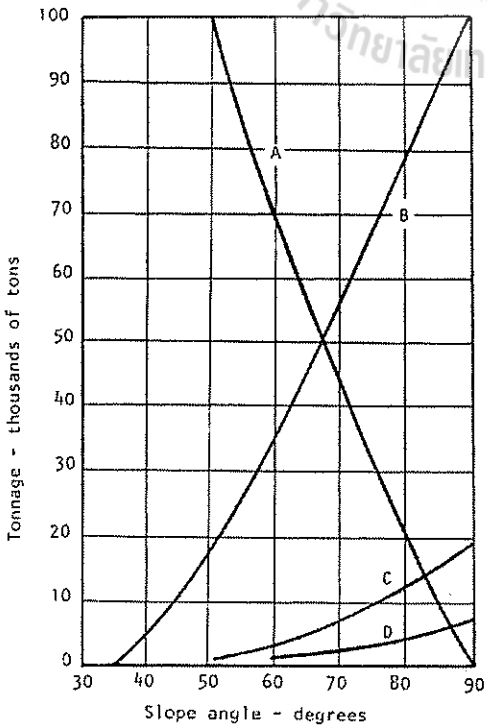


Figure 3 : Excavation tonnages and cable loads.

Line A - Tonnages excavated in flattening slope 100 ft. high x 300 ft. long.
Line B - Tonnage to be cleared up if wedge failure occurs.
Line C - Cable load required for a factor of safety of 1.3 for a saturated slope.
Line D - Cable load required for a factor of safety of 1.3 for a dry slope.

Comparative Cost Options

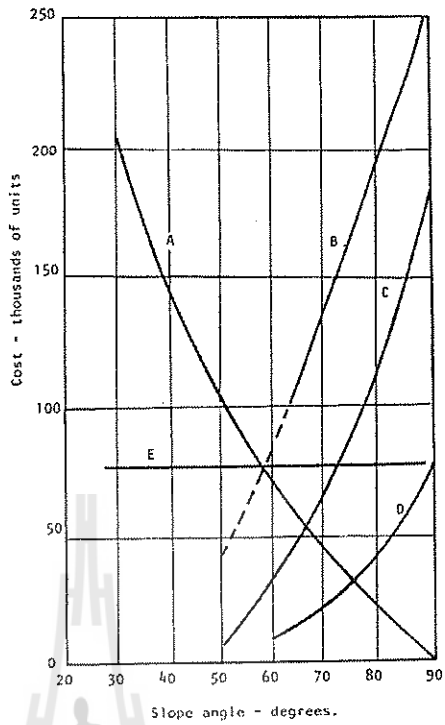
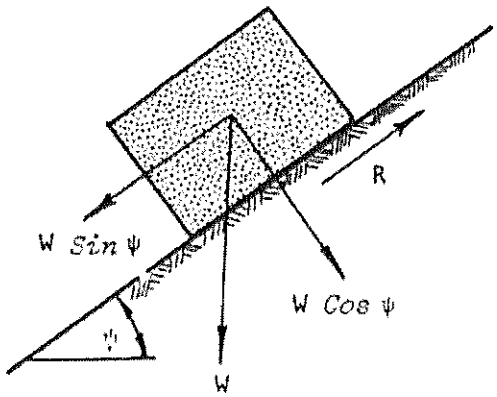


Figure 4 : Comparative cost options.

Line A - Cost per ton mined from face - from line A in Figure 3.
Line B - Cost of clearing up a slope failure.
Line C - Cost of installing cables in a saturated slope.
Line D - Cost of installing cables in a dry slope.
Line E - Cost of draining slope.

Greek Letter

Greek Letter		Name	Equivalent	Sound When Spoken
Α	α	Alpha	A	al-fah
Β	β	Beta	B	bay-tah
Γ	γ	Gamma	G	gam-ah
Δ	δ	Delta	D	del-tah
Ε	ε	Epsilon	E	ep-si-lon
Ζ	ζ	Zeta	Z	zay-tah
Η	η	Eta	E	ay-tay
Θ	θ	Theta	Th	thay-tah
Ι	ι	Iota	I	eye-o-tah
Κ	κ	Kappa	K	cap-ah
Λ	λ	Lambda	L	lamb-dah
Μ	μ	Mu	M	mew
Ν	ν	Nu	N	new
Ξ	ξ	Xi	X	zzEye
Ο	ο	Omicron	O	om-ah-cron
Π	π	Pi	P	pie
Ρ	ρ	Rho	R	row
Σ	σ	Sigma	S	sig-ma
Τ	τ	Tau	T	tawh
Υ	υ	Upsilon	U	oop-si-lon
Φ	φ	Phi	Ph	figh or fie
Χ	χ	Chi	Ch	kigh
Ψ	ψ	Psi	Ps	sigh
Ω	ω	Omega	O	o-may-gah

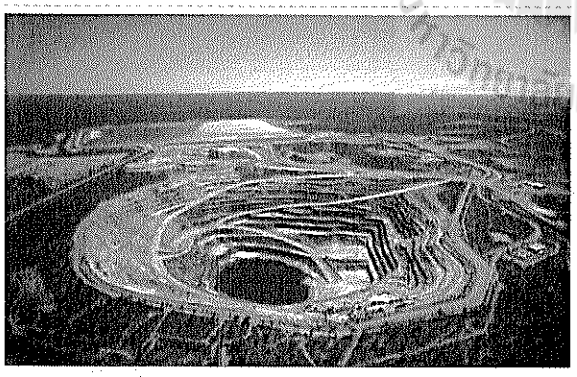


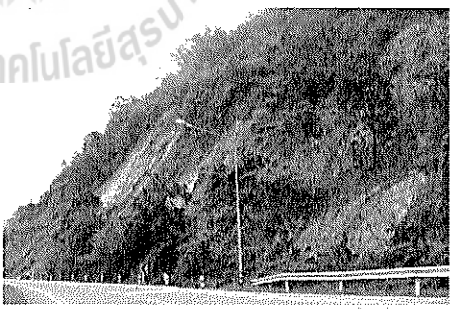
538416 Surface Mining and Mine Design

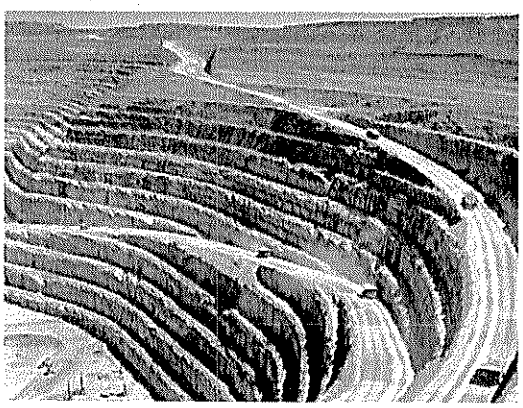
Basic Mechanics of Slope Failure

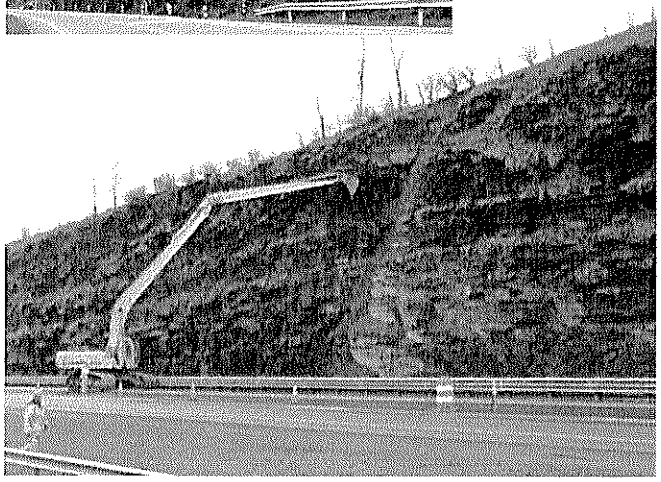
Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

Examples of rock slopes

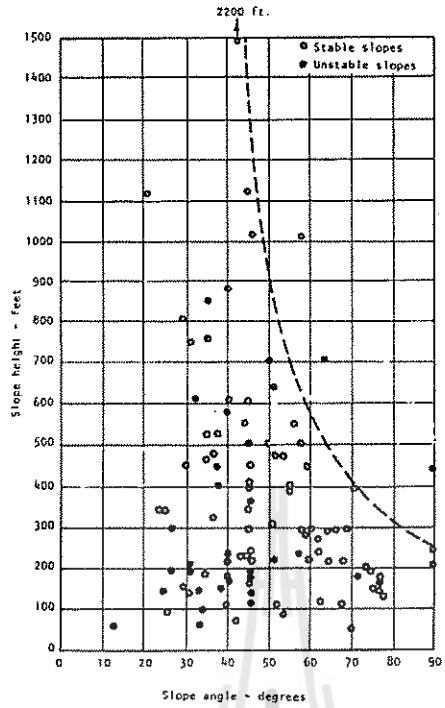








Slope Height vs. Slope Angle (Hard Rock Slope)



57

Rock slope

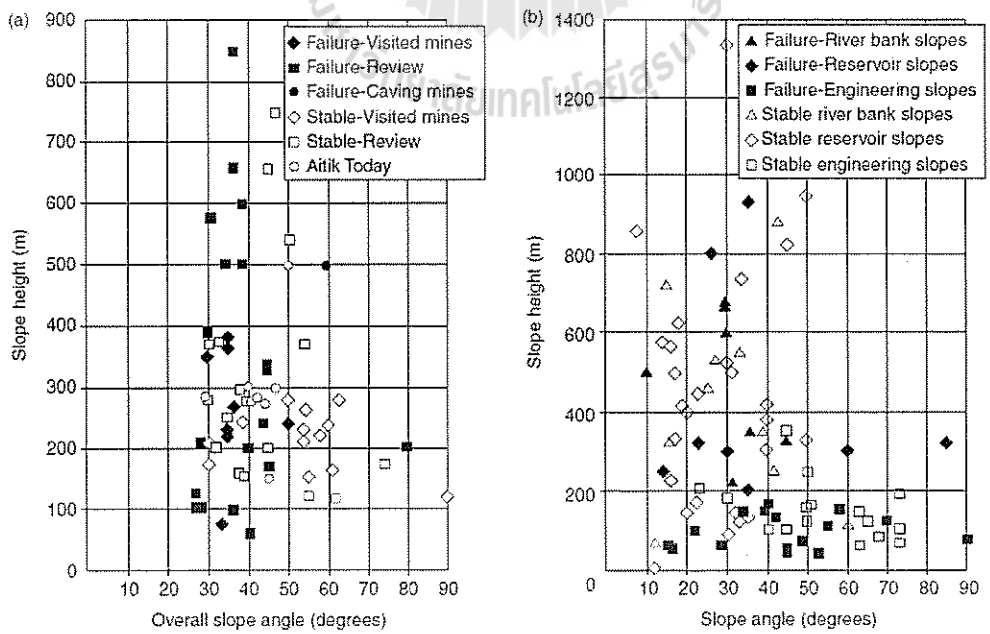


Figure 1.2 Relationship between slope height and slope angle for open pits, and natural and engineered slopes: (a) pit slopes and caving mines (Sjöberg, 1999); and (b) natural and engineered slopes in China (data from Chen (1995a,b)).

58

Influence of geological conditions

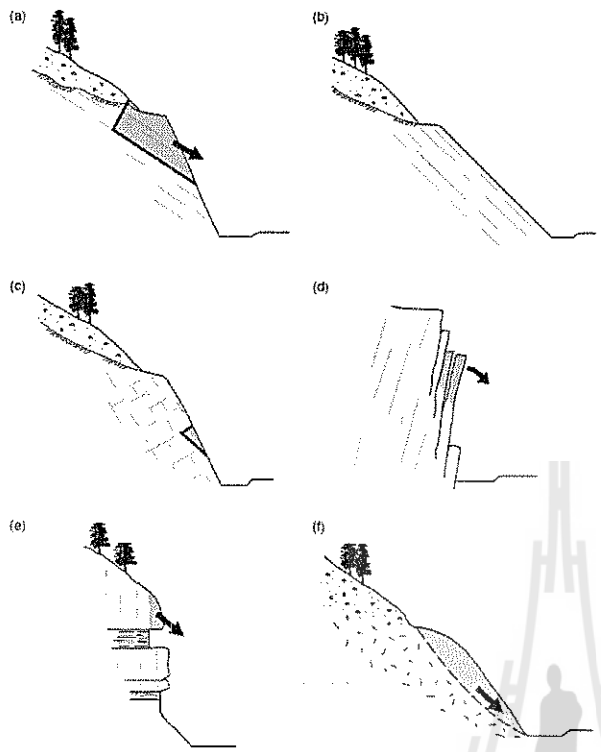


Figure 1.4 Influence of geological conditions on stability of rock cuts:
(a) potentially unstable—discontinuities "daylight" in face;
(b) stable slope—face excavated parallel to discontinuities;
(c) stable slope—discontinuities dip into face;
(d) toppling failure of thin beds dipping steeply into face;
(e) weathering of shale beds undercuts strong sandstone beds to form overhangs;
(f) potentially shallow circular failure in closely fractured, weak rock.

Typical open pit slope geometry

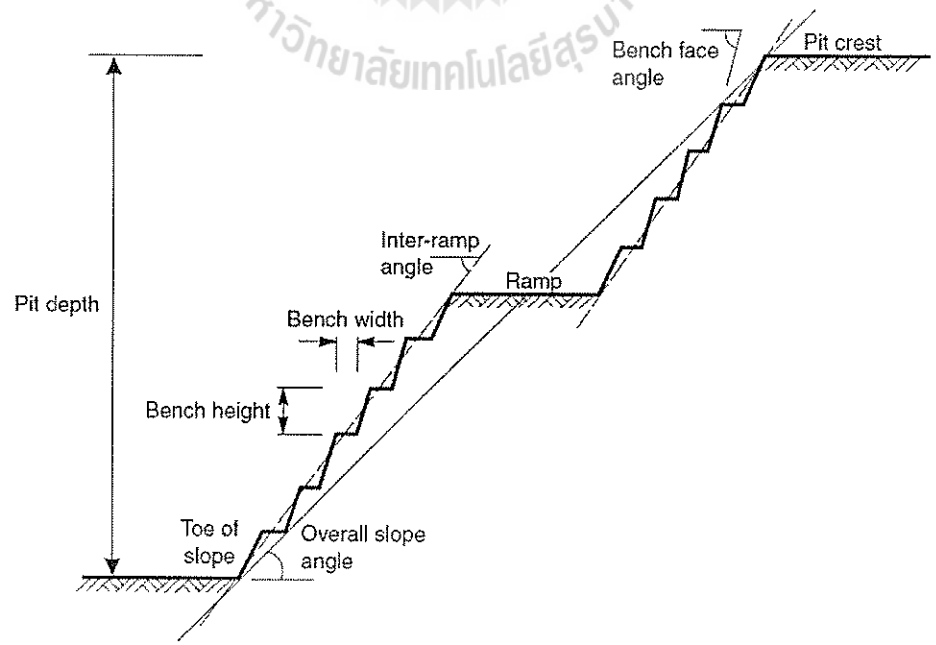
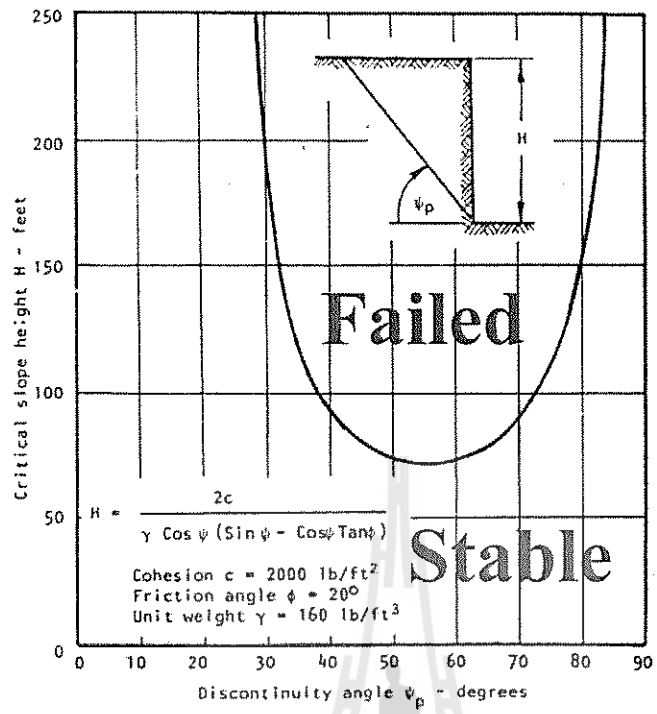


Figure 1.5 Typical open pit slope geometry showing relationship between overall slope angle, inter-ramp angle and bench geometry.

Critical height of a drained vertical slope containing a planar discontinuity dipping at and angle ψ_p



61

Friction, Cohesion and Unit Weight

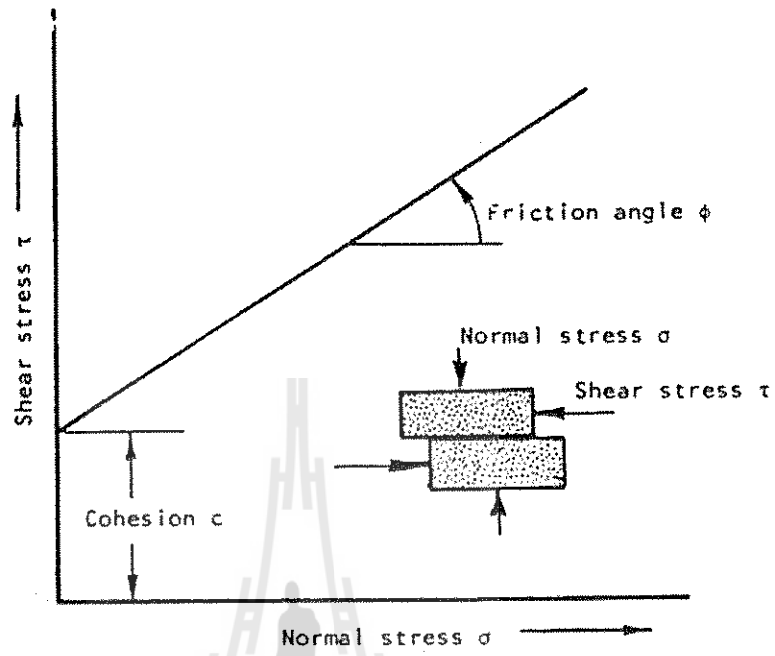
- Friction and cohesion are best defined in term of the plot of shear stress versus normal stress
- The relationship between shear and normal stresses for a typical rock surface or for a soil sample can be expressed as:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

where τ = shear stress
σ = normal stress
c = cohesion
ϕ = basic friction angle } from direct shear test

62

Shear stress-normal stress relationship



Typical soil and rock properties

TABLE 1 - TYPICAL SOIL AND ROCK PROPERTIES

Description			Unit weight (Saturated/dry)		Friction angle	Cohesion	
Type		*Material*	lb/ft^3	kN/m^3	*degrees*	lb/ft^2	*kPa*
Cohesionless	*Sand*	Loose sand , uniform grain size	118/90	19/14	28-34*		
		Dense sand, uniform grain size	130/109	21/17	32-40*		
		Loose sand, mixed grain size	124/99	20/16	34-40*		
		Dense sand, mixed grain size	135/116	21/18	38-46*		
	Gravel	Gravel, uniform grain size	140/130	22/20	34-37*		
		Sand and gravel, mixed grain size	120/110	19/17	48-45*		
	Blasted/broken rock	Basalt	140/110	22/17	40-50*		
		Chalk	80/62	13/10	30-40*		
		Granite	125/110	20/17	45-50*		
		Limestone	120/100	19/16	35-40*		
		Sandstone	110/80	17/13	35-45*		
		Shale	125/100	20/16	30-35*		

Typical soil and rock properties

TABLE 1 - TYPICAL SOIL AND ROCK PROPERTIES

Description			Unit weight (Saturated/dry)		Friction angle	Cohesion	
Type		*Material*	*lb/ft³*	*kN/m³*	*degreee*	*lb/ft²*	*kPa*
Cohesive	*Clay*	Soft bentonite	80/30	13/6	7-13	200-400	10-20
		Very soft organic clay	90/40	14/6	12-16	200-600	10-30
		Soft, slightly organic clay	100/60	16/10	22-27	400-1000	20-50
		Soft glacial clay	110/76	17/12	27-32	600-1500	30-70
		Stiff glacial clay	130/100	20/17	30-32	1500-3000	70-150
		Glacial till, mixed grain size	145/130	23/20	32-35	3000-5000	150-250
	Rock	Hard igneous rocks - granite, basalt, porphyry	** 160 to 190	25 to 30	35-45	720000-1150000	35000-55000
		Metamorphic rocks - quartzite, gneiss, slate	160 to 180	25 to 28	30-40	400000-800000	20000-40000
		Hard sedimentary rocks - limestone, dolomite, sandstone	150 to 180	23 to 28	35-45	200000-600000	10000-30000
		Soft sedimentary rock - sandstone, coal, chalk, shale	110 to 150	17 to 23	25-35	20000 - 400000	1000-20000

Sliding due to gravitational Loading

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

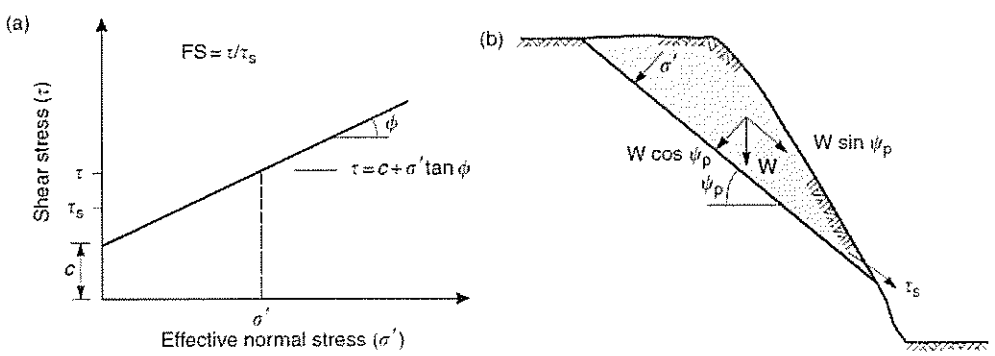
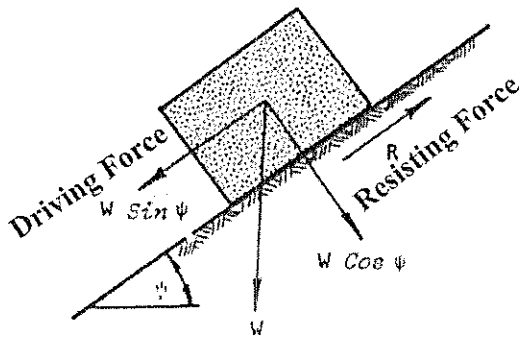


Figure 1.8 Method of calculating factor of safety of sliding block: (a) Mohr diagram showing shear strength defined by cohesion c and friction angle ϕ; (b) resolution of force W due to weight of block into components parallel and perpendicular to sliding plane (dip ψ_p).

Sliding due to gravitational Loading



- Coulomb Criterion:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \qquad (1)$$

- The normal stress σ which acts across the potential sliding surface is given by

$$\sigma = (W \cos \psi) / A \qquad (2)$$

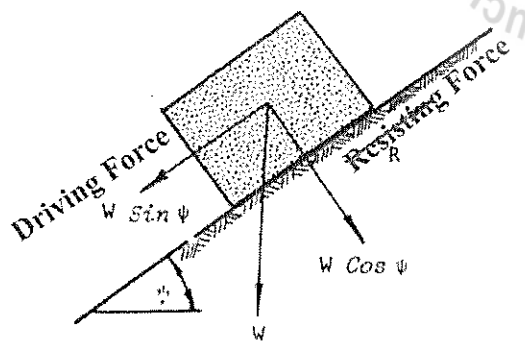
where A is the base area of the block

- Sub (2) into (1); and Shear Force, $R = \tau A$

$$\tau = c + \frac{W \cos \psi}{A} . \tan \phi$$

$$R = cA + W \cos \psi \, . \tan \phi \qquad (3)$$

Sliding due to gravitational Loading



- Condition of Limiting Equilibrium

Driving Force = Resisting Force

$$W \sin \psi = cA + W \cos \psi \, . \tan \phi \qquad (4)$$

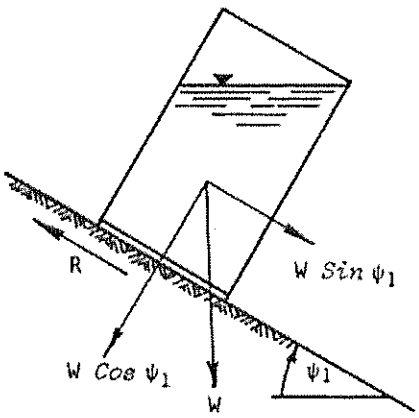
- If the cohesion c = 0, the condition of limiting equilibrium defined by equation (4) simplifies to

$$\cancel{W} \sin \psi = \cancel{cA}^{\,0} + \cancel{W} \cos \psi \, . \tan \phi$$

$$\sin \psi = \cos \psi \, . \tan \phi$$

$$\psi = \phi \qquad (5)$$

Influence of Water Pressure on Shear Strength



- The influence of water pressure upon the shear strength of two surfaces in contact can most effectively be demonstrated by the beer can experiment.
- An opened beer can filled with water rests on an inclined piece of wood as shown in sketch.
- For simplicity the cohesion between the beer can base and the rood is assumed to be zero. According to equation (5) the can with its contents of water will slide down the plank when $\psi_1 = \phi$.
- The base of the can is now punctured sot that water can enter the gap between the base and the plank, giving rise to a water pressure u or to an uplift force

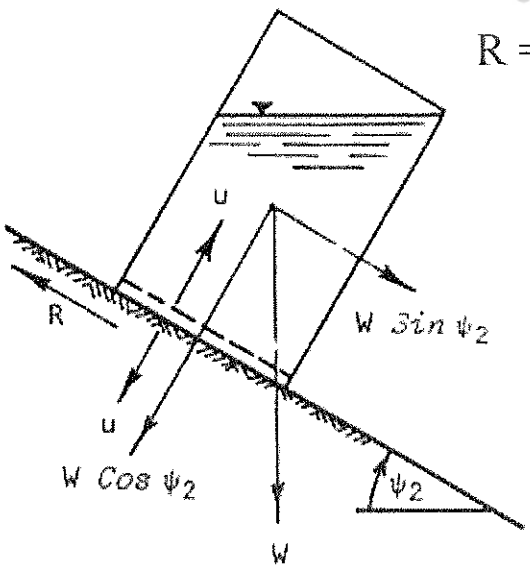
$$U = uA$$

where A is the base area of the can.

Influence of Water Pressure on Shear Strength

- The normal force W cos ψ_2 is now reduced by this uplift force U and the resistance to sliding is now

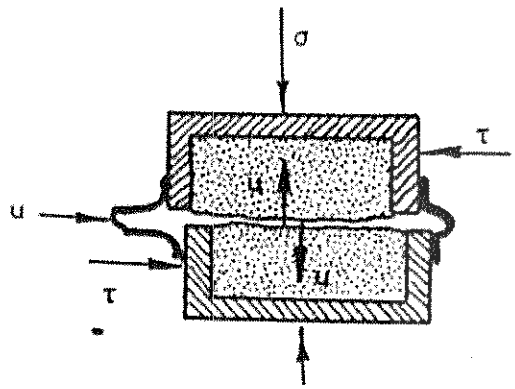
$$R = (W \cos \psi_2 - U) \tan \phi \qquad (6)$$



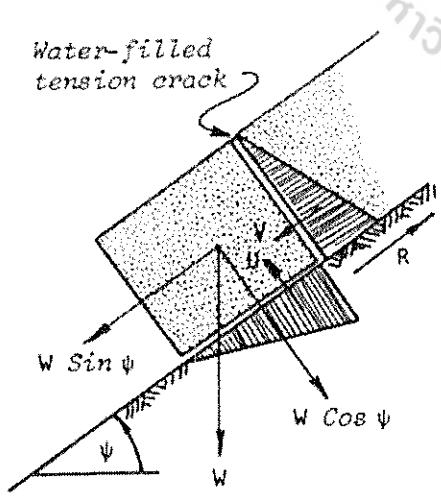
Effective Stress Law

- The normal stress σ acting across the failure surface is reduced to the effective stress (σ - u) by the water pressure u. The relationship between shear strength and normal strength defined by equation (1) now becomes

$$\tau = c + (\sigma - u) \tan \phi \qquad (10)$$



The Effect of Water Pressure in a tension Crack

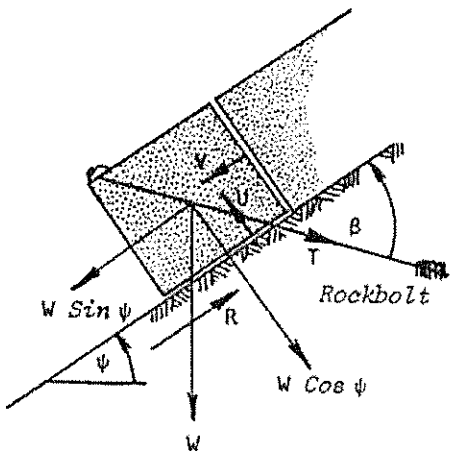


- The condition of limiting equilibrium for this case of a block acted upon by water forces V and U in addition to its own weight W is defined by

- From this equation it will be seen that the disturbing force tending to induce sliding down the plane is increased and the frictional force resisting sliding is decreased and hence, both V and U result in decreases in stability.

$$W \sin \psi + V = cA + (W \cos \psi - U) \tan \phi \qquad (11)$$

Reinforcement to Prevent Sliding



- Consider the block resting on the inclined plane and acted upon by the uplift force **U** and the force **V** due to water pressure in the tension crack.
- A rockbolt, tensioned to a load T is installed at an angle **β** to the plane. The resolved component of the bolt tension T acting parallel to the plane is **T Cos** β while the component acting across the surface upon which the block rests is T sin β. The condition of limiting equilibrium for the case is defined by

$$\mathbf{W \sin \psi + V - T \cos \beta = cA + (W \cos \psi - U + T \sin \beta) \tan \phi} \qquad (12)$$

The effect of ground water and bolt forces on factor of safety of rock slope

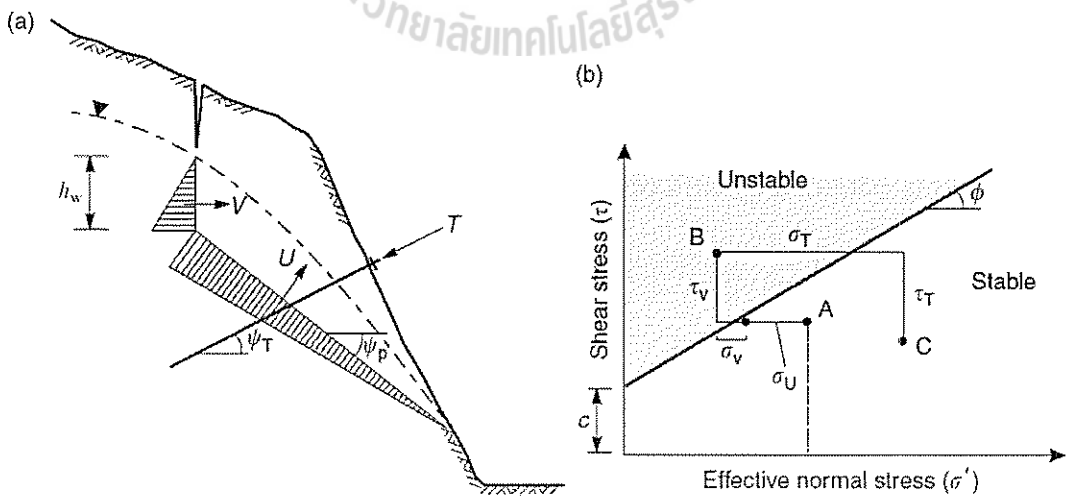


Figure 1.9 The effect of ground water and bolt forces on factor of safety of rock slope: (a) ground water and bolting forces acting on sliding surface; (b) Mohr diagram of stresses acting on sliding surface showing stable and unstable stability conditions.

Factor of Safety of Slope

- In order to compare the stability of slopes under conditions other than those of limiting equilibrium, some form of index is required and the most commonly used index is the *factor of Safety (F.S or F)*

$$\text{F.S.} = \frac{\text{Resisting Force}}{\text{Driving Force}}$$

- Considering the case of the block acted upon by water forces and stabilised by a tensioned rockbolt the factor of safety is given by

$$\text{F.S.} = \frac{cA + (W\cos\psi - U + T\sin\beta)\tan\phi}{W\sin\psi + V - T\cos\beta}$$

Factor of Safety of Slope

- The bolt tension required to provide a specified factor of safety of F is a minimum when the angle β satisfies the equation

$$\tan\beta = \tan\phi / \text{F.S.} \qquad (14)$$

- This result is obtained by differentiating equation (13) with respect to β, and setting

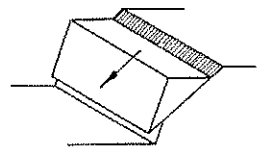
$$\frac{dT}{d\beta} = 0 \text{ and } \frac{dF}{d\beta} = 0.$$

Minimum F.S.

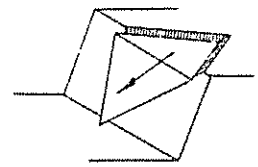
Mining Slope (Shot Life Slope)	F.S. = 1.1-1.3
Civil (Long Term Slope)	F.S. = 1.5
Natural Slope	F.S. = 1.1-1.3

Type of Slope Failure

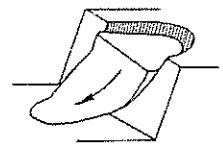
Failure Modes:



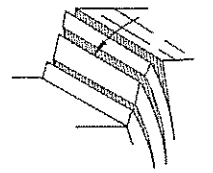
1. Plane Failure



2. Wedge Failure
3. Circular Failure



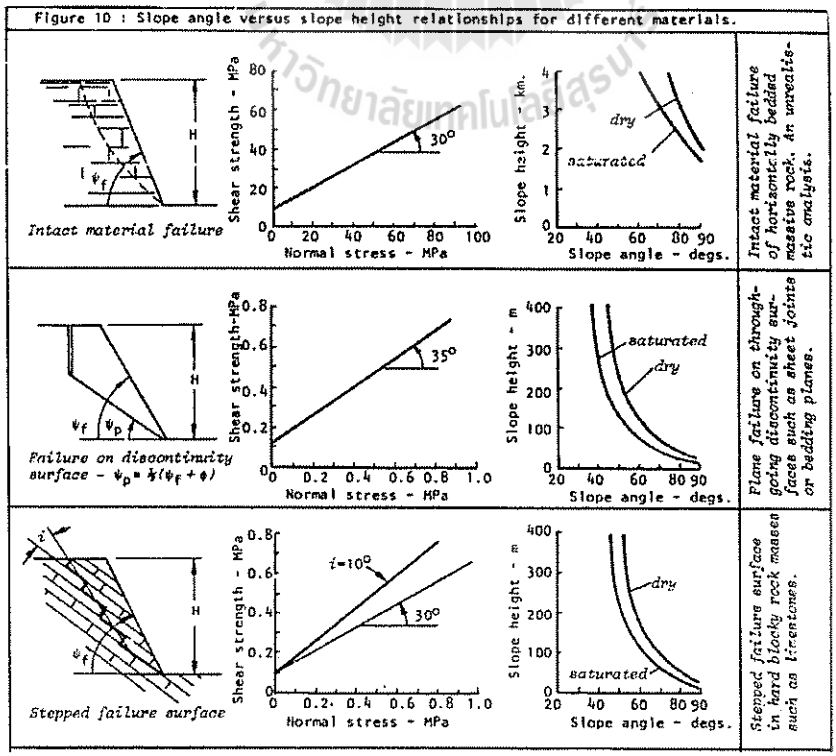
4. Toppling Failure
5. Ravelling Slope (Weathering, Freeze & Thawing)



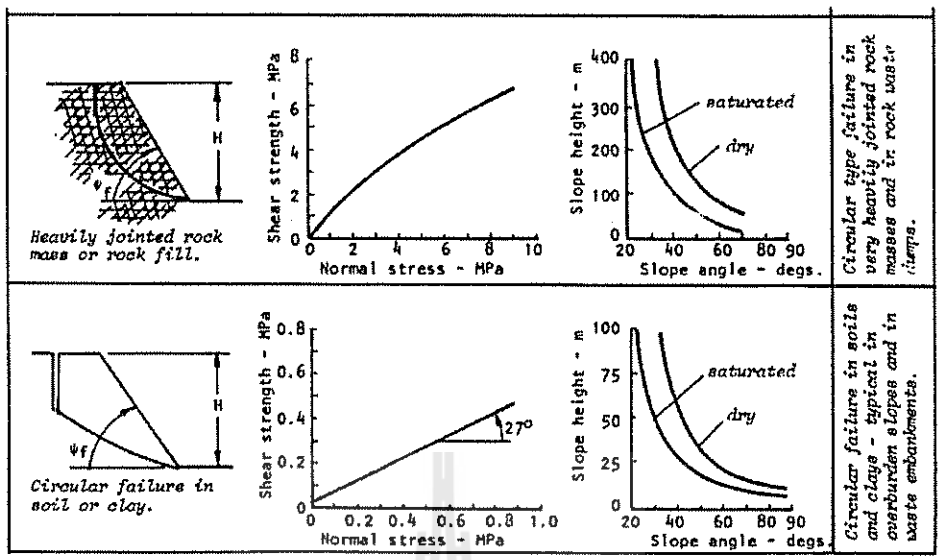
Modes of 1-3 can be Calculated Factor of Safety

Modes of 4-5 cannot be Calculated Factor of Safety

Slope Angle vs. Slope Height Relationships for Different Material



Slope Angle vs. Slope Height Relationships for Different Material



Conditions for sliding and toppling

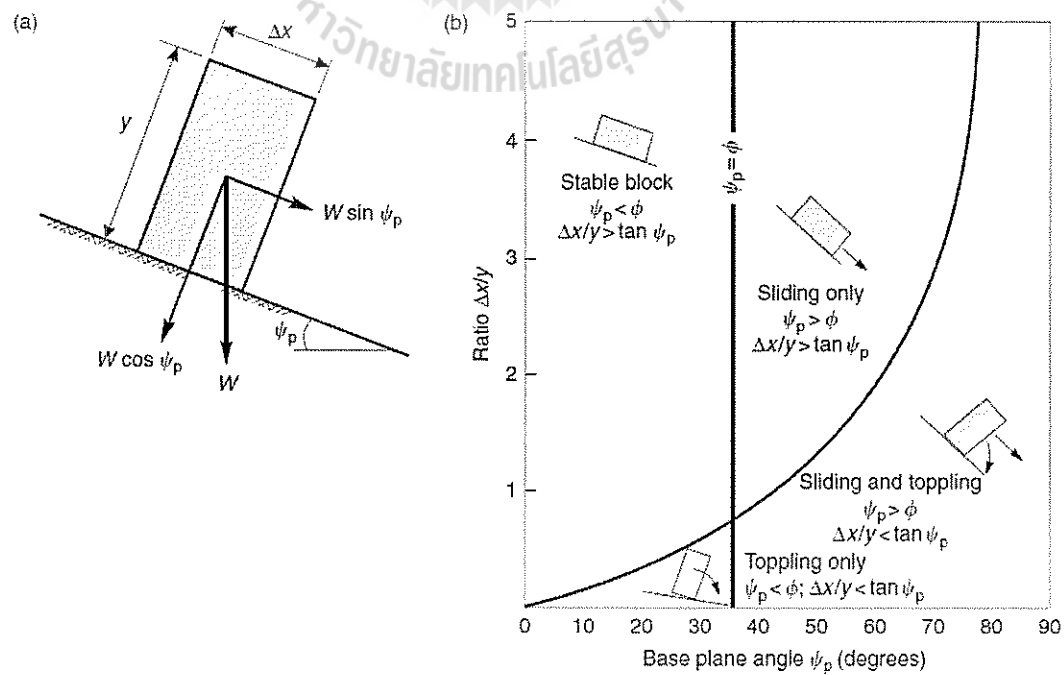
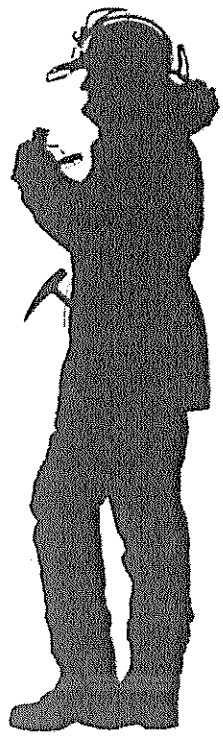
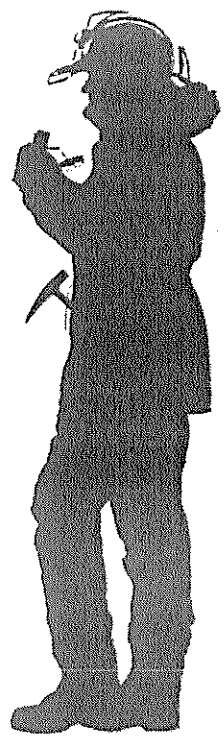


Figure 1.10 Identification of sliding and toppling blocks: (a) geometry of block on inclined plane; (b) conditions for sliding and toppling of block on an inclined plane.

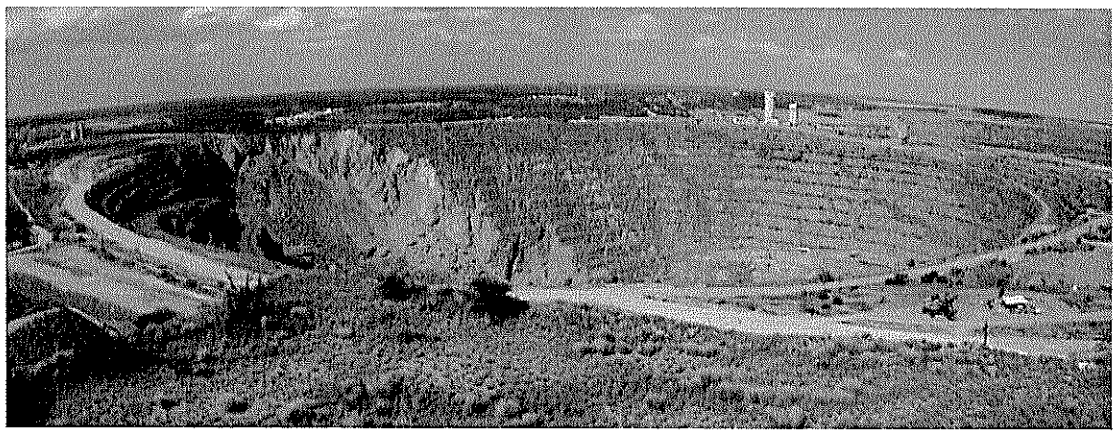


81



82

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



Classification and application of various surface mining methods

Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

MINING METHODS CLASSIFICATION SYSTEM

- The purpose of a classification system for mining methods is to provide an initial guideline for the preliminary selection of a suitable method or methods.

- Its significance is great as this choice impinges on all future mine design decisions and, in turn, on safety, economy, and the environment.

BACKGROUND

- A comprehensive statement has been developed to provide a rapid checklist of the many important input parameters (Adlerand Thompson, 1987).

- The three major areas are

(1) natural conditions,

(2) company capabilities

(3) public policy

Input Statement

Table 8.1.1 Input Statement Categories

Primary Categories (Dependency)	Secondary Categories
Natural conditions (invariant)	Geography Geology economic engineering
Company capabilities (variant)	Business administration Monetary aspects Management aspects
Public policy (semi-variant)	Regulations Taxes Contracts Incentives
State of art (mining engineering)	Salient distinctions *Total Systems* (design/control), *Encumbered (and Regulated) Space* *Full Spectrum Practice* (manage/evaluate) Professionalism

Spatial Description

- Most mineral deposits have been geometrically characterized as to an idealized shape, inclination, size, and depth. Complex or composite bodies are then composed of these elements.

- Tabular deposits extend at least hundreds of feet (meters) along two dimensions, and substantially less along a minor dimension.

- Massive bodies are approximately unidimensional (cubic or spherical), being at least hundreds of feet (meters) in three dimensions.

Tabular deposits

For tabular deposits, the inclination (attitude or dip) and thickness are crucial. Inclinations range from flat to steep

Table 8.1.2 Tabular Deposits Classified by Attitude and Related to Bulk Handling and Rock Strength

Class	Attitude or Dip	Bulk Handling Mode	Rock Strength
Flat	≤ 20°	Use mobile equipment (and conveyors)	Weak rock (surficial)
Inclined	20–45°	Use slushers (also metal plate can vibrate—as gravity slides)	Average rock
Steep	≥ 45°	Gravity flow of bulk solids	Strong rock (at depth)

Pit slopes

- For steeper (and deeper) deposits, stable pit slopes become important

Table 8.1.3 Surface Pit Slopes Related to Rock Strength and Time

Rock	Maximum Pit Slope	
	Short Term	Long Term
Strong	40–45°(– 70°)[a]	18–20°
Average	30–40°	15–18°
Weak (soils too)	15–30°	10–15°

[a]Note: Infrequently up to 70°

Thickness

- The thickness of a tabular deposit is also important

Table 8.1.4 Underground Deposits Classified by Thickness

Class	Deposit Thickness		Comments
	Coal	Ore	
Tabular			
Thin	3–4 ft (0.9–1.2 m)	3–6 ft (0.9–1.8 m)	Low profile or narrow mine equipment
Medium	4–8 ft (1.2–2.4 m)	6–15 ft (1.8–4.6 m)	Post and stulls ≤ 10 ft (3.1 m)
Thick	8–15 ft (2.4–4.6 m) pillar problems	15–50 ft (4.6–15.3 m) can cave (steep dip)	Small surface equipment Crib problems
Massive	≥ 15ft (4.6 m)	≥ 50 ft (5.3 m)	Pillar problems or poor recovery Benching necessary Caving considered

Depth

- The depth below the ground surface is important

Table 8.1.5 Deposits Classified by Depth

	Deposit Depth		
	Underground (a measure of overburden pressure)		
Class	Coal	Ore	Surface
Shallow	≤ 200 ft (61 m) slope entries possible	≤ 1000 ft (305 m)	≤ 200 ft (61 m)
Moderate	400–800 ft (122–244 m) pillar problems	1000–1500 ft (305–457 m)	200–1000 ft (61–305 m)
Deep	≥ 3000 ft (915 m) bumps,burst,closure	≥ 6000 ft (1830 m)	≥ 1000–3000 ft (305–915 m) open pit

Correlating Deposit Types

- The inclination (dip), discussed previously, can be roughly related to the deposit type

Table 8.1.6 Deposit Classified by Geometry and Type

Geometric Class	Deposit Type	Comments
Tabular	Alluvium (placer)	Near surface—weak
Flat & Inclined	Coal (folded too)	Weak country rock—an erosion surface
	Evaporites (domes too)	
	Sedimentary	Good country rock, thicker
	Metamorphic (folded too)	
Steep	Veins	Can be weakened or rehealed (gouge and alteration)
Massive	Igneous (magmatic)	Strong
	Disseminated ores	Can be weakened

Correlating Deposit Types

- Rocks can also be related to strength (Hartman, 1987c).

Table 8.1.7 Rocks Classified by Strength

Class	Compressive Strength	Examples
Weak	≤ 6000 psi (41.3 MPa)	Coal, weathered rock, alluvium
Moderate	6000–20,000 psi (41.3–137.9 MPa)	Shale, sandstone, limestone, schist Evaporites, disseminated deposit
Strong	20,000–30,000 psi (137.9–206.8 MPa)	Metamorphic, igneous, veins, marble, slate
Very strong	≥ 30,000 psi (206.8 MPa)	Quartzite, basalt, diabase

Correlating Deposit Types

- The strength of the deposit and its envelope of country rock can then be related to its type.

Table 8.1.8 Deposits Related to Geometry, Genesis, and Strength (In Order of Induration)

Deposits Type	Geometry	Genesis	Strength and Stiffness, Deposit/Country Rock	Examples
Alluvium (placers)	Tabular-flat	Surface-stream action deposition (fans, deltas, meanders, braids)	Poor/poor	Sand and gravel Precious metals and stones (tin)
Erosion surface (swamps)	Tabular-flat and thin (possible folding)	Swamps (possible dynamic metamorphism)	Poor/poor to good	Coal
Disseminated	Massive	Underground channels, and multi-faceted advance	Poor/poor	Hydrothermal ores (porphyry coppers and sulfides)
Vein (can be rehealed)	Tabular-inclined (pipes, chimney shoots)	Major underground channels (fissures) gouge, alteration (reheal)	Poor to good/good	Hydrothermal ores (above)
Evaporites	Tabular-flat-thick	Interior drainage	Good/good	Salt, phosphates
Sedimentary (bedded)	Tabular-flat-thick	Shallow seas	Good/good	Limestone, sandstone
Metamorphic	Tabular-flat-thick	Dynamic and/or thermal	Good/good	Marble, slate
Igneous (magnetic)	Massive	Plutonic emplacement	Good/good	Granite, basalt, diabase

Correlating Deposit Types

- Near the ground surface, a typical geologic column occurs. It involves weathering, jointing, the water table, and stress relief.

Table 8.1.9 Normal Sequence of Near-surface Geologic Column (Related to Ground Water and Rock Stress)

Rock Column	Ground Water	Rock Stress
Ground surface		
Soil (alluvium) mantle	NA	NA
Blocky & seam rock		
Decomposed rock (weathered)	Water table	Stress relief zone
Jointed fresh rock		
Tight rock	—	Constrained zone

NA—not applicable

CLASSIFYING SURFACE MINING METHODS

Depth Related to Inclination

- The surface mining classification, although based on the crucial ability to cast waste material rather than to haul it, has other features.

- These are primarily based on the depth of the deposit being a function of its inclination.

- Flat seams tend to be shallow, and casting is possible; steep and massive deposits trend to depth. From this a number of relationships result.

CLASSIFYING SURFACE MINING METHODS

- **Depth Related to Excavating Technique and Stripping Ratio**

- Because of the effects of weathering and stress release excavating becomes more difficult and expensive with depth, following a continuum from hydraulic action and scooping through to blasting

- As a matter of definition, the stripping ratio (ratio of waste to mineral) usually increases with depth.

Surface Mining Classification System

- Based on the foregoing factors, a surface mining classification has been developed

- The classification incorporates information dependent on the intrinsic characteristics of the geometry of the deposit.

- Quarrying appears to be anomalous because of

(1) relatively steeper pit slopes,
(2) specialized means of excavating and handling, and
(3) less critical amount of overburden.

Surface Mining Classification System

Table 8.1.10 Classification of Surface Mining Methods

Shape, Attitude (Dip)	Deposit Characteristics	Stripping Ratio	Excavation		Mining Method
			Waste Handling	Excavation	
Tabular					
Flat	Near surface	Low	Onsite	Hydraulic, scoop, dig	Placers—hydrosluicing, dredging, solution—at depth
	Shallow	Moderate	Cast	Scoop, dig, light blast	Open cast (strip)—area, contour, mountain top
Inclined		Moderate (remove hanging wall)	Need highwall	Auger	Auger
	Moderate		Haul (to waste dump)	Blast	Open pit
	Deep	High (remove both hanging wall and footwalls)	Haul (to waste dump)		Open pit
				Saw, jet pierce (joints)	Quarry
Massive	Full range	Depends on depth	Haul (to waste dump)		Open pit Glory hole

Note: In situ mining is always possible.

CLASSIFYING UNDERGROUND MINING METHODS

- Normally, two major independent parameters will be considered that form a matrix, unlike for surface methods. These two parameters are

(1) the basic deposit geometry, as for surface methods

(2) the support requirement necessary to mine stable stopes, or to produce caving, a ground control problem

Deposit Geometry

- The deposit geometry employs the same cutoff points for tabular deposits as in the surface classification, but as noted for different reasons.

- Flat deposits require machine handling of the bulk solid at or near the face; steep ones can exploit gravity (Table 8.1.2), with an intermediate inclination recognized.

- If stopes are developed on-strike in steep seams, as "large tunnel sections," a new descriptive term, or "step room" (Hamrin, 1980), machine handling can still be used. The resulting stepped configuration causes either dilution or decreased recovery, or

Structural components

Table 8.1.11 Structural Components Located and Described for Underground Mining

Component (time dependent)	Location & (Material)	Loaded by	Supported by	Comments
Roof (can deteriorate, slough, slake—dry and crumble)	Back and hanging wall (envelope)	Main roof—all esp. overburden (cap rock)	Pillars and fill, also arched (1/5)	Spans ≈ 10 ft (3 m) for coal to 100 ft (30.5 m) for rock
		Immediate roof—body	Artificial supports can remove	Spans ≈ 10 ft (3.1 m) (stand up time)
Pillars & walls (can deteriorate—slough, slake)	Sides, deposit and waste (horses-mainly deposit)	All—esp. overburden	Floor	Critical: 1) stiffness: [slenderness ratio: ≈ 10/1 (coal) to 1/3 (rock)] 2) strength [material] 3) % recovery
Floor (can settle and heave)	Footwall (envelope)	All—through pillar watch water	Country rock can be compacted, removed, drained	Critical: 1) stiffness 2) strength (bearing capacity esp. if water) 3) heave (deep-seated)
Fill (for permanent stability)	Crushed waste, sand, water	All—esp. as pillars are removed	Footwall and floor	Good mainly to support hanging wall. Requires greater than angle of slide and confinement
Artificial support (limited time)	External: Timber (props, sets, cribs, stulls, posts) Concrete gunite (mesh)	Mainly immediate roof	Floor	Deterioration (chemical and stress)
	Internal: Bolts (headers), trusses, cables, grout, cementation	Mainly immediate roof	Anchorage in roof, etc.	Anchorage a concern

Deposit and Structure Components

Table 8.1.12 Deposit and Structural Components Related to Underground Mining Methods

Deposit Geometry	Components Rated[a] Structural Main Roof & Floor	Pillars, Walls	Underground Mining Methods	Type
Tabular				
Flat (and inclined)	Good	Good	Room & pillar (spans ≤ 20 ft) (6 m) Stope & pillar (spans ≤ 100 ft) (31 m)	Self-supported
	Good	Poor	Room & pillar Stope & pillar	Supported
	Poor (roof collapses about free standing pillars)	Good	Longwall Pillaring	Caved
	Poor	Poor	Immediately above	Caved
Steep	Good	Good	Sublevel stoping (spans 20–100 ft) (6–31 m) Large tunnel section	Self-supported then filled
	Good	Poor	Hydraulicking—coal (spans 20–70 ft arch) (6–21 m) Shrinkage	Supported then filled
	Poor	Good	Cut & fill	
	Poor	Poor	Sublevel caving & top slice spans ≥ 20 ft (6 m) (for gravity flow)	Caved
Massive	Good	Good	Vertical slices[b]	Self-supported
	Good	Poor	(as above)	Supported then filled
	Poor (cap rock)	Poor	Block caving (spans ≈ 110 ft (34 m) active—end stope used)	

[a]Rated as to strength (and stiffness of pillar).
[b]Horizontal slices can introduce the many problems associated with multiple seam mining.

Underground Mining Classification System

Based on an understanding of bulk handling and ground control, the underground classification system closely follows earlier ones

Table 8.1.13 Classification of Underground Mining Methods Based on Deposit Geometry and Support

Deposit Shape, Attitude (Dip)	Degree of Support: Unsupported (Open Stopes)	Supported	Caved
Tabular			
Flat (mobile bulk handling)	Room and pillar Stope and pillar	Some degree of artificial support for room and pillar and stope and pillar	Longwall (shortwall) Pillaring (esp. room and pillar)
Inclined (mixed bulk handling)	Above with scrapers	Above with scrapers	Longwall (difficult)
	Large tunnel section (on-strike)	Large tunnel section with artificial support	
Steep (gravity bulk handling)	Coal hydraulicking	Shrinkage stoping cut and fill stoping	Sublevel caving
	Sublevel stoping Vertical crater retreat Gravity fill as needed	Timbered stoping (square sets, stulls, gravity) Fill as needed Gravity fill as needed	Top slicing (control dilution and recovery)
Massive	Immediately above mine in *vertical* slices fill—gravity placement. To remove pillars, can mine and then fill *Horizontal* lifts[3]		Immediately above in horizontal lifts block caving (bulk mining)

[3]Ground control problems, especially for coal, see thick seam and multi-seam mining. As pressure increases (esp. with depth), or as rock strength decreases, shift to right for suitable method (towards supported and caved).

OTHER FACTORS

Table 8.1.14 Secondary Factors to be Considered in Selecting a Mining Method

Method	Relative Cost	Flexibility/ Selectivity	% Recovery/ % Dilution	Environment	Safety and Health	Output (TPH) and Productivity (ton/employee)	Miscellaneous
Surface							
Placers and dredging	0.05	Low/high	High/low	Difficult Water pollution	Fair	Moderate	Need water Watch weather
Open cast	0.10	Moderate/ moderate	High/low	Blasting can Can reclaim frequently water pollution	Fair	High	Flat topography Watch weather
Open pit	0.10	Moderate/ moderate	High/low	Ground disturbance Waste pile Some water problems	Slope stability (slides)	High	Watch weather
Quarry	1.00	Low/high	High/high	Ground disturbance Waste pile	Slope stability	Very low	Skilled workers Watch weather

OTHER FACTORS

Table 8.1.14 Secondary Factors to be Considered in Selecting a Mining Method

Method	Relative Cost	Flexibility/ Selectivity	% Recovery/ % Dilution	Environment	Safety and Health	Output (TPH) and Productivity (ton/employee)	Miscellaneous
Underground							
Room and pillar (coal)	0.30	High/high	50–80/20	Subsidence Water pollution	Ground control Ventilation	High	Pillaring common
Stope and pillar	0.30	High/high	75/15	Good	Ground control Ventilation	High	Benching common
Sublevel stope	0.40	Low/low	75/15	Fill to avoid subsidence	Less, blast from longholes	Moderate	Fill common
Shrinkage	0.50	Moderate/ moderate	80/10 plucking during draw	Fill to avoid subsidence	Poor floor (collapse) Stored broken mineral[a]	Low	Tie-up 2/3 of ore
Cut and fill	0.60	Moderate/ high	100/0	Fill to avoid subsidence	Some	Low	Sort in stope
Timbered Square set	1.00	Moderate/ high	100/0	Fill to avoid subsidence	Smoulder Fall (personnel)	Very low	Sort in stope
Longwall	0.20	Low/low	80/10	Subsidence Water pollution	Good	Very high	High capital ≤ 12° dip ≤ 8 ft (2.4 m) thick
Sublevel caving (Top slicing)	0.50	Low/low	90/20	Severe subsidence disruption	Fair Stored broken mineral[a]	High	Cave width ≥ 30 ft (9.2 m)
Block caving	0.20	Low/low	90/20	Severe subsidence disruption	Air blasts Stored broken mineral[a]	High	Tie-up mineral

[a]Can pack (cement), oxidize, and smoulder.

การพัฒนาและวางแผนการทำเหมืองเปิด

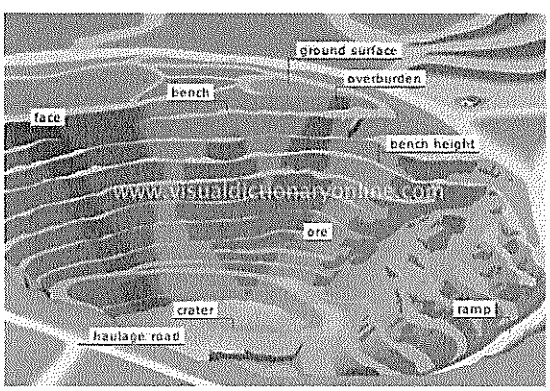
แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

- การออกแบบบ่อเหมืองและการวางแผนงาน และการวางระบบปฏิบัติการผลิต
- การเลือกใช้เครื่องจักรกลเหมืองแร่ให้สอดคล้องกับแผนงานที่วางไว้

25

การออกแบบบ่อเหมืองและการวางแผน

- กระบวนการเลือกและการจำแนกวิธีการทำเหมืองเปิด
- กระบวนการออกแบบและพัฒนาบ่อเหมือง
- ผลตอบแทนการลงทุน
- ความสมบูรณ์แร่ต่ำสุดที่ทำเหมืองได้
- แผนการผลิต ในเชิงหลักการและกรอบความคิด



26

การเลือกวิธีการทำเหมืองเปิด

กระบวนการเลือกวิธีการทำเหมืองมีการพิจารณาแก้ไขและทบทวนความเหมาะสมเป็นระยะๆ ตามสภาพข้อจำกัดและข้อมูลที่เอื้ออำนวยให้ในแต่ละช่วง ได้แก่

1. เมื่อมีการขุดพบสายแร่หรือค้นพบบริเวณการเกิดแร่
2. เมื่อเจาะสำรวจเพื่อหาปริมาณและขอบเขตของแหล่งแร่และมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนทำเหมือง
3. ระยะการศึกษาออกแบบและวางแผนการเปิดเหมือง
4. เมื่อมีการทบทวนและตรวจสอบแผนการทำเหมืองระหว่างการผลิตแร่
5. เมื่อหมดอายุการทำเหมืองและต้องการขยายการลงทุน

การเลือกวิธีการทำเหมืองเปิด

ข้อกำหนดที่มีผลต่อการพิจารณาเลือกวิธีการทำเหมืองได้แก่

1. สภาพทางธรณีวิทยาของแหล่งแร่
2. ความมั่นคงและลักษณะของชั้นหินที่ปิดทับด้านบนของแหล่งแร่ ชั้นหินที่อยู่ใต้ชั้นแร่ และสายแร่
3. ต้นทุนและค่าใช้จ่ายการทำเหมือง
4. อัตราการผลิตแร่
5. ค่าแรงคนงานและจำนวนคนงานที่หาได้
6. ข้อกำหนดด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การเลือกวิธีการทำเหมืองเปิด

แบ่งตามวิธีในการขุดแร่ ได้เป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่

1. วิธีการทำเหมืองแบบใช้เครื่องจักรกล

- เป็นวิธีการที่ใช้เครื่องจักรกลเหมืองแร่มาทำขุดและขนแร่จากหน้าเหมืองในสภาพแวดล้อมที่ไม่ต้องใช้น้ำ การทำเหมืองแบบนี้แบ่งย่อยออกได้ดังวิธีการต่อไปนี้

1) การทำเหมืองหาบ หรือการทำเหมืองเปิด (open pit mining)

2) การทำเหมืองหินและการทำเหมืองหินประดับ

3) การทำเหมืองแบบ open cast mining หรือ การทำเหมืองแบบ strip mining

4) การทำเหมืองแบบ auger mining

การเลือกวิธีการทำเหมืองเปิด

วิธีการทำเหมืองแบบใช้พลังน้ำ

- เป็นวิธีการที่ใช้น้ำหรือสารละลายมาช่วยตัดเปลือกดินหรือละลายแร่ออกจากแหล่ง วิธีการทำเหมืองแบบนี้แบ่งย่อยออกได้ดังวิธีการต่อไปนี้

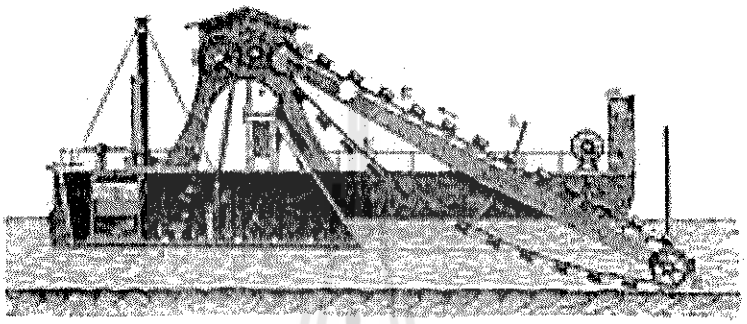
1) การทำเหมืองในลานแร่และการทำเหมืองนอกชายฝั่งทะเล ได้แก่ การทำเหมืองแล่น การทำเหมืองฉีด การทำเหมืองสูบ การทำเหมืองเรือขุด การทำเหมืองเรือสูบ

2) การทำเหมืองละลายแร่ (solution mining)

วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย

1. วิธีการทำเหมืองเรือขุด

- เป็นการทำเหมืองโดยใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ทำเหมืองติดตั้งบนเรือหรือโป๊ะ และขุดแร่ปนดินทรายด้วยเครื่องตัก เครื่องขุด หรือเครื่องสูบ แล้วนำแร่ปนดินทรายไปเข้ากระบวนการและเครื่องอุปกรณ์แต่งแร่

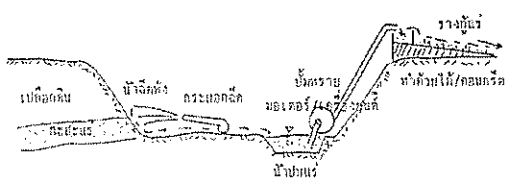


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

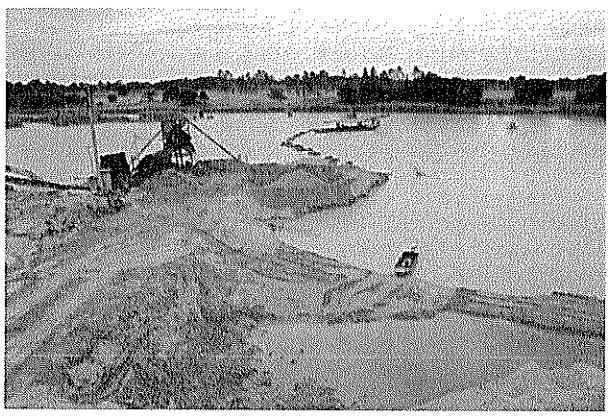
วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย

2. วิธีการทำเหมืองสูบ

- เป็นการทำเหมืองโดยใช้วิธีการอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายวิธี เช่น การใช้แรงคน พลังน้ำเครื่องขุด หรือการระเบิดพังดินทรายปนแร่หน้าเหมือง แล้วใช้เครื่องสูบทราย (gravel pump หรือ sand pump) สูบดินทรายปนแร่ขึ้นรางกู้แร่หรือเครื่องอุปกรณ์แต่งแร่แต่งแร่อย่างอื่นหรือใช้คนงานคัดเลือกแร่นำไปใช้ประโยชน์โดยตรง



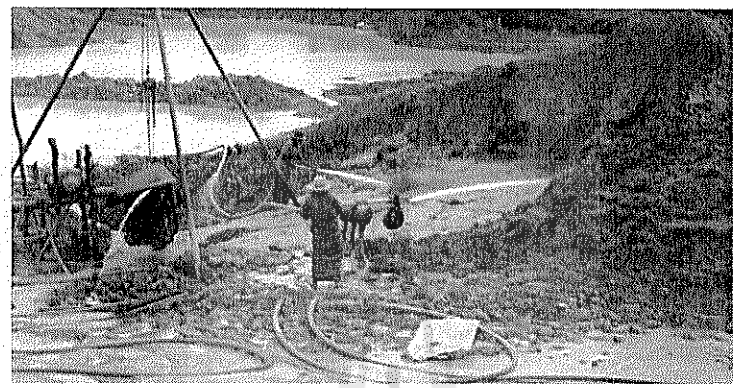
การทำเหมืองสูบ



วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย

3. วิธีการทำเหมืองฉีด

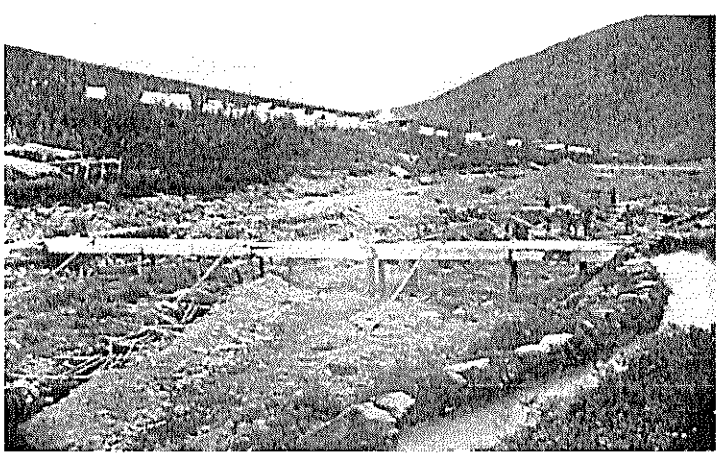
- เป็นการทำเหมืองโดยใช้วิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายวิธี พังดินทรายปนแร่หน้าเหมืองทำนองเดียวกับกรณีของเหมืองสูบ แล้วใช้เครื่องดูดด้วยพลังน้ำธรรมชาติ (hydraulic elevator) ดูดดินทรายปนแร่หน้าเหมืองแล้วปล่อยให้ดินทรายปนแร่ไหลลงรางกู้แร่หรือเครื่องแต่งแร่อย่างอื่น



วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย

4. วิธีการทำเหมืองแล่น

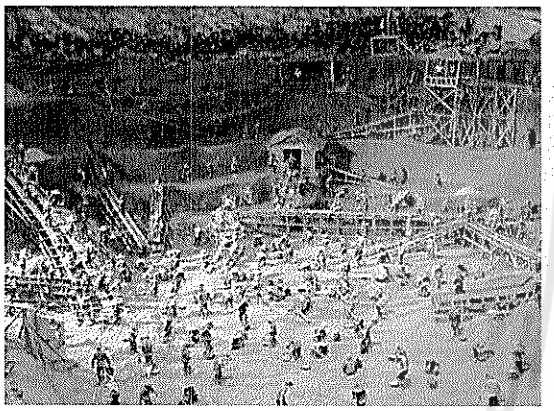
- เป็นการทำเหมืองในแหล่งแร่ที่อยู่บนเนินหรือไหล่เขาด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายวิธี เช่นการใช้แรงคน พลังน้ำ เครื่องขุดหรือการระเบิดพังดินทรายปนแร่หน้าเหมืองแล้วปล่อยให้ดินทรายปนแร่ไหลลงรางกู้แร่ หรือเครื่องอุปกรณ์แต่งแร่

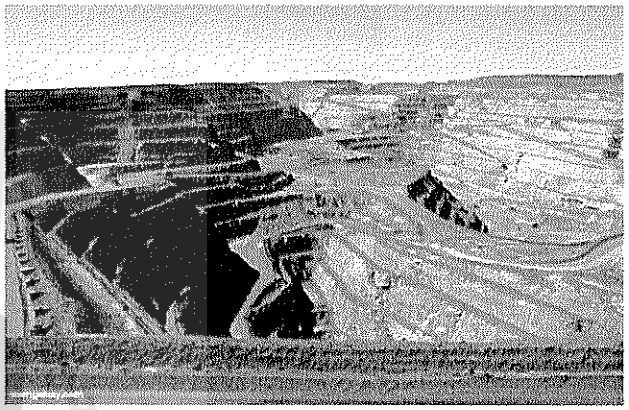


วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย

5. วิธีการทำเหมืองหาบ

- เป็นการทำเหมืองโดยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายวิธี เช่นการใช้แรงคน เครื่องขุด หรือการระเบิดขุด หรือเปิดหน้าเหมืองให้เป็นบ่อ หรือขั้นบันไดแล้วนำเอาหิน ดินทรายปนแร่ไปเข้ารางกู้แร่หรือเครื่องอุปกรณ์แต่งแร่อย่างอื่นหรือใช้คนงานคัดเลือกแร่นำไปใช้ประโยชน์โดยตรง





มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

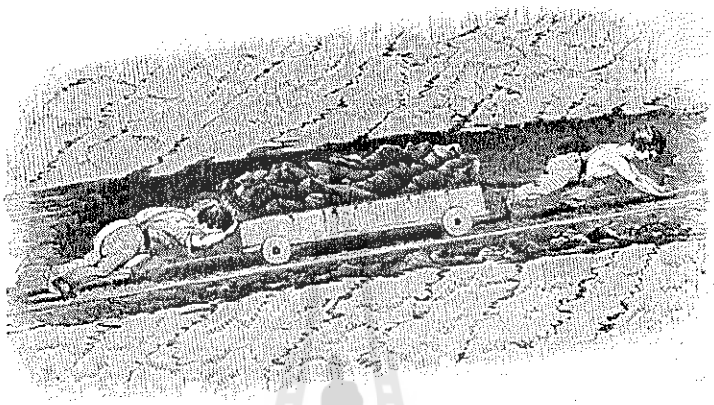
วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย

6. วิธีการทำเหมืองปล่อง

- เป็นการทำเหมืองในลานแร่ที่มีเปลือกดินหนาโดยการขุดเป็นปล่องลงไปจนถึงชั้นกะสะแร่แล้วเดินอุโมงค์เพื่อนำเอาดินทรายปนแร่จากชั้นกะสะแร่ขึ้นมาแต่งแร่ด้วยรางกู้แร่หรือเครื่องอุปกรณ์แต่งแร่อย่างอื่น

7. วิธีการทำเหมืองอุโมงค์

- เป็นการทำเหมืองใต้ดินในที่ทางแร่หรือแหล่งแร่แบบอื่นซึ่งไม่ใช่ลานแร่ โดยการเจาะเป็นปล่องหรืออุโมงค์ หรือทั้งสองอย่างโดยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายวิธี เช่น การใช้แรงคน เครื่องจักรและอุปกรณ์ หรือการระเบิดเพื่อนำเอาหินแร่ขึ้นมาเข้าเครื่องอุปกรณ์แต่งแร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์โดยตรง



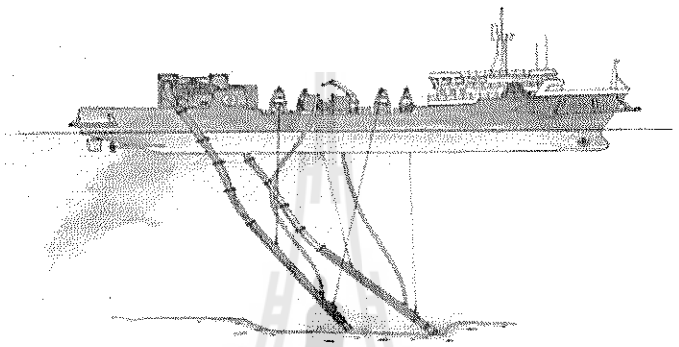
8. วิธีการทำเหมืองเจาะงัน

- เป็นการทำเหมืองในทางแร่โดเยใช้แรงคน เครื่องจักร และอุปกรณ์การระเบิด ขุดหรือ เปิดเป็นร่อง หรืออุโมงค์ เข้าไปในภูเขาเพื่อตามสายแร่ลงไปในแนวดิ่งไม่เกิน 10 เมตร แล้วนำหินปนแร่จากสายแร่ขึ้นมาล้าง หรือทุบย่อยเลือกเอาก้อนแร่ที่มีปริมาณสูง หรือนำเข้าเครื่องอุปกรณ์แต่งแร่

วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย

9. วิธีการทำเหมืองเรือสูบ

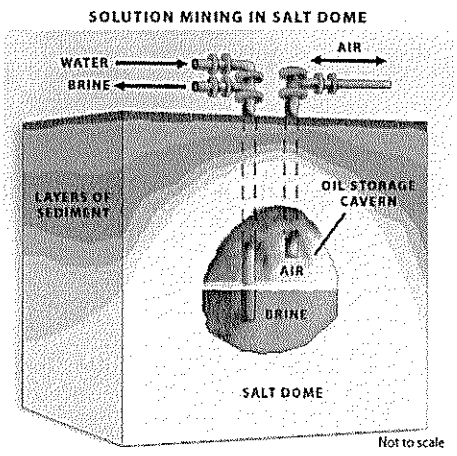
- เป็นการทำเหมืองโดยใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ทำเหมืองติดตั้งกับเรือหรือแพ โดยใช้เครื่องสูบทรายขนาดท่อสูบเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 30.5 เซนติเมตร (12 นิ้ว) สูบเอาหินดินทรายปนแร่ขึ้นมาล้างบนเรือหรือแพ

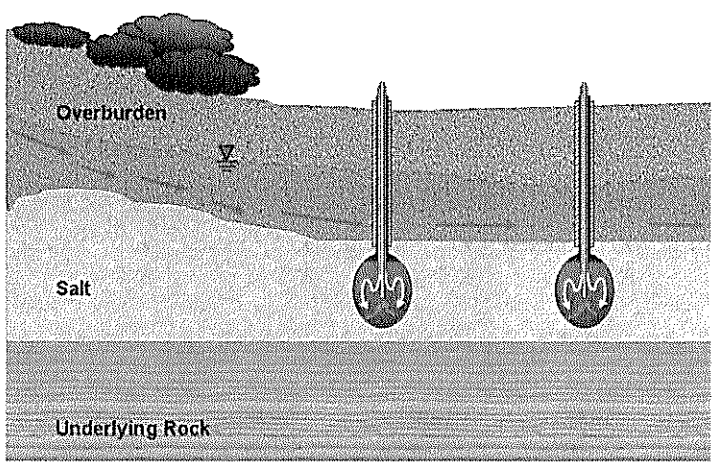


วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย

10. วิธีการทำเหมืองละลายแร่

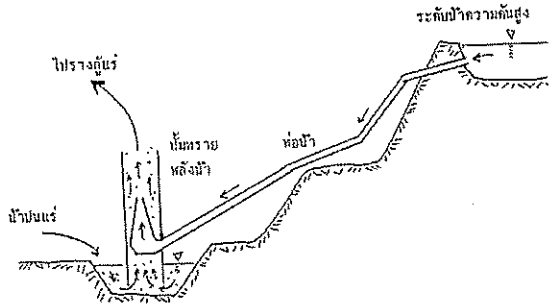
- เป็นการเจาะบ่อหรือรูลงไปใต้ดินจนถึงแหล่งแร่แล้วทำการสูบน้ำหรือไอน้ำร้อนอัดลงไปละลายแร่ให้เป็นของเหลวขึ้นมาทางรูหรือบ่อเดิม หรือทางบ่อหรือรูอื่น





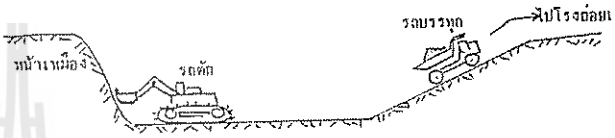
วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย

การทำเหมืองแล่น



การทำเหมืองฉีด

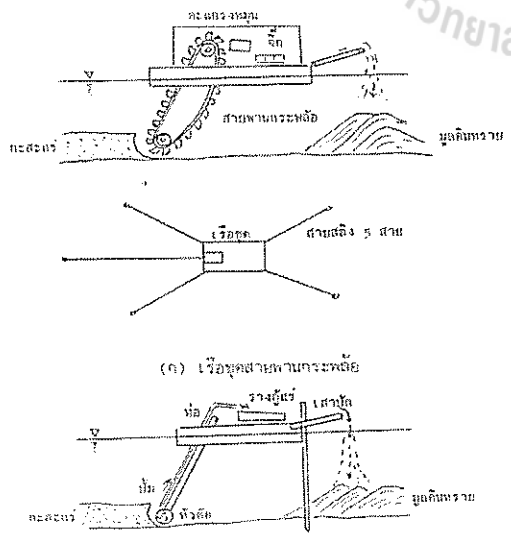
การทำเหมืองสูบ



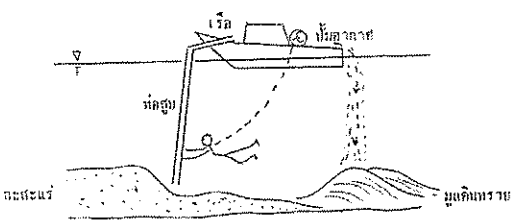
การทำเหมืองหาบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย

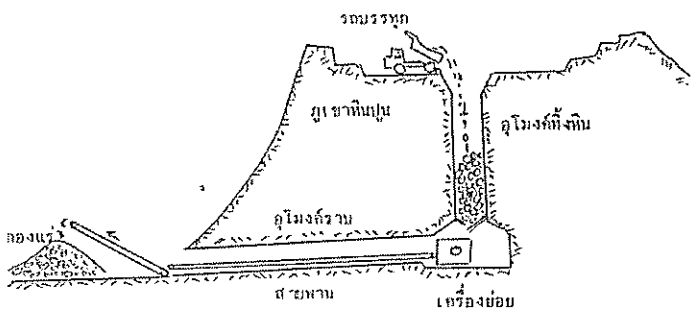


การทำเหมืองเรือขุด

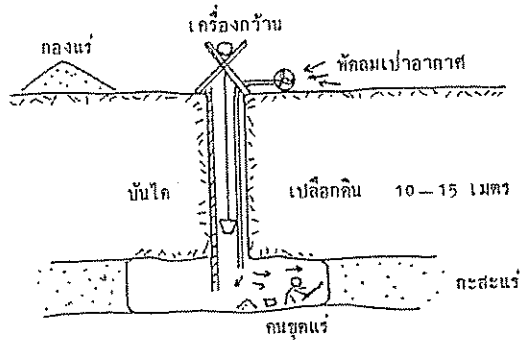


การทำเหมืองเรือดูด

วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย

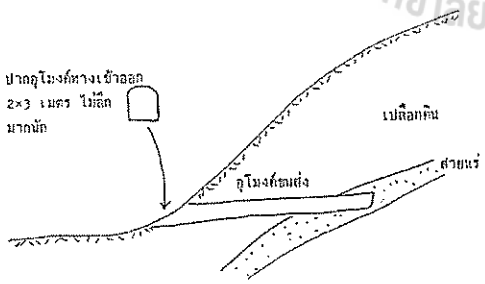


การทำเหมืองเปิดปล่องขนถ่าย

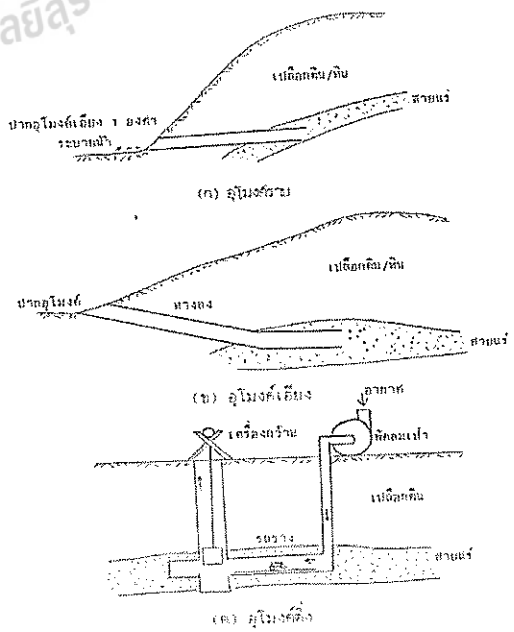


การทำเหมืองปล่อง

วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย

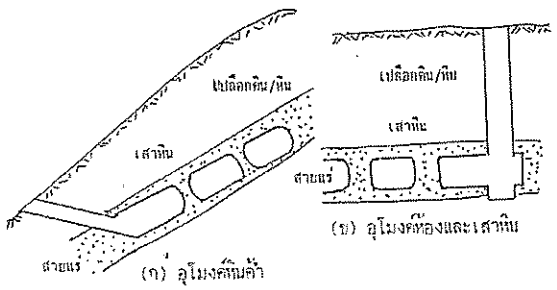


การทำเหมืองเจาะรับ

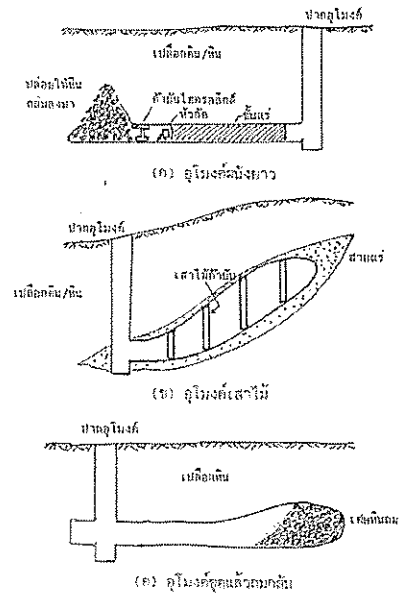


การทำเหมืองอุโมงค์

วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย



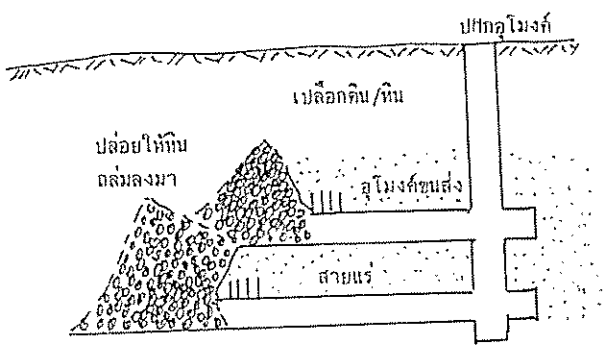
การทำเหมืองอุโมงค์ค้ำยันตัวเอง



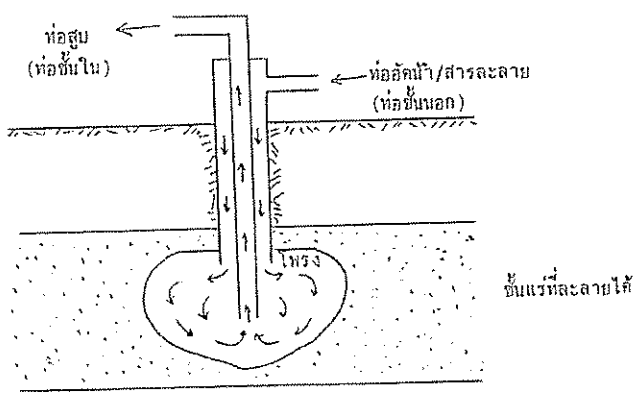
การทำเหมืองอุโมงค์ช่วยค้ำยัน

วิธีการทำเหมืองที่กำหนดไว้ตามกฎหมายแร่ของไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

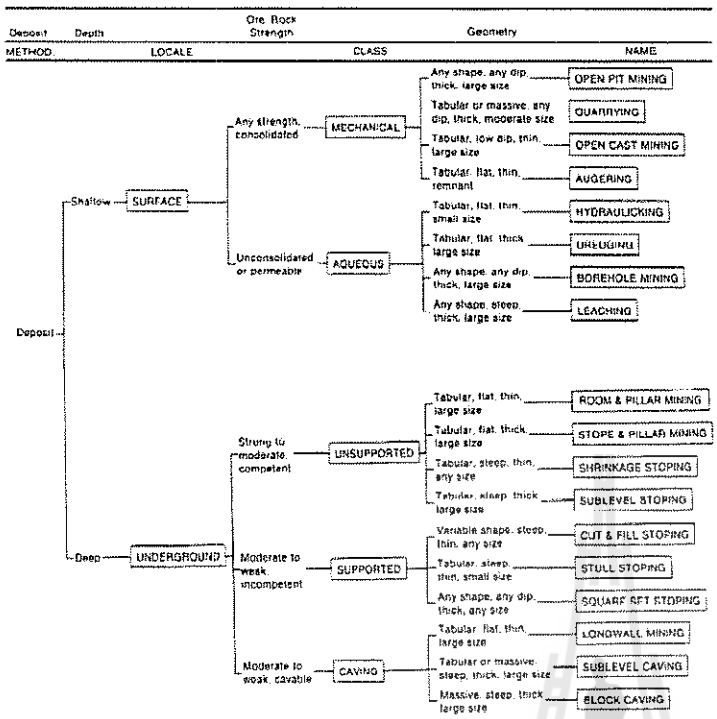


การทำเหมืองอุโมงค์ค้ำถล่ม



การทำเหมืองละลายแร่

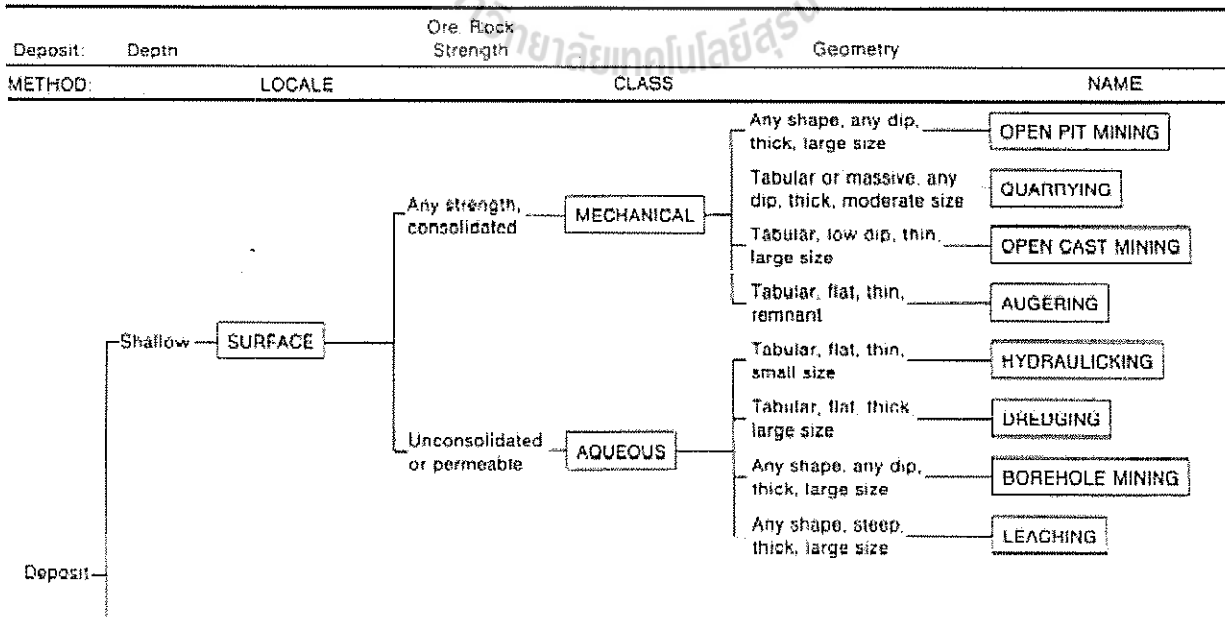
การเลือกวิธีการทำเหมืองแบ่งตามรูปร่าง การวางตัวของสายแร่



(Hartman, 1987)

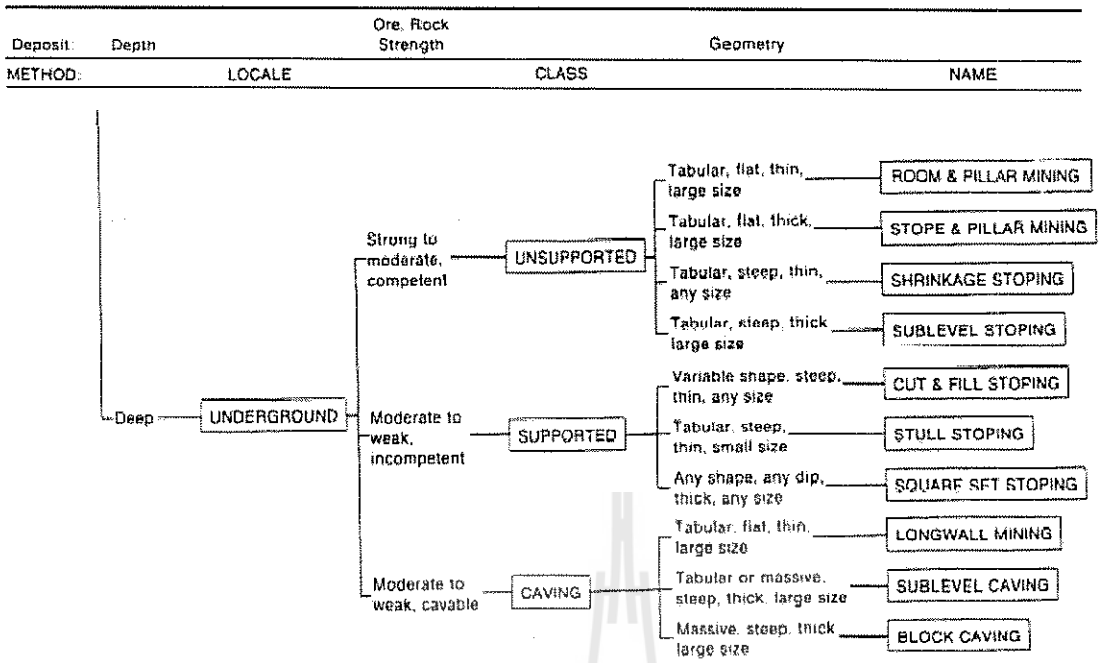
การเลือกวิธีการทำเหมืองแบ่งตามรูปร่าง การวางตัวของสายแร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(Hartman, 1987)

การเลือกวิธีการทำเหมืองแบ่งตามรูปร่าง การวางตัวของสายแร่



(Hartman, 1987)

วิธีการทำเหมืองบนดิน

Shape, Attitude (Dip)	Deposit Characteristics	Stripping Ratio	Excavation		Mining Method
			Waste Handling	Excavation	
Tabular					
Flat	Near surface	Low	Onsite	Hydraulic, scoop, dig	Placers—hydrosluicing, dredging, solution—at depth
	Shallow	Moderate	Cast	Scoop, dig, light blast	Open cast (strip)—area, contour, mountain top
Inclined		Moderate (remove hanging wall)	Need highwall	Auger	Auger
	Moderate		Haul (to waste dump)	Blast	Open pit
	Deep	High (remove both hanging wall and footwalls)	Haul (to waste dump)		Open pit
				Saw, jet pierce (joints)	Quarry
Massive	Full range	Depends on depth	Haul (to waste dump)		Open pit Glory hole

Note: In situ mining is always possible.

การออกแบบบ่อเหมืองและการวางแผนงาน

- แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. การออกแบบบ่อเหมืองและการวางแผนงานด้านเศรษฐศาสตร์

   ค่าตัวแปรในการทำเหมืองดังต่อไปนี้

   - ปริมาณเปลือกดินที่ต้องขุดออก
   - ปริมาณแร่สำรอง
   - ความสมบูรณ์เฉลี่ยของแร่สำรอง
   - อายุของเหมือง

การออกแบบบ่อเหมืองและการวางแผนงาน

2. การออกแบบบ่อเหมืองและการวางแผนงานด้านเทคนิค

   - การกำหนดขนาดของขั้นบันไดเหมือง (ความกว้าง ความสูง ความเอียงและความลาดชัน)
   - การกำหนดขนาดและตำแหน่งของขั้นย่อยเพื่อความมั่นคงของบ่อเหมือง
   - การเลือกวิธีขุด
   - การเลือกเครื่องเจาะรูระเบิด
   - การออกแบบระบบการตัก
   - การออกแบบระบบการขนส่ง
   - การออกแบบระบบการระบายน้ำ

การวางแผนงานการทำเหมือง

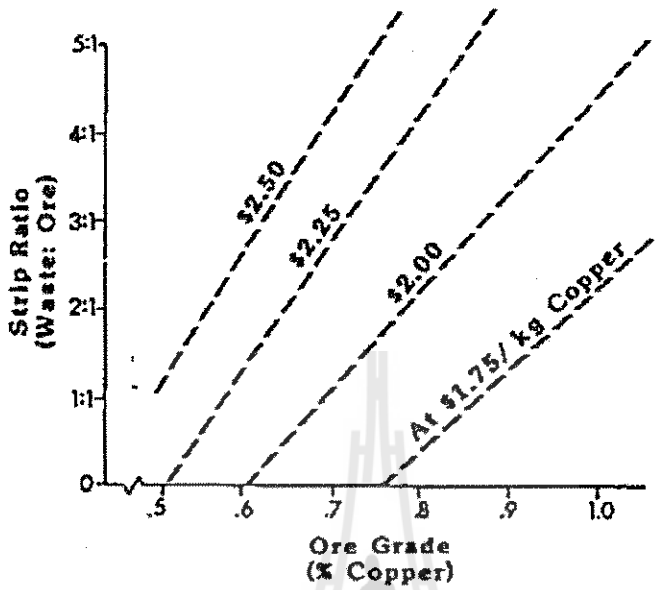
- 1. **แผนงานระยะยาว** เป็นแผนงานกำหนดการทำเหมืองตลอดอายุโครงการทำเหมือง โดยระบุขอบเขตสุดท้ายของบ่อเหมืองและกำหนดการใช้พื้นเก็บกองเปลือกดิน พื้นที่เก็บกองเปลือกดิน มูลดิน ทรายและที่เก็บขังน้ำขุ่นข้น อาคารสำนักงานและโรงเรือนต่างๆ ในแผนระยะยาวยังครอบคลุมถึงแผนการฟื้นฟูพื้นที่การทำเหมือง และใช้ประโยชน์ที่ดินหลังการทำเหมือง อีกด้วย
- 2. **แผนงานระยะกลาง** เป็นแผนการทำเหมืองในแต่ละช่วงเวลา อาจเป็นแผน 3 ปี หรือแผน 5 ปี ก็ได้ โดยระบุปริมาณงานที่ต้องดำเนินงานในแต่ละช่วงการทำเหมือง และอาจระบุปริมาณงานเป็นรายปี เพื่อขยายแผนระยะยาวลงในรายละเอียดที่สามารถวางแผนปฏิบัติ ได้ต่อไป
- 3. **แผนงานระยะสั้น** เป็นแผนการทำเหมืองที่ลงรายละเอียดในด้านลำดับขั้นการปฏิบัติงานในแต่ละด้านเช่น การเปิดเปลือกดิน การขุดแร่ การใช้เครื่องจักรกล ในแต่ละหน้างาน แผนการขุดเจาะ และแผนการระเบิดหน้างาน เป็นต้น

วิธีการที่ใช้ในการกำหนดอาณาเขตสุดท้ายของบ่อเหมือง

- คำนวณหาอัตราส่วนการเปิดเปลือกดินที่รายได้จากการขุดแร่ในแต่ละแนว (strip) พอดีกับค่าใช้จ่ายที่เผื่อค่าการบริหารและกำไรไว้แล้ว (economic break-even stripping ratio) ที่นิยามไว้ดังนี้

$$EBESR = \frac{\text{มูลค่าแร่/หน่วย} - (\text{ค่าใช้จ่ายในการขุดแร่/หน่วย} + \text{ค่าแยกแร่/หน่วย} + \text{กำไร/หน่วย})}{\text{ค่าใช้จ่ายในการเปิดเปลือกดิน/หน่วย}}$$

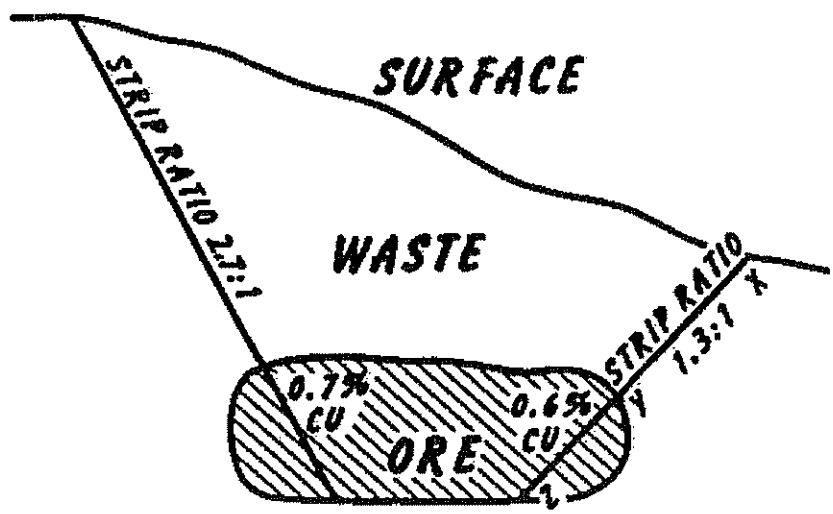
ความสัมพันธ์ระหว่าง **stripping ratio** และ **Cut off grade** ที่ราคาแร่ต่าง ๆ กัน



Strip ratios for different ore grades and metal prices.

การหาขอบเขตสุดท้ายของบ่อเหมือง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



Pit limits shown on section.

อัตราส่วนการเปิดเปลือกดิน (stripping ratio)

- ในการทำเหมืองเปิดอัตราส่วนการเปลือกดินเป็นพารามิเตอร์สำคัญที่แสดงปริมาณภาระงานและค่าใช้จ่ายที่ทางเหมืองจะต้องเปิดเปลือกดินเพื่อขุดแร่ให้ได้ต่อหน่วยการผลิตในแนวหนึ่งๆหรือแถวหนึ่งๆ โดยทั่วไปจะนิยามไว้ดังต่อไปนี้

$$\begin{array}{l}\textit{อัตราส่วนการเปิดเปลือกดิน} \\ \textit{(overburden ratio หรือ stripping ratio)}\end{array} = \frac{\textit{ปริมาณเปลือกดินที่ต้องขุดออก}}{\textit{ปริมาณแร่ที่ขุดได้}}$$

- หน่วยของ stripping ratio อาจเป็นลูกบาศก์เมตรต่อลูกบาศก์เมตร หรือ ลูกบาศก์เมตรต่อตัน หรือตันต่อตัน ก็ได้ทั้งสิ้น ในกรณีที่คิดการขุดแร่โดยรวมในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ เหมืองจะเรียกว่า over-all stripping ratio

อัตราส่วนการเปิดเปลือกดิน (stripping ratio)

- เราสามารถนำเอาหลักการของการคิดอัตราส่วนการเปิดเปลือกดินไปใช้พิจารณาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำเหมืองเปิดและการทำเหมืองใต้ดินเพื่อหาจุดคุ้มทุนระหว่างการทำเหมืองทั้งสองวิธี ในกรณีเช่นนี้เราเรียกอัตราส่วนการเปิดเปลือกดินว่าเป็น break-even stripping ratio (BESR) และนิยามไว้ว่า

$$BESR = \frac{\textit{ค่าใช้จ่ายในการทำเหมืองใต้ดิน/หน่วย} - \textit{ค่าใช้จ่ายในการขุดแร่/หน่วย}}{\textit{ค่าใช้จ่ายในการเปิดเปลือกดิน/หน่วย}}$$

อัตราส่วนการเปิดเปลือกดิน (stripping ratio)

- เหมืองหลายแห่งได้ขุดแร่ไปถึงระดับความลึกที่ควรเปลี่ยนวิธีการทำเหมืองเป็นการทำเหมืองใต้ดินแต่ว่าทางเหมืองอาจยังไม่พร้อม หรือพิจารณาไม่ทำเหมืองใต้ดินเนื่องจากปริมาณแร่สำรองมีจำกัด และขาดเทคนิคความชำนาญ และตัดสินใจทำเหมืองเปิดต่อไป ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขุดเปลือกดินเพิ่มขึ้นไปจนถึงจุดที่ขุดแร่ไปแล้วไม่คุ้มค่าใช้จ่ายในการทำเหมืองอีกต่อไป อัตราส่วนการเปิดเปลือกดินที่จุดนั้น เราเรียกเป็น Economic break-even stripping ratio (EBESR) ซึ่งนิยามไว้ดังนี้

$$EBESR = \frac{\text{มูลค่าแร่/หน่วย} - (\text{ค่าใช้จ่ายในการขุดแร่/หน่วย} + \text{ค่าแยกแร่/หน่วย} + \text{กำไร/หน่วย})}{\text{ค่าใช้จ่ายในการเปิดเปลือกดิน/หน่วย}}$$

ความมั่นคงและความลาดชันสุดท้ายของบ่อเหมือง

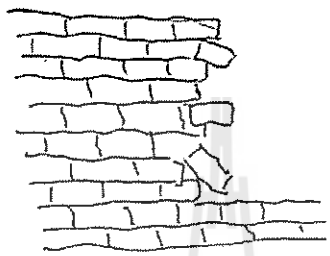
- ในทางปฏิบัติทางเหมืองที่เริ่มเปิดดำเนินการใหม่ๆ จะยังไม่สามารถกำหนดค่าความชันนี้ได้ การออกแบบเหมืองในตอนแรกนี้จึงเพียงออกแบบไว้ให้ชันที่สุดที่จะชันได้โดยพิจารณาจากโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น รอยแยก รอยเลื่อน แนว slip plane และค่าความแข็งแรงของหิน ฯลฯ
- ข้อมูลทางธรณีวิทยาและข้อมูลด้านธรณีเทคนิคจะนำมาใช้ประกอบการออกแบบความลาดชันของบ่อเหมือง โดยทั่วไปโครงสร้างและการวางตัวของชั้นหินจะทำให้บ่อเหมืองแต่ละด้านมีความลาดชันไม่เท่ากัน
- น้ำใต้ดินก็มีผลต่อความมั่นคงของบ่อเหมืองอยู่มาก ในการแก้ไขปัญหาน้ำใต้ดิน บางครั้งเราต้องทำทางระบายน้ำเพื่อลดความดันของน้ำและระดับน้ำในชั้นหิน เบี่ยงเบนทางน้ำไม่ให้ไหลหรือซึมซับเข้ามาในบ่อเหมือง

การพังทลายของชั้นดินและหิน

1. การพังแบบ **rock fall** หรือ **raveling**

เป็นการที่ผนังหินในบ่อเหมืองแตกเป็นก้อน มีสาเหตุมาจาก

- 1) ผนังบ่อเหมือง ชันกว่า natural angle of repose
- 2) ตีนของขั้นบันไดถูกขุดลึกและเข้าไปมากเกินไปทำให้ผนังบ่อเหมืองชันขึ้น
- 3) ความแข็งแรงของหินเสื่อมลง เนื่องจากการระเบิดและแรงสั่นสะเทือนจากการขนส่ง ฯลฯ



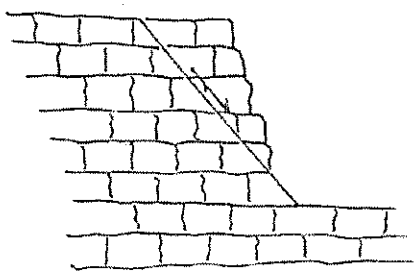
การพังแบบ Rock fall

การพังทลายของชั้นดินและหิน

2. การพังแบบ **plane shear**

เป็นการพังตามแนวเฉือนในผนังหินที่มี plane of weakness อยู่ มีสาเหตุมาจาก

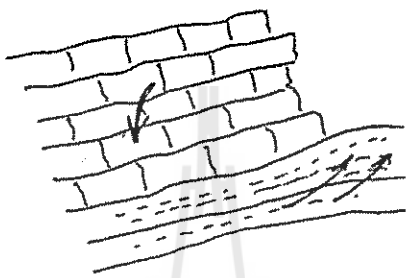
- 1) ความลาดชันมากจนเกินไป
- 2) ผนังหินสูงจนเกินไป
- 3) มีโพรงที่ตีนผนังหิน ทำให้ ผนังลาดชันขึ้น
- 4) มีน้ำใต้ดินเปียกทำให้น้ำหนักของหินเพิ่มสูงขึ้น
- 5) มีน้ำตาม plane of weakness
- 6) มีการผุพังตาม plane of weakness
- 7) มีแรงสั่นสะเทือนจากแรงระเบิด และรถวิ่ง



การพังแบบ Plane shear

3. การพังแบบ **block flow**

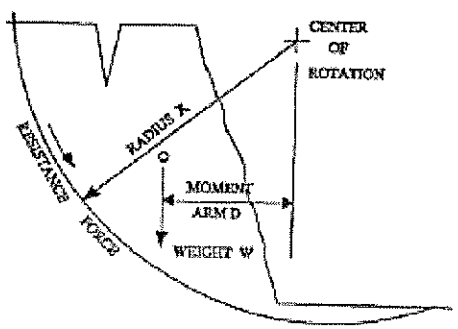
- เป็นการพังของชั้นหินที่มีชั้นหินหรือชั้นดินรองรับด้านล่างมีการเปลี่ยนรูป/ไหลแบบพลาสติก เกิดขึ้นเมื่อขุดเปิดช่องให้เคลื่อนตัวได้ น้ำหนักของชั้นหินข้างบนจะกดชั้นหินนั้นจนเปลี่ยนรูป/ไหลออกทางช่องว่าง การของ block อาจทรุดตัวลงหรือหมุนตัวออก



การพังแบบ Block flow

4. การพังแบบ **Rotational shear**

- เป็นการพังของชั้นหินตามแนวเฉือน เกิดขึ้นเมื่อหินมีการแตกร้าวมากจนมีลักษณะคล้ายดิน การพังเป็นแบบ Rotation ตามแนวส่วนโค้งของวงกลม โดยที่น้ำหนักของชั้นหินที่พังจะมากกว่าแรงต้านทานตามแนวส่วนโค้งของวงกลมคล้ายกับ การพังแบบ plane shear



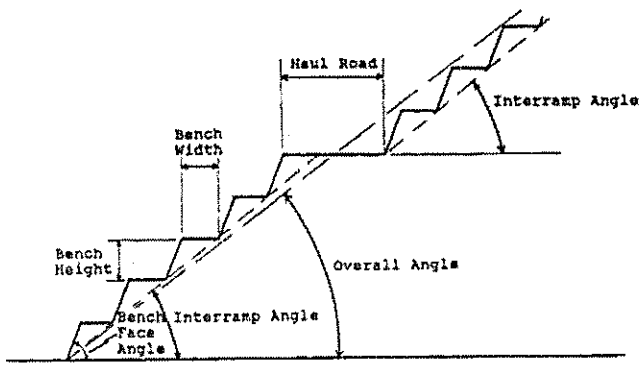
การพังแบบ Rotational shear

ข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวมเพื่อการศึกษาความมั่นคงของบ่อเหมืองในแต่พื้นที่

- 1. แผนที่และภาพตัดขวางของพื้นที่ ครอบคลุมถึง ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยา
- 2. ข้อมูลด้านอุทกวิทยาแสดงทางน้ำและระดับน้ำใต้ดิน รูปร่างบ่อเหมือง
- 3. สายแร่ รูเจาะสำรวจ แท่งตัวอย่างหิน ความต่อเนื่องของเนื้อหิน (แสดงได้ด้วย ค่า Rock Quality Designation, RQD) รอยแตก ตัวอย่างหิน
- 4. ความแข็งแรงของเนื้อหิน เช่น in-situ stress, compression strength, shear strength
- 5. ภาพถ่ายตัวอย่างหิน และพื้นที่ที่มีการแตก พังทลายและมุมลาดชัน
- 6. ตารางและกราฟแสดงการเคลื่อนตัว การพังทลาย สัมพันธ์กับ bench face angle

องค์ประกอบความลาดชันของบ่อเหมือง

- 1. รูปร่างของขั้นบันไดเหมือง ได้แก่ มุมเอียง, ความสูง, ความกว้าง ของ bench
- 2. interramp angle เป็นมุมลาดชันของผนังบ่อเหมืองที่มีขั้นบันไดเหมือง ย่อยๆ ขั้นอยู่ระหว่างหน้างานหรือถนน ที่มีใช้ในการขุดและขนลำเลียงแร่และหินในบ่อเหมือง
- 3. มุมลาดชันของบ่อเหมือง (overall pit slope angle) เป็นมุมลาดชันรวมที่วัดตั้งแต่ขอบของพื้นบ่อถึงขอบบ่อด้านบน



Typical design cross section.

การออกแบบความลาดชันของบ่อเหมือง

- การออกแบบความลาดชันของบ่อเหมืองดำเนินการตามลำดับโดยใช้กระบวนการลองผิดลองถูกเพื่อให้ได้ความลาดชันของบ่อเหมืองที่เหมาะสมในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

1. **แบ่งบ่อเหมืองเพื่อการออกแบบเป็นส่วน ๆ ตามเกณฑ์ต่อไปนี้**

1) สภาพธรณีวิทยาและโครงสร้างของชั้นหินที่ต่อเนื่องกัน และโครงสร้างที่แยกออกจากกันด้วยรอยเลื่อน รอยแยก และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเนื้อหิน

2) ทิศทางของแนวผนังบ่อเหมือง

3) สภาพการปฏิบัติงานในบ่อเหมือง เช่น บริเวณที่ติดตั้ง เครื่องโม่ในบ่อเหมือง แนวสายพานลำเลียง แนวถนนในบ่อ ซึ่งต้องการความลาดชันของบ่อเหมืองที่ไม่เท่ากัน

การออกแบบความลาดชันของบ่อเหมือง

2. วิเคราะห์การออกแบบขั้นบันไดเหมือง (**bench**)

- เพื่อให้ได้มุม interramp angle ที่ชันที่สุด ตามปกติจะออกแบบรูปร่างของ bench เพื่อให้ได้มุมชันที่สุด ซึ่งคาดได้ว่าจะต้องมีหินแตกหล่นลงมาจากผนังบ่อ ในหลายแห่งจึงกำหนดให้มี ชั้นรองรับหินตก catch bench เว้นไว้ที่ผนังบ่อเหมืองทุกระยะ 2-3 ขั้นบันได ส่วน ความสูงของ bench จะถูกกำหนดตามขนาดเครื่องจักรกล และ ระดับการขุดแร่ ส่วนความกว้างของ bench ที่น้อยที่สุด (minimum bench width) ที่จะใช้รองรับหินตกลงมาจากผนังบ่อ สำหรับ bench สูง 30 — 100 ฟุต ใช้สมการของ Ritchie

$$Min\ bench\ width = 4.5\ ft + 0.2\ (bench\ height)$$

- ความกว้างของขั้นย่อย(berm) ที่น้อยที่สุด เท่ากับ 4 ฟุต สำหรับ bench face angle นั้น จะเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพเนื้อหินที่นิยมใช้กันจะอยู่ประมาณ 75°-80° ซึ่งใช้ค่าสถิติที่วัดได้จากหน้างาน หรือได้จากการทดสอบความมั่นคง และ รอยแตกที่หลังแนวหน้าผา (over break) ของ bench face angle ที่มุม 90° จากความสูง ความกว้างที่น้อยที่สุด และ bench face angle สามารถนำไปวิเคราะห์หาค่า interramp angle ต่อไปได้

3. วิเคราะห์การออกแบบ interramp

- โดยใช้เกณฑ์ค่าใช้จ่ายที่ถูกที่สุดในการเลือกมุม Interramp angle โดยการพิจารณาจากการตัดถนนที่ใช้ในการขนส่งในบ่อเหมืองให้มีทางลาดเฉลี่ย 8% และค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากการพังของผนังบ่อเหมือง

4. ประเมินมุมลาดชันของบ่อเหมืองที่ออกแบบไว้

- สำหรับบริเวณที่มีแนวโน้มที่จะพังทลาย และปรับแก้ไขมุมลาดชันตามความจำเป็น

การวิเคราะห์ความสมบูรณ์แร่ต่ำสุดที่ขุดทำเหมืองได้

1. ความสมบูรณ์แร่ต่ำสุดที่ขุดทำเหมืองได้และปริมาณแร่สำรอง

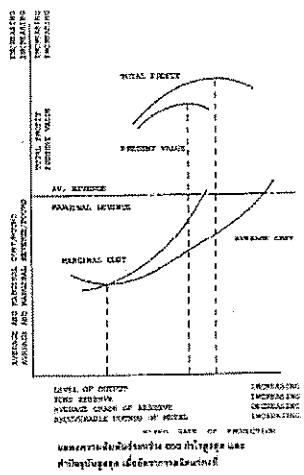
- ความสมบูรณ์แร่ต่ำสุดจะแปรผกผันกับปริมาณสำรองแร่ในแหล่งแร่ใดๆ ถ้ากำหนดให้ความสมบูรณ์แร่ต่ำสุด ลดลงปริมาณแร่สำรองจะเพิ่มมากขึ้น และในทางตรงข้ามถ้ากำหนดความสมบูรณ์แร่ต่ำสุดให้สูงขึ้นปริมาณแร่สำรองจะลดลง

2. ความสมบูรณ์แร่ต่ำสุดที่ขุดทำเหมืองได้และ economic break-even stripping ratio (EBESR)

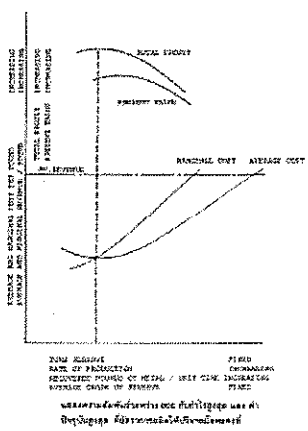
- ที่ราคาแร่ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เหมืองสามารถขุดแร่ที่ความสมบูรณ์ต่ำสุด ลดลงได้อีก และมีค่าอัตราส่วนการเปิดเปลือกดินลดลงตามสภาพแหล่งแร่ ในขณะเดียวกัน ที่ราคาแร่หนึ่งๆ ความสมบูรณ์แร่ต่ำสุดลดลงจะทำให้อัตราส่วนการเปิดเปลือกดินลดลงตามไปด้วย

การวิเคราะห์ความสมบูรณ์แร่ต่ำสุดที่ขุดทำเหมืองได้

3. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่าย กำไร และอัตราการผลิต



รูปที่ 2.2.5-1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความสมบูรณ์ต่ำสุด กำไรสูงสุด และมูลค่าปัจจุบันของการทำเหมืองที่อัตราการผลิตลงที่



รูปที่ 2.2.5-2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตกับมูลค่าปัจจุบันของการทำเหมือง เมื่อกำหนดให้ปริมาณแร่สำรอง หรือค่าความสมบูรณ์แร่มีค่าคงที่

การพัฒนาบ่อเหมือง

ในการพัฒนาเหมืองจะมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำเหมืองและต้องมีการเตรียมการล่วงหน้า ได้แก่

- 1. **ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศ สภาพธรณีวิทยาแหล่งแร่และภูมิประเทศ** เช่น อุณหภูมิอากาศปริมาณน้ำฝน และความชื้นในอากาศ ทางน้ำหลาก ปริมาณน้ำใต้ดิน
- 2. **ปัจจัยด้านข้อกำหนดสิ่งแวดล้อม** ชุมชนสัมพันธ์ และการฟื้นฟูพื้นที่หลังการทำเหมืองแล้ว
- 3. **ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์** เช่น ความสมบูรณ์แร่เฉลี่ย ปริมาณแร่สำรอง อัตราส่วนการเปิดเปลือกดิน ความสมบูรณ์แร่ต่ำสุดที่ทำเหมืองได้ เงินลงทุน เครื่องจักรกล แรงงาน ค่าใช้จ่ายทำเหมือง อัตราการผลิตตลาดแร่

การกำหนดแผนการผลิต

- การกำหนดแผนการผลิตมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เหมืองมีกำไรมากที่สุด
- ในการนี้แผนการผลิตจะได้รับผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่

1. รูปร่าง ตำแหน่ง ความลึก และความสมบูรณ์ของแร่ในแหล่งแร่ในภูมิประเทศ
2. ชนิดแร่ คุณสมบัติทางกายภาพ ความสมบูรณ์และการกระจายตัวของแร่
3. ค่าใช้จ่ายทางตรงในการดำเนินงานในการทำขุดแร่ และแต่งแร่ให้ขายได้
4. เงินลงทุนเบื้องต้น
5. ค่าใช้จ่ายทางอ้อม เช่น ค่าธรรมเนียมภาษี และค่าภาคหลวงแร่
6. ราคาแร่ และสัดส่วนการเก็บแร่ได้ (recovery factor)
7. เงื่อนไขและข้อกำหนดการตลาดและการลงทุน
8. เงื่อนไขและข้อกำหนดด้านการเมืองและผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การกำหนดแผนการผลิต

- แบ่งออกได้เป็น 3 ขั้น คือ
- 1. กำหนดขอบเขตสุดท้ายของบ่อเหมือง ลำดับการขุดแร่และการเดินหน้าเหมือง (mining sequence)
- 2. หาความสมบูรณ์แร่ต่ำสุดที่ทำเหมืองได้ โดยสัมพันธ์กับราคาแร่และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการขุดแร่ในช่วงระยะเวลาต่างๆ ณ อัตราการผลิตและข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละชุด ที่กำหนดเอาไว้
- 3. หาแผนการผลิตที่ดีที่สุด(แผนการผลิตที่ประกอบด้วย แผนการขุดแร่ การแต่งแร่ การปรับแต่งคุณภาพแร่ และการถลุงแร่) สำหรับภายใต้ข้อจำกัดทางด้านการขนส่ง การลงทุนการตลาดและข้อจำกัดด้านอื่นๆ

การกำหนดขอบเขตบ่อเหมืองที่ดีที่สุด

- โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาขอบเขตสุดท้ายของบ่อเหมืองที่ทำให้การลงทุนทำเหมืองให้ผลตอบแทนการลงทุนที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขต่อไปนี้
- 1. โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสูงที่สุด
- 2. คุ้มค่าการลงทุนเร็วที่สุด
- 3. ใช้ค่าความลาดชันของบ่อเหมืองสุดท้ายในแต่ละพื้นที่ที่ชันที่สุด
- 4. ขุดแร่ให้ได้มากที่สุดหมดตามลำดับการทำเหมืองและแผนการผลิตที่กำหนดภายใต้เงื่อนไขและข้อกำหนดการลงทุน เช่นราคาแร่ และค่าใช้จ่ายในการทำเหมือง

การเลือกระบบปฏิบัติการ

- การทำงานในบ่อเหมืองมีระบบการผลิตพื้นฐานแบ่งเป็น 2 ด้านคือ

1. การทำให้ หิน และแร่ แตกออกจากหน้างาน (rock breakage)

- ระบบงานนี้ ได้แก่ การตัดหน้าดินให้แตกหรือลอกหน้าดินในชั้นหน้าดินอ่อน แต่ถ้าเป็นชั้นหินแข็งที่ตัดออกด้วยแรงเครื่องจักรกลไม่ได้ ก็จะใช้การเจาะหินให้เป็นรู และระเบิดหินให้แตกออกหน้างาน

2. การขุด ตัก และขนหิน แร่จากหน้างานไปยังปลายทางที่กำหนด (material handling)

ระบบการผลิตในเหมืองเปิดทั่วไป

สามารถแบ่งออกได้เป็นอาจเรียกว่าเป็นระบบปฏิบัติการหลักหรือหน่วยปฏิบัติงานผลิต ได้แก่

- 1. หน่วยเจาะ
- 2. หน่วยระเบิด
- 3. หน่วยขุด/ตัก
- 4. หน่วยขนส่ง

ชนิดและประเภทเครื่องจักรกลที่นิยมใช้

ในระบบการผลิตของเหมืองในประเทศซึ่งเป็นเหมืองขนาดเล็กถึงปานกลาง ได้แก่

- 1. ระบบ front end loader – truck system
- 2. ระบบ shovel/ hydraulic excavator-truck system
- 3. ระบบ shovel/hydraulic excavator – truck - in pit crushing –belt conveyor system
- 4. ระบบ BWE-belt conveyor system

การเลือกเครื่องจักรกลเหมืองแร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนการเลือกใช้เครื่องจักรกลเหมืองแร่โดยทั่วไปก็จะมีองค์ประกอบในการพิจารณาอยู่ 4 ด้าน คือ

1. ด้านสมรรถนะของเครื่องจักรกล

- หมายถึงความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรได้แก่ ความสามารถในการผลิต ซึ่งครอบคลุมถึง ความเร็วและเวลาที่ใช้ในแต่ละวงรอบการผลิต กำลังงาน ขอบเขตการทำงาน ขนาดบุ้งกี๋ ความเร็วในการเคลื่อนที่ ความคงทนและ reliability

2. **ด้านการออกแบบ**

- หมายถึง รูปร่างและระบบงานต่างๆที่มีการออกแบบให้พนักงานสามารถควบคุมบังคับให้เครื่องจักรกลทำงานได้ตามความต้องการ ตลอดจน การออกแบบให้พนักงานมองเห็นหน้างานได้ชัดเจน มีความสะดวกในการซ่อมบำรุงรักษา และการใช้เทคโนโลยีทันสมัยมาใช้ในระบบการทำงานต่างๆ

3. **ด้านการบริการ**

- ได้แก่การสนับสนุนและการบริการจากผู้ขาย ได้แก่การซ่อมบำรุง การจัดหาอะไหล่ การฝึกอบรมช่าง และพนักงาน

4. **ด้านค่าใช้จ่าย**

- หมายถึงค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องจักรกลต่อหน่วยการผลิต ซึ่งแบ่งออกได้เป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และค่าใช้จ่ายในการเป็นเจ้าของเครื่องจักรกล

กระบวนการเลือกเครื่องจักรกล

- **1. กำหนด/คำนวณอัตราการผลิตที่ต้องการ**
- **2. กำหนด/คำนวณระยะ/พื้นที่ที่ต้องใช้หน้างาน และ/หรือ เส้นทางการขนส่ง**
- **3. คำนวณเวลาวงรอบการทำงาน**
- **4. คำนวณผลผลิตของเครื่องจักรกล**
- **5. ปรับแก้และทบทวนเพื่อพิจารณาเพิ่มการผลิตของเครื่องจักรกล**
- **6. คำนวณจำนวนเครื่องจักรกลที่ต้องใช้**
- **7. ปรับแก้และทบทวนเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องจักรกล**

วงรอบเวลาการทำงานของเครื่องจักร

ในการเลือกใช้เครื่องจักรกลเหมืองแร่ดังที่กล่าวมาในบทที่แล้วนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตของเครื่องจักรกลสำหรับเครื่องจักรกลที่มีการทำงานแบบซ้ำๆ กัน ได้แก่

- 1. เวลาที่ใช้ในการงานครบรอบการทำงานของเครื่องจักร
- 2. ความจุของบุ้งกี๋รถขุด หรือขนาดความจุของกระบะรถบรรทุก
- 3. ขนาดและลักษณะของวัสดุ
- 4. สภาพการทำงานที่หน้างาน

รถขุด แบบ loading shovel

- มีวงรอบเวลาแตกต่างกันตั้งแต่ 18 – 45 วินาที ตามขนาดของบุ้งกี๋ และความยากง่ายในการขุด

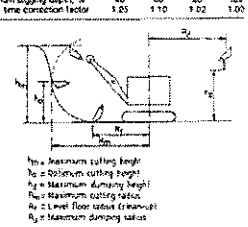
Loading Shovel Cycle Times (sec)

B_c yd³	m³	E	Digging Conditions M	M–H	H
4	3	18	23	28	32
5	4	20	25	29	33
6	5	21	26	30	34
7	5.5	21	26	30	34
8	6	22	27	31	35
10	8	23	28	32	36
12	9	24	29	32	37
15	11.5	26	30	33	38
20	15	27	32	35	40
25	19	29	34	37	42
45	35	30	36	40	45

E:
Easy digging, loose, free-running material, e.g., sand, small gravel
M:
Medium digging, partially consolidated materials, e.g., clayey gravel, packed earth, clay, anthracite, etc.
M–H:
Medium–Hard digging, e.g., well blasted limestones, heavy wet clay, weaker ores, gravel with large boulders, etc.
H:
Hard digging–materials that require heavy blasting and tough plastic clays, e.g., granite, strong limestone, taconite, strong ores, etc.

Correction Factor for Shovel Cycle Time Where Digging Depth is Less Than Optimum

Optimum digging depth, %	40	60	85	100
Cycle time correction factor	1.25	1.10	1.02	1.00



H_m = Maximum cutting height
H_c = Optimum cutting height
H_d = Maximum dumping height
R_{max} = Maximum cutting radius
R_f = Level floor radius (maximum)
R_d = Maximum dumping radius

รูปที่ 2.3.3-1 วงรอบเวลาพื้นฐานสำหรับ loading shovel

รถขุด แบบ loading shovel

Bulk Density, Swell Factor, and Diggability of Common Materials[1]

Rock	Bank Density (t/m³)	lb/yd³	Swell factor	Fillability[2]	Digability[3]
Asbestos ore	1.9	3200	1.4	0.85	M
Basalt	2.95	5000	1.6	0.80	H
Bauxite	1.9	3200	1.35	0.90	M
Chalk	1.85	3100	1.3	0.90	M
Clay (dry)	1.4	2400	1.25	0.85	M
Clay (light)	1.65	2800	1.3	0.85	M
Clay (heavy)	2.1	3500	1.35	0.80	M–H
Clay and gravel (dry)	1.5	2500	1.3	0.85	M
Clay and gravel (wet)	1.8	3000	1.35	0.80	M–H
Coal (anthracite)	1.6	2700	1.35	0.9	M
Coal (bituminous)	1.25	2100	1.35	0.9	M
Coal (lignite)	1.0	1700	1.3	0.9	M
Copper ores (low-grade)	2.55	4300	1.5	0.85	M–H
Copper ores (high-grade)	3.2	5400	1.6	0.80	H
Earth (dry)	1.65	2800	1.3	0.95	E
Earth (wet)	2.0	3400	1.3	0.9	M
Granite	2.41	4000	1.55	0.8	H
Gravel (dry)	1.8	3000	1.25	1.0	E
Gravel (wet)	2.1	3600	1.25	1.0	E
Gypsum	2.8	4700	1.5	0.85	M–H
Limonite	3.2	5400	1.4	0.85	M
Iron ore (40% Fe)	2.65	4500	1.4	0.8	M–H
Iron ore (+ 40% Fe)	2.95	5000	1.45	0.8	M–H
Iron ore (+ 60% Fe)	3.85	6500	1.65	0.75	H
Iron ore (taconite)	4.75	8000	1.65	0.75	H
Limestone (hard)	2.6	4400	1.6	0.80	M–H
Limestone (soft)	2.2	3700	1.5	0.85	M–H
Manganese ore	3.1	5200	1.45	0.85	M–H
Phosphate rock	2.0	3400	1.5	0.85	M–H
Sand (dry)	1.7	2900	1.15	1.00	E
Sand (wet)	2.0	3400	1.15	1.00	E
Sand and gravel (dry)	1.95	3300	1.15	1.00	E
Sand and gravel (wet)	2.25	3800	1.15	1.00	E
Sandstone (porous)	2.5	4200	1.6	0.8	M
Sandstone (cemented)	2.65	4500	1.6	0.8	M–H
Shales	2.35	4000	1.45	0.8	M–H

[1] These figures vary from location to location, and tests should be made where possible. Allowance should be made for operation in wet conditions as density varies with moisture content.
[2] Based on shovel dippers.
[3] For explanation, see footnote to Table 13.3.1.

รูปที่ 2.3.3-5 ค่าความหนาแน่น swell factor และค่า digability

รถตักเทหน้า front end loader

- เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ระยะสั้นในการทำงานอยู่ด้วยจึงมีการคิดวงรอบเวลาแบ่งตามลักษณะการทำงานเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ใช้เวลาคงที่ ตั้งแต่ 32 — 60 วินาที โดยแปรผันตามขนาดของรถตัก

Front-end Loaders

Bucket capacity		Fixed time, sec			
yd³	m³	E	M	M–H	H*
5	4.0	32	33	41	—
6	4.5	33	34	42	—
7	5.5	33	35	44	—
10	7.5	37	39	51	—
12	9.0	39	42	56	—
15	11.5	41	44	60	—

* The application of FELs in "hard" digging conditions is marginal and requires comprehensive investigation.

รูปที่ 2.3.3-6 ส่วนเวลาคงที่ของรถตักเทหน้า

การคำนวณขนาดการผลิตและวงรอบเวลาของรถบรรทุก

1. ผลผลิตของรถบรรทุกทางทฤษฎี

- คิดเป็นน้ำหนัก หรือปริมาตรต่อชั่วโมงในกรณีที่ไม่มีความล่าช้าจากการคอยเข้าคิวรถ เป็นตัวเลขแสดงศักย์ภาพสูงสุดที่รถบรรทุกจะทำได้ คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$Ton/hr. = [60\ min / cycle\ time, min] * truck\ rating$$

$$Bank\ Cu.m/hr. = \frac{[60\ min * truck\ rating]}{Cycle\ time * Swell\ factor * density}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การคำนวณขนาดการผลิตและวงรอบเวลาของรถบรรทุก

2. ค่าเฉลี่ยผลผลิตของบรรทุก

- คิดเป็นจำนวนตันต่อชั่วโมง หรือลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงที่รถบรรทุกสามารถขนส่งได้ โดยรวมเวลาที่ไม่ปฏิบัติการ เวลาล่าช้า และเวลาที่ต้องรอคอยต่างๆในระบบงาน (fixed delay + variable delay time) ตัวเลขนี้ จะนำไปใช้คำนวณผลผลิตต่อกะ หรือผลผลิตต่อวันต่อไป

$$Ton/hr = \frac{(U-D)*60*E*TR}{U*C}$$

$$BCu.m/hr = \frac{(U-D)*60*E*TR}{U*C*SF*M}$$

U = Unit of Time (เช่น 8 ชั่วโมง)
D = Fixed delay (hr)
E = Job efficiency(adjust for variable delay)
TR = Truck rating(Ton)
C = Cycle time (Min)
M = Material density(Ton/Cu.m)
SF = Swell factor

3. ผลผลิตของรถบรรทุกที่มากที่สุด

- คิดเป็นจำนวนตันต่อชั่วโมง หรือลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงที่รถบรรทุกสามารถขนส่งได้ โดยรวมเวลาที่ล่าช้าเฉพาะส่วนที่เป็น Variable Delay เท่านั้น ตัวเลขนี้ควรใช้ในการคำนวณจำนวนรถบรรทุกที่ต้องทำงานร่วมกับรถขุด เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ต้องการ

$$Ton/hr = \frac{60 * Job\ efficiency * Truck\ rating}{Cycle\ time}$$

$$BCu.m/hr = \frac{60 * Job\ efficiency * Truck\ rating}{Cycle\ time * Swell\ factor * Density}$$

- 4. วงรอบเวลา
- เป็นเวลาที่ใช้ในการขนส่งแต่ละเที่ยว โดยนับรวมเวลา รับหินแร่ (loading) — วิ่งขนส่ง (hauling) — เท (dumping) — วิ่งกลับ (returning) — และประจำที่ (spotting)

1) **เวลารับหินแร่ (loading time)** เป็นเวลาที่ต้องใช้รับบรรทุกแร่จากรถขุดหรือรถตักในแต่ละเที่ยว คำนวณจากวงรอบเวลาของรถขุดต่อการตักหนึ่งครั้งและจำนวนครั้งที่ตักขึ้นรถบรรทุกในแต่ละเที่ยว โดยทั่วไปใช้ประมาณ 3 -5 ตัก ต่อเที่ยว

$$Tons\ per\ pass = Bucket\ capacity\ (cu.m) * Fill\ factor * Loose\ density\ (Tons/cu.m)$$

$$No.\ pass/load = Truck\ rated\ capacity / ton\ per\ pass$$

$$Load\ time = No.\ passes * excavator\ cycle\ time$$

2) เวลาเข้าประจำที่ และเวลาเท (**turn, spot and dump time**) เวลาที่ใช้เข้าประจำที่ และเทแตกต่างกันตามประเภทและขนาดของรถ และสภาพหน้างาน

Turning-Spotting-Dumping Time (min)

Operating conditions	Bottom-dump tractor-trailer	Rear-dump	Side-dump semitrailer
Favorable	0.3	1.0	0.7
Average	0.6	1.3	1.0
Unfavorable	1.5	1.5–2.0	1.5

Source: Bishop, 1972.

รูปที่ 2.3.3-8 เวลาที่ใช้ในการเข้าประจำที่ของรถประเภทต่างๆ

3) เวลาเข้าประจำที่และรับหินแร่ (spot time at loading position)

- เวลาที่ใช้เข้าประจำที่และรับหิน แร่ แตกต่างกันตามประเภทและขนาดของรถ และสภาพหน้างาน

Spot at Loading Machine (min)

Operating conditions	Bottom-dump tractor-trailer	Rear-dump	Side-dump semitrailer
Favorable	0.15	0.15	0.15
Average	0.50	0.30	0.50
Unfavorable	1.00	0.50	1.00

Source: Bishop, 1972.

รูปที่ 2.3.3-9 เวลาที่ใช้ในการเข้าประจำที่และรับหินแร่ ของรถประเภทต่างๆ

4) เวลาวิ่งขนส่ง (haul time)

- เป็นเวลาที่รถวิ่งจากจุดรับหิน แร่ ไปตามถนนในบ่อเหมืองที่มีความลาดชัน และไปตามสภาพถนน ไปจนถึงจุดเทหิน แร่ เช่นปากเครื่องโม่หินหรือลานกองแร่ เป็นต้น เส้นทางที่รถวิ่งขนส่งจะแบ่งเป็นช่วงๆ ตามความลาดชันและข้อกำหนดความเร็วของรถบรรทุกในบ่อเหมือง ในการคำนวณเวลานั้นตัวแปรที่มีผลต่อระยะเวลารถวิ่งในแต่ละช่วง คือ ความสามารถในการวิ่งในทางลาดชันของรถบรรทุกแต่ละขนาด (truck gradeability หรือ truck performance)

$$\textit{Travel time (min)} = \frac{\textit{distance (km)} * 60}{\textit{speed (km/h)}}$$

การคำนวณขนาดการผลิตและวงรอบเวลาของรถบรรทุก

5) เวลาวิ่งกลับ (return time) มีการคำนวณเช่นเดียวกับวิ่งขนส่งแต่ความเร็วสูงสุดของ

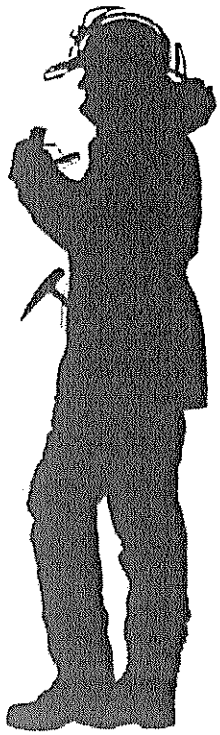
- รถมักจะควบคุมโดยข้อกำหนดความเร็วในแต่ละช่วงตามมาตรการความปลอดภัยส่วนค่าความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วงจะได้จากนำ speed factor ไปคูณความเร็วสูงสุด ท้ายที่สุดเวลาวิ่งกลับของรถบรรทุกจะเป็นผลรวมของเวลาที่ใช้ในแต่ละช่วง

Speed Factors

Length of haul road section		Short, level hauls 500–1000 ft (150–300 m) total length	Unit starting from stop	Unit in motion when entering haul road section
ft	m			
0–350	0–110	0.20	0.25–0.50	0.50–2.00
350–750	107–229	0.30	0.35–0.60	0.60–0.75
750–1500	229–457	0.40	0.50–0.65	0.70–0.80
1500–2500	457–762		0.60–0.70	0.75–0.80
2500–3500	762–1067		0.65–0.75	0.80–0.85
Over 3500	over 1067		0.70–0.85	0.80–0.90

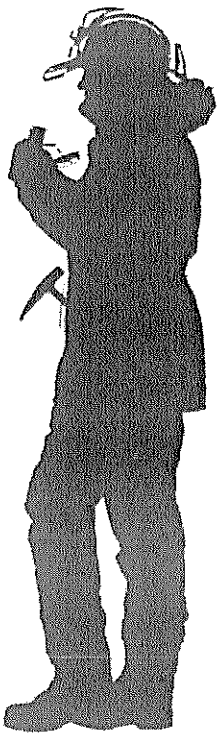
Source: Bishop, 1972.

รูปที่ 2.3.3-12 ปรับแก้ความเร็วเฉลี่ยรถบรรทุกที่เป็นผลจากระยะทางวิ่ง (speed factor)

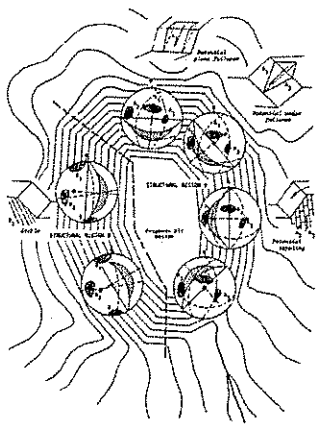


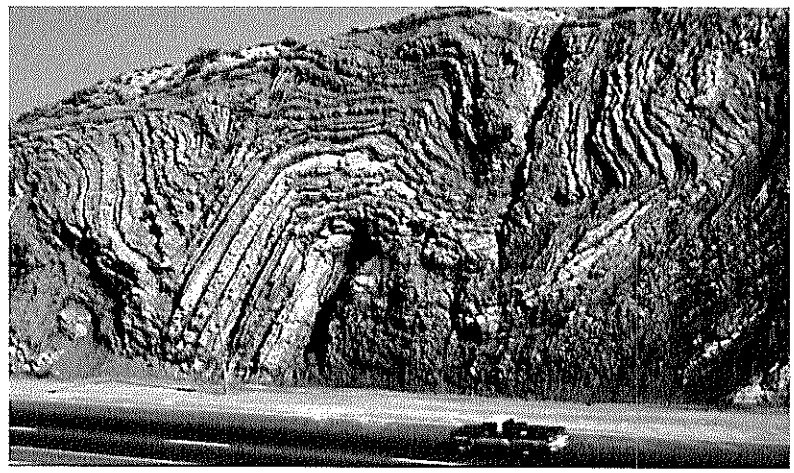
95

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



96





Structural Geology and Data Interpretation, Site Investigation and Geological Data Collection

Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

Definition of Geological Terms

Rock Material = Intact Rock

Rock Mass = In-situ Rock

Waste Rock = Broken Rock (Angular)
Sand & Gravel (Rounded)

Discontinuities = Weak Plan (fault, joint, bedding, cleavage, crack, dykes)

Major Discontinuities = Domination of a particular outcrop

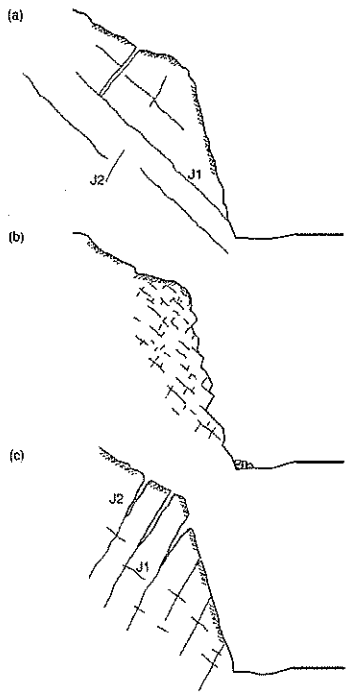
Discontinuities Set = Systems of discontinuities (approximately same inclination and orientation)

Continuity = Persistence

Gouge = Infilling (Material between two faces of a structural discontinuity)

Roughness = Surface roughness on discontinuities in rock

Effective of Discontinuities on Slope Stability

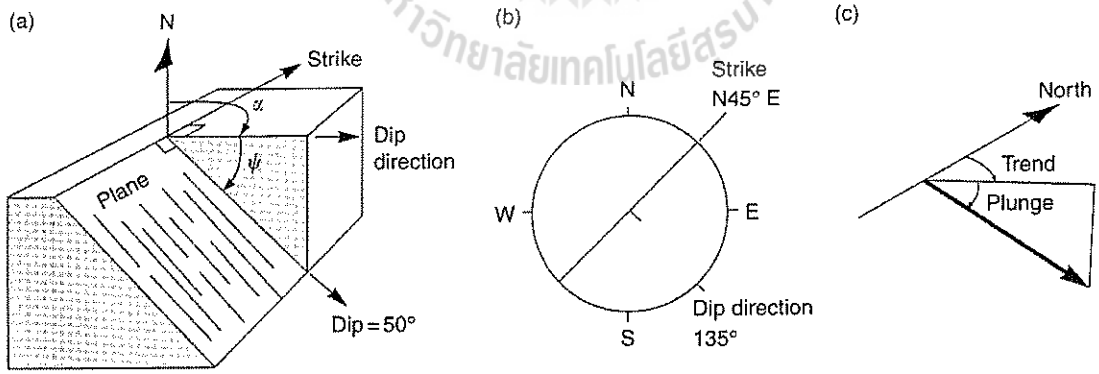


(a) Persistence J1 joint dipping out of face forms potentially unstable sliding block;

(b) Closely spaced, low persistence joints cause reveling of small block;

(c) Persistence J2 joints dipping into face form potential toppling slabs.

Orientation of Discontinuities



Definition of Geometrical Terms

Dip = maximum inclination of a discontinuity to horizontal (angle ψ)

Dip Direction = direction of horizontal trace of line dip, measured clockwise from north (angle α)

Strike = trace of intersection of an obliquely inclined plane with horizontal reference plane and dip direction of oblique plane

Plunge = dip of line, such as line of intersection of two plane or axis of borehole or tunnel

Trend = direction of horizontal projection of a line, measured clockwise from north

Stereographic Analysis of Structural Geology

-Stereographic projection

-Pole Plots and Contour Plots

-Pole Density

-Great Circles

-Line of Intersection

Stereographic Projection

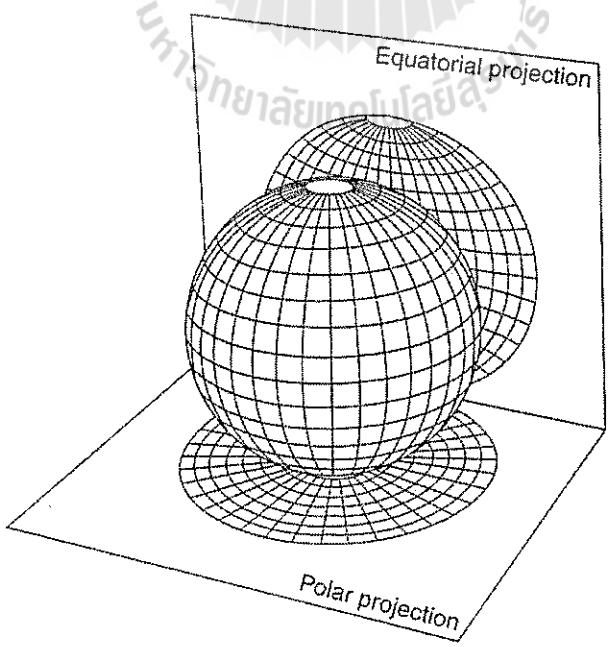


Figure 2.7 Polar and equatorial projections of a sphere.

Stereographic Projection

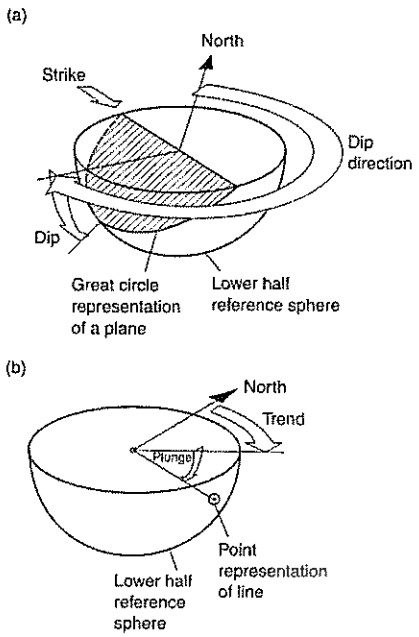


Figure 2.5 Stereographic representation of plane and line on lower hemisphere of reference sphere: (a) plane projected as great circle; (b) isometric view of line (plunge and trend).

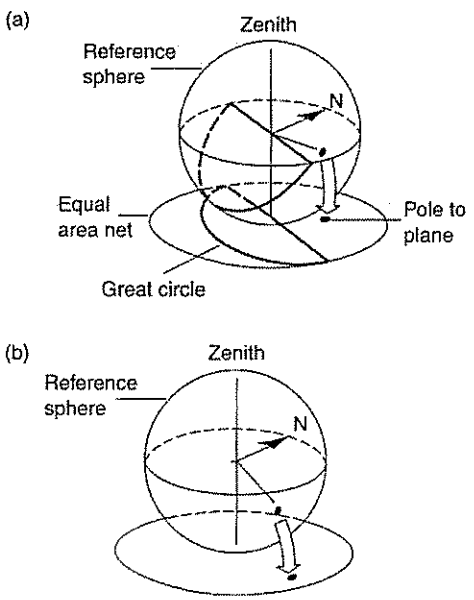


Figure 2.6 Equal area projections of plane and line: (a) plane projected as great circle and corresponding pole; (b) line projected as pole.

Stereographic Projection

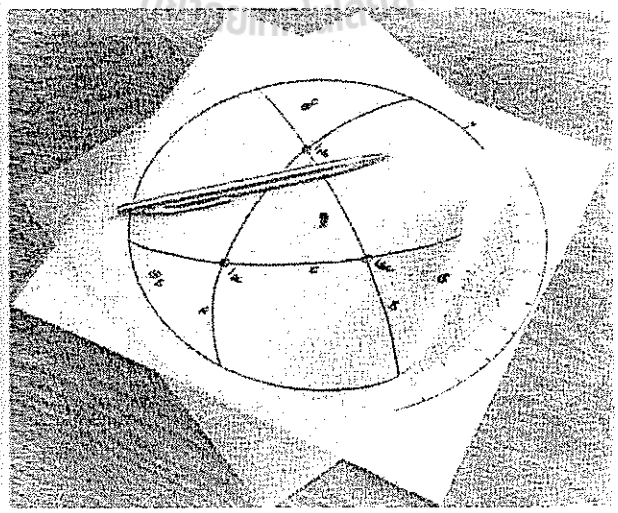
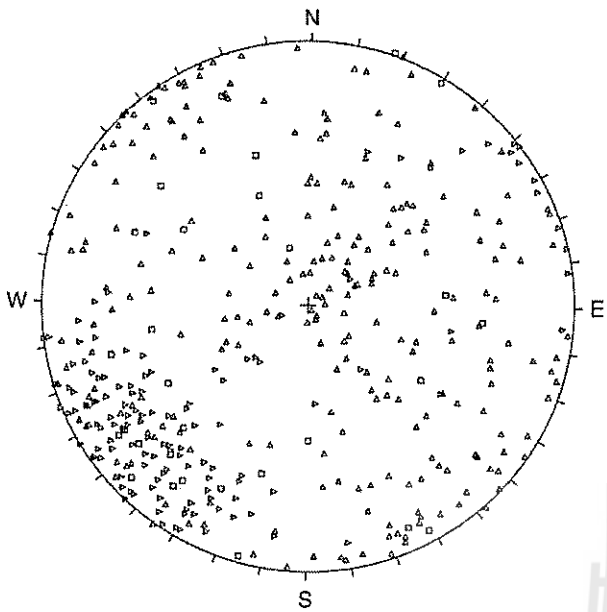


Figure 2.8 Geological data plotted and analyzed on a piece of tracing paper that is located over the center of the stereonet with a pin to allow the paper to be rotated.

Pole Plots and Contour Plots

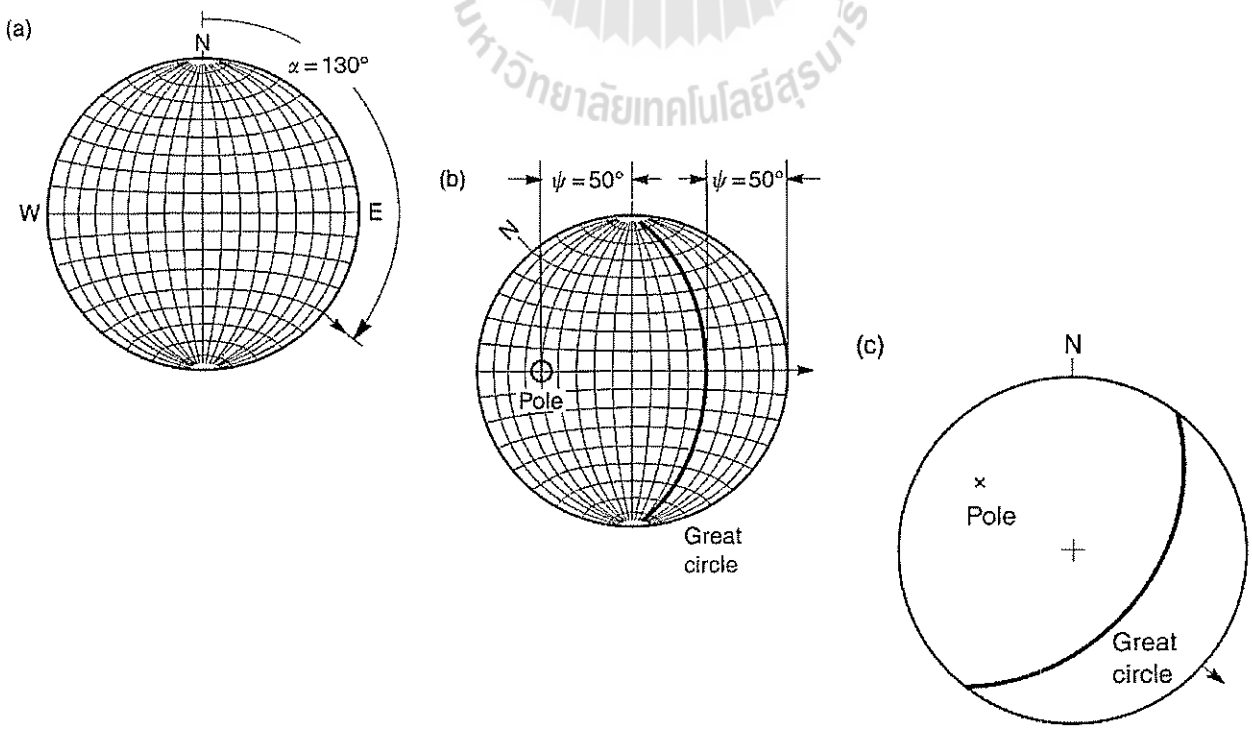


Surface type
- Faults 1 [33]
- Joints 2 [253]
- Bedding 9 [135]

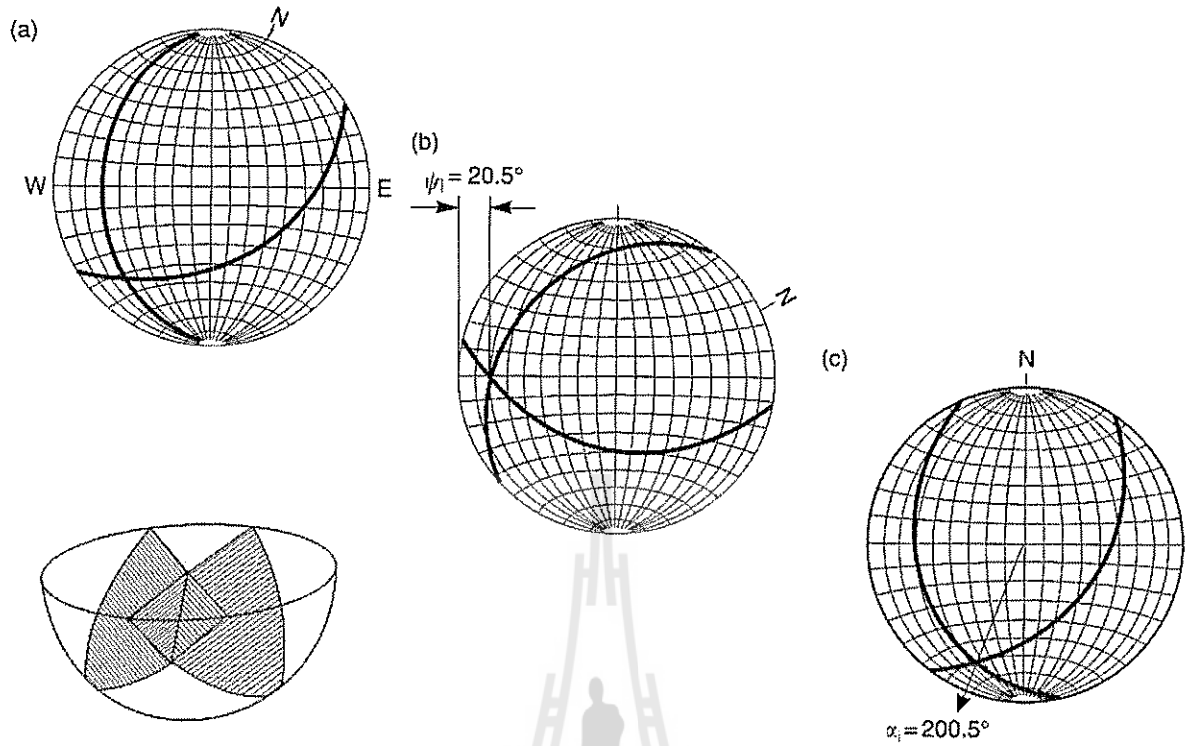
Equal Area
Lower Hemisphere
421 Poles
421 Entries

Figure 2.10 Example of pole plot of 421 planes comprising bedding, joints and faults.

Great Circles

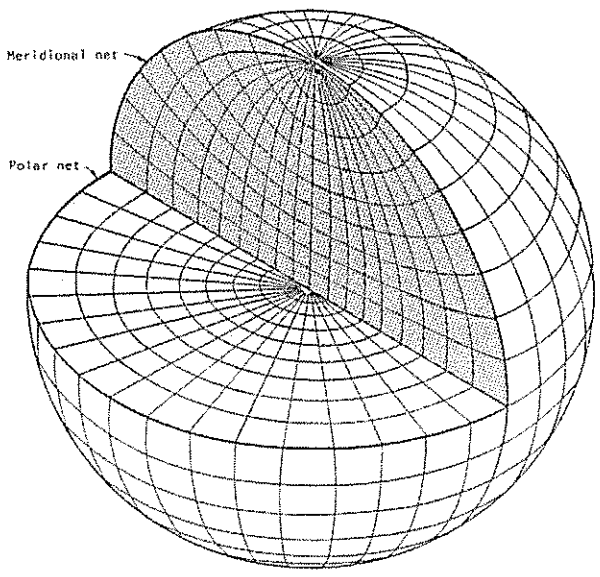


Line of Intersection



Geographical Representative of Geologic Data

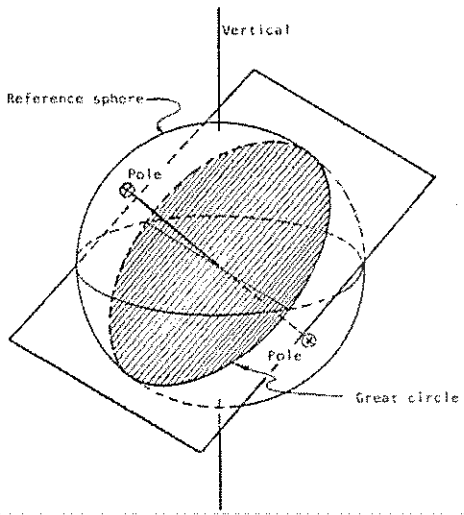
by using "Stereographic Projection"

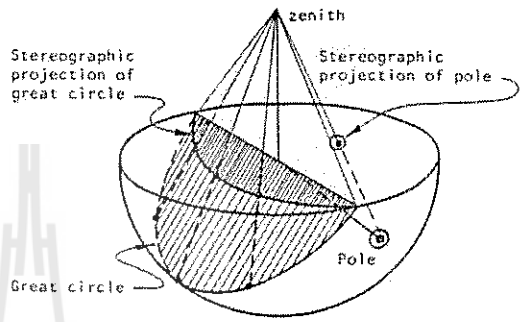


Stereonet

Lower hemisphere of a sphere projected onto a flat surface

- a type of '3-dimensional protractor'
- allows analysis of structural data in 3-dimensions
- plot data on tracing paper overlaid on net





13

Why are these plots needed?

- to provide a simple visual reference of the various joint sets seen in rock mass exposures
- to evaluate the potential for instability of engineering works in these masses

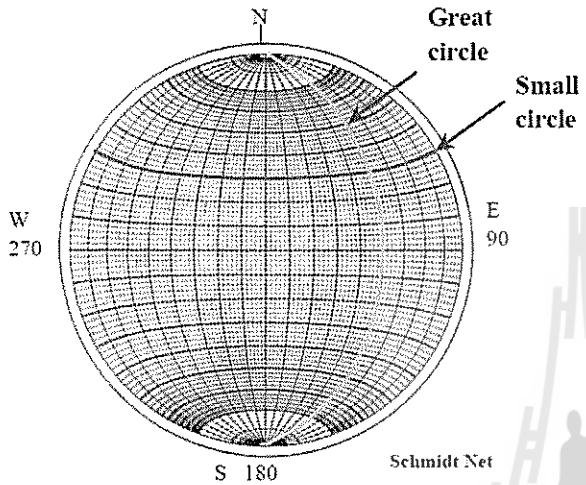
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Elements of a Stereonet

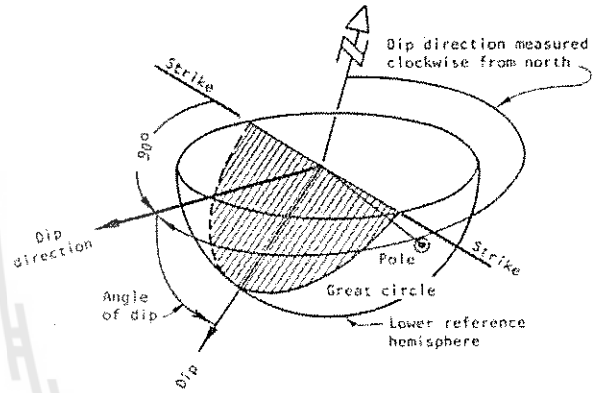
Great Circles - large circular arcs running north-south

- equivalent to lines of longitude on globe

Small Circles - circular arcs running from east to



)n globe



15

Types of Stereonets

Two types of stereonets used geology:

- Schmidt net
- Wulff net

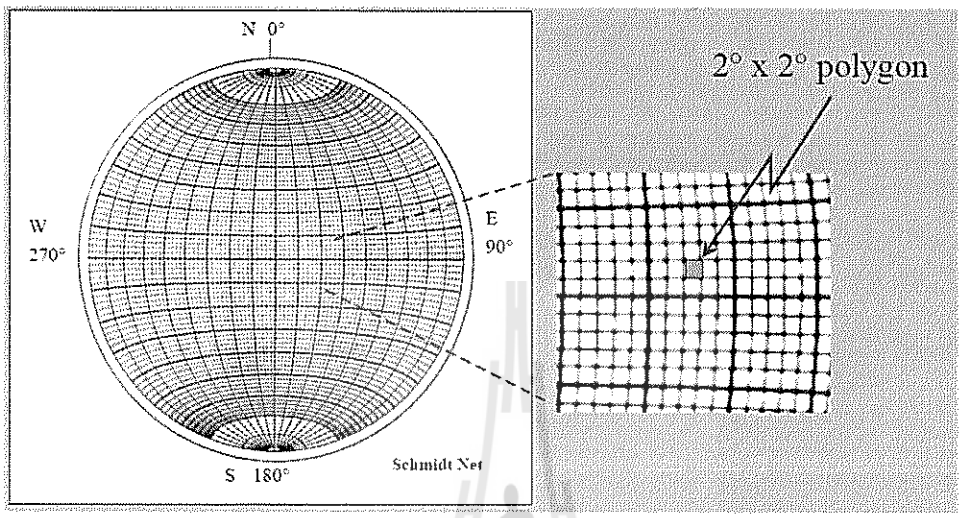
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

16

Schmidt (Equal Area) Net

Each 2 degree polygon has an equal area

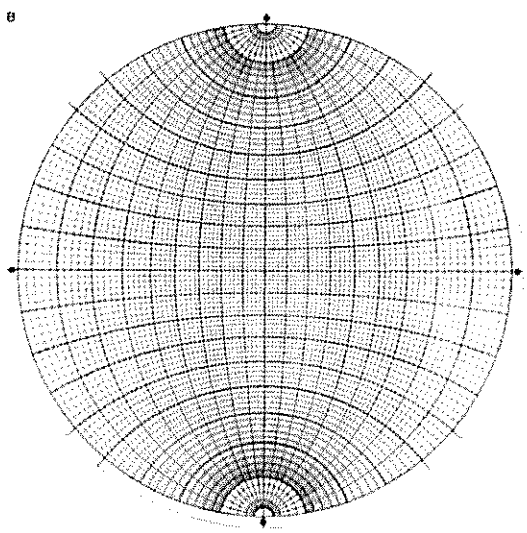
- used in structural geology because it preserves a real proportions (important for analysis of distributions)



Wulff (Equal Angle) Net

Great and small circles are real circular arcs

- preserves angular proportions but not area
- used in crystallography, not much in structural



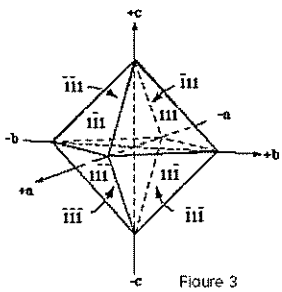


Figure 3

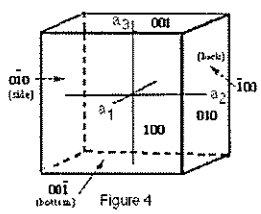
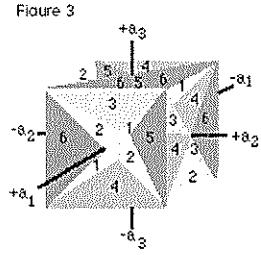
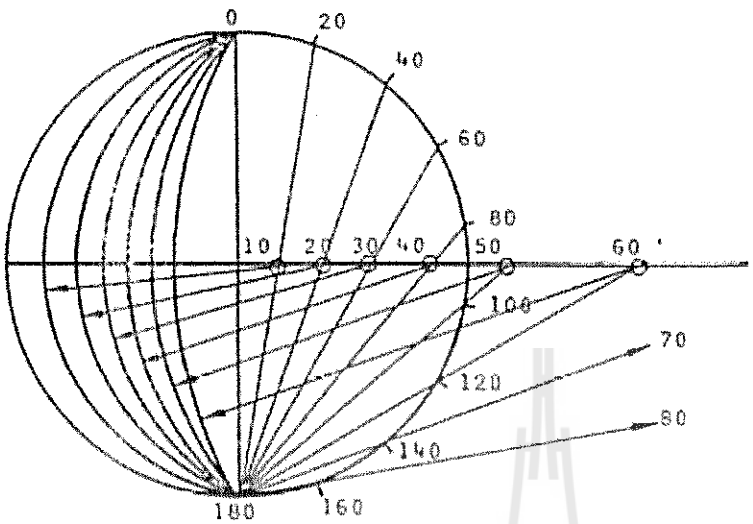


Figure 4



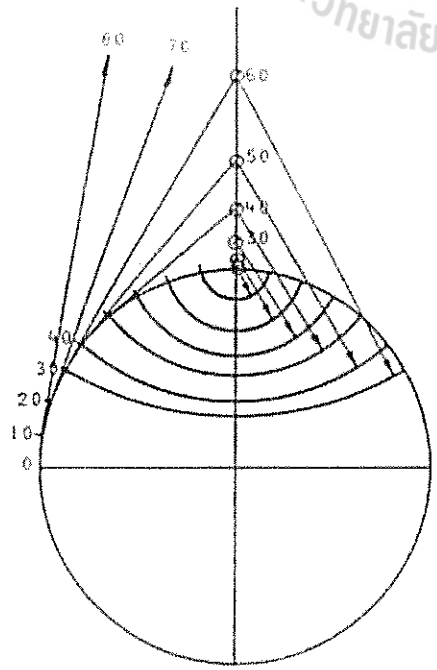
Construction of Stereographic Nets



Method of construction of the great circle on a meridional stereographic net.

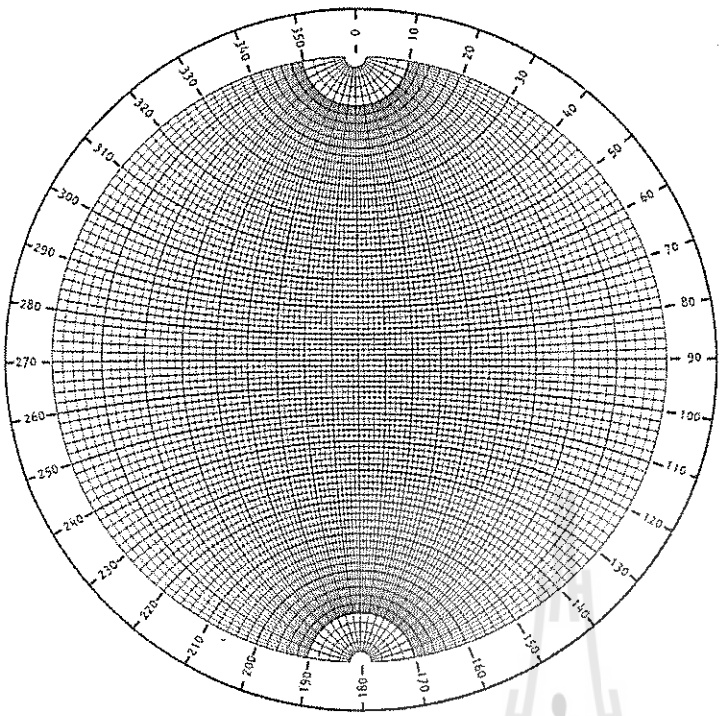
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Construction of Stereographic Nets



Method of construction of the small circle on a meridional stereographic net.

Geographical Representative of Geologic Data

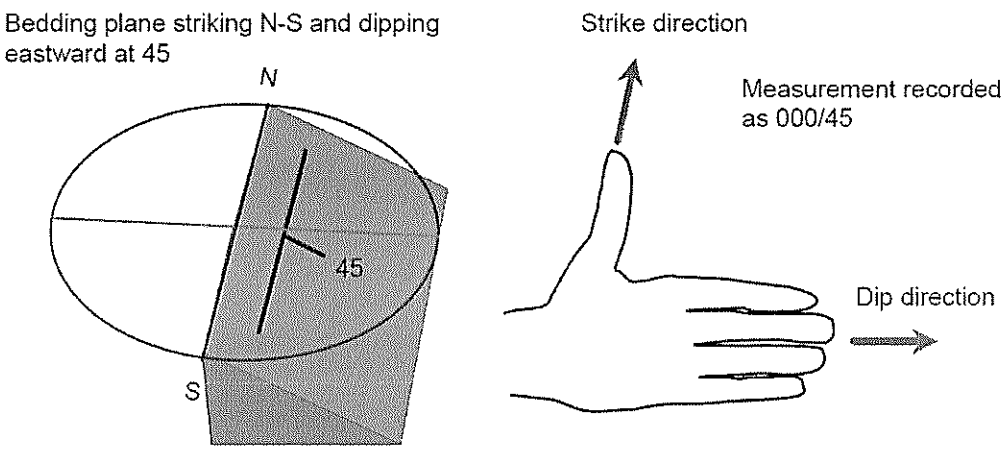


Meridional stereographic projection net for Structural Geology

Right-hand Rule

We will use the right-hand rule convention for all structural measurements

- right-hand thumb points in direction of strike
- fingers point in direction of dip



Plotting Planes

EXAMPLE

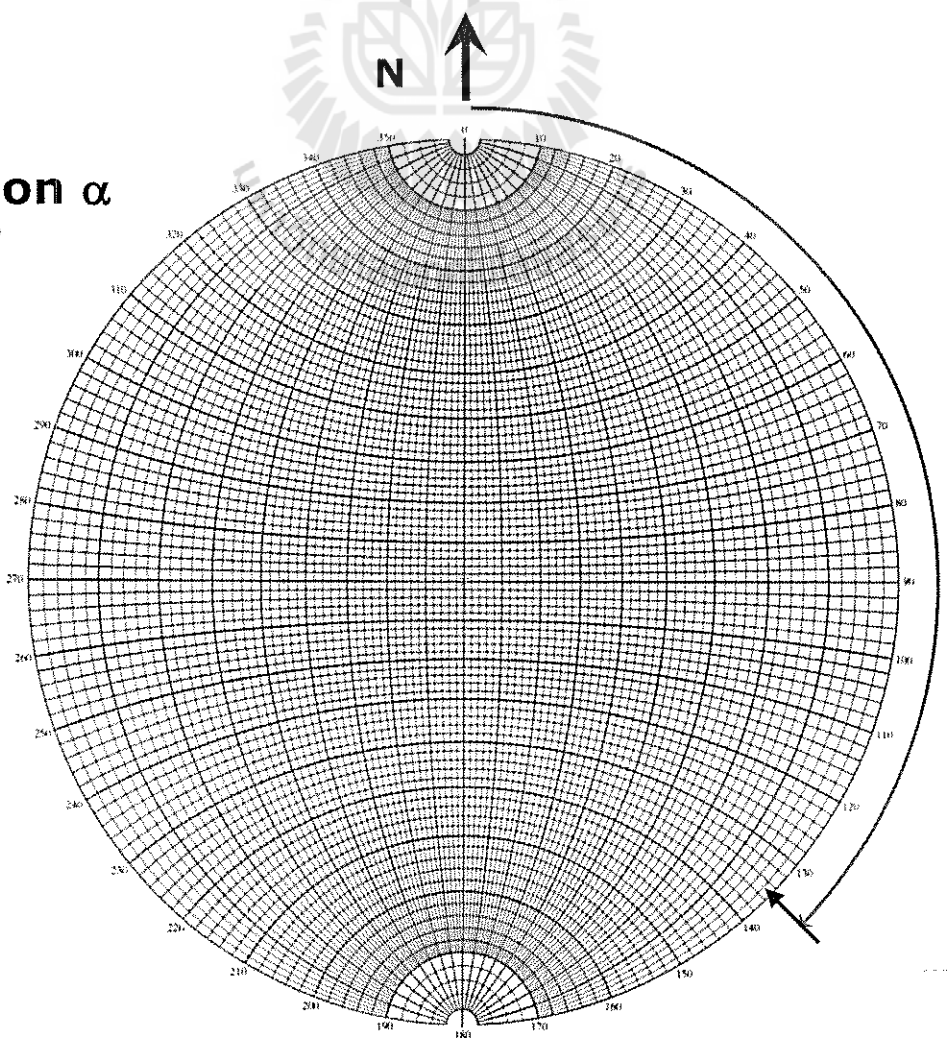
Strike/dip angle = 045/50

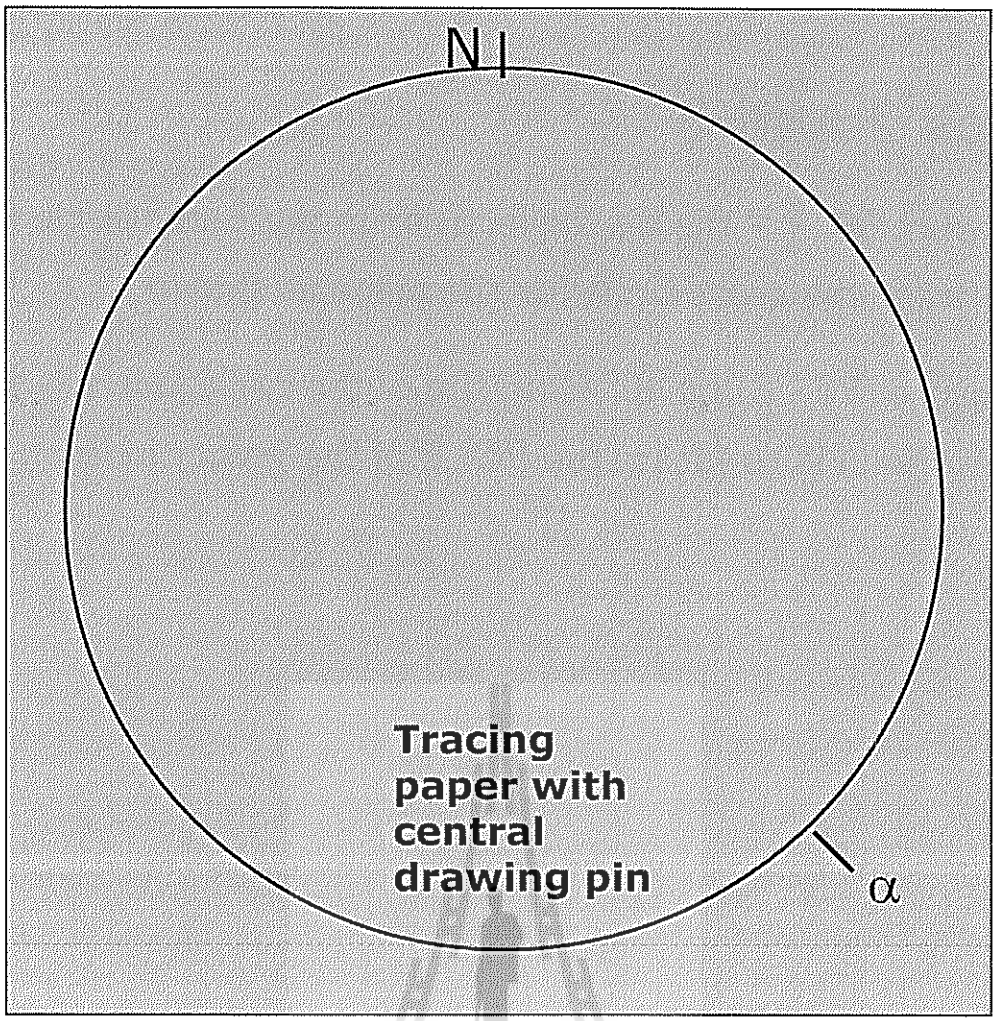
dip direction, $\alpha = 135°$

dip angle, $\beta = 50°$

denoted as 135/050 (Dip direction/dip angle)

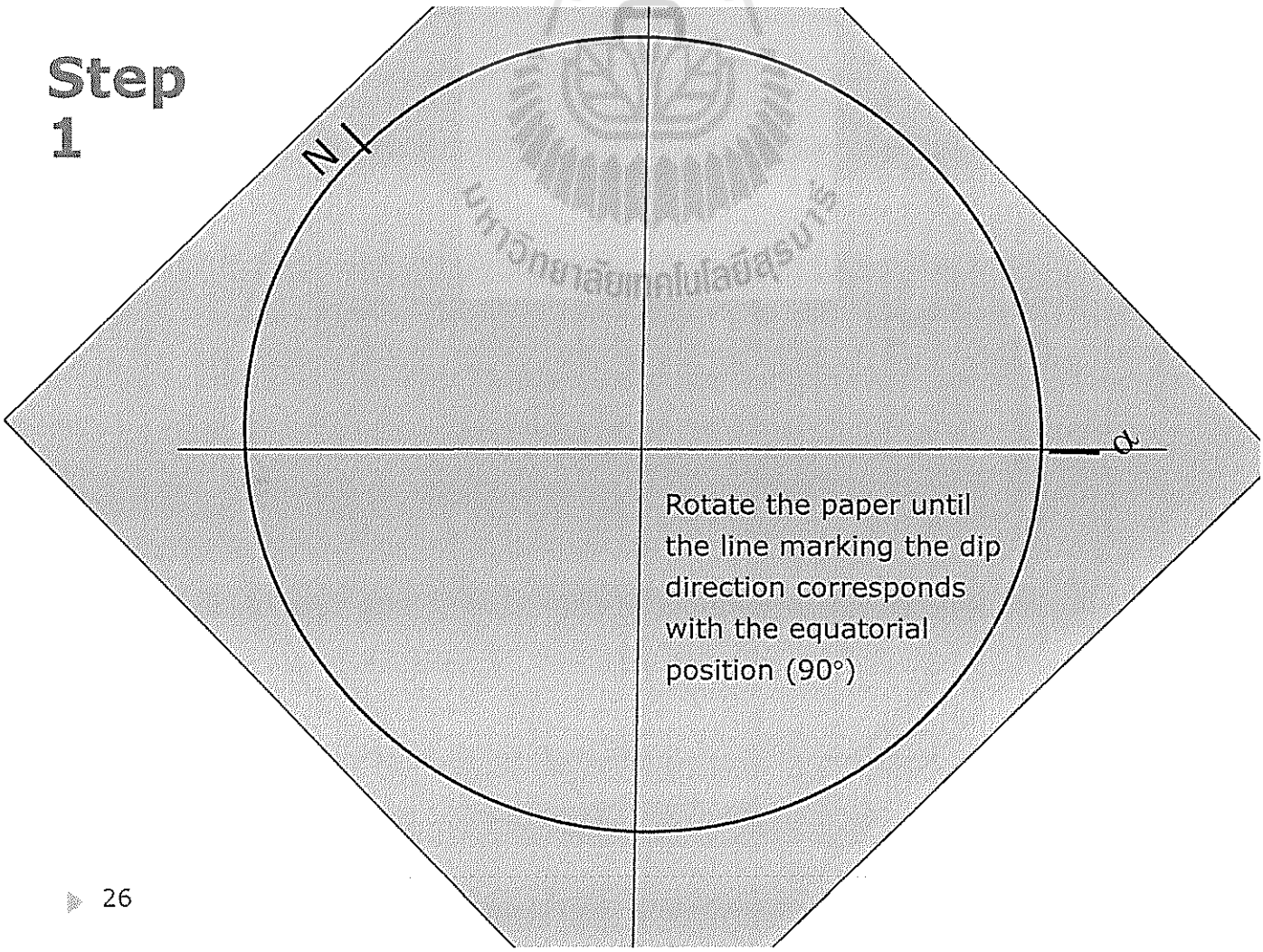
Dip Direction α = 135°




N
Tracing paper with central drawing pin
α

25

Step 1

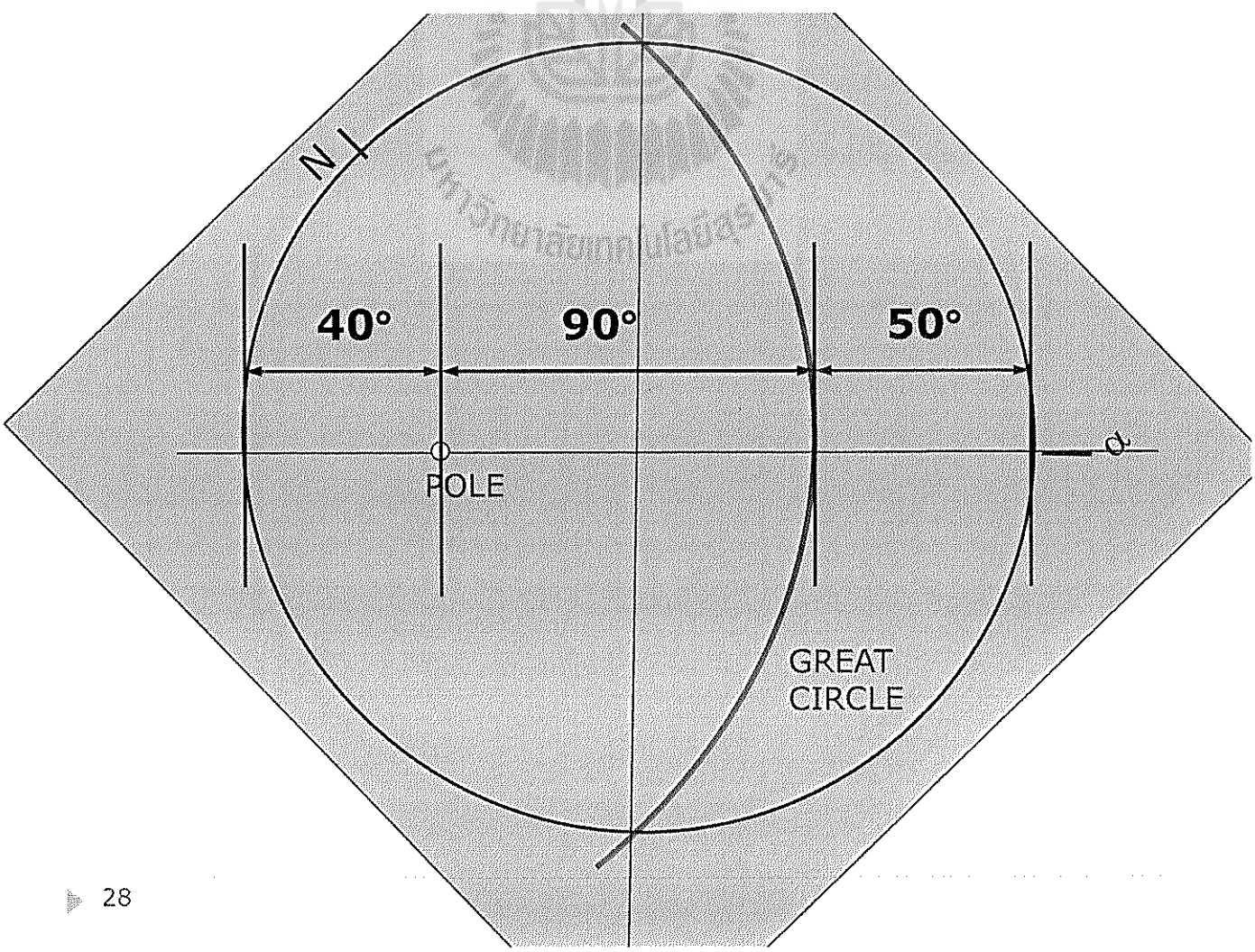

N
α
Rotate the paper until the line marking the dip direction corresponds with the equatorial position (90°)

26

Steps 2 and 3

- Measure 50° (= the dip angle, β) from the outer circle RHS and trace the great circle for the plane as shown
- Measure (90 - β) or 40° from the outer circle, but this time from the LHS to locate the POLE of the great circle or plane

27

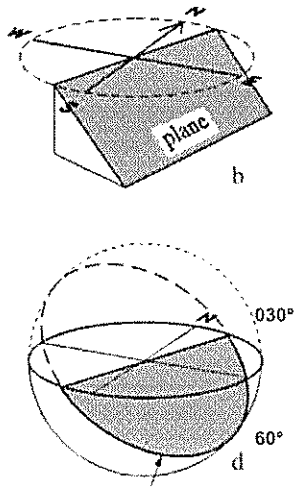


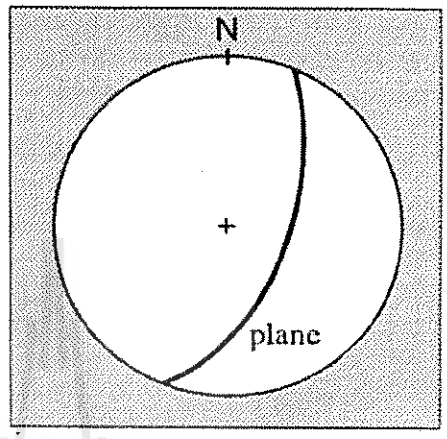
28

Plotting Planes

The intersection of a *plane with the lower hemisphere of a* sphere is a great circle

- e.g. bedding plane striking 030° and dipping 60° SE

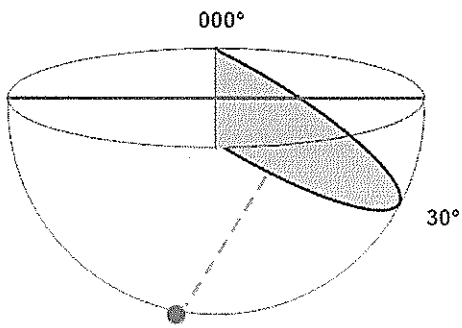


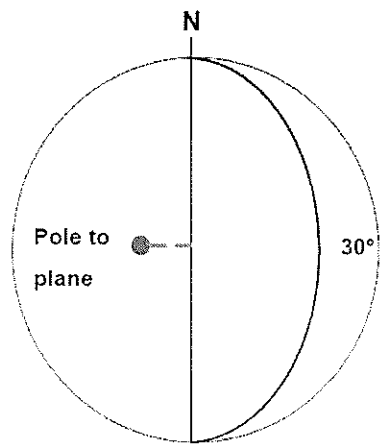


Plotting Poles to Plan

In order to analyze relationships between planar surfaces it is often more convenient to plot the pole to the plane

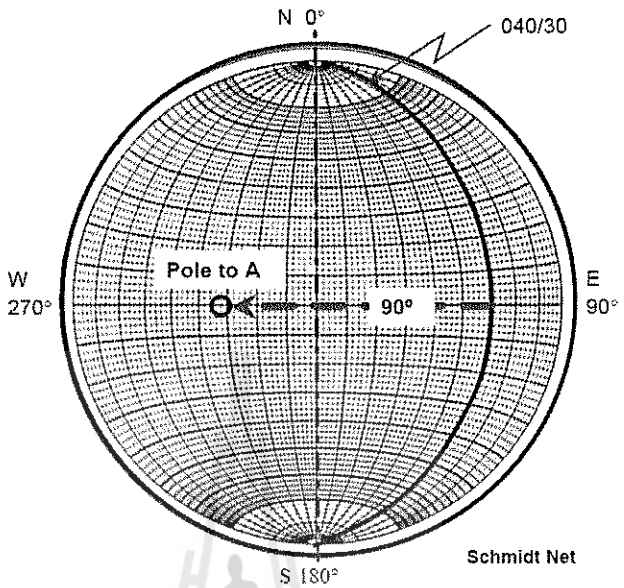
- pole is projection of a line drawn normal to the surface of a plane
- e.g. pole to plane oriented 000° /30°





Plotting Poles to Plan

Count in 90 degrees along E-W towards centre of net and mark location of pole



Applications in Structural Geology

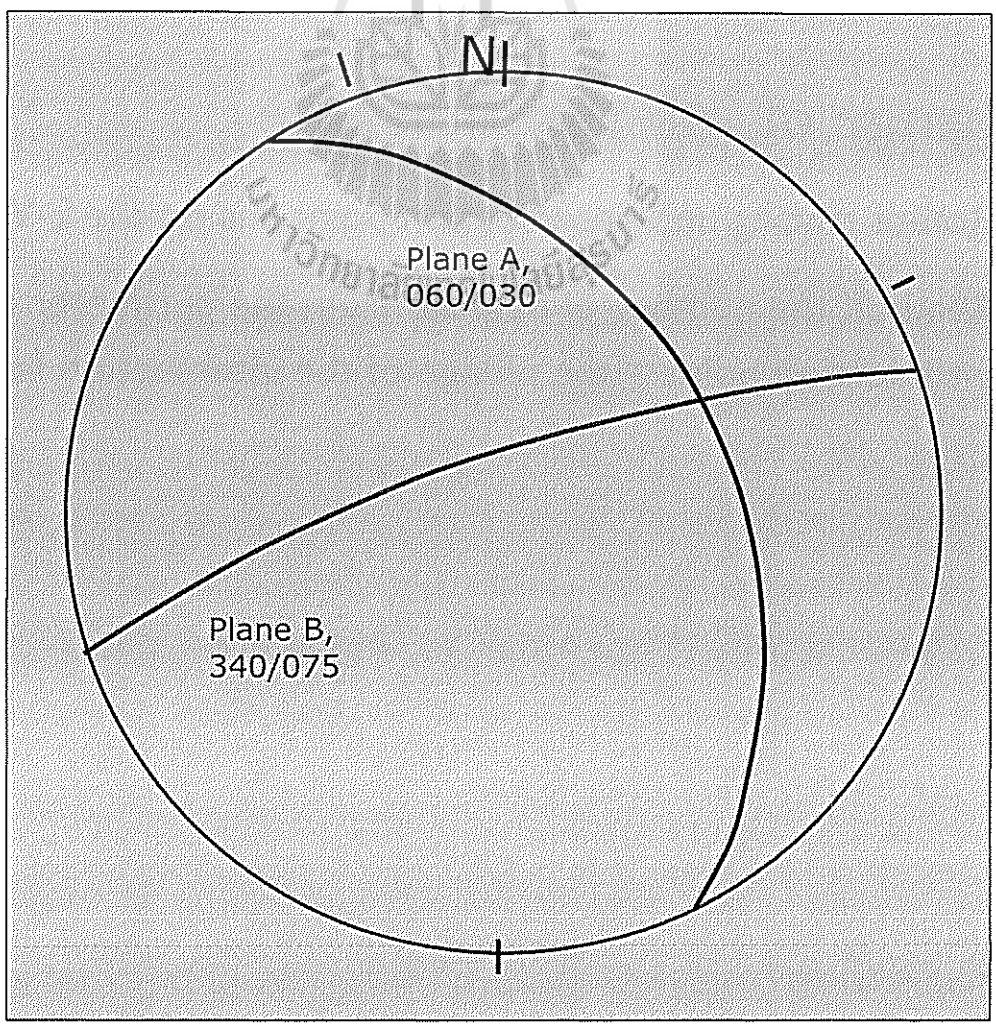
Stereonets are used to solve the following types of problems:

1) rotations - restore dip of bed to pre-deformation attitude
2) find intersections of planes
3) plot geometry of folds
4) find displacements along faults
5) examine trends in lines and planes - e.g. presence of preferred orientations

Intersections

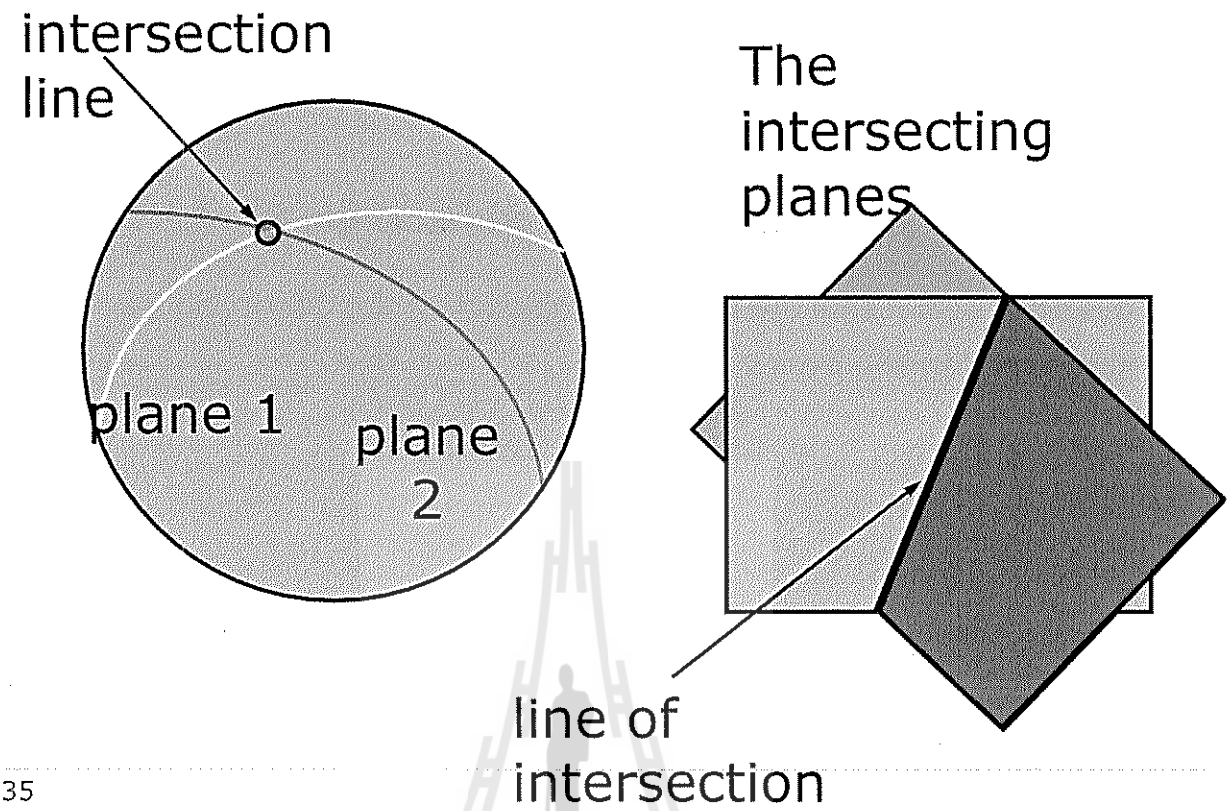
- Two planes A and B have orientations
  - A:060/030 and B:340/075
- These planes intersect on the stereonet at the point A:B
  - this point represents the line of intersection of the discontinuities represented by the planes

33



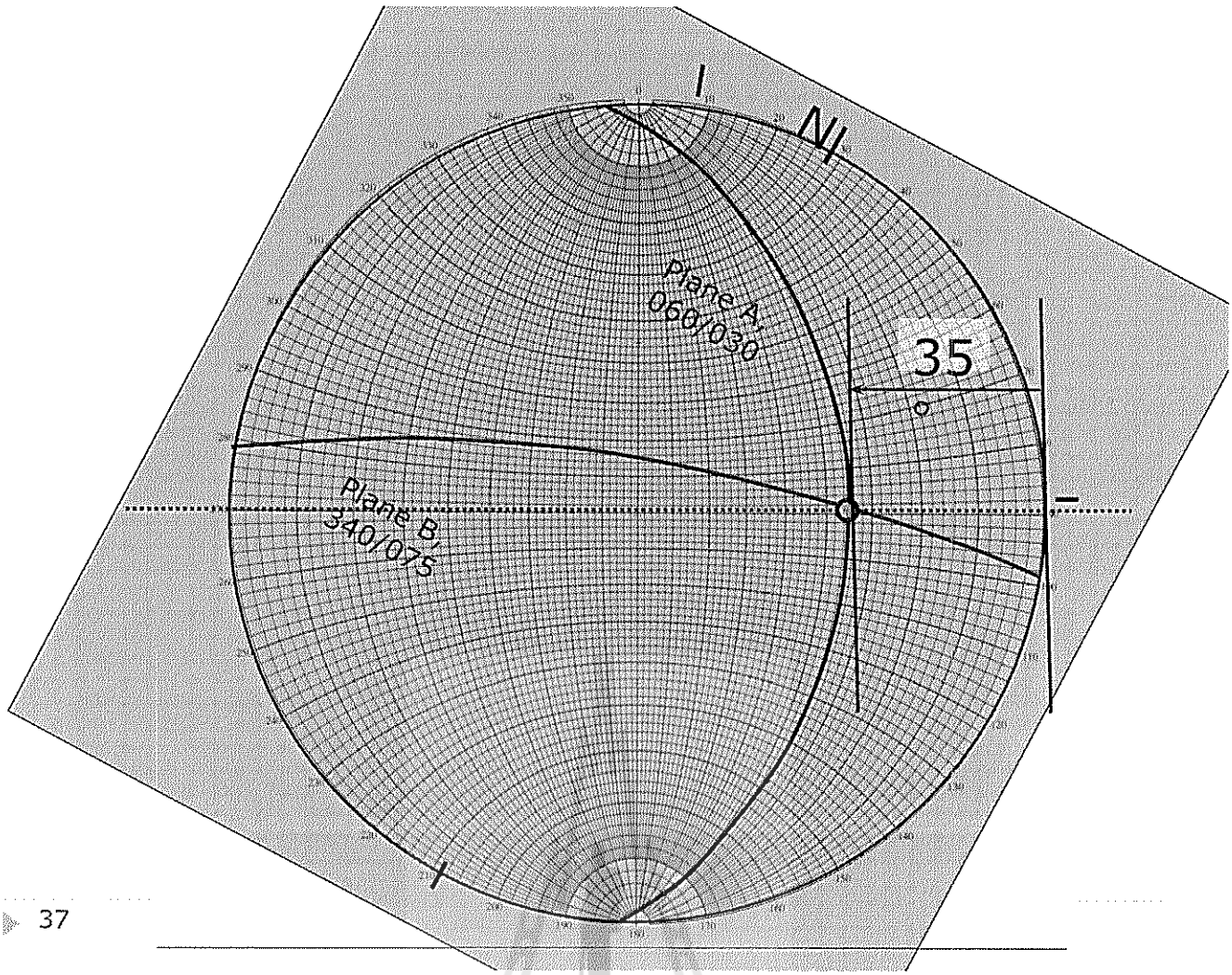
34

Plunge of intersection line



Plunge of intersection line

- Rotate tracing until intersection point lies on the E-W line
- Read off the number of degrees from the perimeter to the intersection point = the plunge of the intersection line

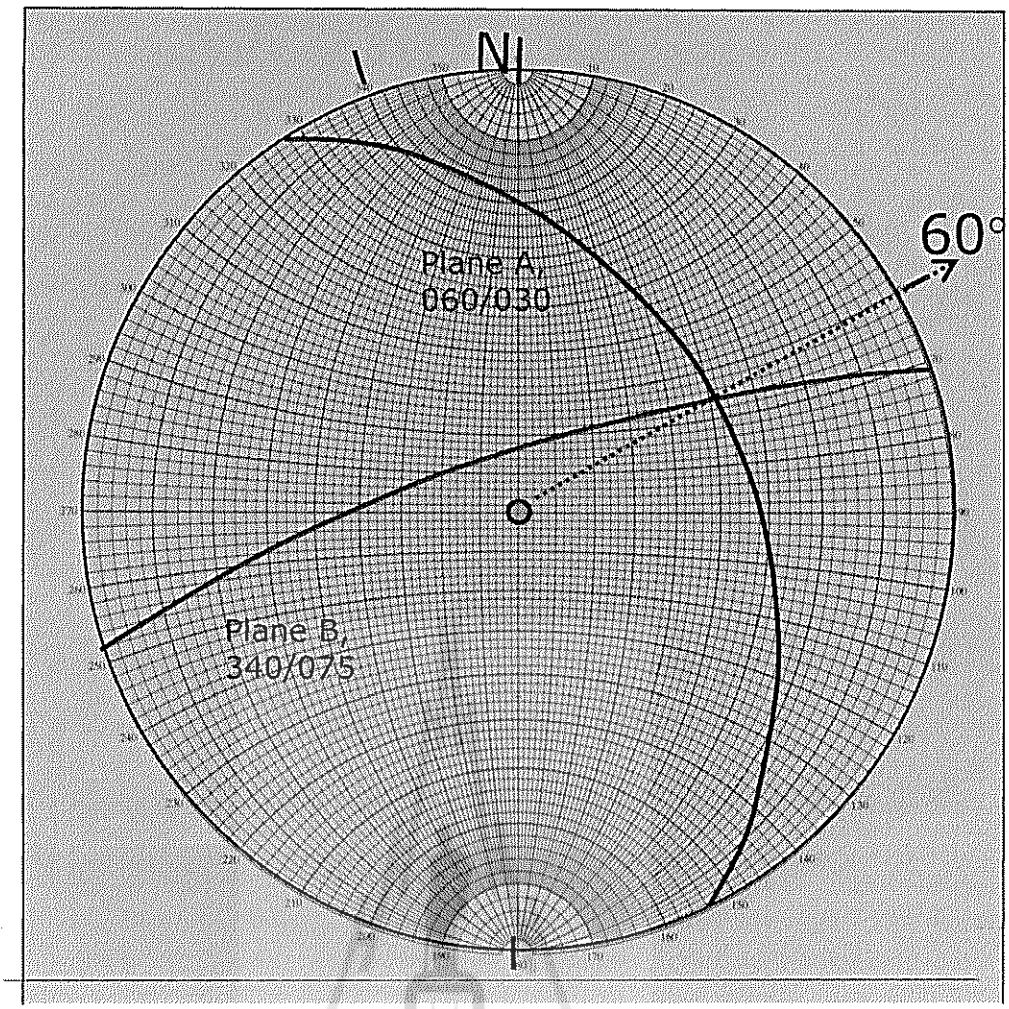


37

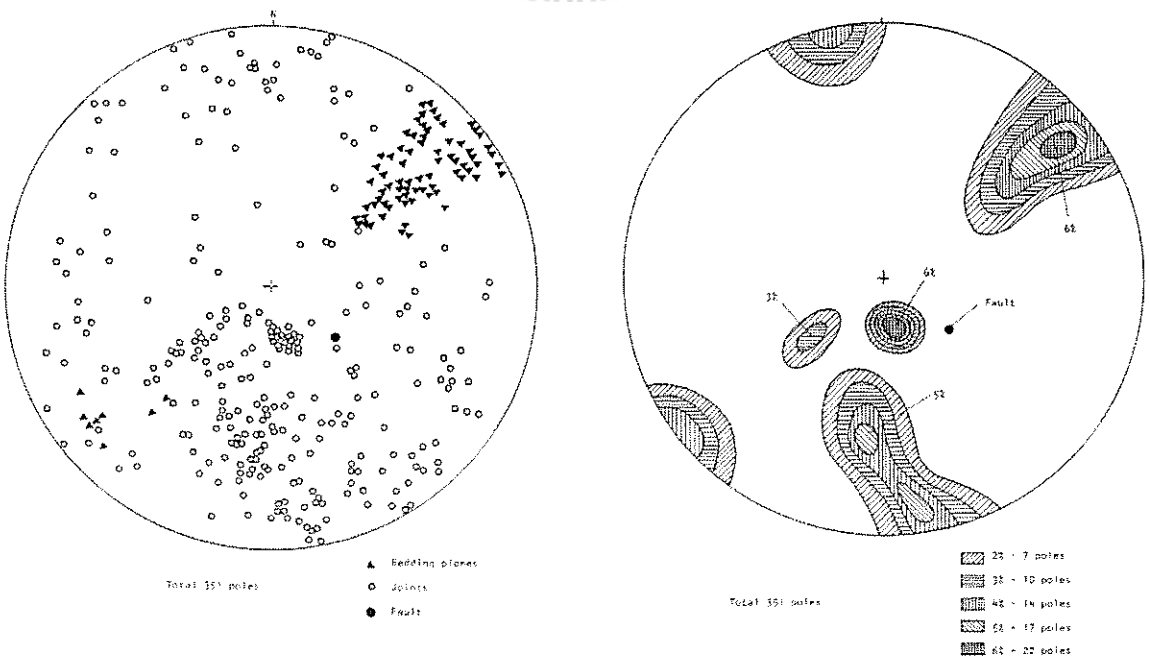
Dip direction of intersection line

- Rotate tracing back to the datum
- Mark off dip direction as indicated
- The intersection point can be designated as 060/035

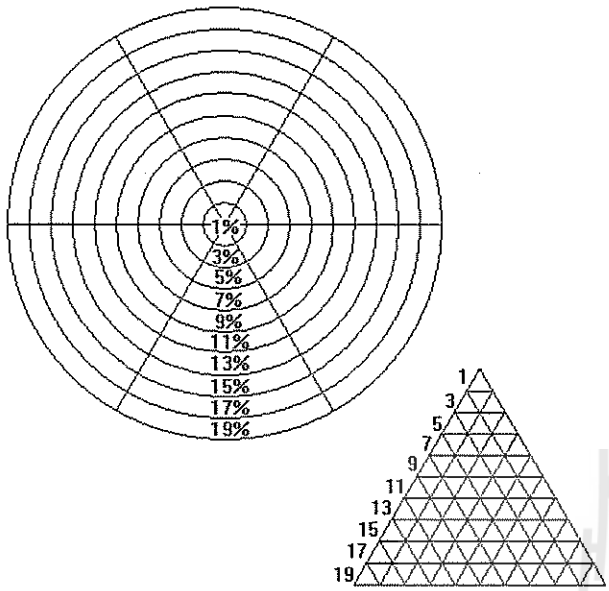
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



Poles and Contours



Contouring Structural Data: Kalsbeek Net



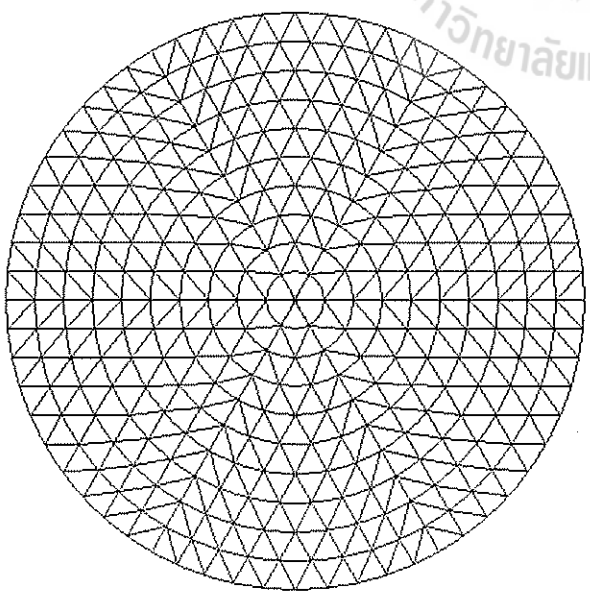
If we divide a circle into ten zones of equal width, the innermost circle will contain 1% of the area.

The next circle is twice as large and will contain 4%, but 1% is in the inner circle, so the annulus will contain 3% of the area, and so on.

If we stack triangles, each row will contain 1, 3, 5... triangles. A stack ten rows high will contain 100 triangles.

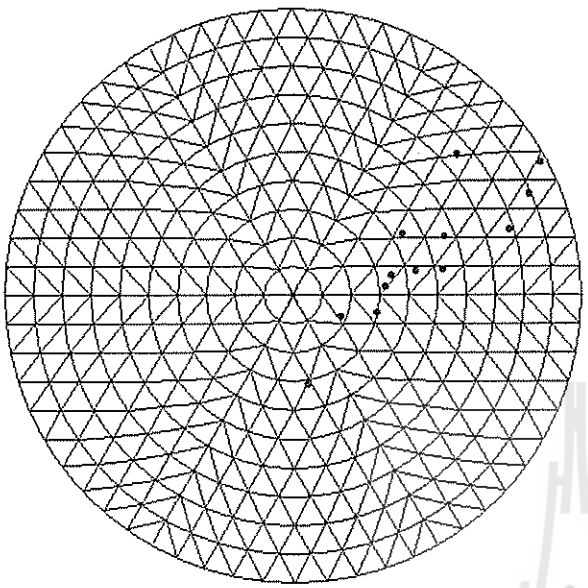
If we divide a 60 degree sector of the circle into triangles of equal area, each sector will contain 100 triangles, each with 1% of the area of the sector.

Contouring Structural Data: Kalsbeek Net



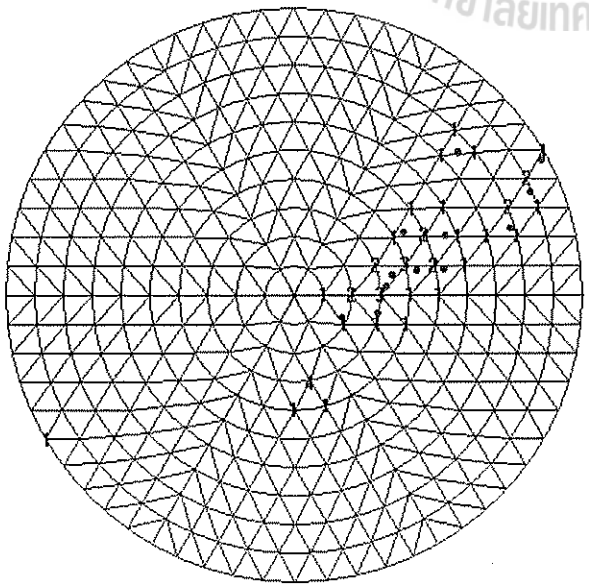
The Kalsbeek counting net is based on this principle. It consists of ten equally spaced circles. Each annulus is divided into triangles. Altogether there are 600 triangles. At each vertex, six triangles meet. The hexagon of triangles around each vertex contains 1% of the area of the net.

Contouring Structural Data: Kalsbeek Net



Plot the data on an equal area net then transfer the overlay to the counting net. Of course, the two nets must be the same diameter!

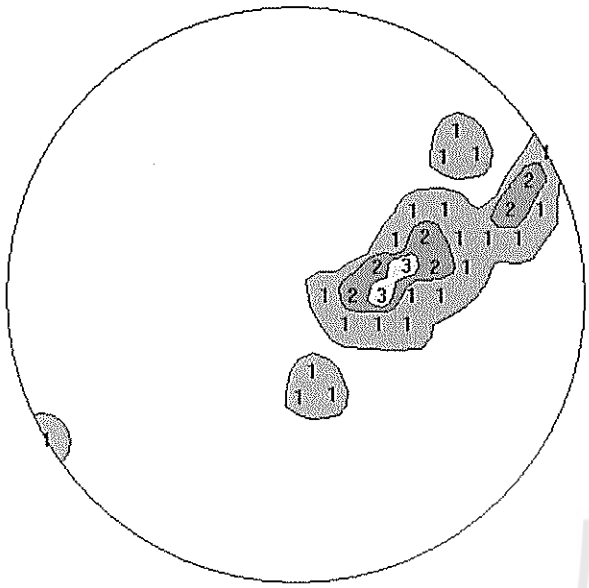
Contouring Structural Data: Kalsbeek Net



At each vertex, count the number of points in the surrounding six triangles and plot the number at the vertex. You may want to do this on a second overlay above the data overlay.

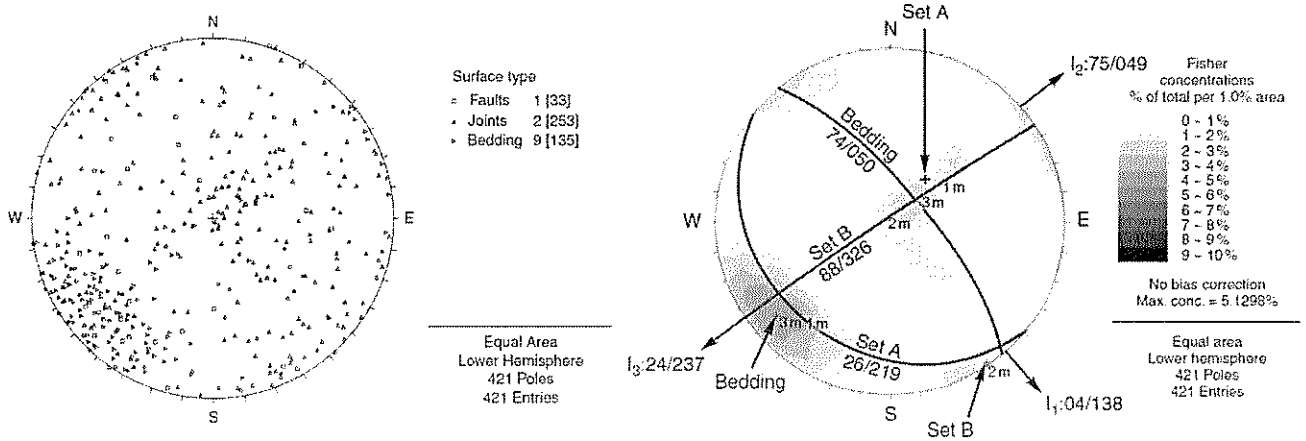
Each triangle is common to three hexagons so every point is counted three times. (No, this does *not* mean the densities have to be divided by three.) Be certain to check every vertex close to the data points to be sure of not missing any.

Contouring Structural Data: Kalsbeek Net



Remove the numbered overlay and contour the data.

Contoured plot



Identified of Modes of Slope Instability

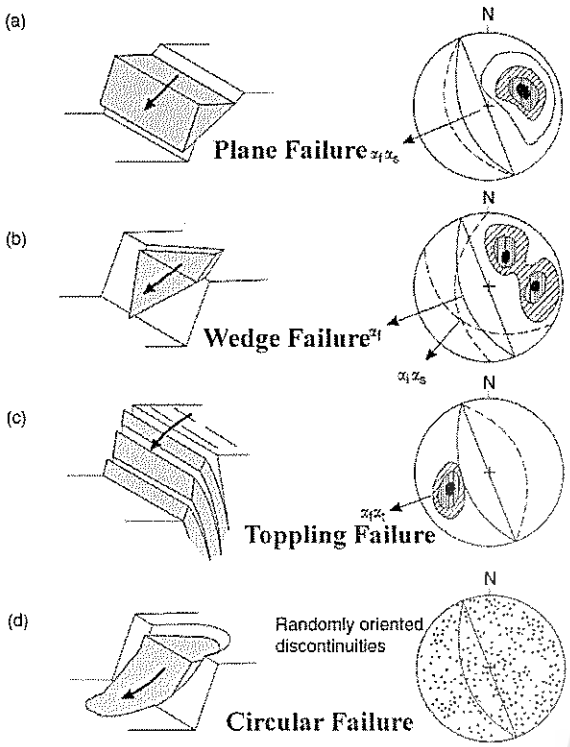
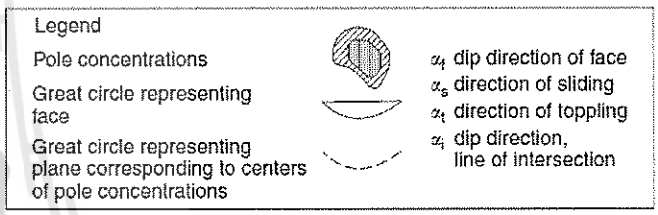
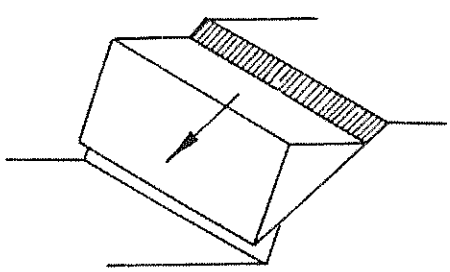


Figure 2.16 Main types of block failures in slopes, and structural geology conditions likely to cause these failures: (a) plane failure in rock containing persistent joints dipping out of the slope face, and striking parallel to the face; (b) wedge failure on two intersecting discontinuities; (c) toppling failure in strong rock containing discontinuities dipping steeply into the face; and (d) circular failure in rock fill, very weak rock or closely fractured rock with randomly oriented discontinuities.

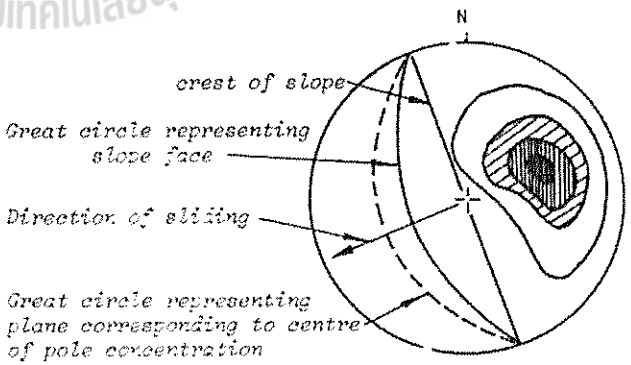


Identified of Modes of Slope Instability

Plane Failure

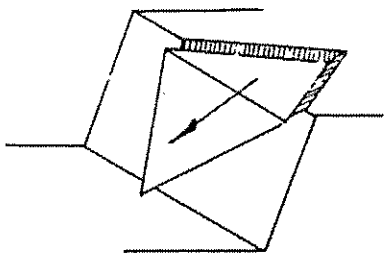


Plane failure in rock with highly ordered structure such as slate.

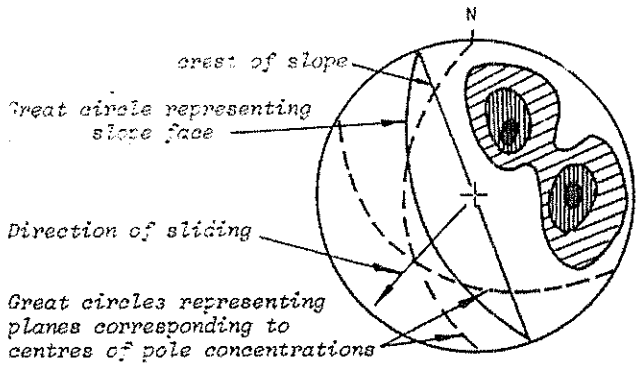


Identified of Modes of Slope Instability

Wedge Failure

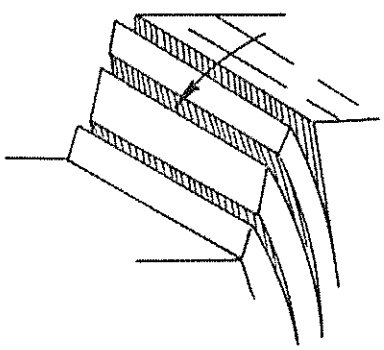


Wedge failure on two intersecting discontinuities.

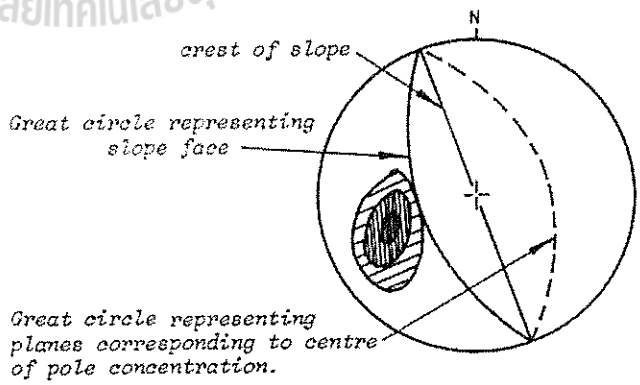


Identified of Modes of Slope Instability

Toppling Failure

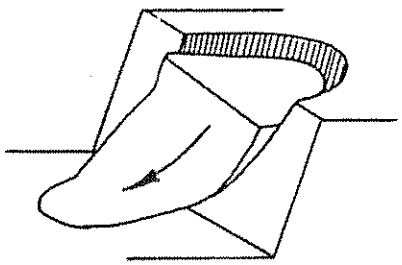


Toppling failure in hard rock which can form columnar structure separated by steeply dipping discontinuities.

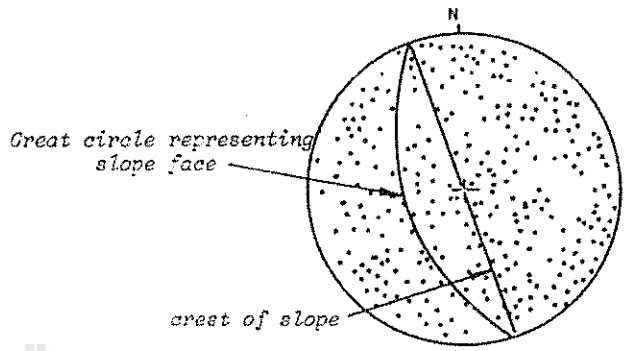


Identified of Modes of Slope Instability

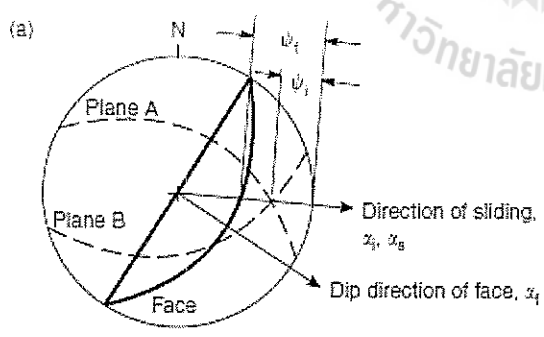
Circular Failure

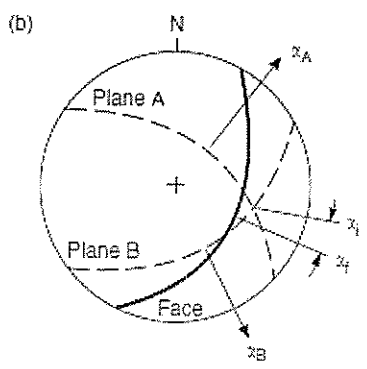


Circular failure in overburden soil, waste rock or heavily fractured rock with no identifiable structural pattern.



Kinematics Analysis





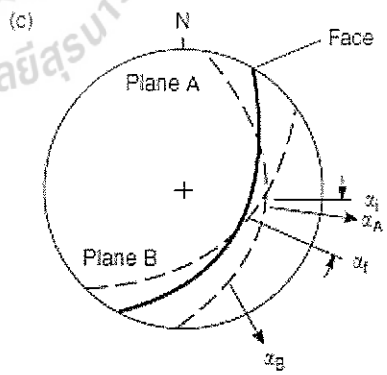
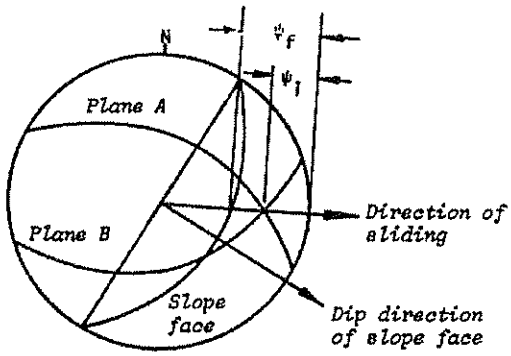


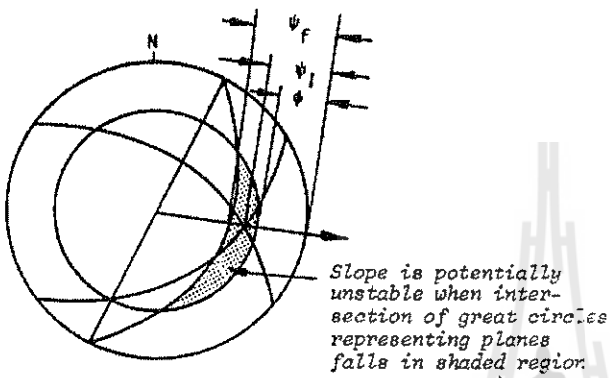
Figure 2.17 Identification of plane and wedge failures on stereonet: (a) sliding along line of intersection of planes A and B is possible where the plunge of this line is less than the dip of the slope face, measured in the direction of sliding, that is, $\psi_i < \psi_f$; (b) wedge failure occurs along line of intersection (dip direction α_i) on slope with dip direction α_f because dip directions of planes A and B (α_A and α_B) lie outside included angle between α_i and α_f; (c) plane failure occurs on plane A (dip direction α_A) on slope with dip direction α_f because dip direction of planes A lies inside included angle between α_i and α_f.

Kinematics Analysis



a: Sliding along the line of intersection of planes A and B is possible when the plunge of this line is less than the dip of the slope face, measured in the direction of sliding, ie

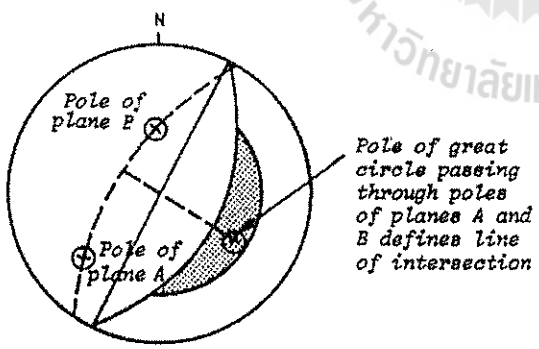
$$\psi_f > \psi_i$$



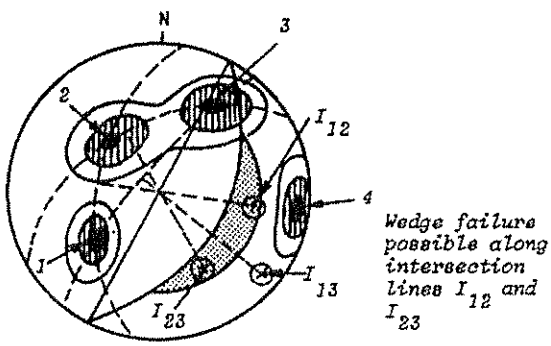
b : Sliding is assumed to occur when the plunge of the line of intersection exceeds the angle of friction, ie

$$\psi_f > \psi_i > \phi$$

Kinematics Analysis

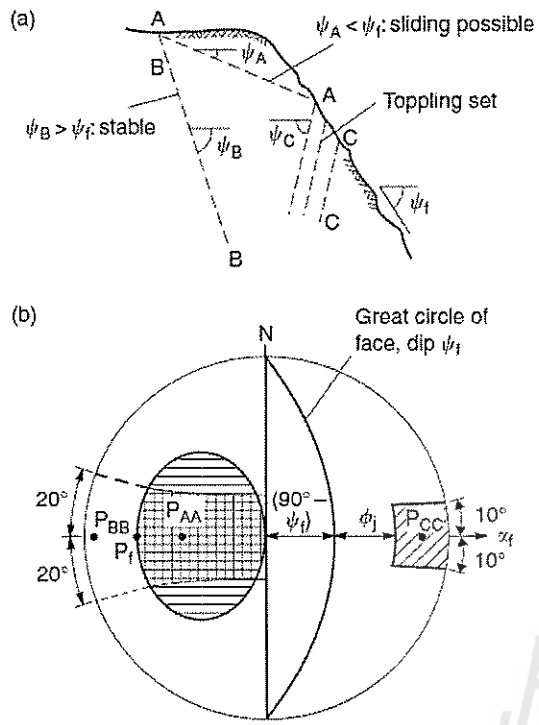


c : Representation of planes by their poles and determination of the line of intersection of the planes by the pole of the great circle which passes through their poles.



d : Preliminary evaluation of the stability of a 50° slope in a rock mass with 4 sets of structural discontinuities.

Kinematics Analysis

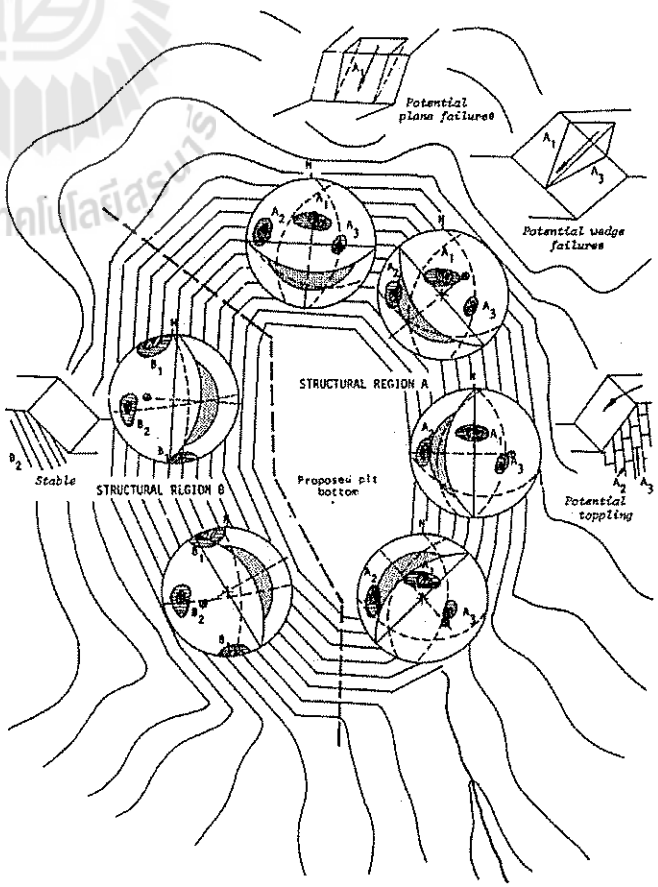


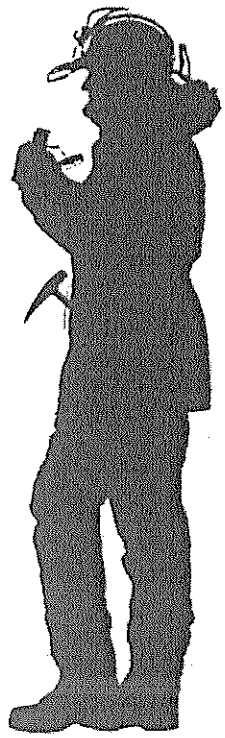
Legend
- Daylight envelope for wedges
- Daylight envelope for planar failures
- Toppling envelope

Figure 2.18 Kinematic analysis of blocks of rock in slope: (a) discontinuity sets in slope; and (b) daylight envelopes on equal area stereonet.

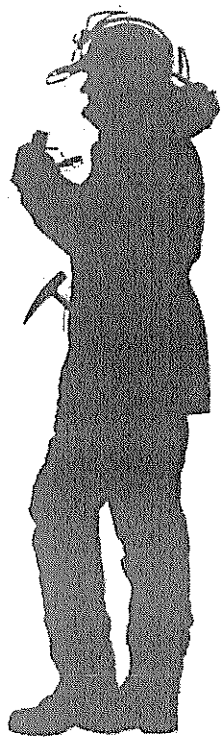
Kinematics Analysis

- Presentation of structural geology on stereonets, and preliminary evaluation of slope stability of proposed open pit mine.



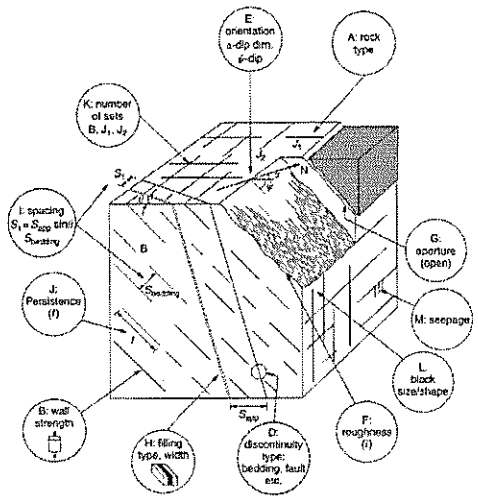


57



58

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



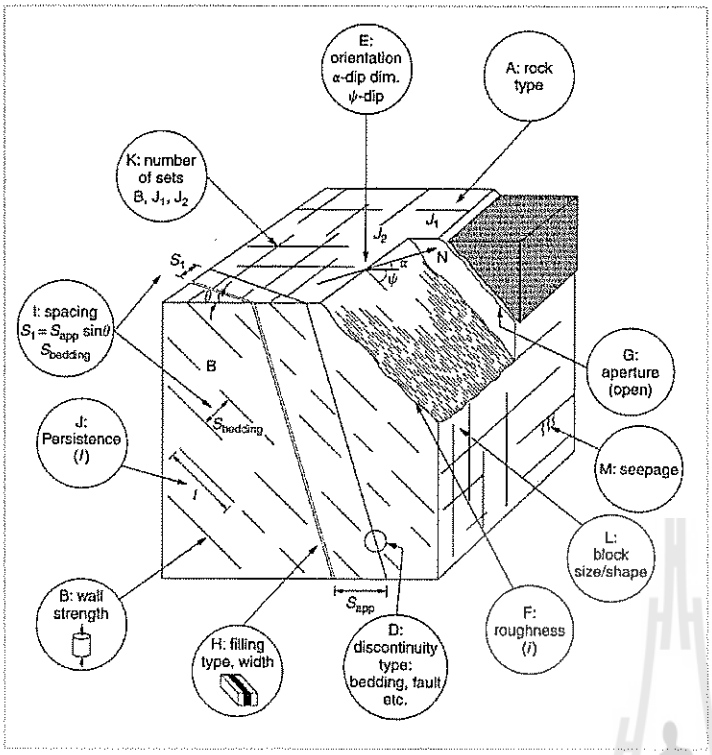
Site Investigation and Geological Data Collection

Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

Investigation and Collection Processes

1. Regional Geology Investigations
   - -Air Photograph
   - -Contour Map
   - -Geologic Map
2. Surface Mapping (detailed mapping)
   - -Rock Type
   - -Structure (discontinuity)
   - -Groundwater
3. Core Logging
   - -Confirm Rock Types
   - -Confirm Structure
   - -GW Level, Water Table, Permeability
   - -Discontinuity (RQD)
4. Laboratory Testing
   - -Joint Shear Strength Test
   - -Uniaxial Compression Test, Point Load Index Test

Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses (ISRM)

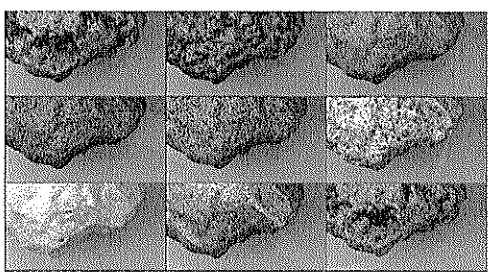


A - Rock type
B - Rock strength
C - Weathering
D - Discontinuity description
E - Discontinuity orientation
F - Roughness
G - Aperture
H - Infilling type and width
I - Spacing
J - Persistence
K - Number of sets
L - Block size and shape
M - Seepage

A-Rock type

Three primary characteristics of rock

1. **Color**, as well as whether light or dark minerals predominate
2. **Texture** or fabric ranging from crystalline, granular or glassy
3. **Grain size** that can range from clay particles to gravel



A-Rock type

Table II.1 Rock type classification

Genetic Group	Detrital Sedimentary					Pyroclastic	Chemical Organic	Metamorphic		Igneous			
Usual Structure	BEDDED					BEDDED		FOLIATED	MASSIVE	MASSIVE			
COMPOSITION										Light coloured minerals are quartz, feldspar, mica and feldspar-like minerals			Dark minerals
	Grain size (mm)		Grains of rock, quartz, feldspar and minerals	At least 50% of grains are of carbonate		At least 50% of grains are of fine-grained volcanic rock		Quartz, feldspars, micas, acicular dark minerals		Acid rocks	Intermediate rocks	Basic rocks	Ultra-basic rocks
Very coarse grained	60	RUDACEOUS	Grains are of rock fragments Rounded grains: CONGLOMERATE	LIMESTONE (undifferentiated)	CALCIRUDITE	Rounded grains AGGLOMERATE Angular grains VOLCANIC BRECCIA	SALINE ROCKS Halite Anhydrite Gypsum	MIGMATITE	HORNFELS	PEGMATITE			PYROXENITE and PERIDOTITE
Coarse grained	2		Angular grains: BRECCIA					GNEISS Alternate layers of granular and flakey minerals	MARBLE GRANULITE	GRANITE	DIORITE	GABBRO	
Medium grained	0.06	ARENACEOUS	SANDSTONE: Grains are mainly mineral fragments QUARTZ SANDSTONE: 95% quartz, voids empty or cemented ARKOSE: 75% quartz, up to 25% feldspar, voids empty of cemented ARGILLARGEOUS SANDSTONE: 75% quartz, 15% + fine detrital material		CALCARENITE	TUFF	CHERT FLINT	SCHIST PHYLLITE SLATE MYLONITE	QUARTZITE AMPHIBOLITE	MICRO-GRANITE	MICRO-DIORITE	DOLERITE	SERPENTINE
Fine grained	0.002	ARGILLACEOUS or LUTACEOUS	MUDSTONE SHALE: fissile mudstone SILTSONE 50% fine-grained particles CLAYSTONE 50% very fine-grained particles CALCAREOUS MUDSTONE		CALCISILTITE	Fine-grained TUFF	COAL OTHERS			RHYOLITE	ANDESITE	BASALT	
Very fine grained					CALCILUTITE	Very fine-grained TUFF							
GLASSY										OBSIDEIAN and PITCHSTONE		TACHYLYTE	

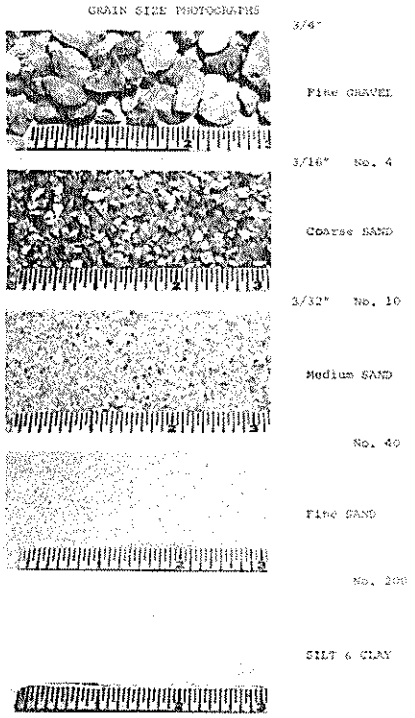
Note. Numbers can be used to identify rock types on data sheets (see Appendix III)
Reference. Geological Society Engineering Group Working Party (1977).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A-Rock type

Table II.2 Grain size scale

Description	*Grain size*
Boulders	200–600 mm (7.9–23.6 in)
Cobbles	60–200 mm (2.4–7.9 in)
Coarse gravel	20–60 mm (0.8–0.24 in)
Medium gravel	6–20 mm (0.2–0.8 in)
Fine gravel	2–6 mm (0.1–0.2 in)
Coarse sand	0.6–2 mm (0.02–0.1 in)
Medium sand	0.2–0.6 mm (0.008–0.02 in)
Fine sand	0.06–0.2 mm (0.002–0.008 in)
Silt, clay	<0.06 mm (<0.002 in)



B-Rock Strength

Table II.3 Classification of rock material strengths

Grade	*Description*	*Field identification*	*Approximate compressive (MPa)*	*Range of strength (psi)*
R6	Extremely strong rock	Specimen can only be chipped with geological hammer.	>250	>36,000
R5	Very strong rock	Specimen requires many blows of geological hammer to fracture it.	100–250	15,000–36,000
R4	Strong rock	Specimen requires more than one blow with a geological hammer to fracture it.	50–100	7000–15,000
R3	Medium weak rock	Cannot be scraped or peeled with a pocket knife; specimen can be fractured with single firm blow of geological hammer.	25–50	3500–7000
R2	Weak rock	Can be peeled with a pocket knife; shallow indentations made by firm blow with point of geological hammer.	5–25	725–3500
R1	Very weak rock	Crumbles under firm blows with point of geological hammer; can be peeled by a pocket knife.	1–5	150–725
R0	Extremely weak rock	Indented by thumbnail.	0.25–1	35–150
S6	Hard clay	Indented with difficulty by thumbnail.	>0.5	>70
S5	Very stiff clay	Readily indented by thumbnail.	0.25–0.5	35–70
S4	Stiff clay	Readily indented by thumb but penetrated only with great difficulty.	0.1–0.25	15–35
S3	Firm clay	Can be penetrated several inches by thumb with moderate effort.	0.05–0.1	7–15
S2	Soft clay	Easily penetrated several inches by thumb.	0.025–0.05	4–7
S1	Very soft clay	Easily penetrated several inches by fist.	<0.025	<4

C-Weathering

Table II.4 Weathering and alteration grades

Grade	*Term*	*Description*
I	Fresh	No visible sign of rock material weathering; perhaps slight discoloration on major discontinuity surfaces.
II	Slightly weathered	Discoloration indicates weathering of rock material and discontinuity surfaces. All the rock material may be discolored by weathering and may be somewhat weaker externally than in its fresh condition.
III	Moderately weathered	Less than half of the rock material is decomposed and/or disintegrated to a soil. Fresh or discolored rock is present either as a continuous framework or as corestones.
IV	Highly weathered	More than half of the rock material is decomposed and/or disintegrated to a soil. Fresh or discolored rock is present either as a discontinuous framework or as corestones.
V	Completely weathered	All rock material is decomposed and/or disintegrated to soil. The original mass structure is still largely intact.
VI	Residual soil	All rock material is converted to soil. The mass structure and material fabric are destroyed. There is a large change in volume, but the soil has not been significantly transported.

D-Discontinuity description

Type of Discontinuity

Fault – discontinuity along which there has been and observable amount of displacement

Bedding – surface parallel to the surface of deposition

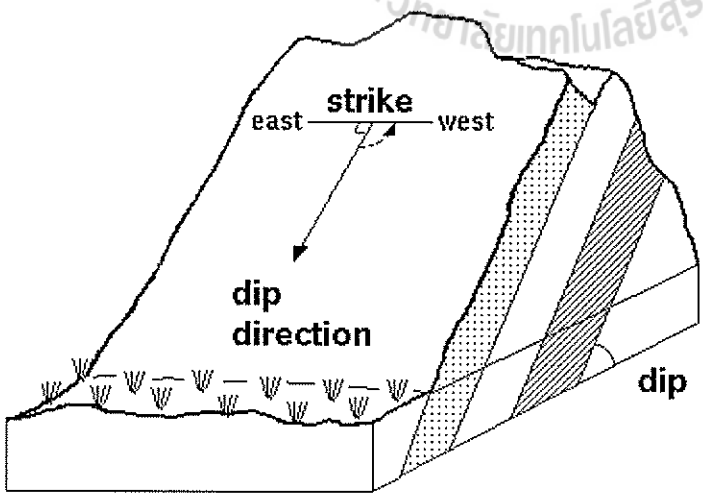
Foliation – parallel orientation of platy minerals, or mineral banding in metamorphic rocks

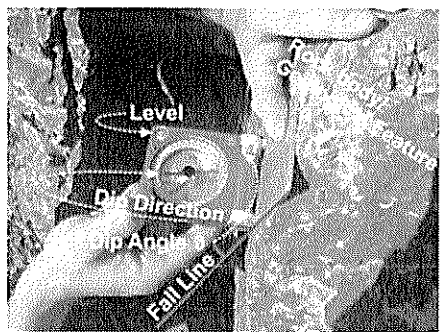
Joint – discontinuity in which there has been no observable relative moment

Cleavage – parallel discontinuities formed incompetent layers in a series of beds of varying degrees of competency

Schistosity – foliation in schist or other coarse grained crystalline rock

E-Discontinuity orientation

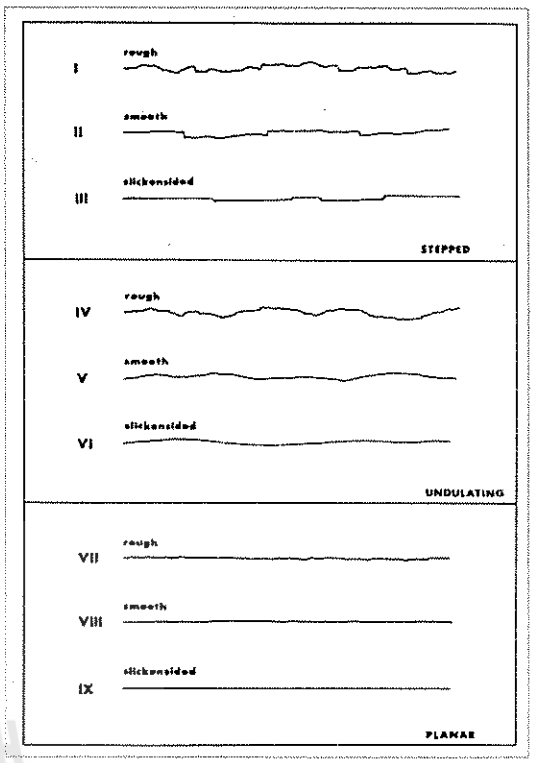




F-Roughness

Table II.5 Descriptive terms for roughness

I	Rough, stepped
II	Smooth, stepped
III	Slickensided, stepped
IV	Rough, undulating
V	Smooth, undulating
VI	Slickensided, undulating
VII	Rough, planar
VIII	Smooth, planar
IX	Slickensided, planar



F-Roughness

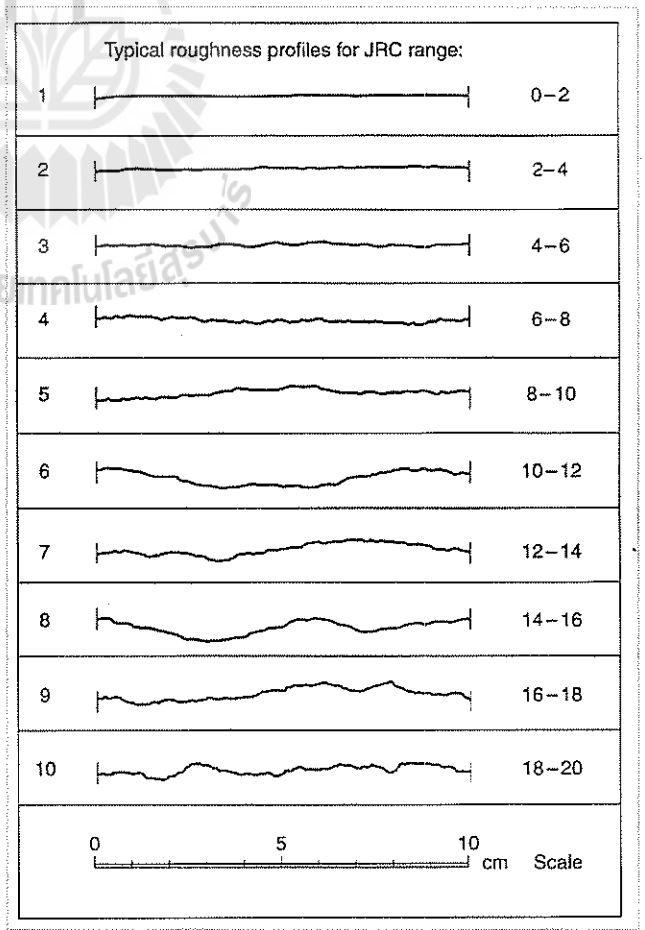
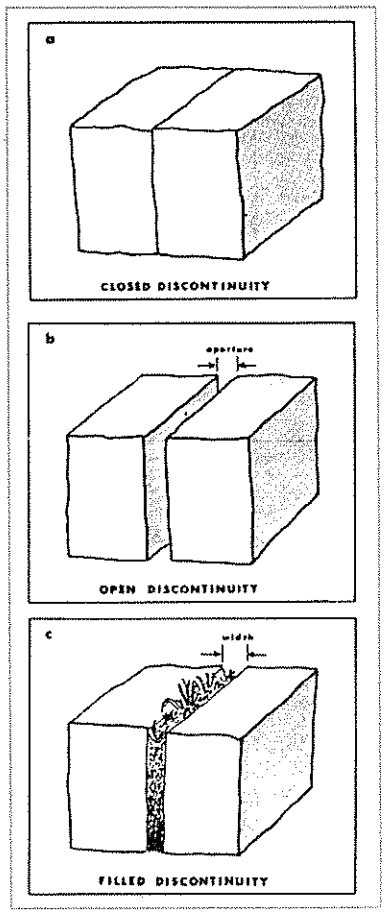


Figure II.3 Roughness profiles and corresponding range of JRC (joint roughness coefficient) values (ISRM, 1981a).

G-Aperture

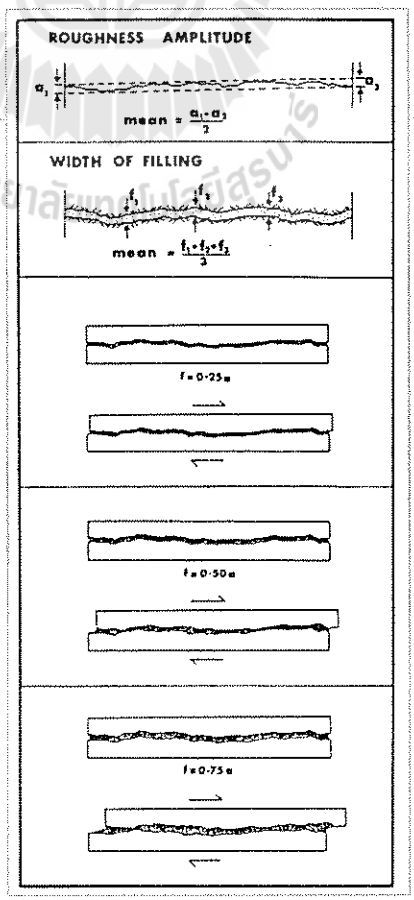
Table II.6 Aperture dimensions

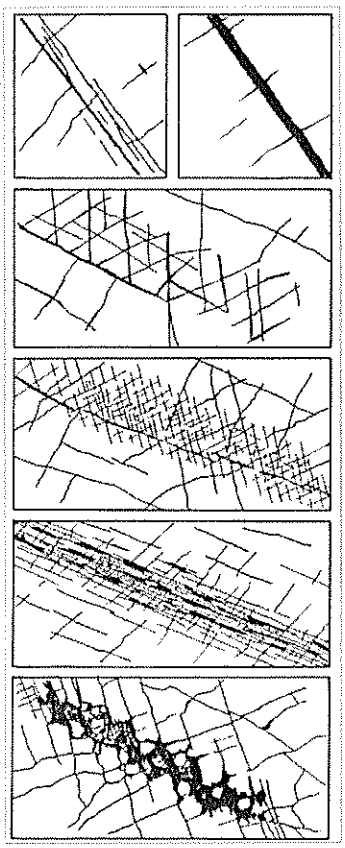
Aperture	*Description*	
<0.1 mm	Very tight	
0.1–0.25 mm	Tight	"Closed" features
0.25–0.5 mm	Partly open	
0.5–2.5 mm	Open	
2.5–10 mm	Moderately wide	"Gapped" features
>10 mm	Wide	
1–10 cm	Very wide	
10–100 cm	Extremely wide	"Open" features
>1 m	Cavernous	



H-Infilling type and width

- Width
- Weathering Grade
- Mineralogy
- Particle Size
- Filling Strength
- Previous Displacement
- Water Content and Permeability





I-Spacing

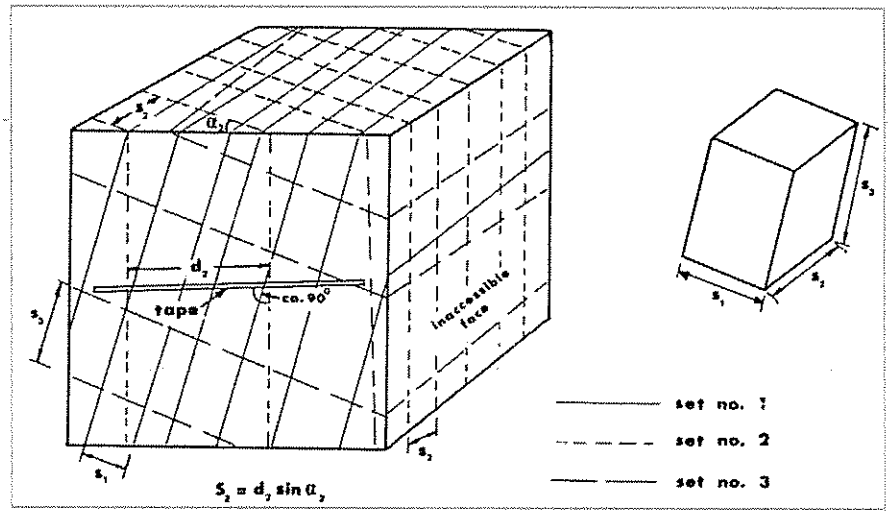


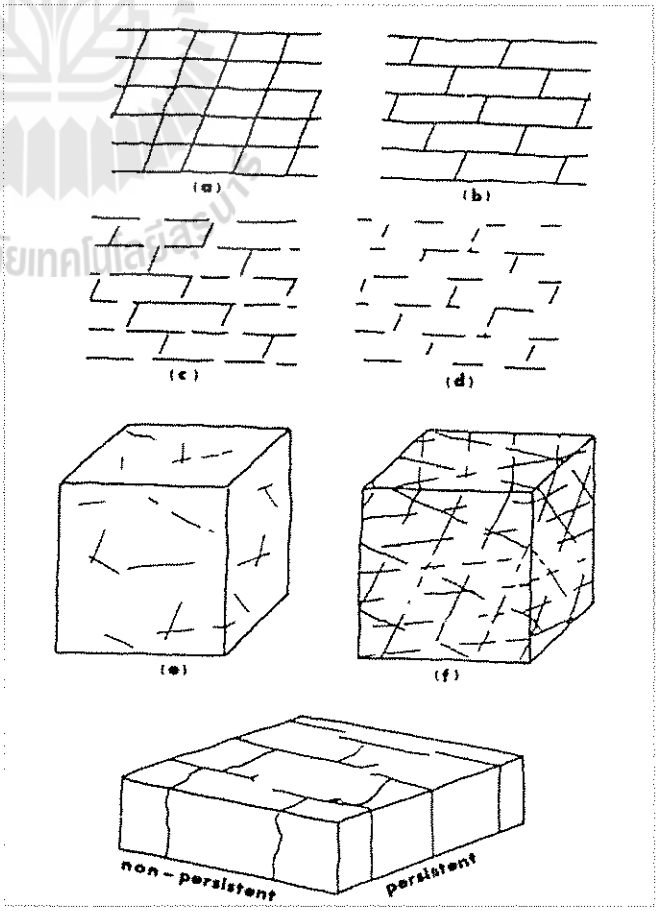
Table II.7 Spacing dimensions

Description	*Spacing (mm)*
Extremely close spacing	<20
Very close spacing	20–60
Close spacing	60–200
Moderate spacing	200–600
Wide spacing	600–2000
Very wide spacing	2000–6000
Extremely wide spacing	>6000

J-Persistence

Table II.8 Persistence dimensions

Very low persistence	<1 m
Low persistence	1–3 m
Medium persistence	3–10 m
High persistence	10–20 m
Very high persistence	>20 m



K-Number of sets

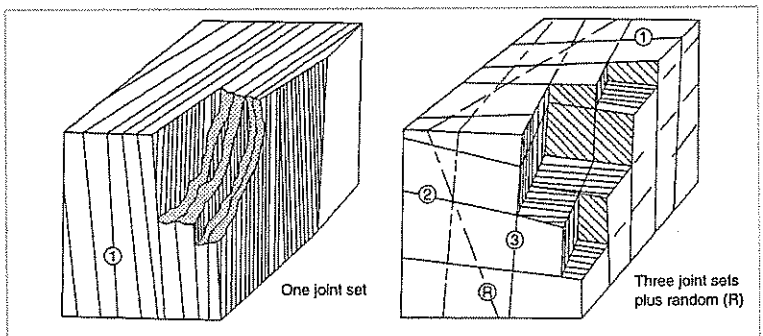


Figure II.4 Examples illustrating the effect of the number of joint sets on the mechanical behavior and appearance of rock masses (ISRM, 1981a).

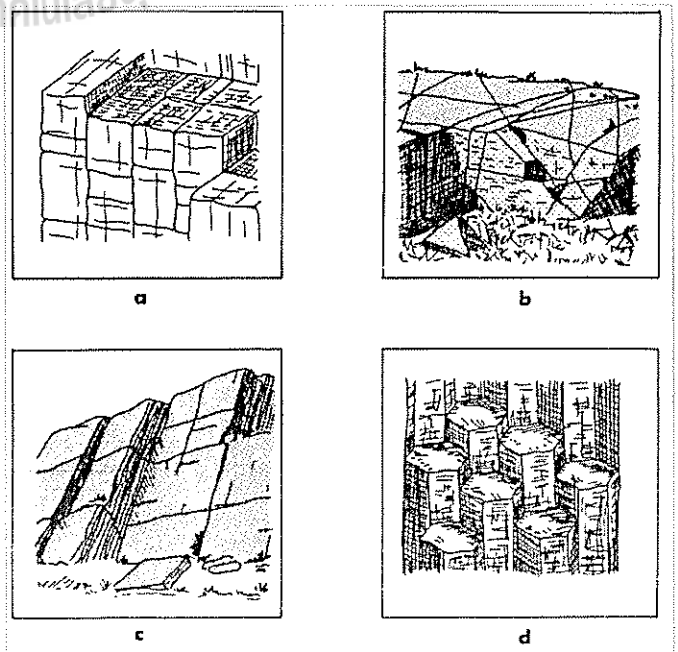
I	massive, occasional random joints
II	one joint set
III	one joint set plus random
IV	two joint sets
V	two joint sets plus random
VI	three joint sets
VII	three joint sets plus random
VIII	four or more joint sets
IX	crushed rock, earth-like

L-Block size and shape

Table II.9 Block dimensions

Description	J_v *(joints/m^3)*
Very large blocks	<1.0
Large blocks	1–3
Medium-sized blocks	3–10
Small blocks	10–30
Very small blocks	>30

(i) *massive* = few joints or very wide spacing
(ii) *blocky* = approximately equidimensional
(iii) *tabular* = one dimension considerably smaller than the other two
(iv) *columnar* = one dimension considerably larger than the other two
(v) *irregular* = wide variations of block size and shape
(vi) *crushed* = heavily jointed to "sugar cube"



M- Seepage

Table II.10 Seepage quantities in unfilled discontinuities

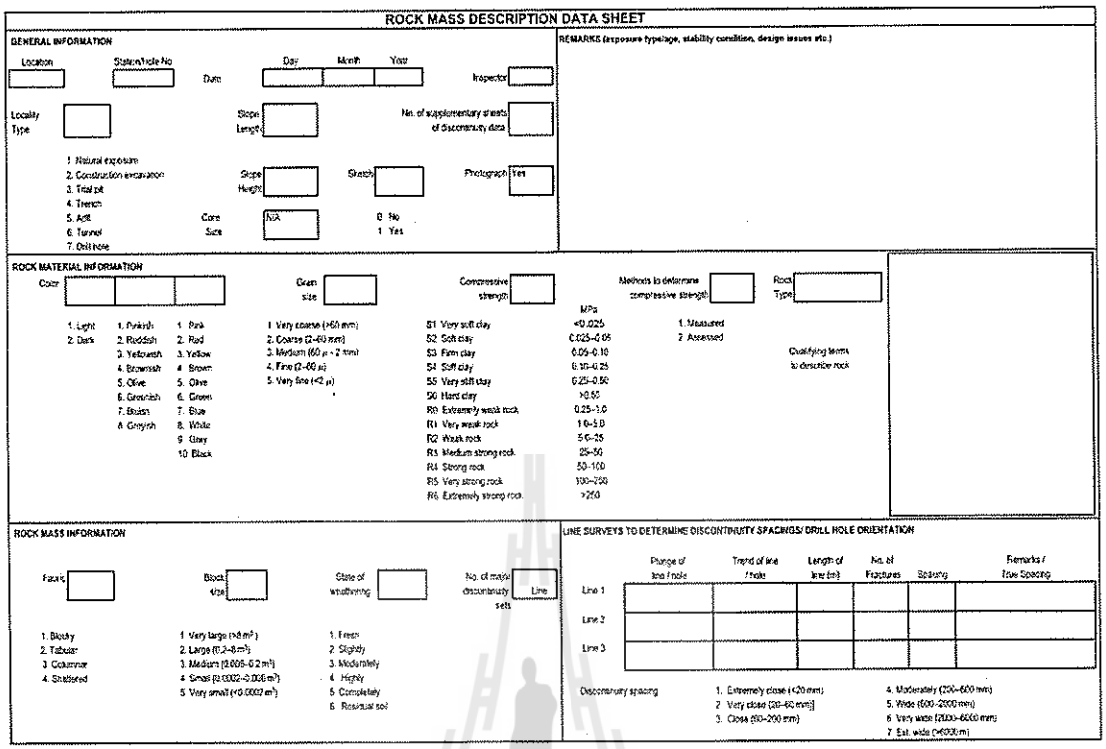
Seepage rating	*Description*
I	The discontinuity is very tight and dry, water flow along it does not appear possible.
II	The discontinuity is dry with no evidence of water flow.
III	The discontinuity flow is dry but shows evidence of water flow, that is, rust staining.
IV	The discontinuity is damp but no free water is present.
V	The discontinuity shows seepage, occasional drops of water, but no continuous flow.
VI	The discontinuity shows a continuous flow of water—estimate l/ min and describe pressure, that is, low, medium, high.

M- Seepage

Table II.11 Seepage quantities in filled discontinuities

Seepage rating	*Description*
I	The filling materials are heavily consolidated and dry, significant flow appears unlikely due to very low permeability.
II	The filling materials are damp, but no free water is present.
III	The filling materials are wet, occasional drops of water.
IV	The filling materials show signs of outwash, continuous flow of water—estimate l/ min.
V	The filling materials are washed out locally, considerable water flow along out-wash channels—estimate l/ min and describe pressure that is low, medium, high.
VI	The filling materials are washed out completely, very high water pressures experienced, especially on first exposure—estimate l/ min and describe pressure.

Rock Mass Description Data Sheet



ROCK MASS DESCRIPTION DATA SHEET

GENERAL INFORMATION

Location | Station/Hole No | Date: Day, Month, Year | Inspector

Locality Type | Slope Length | No. of supplementary sheets of discontinuity data

1. Natural exposure
2. Construction excavation
3. Trial pit
4. Trench
5. Adit
6. Tunnel
7. Drill hole

Slope Height | Sketch | Photograph: Yes

Core Size: N/A | 0. No 1. Yes

REMARKS (exposure type/age, stability condition, design issues etc.)

ROCK MATERIAL INFORMATION

Color: 1. Light 2. Dark

1. Pinkish 2. Reddish 3. Yellowish 4. Brownish 5. Olive 6. Greenish 7. Bluish 8. Greyish

1. Pink 2. Red 3. Yellow 4. Brown 5. Olive 6. Green 7. Blue 8. White 9. Grey 10. Black

Grain size:
1. Very coarse (>60 mm)
2. Coarse (2–60 mm)
3. Medium (60 μ – 2 mm)
4. Fine (2–60 μ)
5. Very fine (<2 μ)

Compressive strength

	MPa
S1 Very soft clay	<0.025
S2 Soft clay	0.025–0.05
S3 Firm clay	0.05–0.10
S4 Stiff clay	0.10–0.25
S5 Very stiff clay	0.25–0.50
S6 Hard clay	>0.50
R0 Extremely weak rock	0.25–1.0
R1 Very weak rock	1.0–5.0
R2 Weak rock	5.0–25
R3 Medium strong rock	25–50
R4 Strong rock	50–100
R5 Very strong rock	100–250
R6 Extremely strong rock	>250

Methods to determine compressive strength: 1. Measured 2. Assessed

Rock Type

Qualifying terms to describe rock

ROCK MASS INFORMATION

Fabric: 1. Blocky 2. Tabular 3. Columnar 4. Shattered

Block size: 1. Very large (>8 m³) 2. Large (0.2–8 m³) 3. Medium (0.005–0.2 m³) 4. Small (0.0002–0.005 m³) 5. Very small (<0.0002 m³)

State of weathering: 1. Fresh 2. Slightly 3. Moderately 4. Highly 5. Completely 6. Residual soil

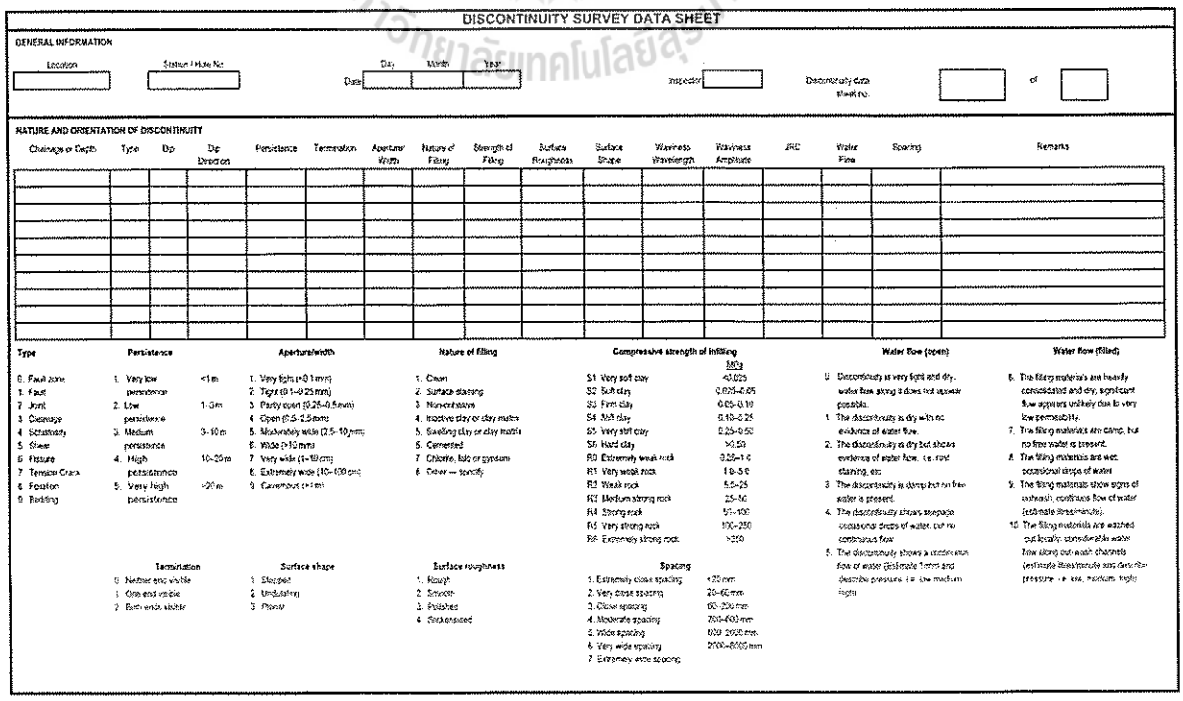
No. of major discontinuity sets | Line

LINE SURVEYS TO DETERMINE DISCONTINUITY SPACINGS/ DRILL HOLE ORIENTATION

	Plunge of line / hole	Trend of line / hole	Length of line (m)	No. of Fractures	Spacing	Remarks / Fine Spacing
Line 1						
Line 2						
Line 3						

Discontinuity spacing: 1. Extremely close (<20 mm) 2. Very close (20–60 mm) 3. Close (60–200 mm) 4. Moderately (200–600 mm) 5. Wide (600–2000 mm) 6. Very wide (2000–6000 mm) 7. Ext. wide (>6000 mm)

Discontinuity Survey Data Sheet



DISCONTINUITY SURVEY DATA SHEET

GENERAL INFORMATION

Location | Station / Hole No. | Date: Day, Month, Year | Inspector | Discontinuity data sheet no. | of

NATURE AND ORIENTATION OF DISCONTINUITY

Chainage or Depth	Type	Dip	Dip Direction	Persistence	Termination	Aperture/ Width	Nature of Filling	Strength of Filling	Surface Roughness	Surface Shape	Waviness Wavelength	Waviness Amplitude	JRC	Water Flow	Spacing	Remarks

Type
0. Fault zone
1. Fault
2. Joint
3. Cleavage
4. Schistosity
5. Shear
6. Fissure
7. Tension Crack
8. Foliation
9. Bedding

Persistance
1. Very low persistence — <1 m
2. Low persistence — 1–3 m
3. Medium persistance — 3–10 m
4. High persistance — 10–20 m
5. Very high persistance — >20 m

Aperture/width
1. Very tight (<0.1 mm)
2. Tight (0.1–0.25 mm)
3. Partly open (0.25–0.5 mm)
4. Open (0.5–2.5 mm)
5. Moderately wide (2.5–10 mm)
6. Wide (>10 mm)
7. Very wide (1–10 cm)
8. Extremely wide (10–100 cm)
9. Cavernous (>1 m)

Nature of filling
1. Clean
2. Surface staining
3. Non-cemented
4. Inactive clay or clay mates
5. Swelling clay or clay matrix
5. Cemented
7. Chlorite, talc or gypsum
8. Other — specify

Compressive strength of infilling

	MPa
S1 Very soft clay	<0.025
S2 Soft clay	0.025–0.05
S3 Firm clay	0.05–0.10
S4 Stiff clay	0.10–0.25
S5 Very stiff clay	0.25–0.50
S6 Hard clay	>0.50
R0 Extremely weak rock	0.25–1.0
R1 Very weak rock	1.0–5.0
R2 Weak rock	5.0–25
R3 Medium strong rock	25–50
R4 Strong rock	50–100
R5 Very strong rock	100–250
R6 Extremely strong rock	>250

Water flow (open)
0. Discontinuity at very tight and dry, water flow, since it does not appear possible.
1. The discontinuity is dry with no evidence of water flow.
2. The discontinuity is dry but shows evidence of water flow, i.e. rust staining, etc.
3. The discontinuity is damp but no free water is present.
4. The discontinuity shows occasional drops of water, but no continuous flow.
5. The discontinuity shows a continuous flow of water (estimate litres/min and describe pressure, i.e. low, medium, high)

Water flow (filled)
6. The filling material is and heavily consolidated and dry, significant flow appears unlikely due to very low permeability.
7. The filling materials are damp, but no free water is present.
8. The filling materials are wet, occasional drops of water.
9. The filling materials show signs of outwash, continuous flow of water (estimate litres/min/m).
10. The filling materials are washed out locally, considerable water flow along out-wash channels (estimate litres/minute and describe pressure, i.e. low, medium, high)

Termination
0. Neither end visible
1. One end visible
2. Both ends visible

Surface shape
1. Stepped
2. Undulating
3. Planar

Surface roughness
1. Rough
2. Smooth
3. Polished
4. Slickensided

Spacing
1. Extremely close spacing — <20 mm
2. Very close spacing — 20–60 mm
3. Close spacing — 60–200 mm
4. Moderate spacing — 200–600 mm
5. Wide spacing — 600–2000 mm
6. Very wide spacing — 2000–6000 mm
7. Extremely wide spacing — >6000 mm

Geologic Data needed for Slope Stability

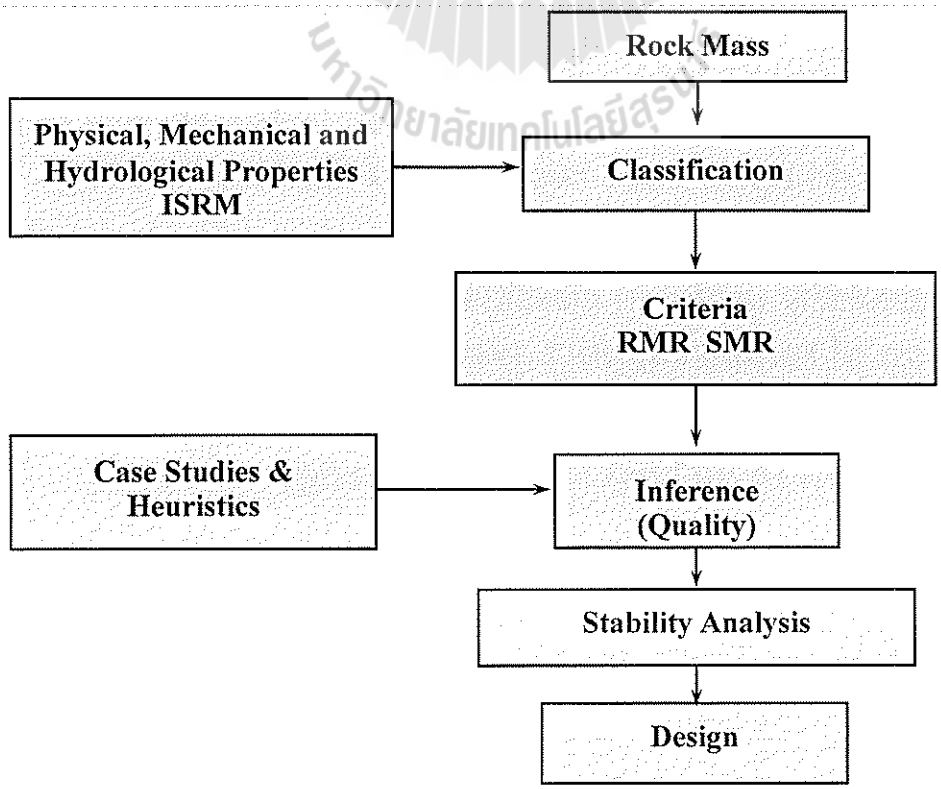
Field Data:

1. Location in relation to map references or pit plan
2. Depth
3. Orientation of discontinuities (strike/dip angle)
4. Spacing
5. Persistence (continuity)
6. Aperture (opening)
7. Gouge (infilling)
8. Roughness & Waviness
9. Field intact strength (point load strength index)
10. Groundwater conditions

Laboratory Test Data:

1. Direct shear strength test
2. Uniaxial compression test
3. Slake durability index
4. Short-term undrained shear strength of geologic materials
5. Long-term drained shear strength of geologic materials

Rock Mass Classification as Applied to Slope Stability



Rock Mass Classifications

Classification system	Form and type*	Main applications	Reference
Terzaghi rock load classification system	Descriptive and behaviouristic form Functional type.	Design of steel support in tunnels	Terzaghi, 1946
Lauffer's stand-up time classification	Descriptive form General type	Tunnelling design	Laufer H., 1958
New Australian tunneling method (NATM)	Descriptive and behaviouristic form Tunneling concept	Excavation and design in incompetent (overstressed) ground	Rabcewicz, Müller and Pacher, 1958 – 1964
Rock classification for rock mechanical purposes	Descriptive form General type	Input in rock mechanics	Patching and Coates, 1968
Unified classification of soils and rocks	Descriptive form General type	Based on particles and blocks for communication	Deer et al., 1969
Rock quality designation (RQD)	Numerical form General type	Based on core logging; used in other classification systems	Deer et al., 1967
Size-strength classification	Numerical form Functional type	Based on rock strength and block diameter, used mainly in mining	Franklin, 1975
Rock structure rating classification (RSR)	Numerical form Functional type	Design of (steel) support in tunnels	Wickham et al., 1972
Rock mass rating classification (RMR)	Numerical form Functional type	Design of tunnels, mines, and foundations	Bieniawski, 1973
Q-classification system	Numerical form Functional type	Design of support in underground excavation	Barton et al., 1974
Typological classification	Descriptive form General type	Use in communication	Maluta and Holzer, 1978
Unified rock classification system	Descriptive form General type	Use in communication	Williamson, 1980
Basic geotechnical classification (BGD)	Descriptive form General type	General applications	ISRM, 1981
Geological strength index (GSI)	Numerical form Functional type	Design of support in underground excavation	Hoek, 1994
Rock mass index system (RMi)	Numerical form Functional type	General characterization, design of support, TMB progress	Palmström, 1995

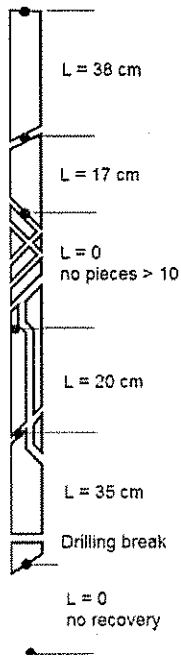
Rock Mass Classifications

Deer's Rock Quality Destination (RQD)

- Deere (1964) proposed a quantitative index of rock mass quality based upon core recovery by diamond drilling.
- RQD has come to be very widely used and has been shown to be particularly useful in classifying rock masses for the selection of tunnel support systems.
- RQD is defined as the percentage of intact core pieces longer than 100 mm (4 inches) in the total length of core.

Rock Mass Classifications

Deer's Rock Quality Destination (RQD)



Total length of core run = 200 cms

$$RQD = \frac{\Sigma \text{ Length of core pieces} > 10 \text{ cm length}}{\text{Total length of core run}} \times 100$$

$$RQD = \frac{38 + 17 + 20 + \quad}{200} \times 100 = 55\ \%$$

Rock Mass Classifications

RQD Estimation from outcrop

- Palmström (1982) suggested that, when no core is available but discontinuity traces are visible in surface exposures or exploration adits, the *RQD may be estimated from the* number of discontinuities per unit volume. The suggested relationship for clay-free rock masses is:

$$RQD = 115 - 3.3\, J_v \qquad (J_v < 4.5)$$

$$RQD = 100 \exp(-0.1/S)\,(1 + 0.1/S)$$

- where J_v *is the sum of the number of joints per unit length for all joint (discontinuity)* sets known as the volumetric joint count and S is average spacing of joint.

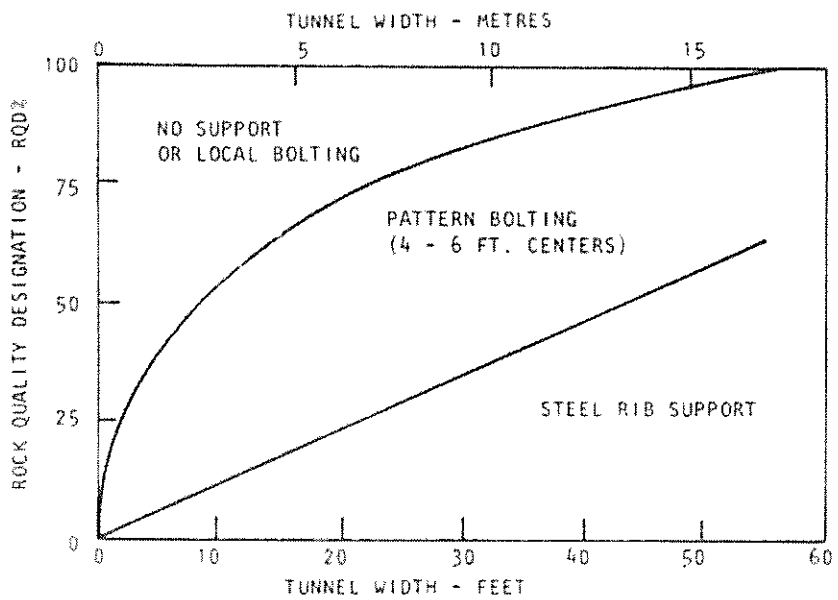
Rock Mass Classifications

Deer's Rock Quality Destination (RQD)

RQD	Rock Quality
< 25%	Very poor
25 –50 %	poor
50 – 75%	Fair
75 – 90%	Good
90 – 100%	Very good

Rock Mass Classifications

Deer's Rock Quality Destination (RQD)



Merritt, 1972

Rock Mass Classifications

Geomechanics Classification (RMR)

- Bieniawski (1976) published the details of a rock mass classification called the Geomechanics Classification or the Rock Mass Rating *(RMR) system.*
- The following six parameters are used to classify a rock mass using the *RMR system:*
  1. Uniaxial compressive strength of rock material.
  2. Rock Quality Designation *(RQD).*
  3. Spacing of discontinuities.
  4. Condition of discontinuities.
  5. Groundwater conditions.
  6. Orientation of discontinuities.

Geomechanics Classification (RMR)

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS

Parameter			Range of values						
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred		
		Uniaxial comp. strength	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Rating		15	12	7	4	2	1	0
2	Drill core Quality *RQD*		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Rating		20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6 - 2 . m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities (See E)		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous		
	Rating		30	25	20	10	0		
5	Groundwater	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(Joint water press)/ (Major principal σ)	0	< 0.1	0.1. - 0.2	0 2 - 0 5	> 0.5		
		General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	Rating		15	10	7	4	0		

(After Bieniawski 1989).

Geomechanics Classification (RMR)

B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)						
Strike and dip orientations		Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable
Ratings	Tunnels & mines	0	-2	-5	-10	-12
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25
	Slopes	0	-5	-25	-50	

C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS					
Rating	100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21
Class number	I	II	III	IV	V
Description	Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock

D. MEANING OF ROCK CLASSES					
Class number	I	II	III	IV	V
Average stand-up time	20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span
Cohesion of rock mass (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Friction angle of rock mass (deg)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Geomechanics Classification (RMR)

E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions					
Discontinuity length (persistence)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
Rating	6	4	2	1	0
Separation (aperture)	None	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
Rating	6	5	4	1	0
Roughness	Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slickensided
Rating	6	5	3	1	0
Infilling (gouge)	None	Hard filling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling > 5 mm
Rating	6	4	2	2	0
Weathering	Unweathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decomposed
Ratings	6	5	3	1	0

F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING**			
Strike perpendicular to tunnel axis		Strike parallel to tunnel axis	
Drive with dip - Dip 45 - 90°	Drive with dip - Dip 20 - 45°	Dip 45 - 90°	Dip 20 - 45°
Very favourable	Favourable	Very unfavourable	Fair
Drive against dip - Dip 45-90°	Drive against dip - Dip 20-45°	Dip 0-20 - irrespective of strike°	
Fair	Unfavourable	Fair	

Geomechanics Classification (RMR)

- The *RMR value for the example under consideration is determined as follows:*

Table	*Item*	*Value*	*Rating*
A.1	Point load index	8 MPa	12
A.2	*RQD*	70%	13
A.3	Spacing of discontinuities	300 mm	10
E.4	Condition of discontinuities	Note 1	22
A.5	Groundwater	Wet	7
B	Adjustment for joint orientation	Note 2	-5
		Total	59

Geomechanics Classification (RMR)

- Guidelines for excavation and support of 10 m span rock tunnels in accordance with the *RMR system (After Bieniawski 1989).*

Rock mass class	Excavation	Rock bolts (20 mm diameter, fully grouted)	Shotcrete	Steel sets
I - Very good rock *RMR*: 81-100	Full face, 3 m advance.	Generally no support required except spot bolting.		
II - Good rock *RMR*: 61-80	Full face , 1-1.5 m advance. Complete support 20 m from face.	Locally, bolts in crown 3 m long, spaced 2.5 m with occasional wire mesh.	50 mm in crown where required.	None.
III - Fair rock *RMR*: 41-60	Top heading and bench 1.5-3 m advance in top heading. Commence support after each blast. Complete support 10 m from face.	Systematic bolts 4 m long, spaced 1.5 - 2 m in crown and walls with wire mesh in crown.	50-100 mm in crown and 30 mm in sides.	None.
IV - Poor rock *RMR*: 21-40	Top heading and bench 1.0-1.5 m advance in top heading. Install support concurrently with excavation, 10 m from face.	Systematic bolts 4-5 m long, spaced 1-1.5 m in crown and walls with wire mesh.	100-150 mm in crown and 100 mm in sides.	Light to medium ribs spaced 1.5 m where required.
V – Very poor rock *RMR*: < 20	Multiple drifts 0.5-1.5 m advance in top heading. Install support concurrently with excavation. Shotcrete as soon as possible after blasting.	Systematic bolts 5-6 m long, spaced 1-1.5 m in crown and walls with wire mesh. Bolt invert.	150-200 mm in crown, 150 mm in sides, and 50 mm on face.	Medium to heavy ribs spaced 0.75 m with steel lagging and forepoling if required. Close invert.

Slope Mass Rating (SMR)

$$SMR = RMR_{basic} + (F_1 \cdot F_2 \cdot F_3) + F_4$$

- RMR_{basic} = Rock Mass Rating)
- F_1, F_2, F_3 = adjustment factor related to joint orientation respect to slope orientation and
- F_4 = correction factor for method of excavation

Slope Mass Rating (SMR)

Values of adjustment factor for different joint orientations (RAMANA, 1985)

Case of Slope Failure		Very Favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable
P T W	$\lvert\alpha_j - \alpha_s\rvert$ $\lvert\alpha_j - \alpha_s - 180^o\rvert$ $\lvert\alpha_i - \alpha_s\rvert$	>30°	30 - 20°	20 - 10°	10 - 5°	<5°
P/W/T	F_1	**0.15**	**0.40**	**0.70**	**0.85**	**1.00**
P W	$\lvert\beta_j\rvert$ $\lvert\beta_i\rvert$	<20°	20 - 30°	30 - 35°	35 - 45°	>45°
P/W	F_2	**0.15**	**0.40**	**0.70**	**0.85**	**1.00**
T	F_2	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.00**
P W	$\lvert\beta_j - \beta_s\rvert$ $\lvert\beta_i - \beta_s\rvert$	>10°	10-0°	0°	0 - (-10°)	<-10°
T	$\lvert\beta_i + \beta_s\rvert$	<110°	110 - 120°	>120°	-	-
P/W/T	F_3	**0**	**-6**	**-25**	**-50**	**-60**

Note : P - planar failure; T - toppling failure; W - wedge failure
α_s - slope strike; α_j - joint strike; α_i - plunge direction of line of intersection
β_s - slope dip; β_j - joint dip; β_i - plunge of line of intersection

Slope Mass Rating (SMR)

Values of adjustment factor F4 for method of excavation (RAMANA, 1985)

Method of Excavation	F_4 Value
Natural slope	+15
Pre-splitting	+10
Smooth blasting	+8
Normal blasting or Mechanical excavation	0
Poor blasting	-8

Slope Mass Rating (SMR)

Various stability classes as per SMR values (RAMANA, 1985)

Class No.	V	IV	III	II	I
SMR Value	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Rock Mass Description	Very bad	Bad	Normal	Good	Very good
Stability	Completely unstable	Unstable	Partially stable	Stable	Completely stable
Failures	Big planar or soil like or circular	Planar or big wedges	Planar along some joint and many wedges	Some block failure	No failure
Probability of Failure	0.9	0.6	0.4	0.2	0

Slope Mass Rating (SMR)

Suggested supports for various SMR classes

SMR Classes	SMR Values	Suggested Supports
Ia	91-100	None
Ib	81-90	None, scaling is required
IIa	71-80	(None, toe ditch or fence), spot bolting
IIb	61-70	(Toe ditch or fence nets), spot or systematic bolting, spot shotcrete
IIIa	51-60	(Toe ditch and/or nets), spot or systematic bolting, spot shotcrete
IIIb	41-50	(Toe ditch and/or nets), systematic bolting/anchors, systematic shotcrete, toe wall and/or dental concrete
IVa	31-40	Anchors, systematic shotcrete, toe wall and/or concrete (or re-excavation), drainage
IVb	21-30	Systematic reinforced shotcrete, toe wall and/or concrete, re-excavation, deep drainage
Va	11-20	Gravity or anchored wall, re-excavation

Rock Mass Classifications

Rock Tunnelling Quality Index, Q (NGI)

- On the basis of an evaluation of a large number of case histories of underground excavations, Barton et al (1974) of the Norwegian Geotechnical Institute proposed a Tunnelling Quality Index (*Q*) *for the determination of rock mass characteristics and* tunnel support requirements.
- The numerical value of the index *Q varies on a logarithmic* scale from 0.001 to a maximum of 1,000 and is defined by:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Rock Tunnelling Quality Index, Q (NGI)

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

where *RQD* *is the Rock Quality Designation*
J_n *is the joint set number*
J_r *is the joint roughness number*
J_a *is the joint alteration number*
J_w *is the joint water reduction factor*
SRF *is the stress reduction factor*

Rock Tunnelling Quality Index, Q (NGI)

- It appears that the rock tunnelling quality *Q can now be considered to be a function of* only three parameters which are crude measures of:
  1. Block size (RQD/J_n)
  2. Inter-block shear strength (J_r/J_a)
  3. Active stress (J_w/SRF)

Rock Tunnelling Quality Index, Q (NGI)

DESCRIPTION	VALUE	NOTES
1. ROCK QUALITY DESIGNATION	*RQD*	
A. Very poor	0 - 25	1. Where *RQD* is reported or measured as ≤ 10 (including 0),
B. Poor	25 - 50	a nominal value of 10 is used to evaluate Q.
C. Fair	50 - 75	
D. Good	75 - 90	2. *RQD* intervals of 5, i.e. 100, 95, 90 etc. are sufficiently
E. Excellent	90 - 100	accurate.
2. JOINT SET NUMBER	J_n	
A. Massive, no or few joints	0.5 - 1.0	
B. One joint set	2	
C. One joint set plus random	3	
D. Two joint sets	4	
E. Two joint sets plus random	6	
F. Three joint sets	9	1. For intersections use ($3.0 \times J_n$)
G. Three joint sets plus random	12	
H. Four or more joint sets, random,	15	2. For portals use ($2.0 \times J_n$)
heavily jointed, 'sugar cube', etc.		
J. Crushed rock, earthlike	20	

Rock Tunnelling Quality Index, Q (NGI)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. JOINT ROUGHNESS NUMBER	J_r	
a. Rock wall contact		
b. Rock wall contact before 10 cm shear		
A. Discontinuous joints	4	
B. Rough and irregular, undulating	3	
C. Smooth undulating	2	
D. Slickensided undulating	1.5	1. Add 1.0 if the mean spacing of the relevant joint set is
E. Rough or irregular, planar	1.5	greater than 3 m.
F. Smooth, planar	1.0	
G. Slickensided, planar	0.5	2. J_r = 0.5 can be used for planar, slickensided joints having
c. No rock wall contact when sheared		lineations, provided that the lineations are oriented for
H. Zones containing clay minerals thick	1.0	minimum strength.
enough to prevent rock wall contact	(nominal)	
J. Sandy, gravely or crushed zone thick	1.0	
enough to prevent rock wall contact	(nominal)	

Rock Tunnelling Quality Index, Q (NGI)

4. JOINT ALTERATION NUMBER *a. Rock wall contact*	J_a	ϕr degrees (approx.)	
A. Tightly healed, hard, non-softening, impermeable filling	0.75		1. Values of ϕr, the residual friction angle, are intended as an approximate guide to the mineralogical properties of the alteration products, if present.
B. Unaltered joint walls, surface staining only	1.0	25 - 35	
C. Slightly altered joint walls, non-softening mineral coatings, sandy particles, clay-free disintegrated rock, etc.	2.0	25 - 30	
D. Silty-, or sandy-clay coatings, small clay-fraction (non-softening)	3.0	20 - 25	
E. Softening or low-friction clay mineral coatings, i.e. kaolinite, mica. Also chlorite, talc, gypsum and graphite etc., and small quantities of swelling clays. (Discontinuous coatings, 1 - 2 mm or less)	4.0	8 - 16	

Rock Tunnelling Quality Index, Q (NGI)

4, JOINT ALTERATION NUMBER *b. Rock wall contact before 10 cm shear*	J_a	ϕr degrees (approx.)
F. Sandy particles, clay-free, disintegrating rock etc.	4.0	25 - 30
G. Strongly over-consolidated, non-softening clay mineral fillings (continuous < 5 mm thick)	6.0	16 - 24
H. Medium or low over-consolidation, softening clay mineral fillings (continuous < 5 mm thick)	8.0	12 - 16
J. Swelling clay fillings, i.e. montmorillonite, (continuous < 5 mm thick). Values of J_a depend on percent of swelling clay-size particles, and access to water.	8.0 - 12.0	6 - 12
c. No rock wall contact when sheared		
K. Zones or bands of disintegrated or crushed	6.0	
L. rock and clay (see G, H and J for clay	8.0	
M. conditions)	8.0 - 12.0	6 - 24
N. Zones or bands of silty- or sandy-clay, small clay fraction, non-softening	5.0	
O. Thick continuous zones or bands of clay	10.0 - 13.0	
P. & R. (see G.H and J for clay conditions)	6.0 - 24.0	

Rock Tunnelling Quality Index, Q (NGI)

5. JOINT WATER REDUCTION	J_W	approx. water pressure (kgf/cm^2)	
A. Dry excavation or minor inflow i.e. < 5 l/m locally	1.0	< 1.0	
B. Medium inflow or pressure, occasional outwash of joint fillings	0.66	1.0 - 2.5	
C. Large inflow or high pressure in competent rock with unfilled joints	0.5	2.5 - 10.0	1. Factors C to F are crude estimates; increase J_W if drainage installed.
D. Large inflow or high pressure	0.33	2.5 - 10.0	
E. Exceptionally high inflow or pressure at blasting, decaying with time	0.2 - 0.1	> 10	2. Special problems caused by ice formation are not considered.
F. Exceptionally high inflow or pressure	0.1 - 0.05	> 10	

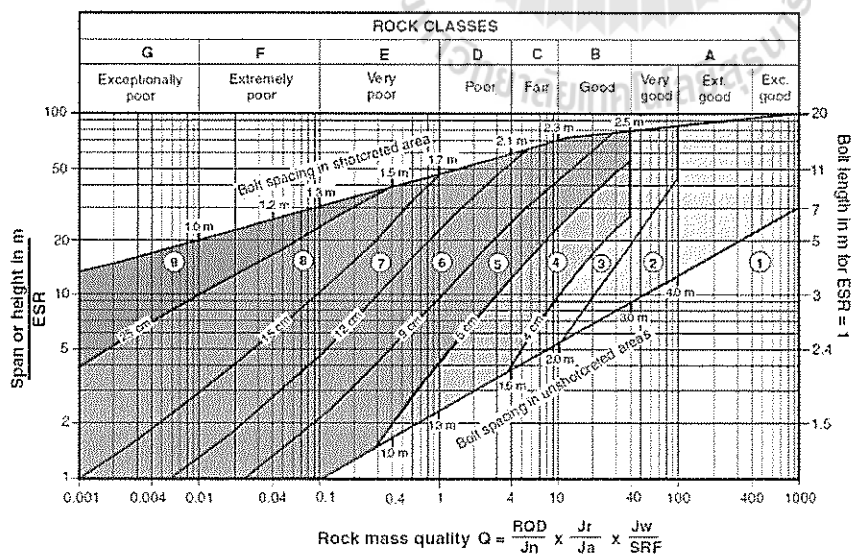
Rock Tunnelling Quality Index, Q (NGI)

6. STRESS REDUCTION FACTOR *a. Weakness zones intersecting excavation, which may cause loosening of rock mass when tunnel is excavated*	*SRF*	
A. Multiple occurrences of weakness zones containing clay or chemically disintegrated rock, very loose surrounding rock any depth)	10.0	1. Reduce these values of *SRF* by 25 - 50% but only if the relevant shear zones influence do not intersect the excavation
B. Single weakness zones containing clay, or chemically disintegrated rock (excavation depth < 50 m)	5.0	
C. Single weakness zones containing clay, or chemically disintegrated rock (excavation depth > 50 m)	2.5	
D. Multiple shear zones in competent rock (clay free), loose surrounding rock (any depth)	7.5	
E. Single shear zone in competent rock (clay free). (depth of excavation < 50 m)	5.0	
F. Single shear zone in competent rock (clay free). (depth of excavation > 50 m)	2.5	
G. Loose open joints, heavily jointed or 'sugar cube', (any depth)	5.0	

Rock Tunnelling Quality Index, Q (NGI)

DESCRIPTION	VALUE			NOTES
6. STRESS REDUCTION FACTOR			***SRF***	
b. Competent rock, rock stress problems				
	σ_c/σ_1	$\sigma_t\sigma_1$		2. For strongly anisotropic virgin stress field
H. Low stress, near surface	> 200	> 13	2.5	(if measured): when $5 \leq \sigma_1/\sigma_3 \leq 10$, reduce σ_c
J. Medium stress	200 - 10	13 - 0.66	1.0	to $0.8\sigma_c$ and σ_t to $0.8\sigma_t$. When σ_1/σ_3 > 10,
K. High stress, very tight structure	10 - 5	0.66 - 0.33	0.5 - 2	reduce σ_c and σ_t to $0.6\sigma_c$ and $0.6\sigma_t$, where
(usually favourable to stability, may				σ_c = unconfined compressive strength, and
be unfavourable to wall stability)				σ_t = tensile strength (point load) and σ_1 and
L. Mild rockburst (massive rock)	5 - 2.5	0.33 - 0.16	5 - 10	σ_3 are the major and minor principal stresses.
M. Heavy rockburst (massive rock)	< 2.5	< 0.16	10 - 20	3. Few case records available where depth of
c. Squeezing rock, plastic flow of incompetent rock				crown below surface is less than span width.
under influence of high rock pressure				Suggest *SRF* increase from 2.5 to 5 for such
N. Mild squeezing rock pressure			5 - 10	cases (see H).
O. Heavy squeezing rock pressure			10 - 20	
d. Swelling rock, chemical swelling activity depending on presence of water				
P. Mild swelling rock pressure			5 - 10	
R. Heavy swelling rock pressure			10 - 15	

Estimated support categories



REINFORCEMENT CATEGORIES:

1) Unsupported
2) Spot bolting
3) Systematic bolting
4) Systematic bolting, (and unreinforced shotcrete, 4 - 10 cm)
5) Fibre reinforced shotcrete and bolting, 5 - 9 cm
6) Fibre reinforced shotcrete and bolting, 9 - 12 cm
7) Fibre reinforced shotcrete and bolting, 12 - 15 cm
8) Fibre reinforced shotcrete, > 15 cm, reinforced ribs of shotcrete and bolting
9) Cast concrete lining

Estimated support categories based on the tunnelling quality index *Q (After* Grimstad and Barton, 1993, reproduced from Palmstrom and Broch, 2006).

Example

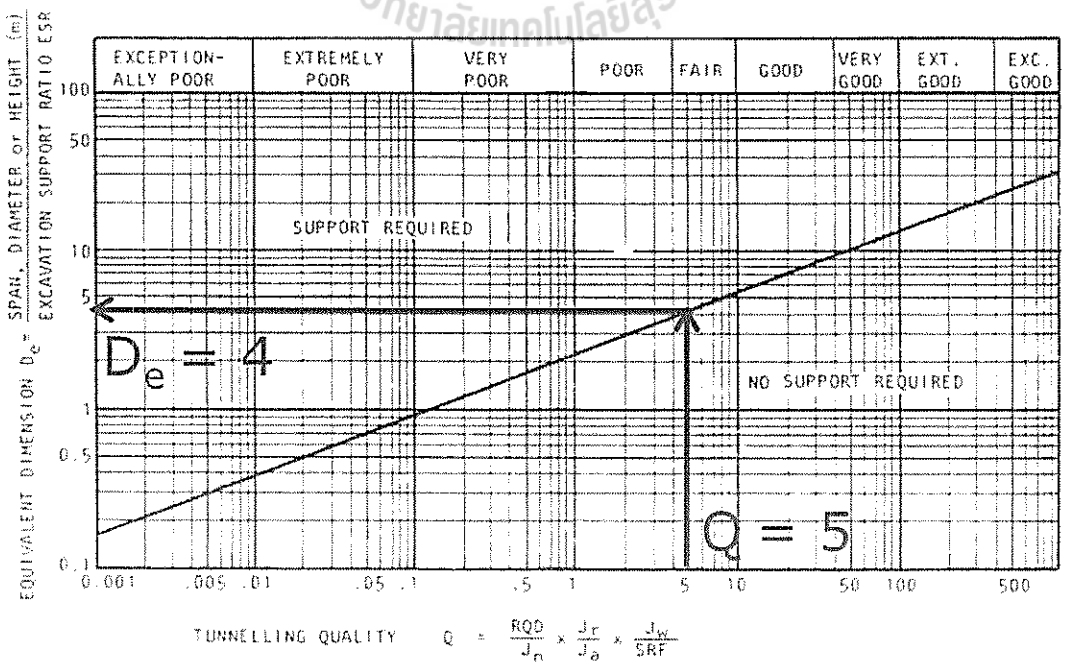
Item	Description	Value
1. Rock Quality	Good	RQD = 80%
2. Joint sets	Two sets	Jn = 4
3. Joint roughness	Rough	Jr = 3
4. Joint alteration	Clay gouge	Ja = 4
5. Joint water	Large inflow	Jw = 0.33
6. Stress reduction	Medium stress	SRF = 1.0

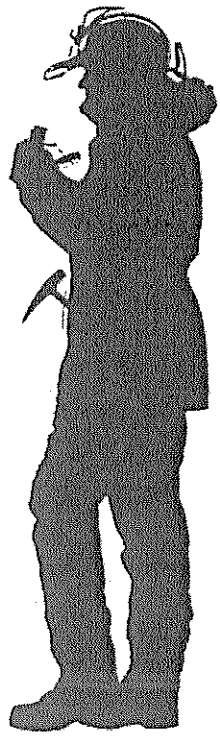
$$Q = \frac{80}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{0.33}{1} = 5$$

From the Figure 3.7, the maximum equivalent dimension D_e = 4 meters.

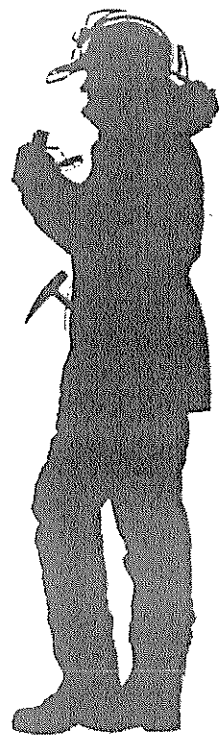
A permanent underground mine opening has an excavation support ratio ESR of 1.6 and, hence the maximum unsupported span which can be considered for this crusher station is ESR × De = 1.6 × 4 = 6.4 meters.

Rock Tunnelling Quality Index, Q (NGI)

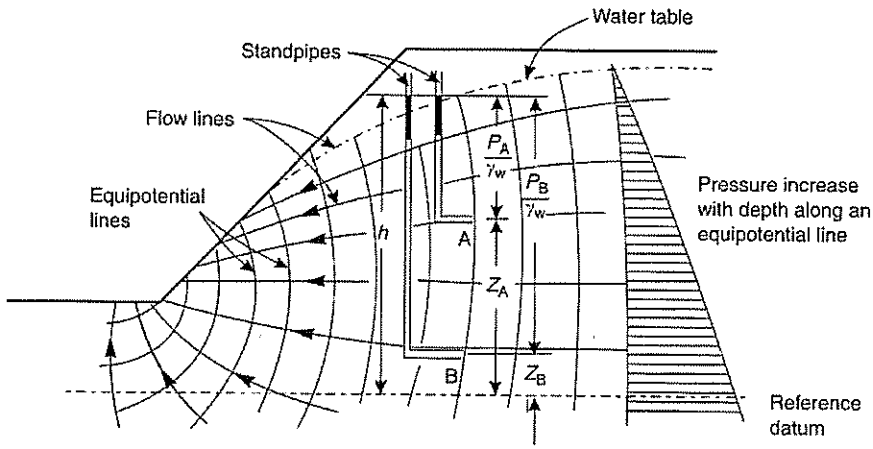




113



114



Groundwater Flow and Pressure

Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

Groundwater Flow in Rock Mass

Two approaches to obtained data on water pressure distributions

1. **Deduction of the groundwater flow pattern** from consideration of the permeability of the rock mass and sources of groundwater. **(calculation / graphical methods)**

2. **Direct measurement of water levels** in boreholes or wells or of water pressure by means of piezometers installed in boreholes.

The Hydrologic Cycle

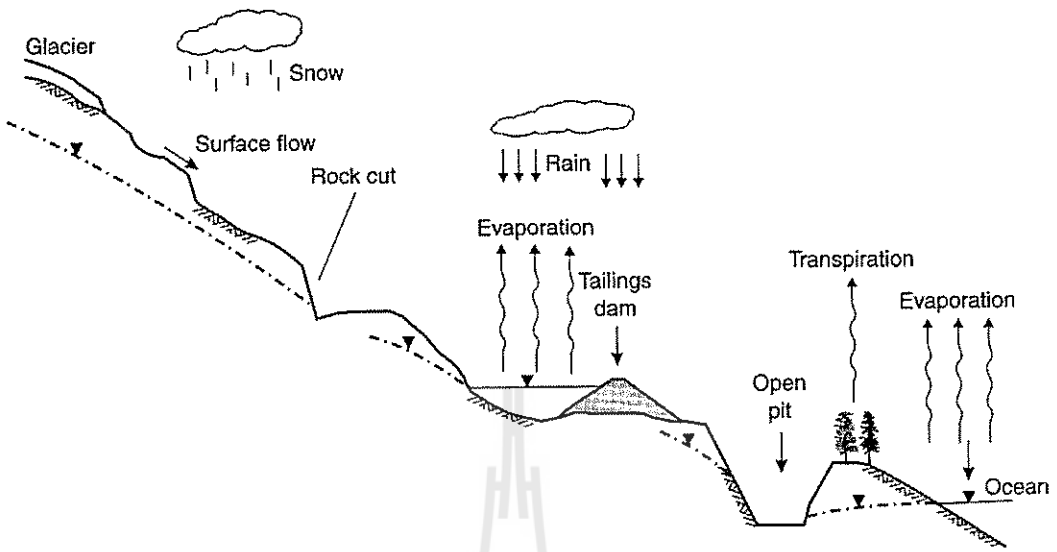


Figure 5.1 Simplified representation of a hydrologic cycle showing some typical sources of ground water (modified from Davis and de Wiest (1966)).

Water Table

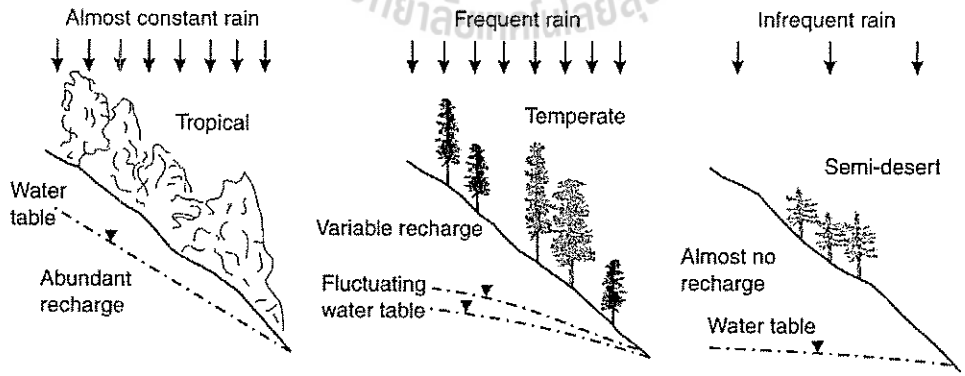
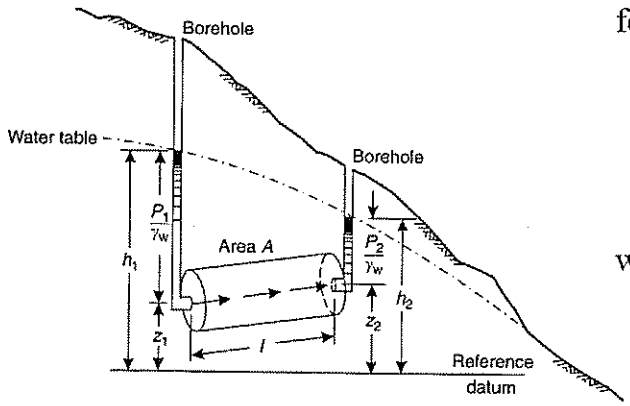


Figure 5.2 Relationship between water table level and precipitation (modified from Davis and de Wiest (1966)).

Darcy's Law



for Homogenous Materials

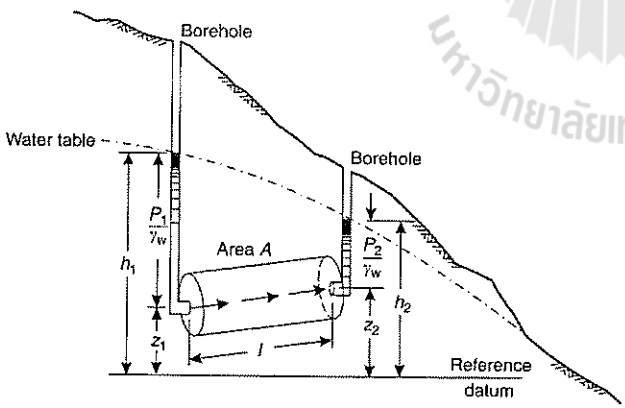
$$v = Ki$$

where v = velocity of fluid
K = hydraulic conductivity (m/s, ft/s)
i = hydraulic gradient ($(h_1-h_2)/l$)

when Q = flow rate (Q = v/A)

$$Q = KAi$$

Darcy's Law



from

$$Q = KAi$$

so that;

$$K = Q/Ai$$

sub $i = (h_1-h_2)/l$

$$K = \frac{Ql}{A(h_1 - h_2)} = \frac{Vl}{(hl - h_2)}$$

or $$Q = \frac{KA(h_1 - h_2)}{l}$$

V = Q/A = discharge velocity

Hydraulic Conductivity

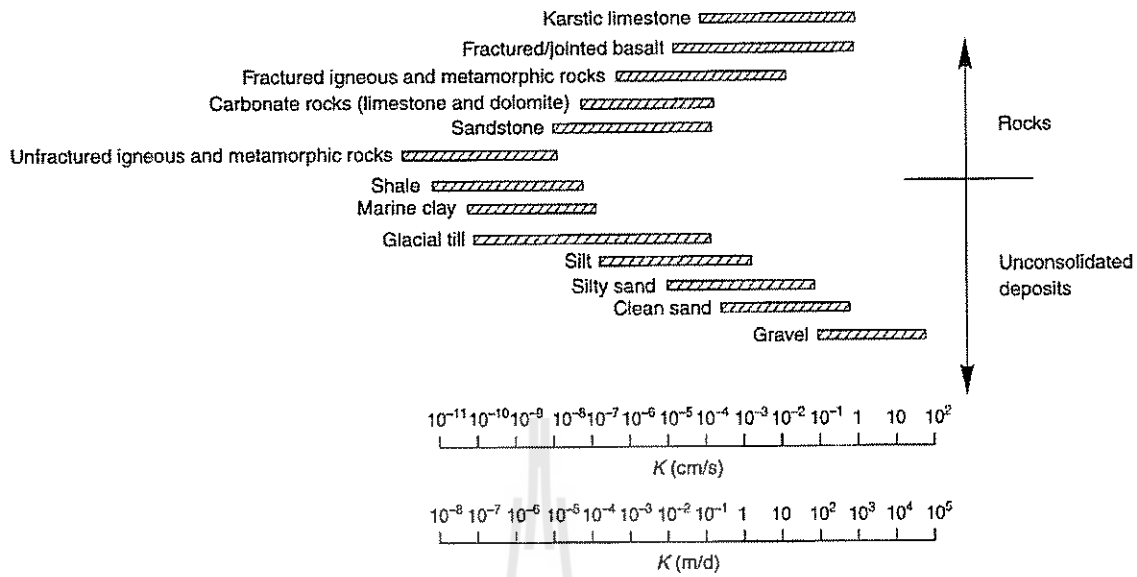


Figure 5.4 Hydraulic conductivity of various geologic materials (Atkinson, 2000).

Other Measures of the Flow Proportionality

- *Transmissivity*

  In saturated groundwater analysis with nearly horizontal flow, it is common practice to combine the hydraulic conductivity and the thickness of the aquifer, b into a single variable,

  $$T = bK$$

  where T = transmissivity (m^2/s, ft^2/s)

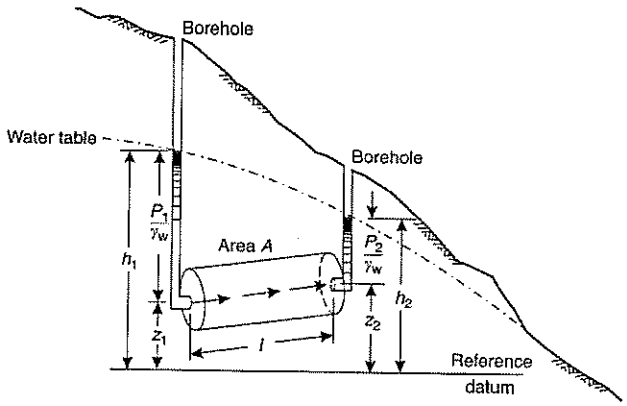
- *Permeability*

  When the fluid is other than water at standard conditions, the conductivity is replaced by the permeability of the media. The two properties are related by,

  $$K = k\gamma / \mu$$

  where,
  k = permeability, (m^2 or ft^2),
  γ = unit weight of fluid
  μ = fluid absolute viscosity, (N s/m^2 or lb s/ft^2)

Bernoulli Equation



$$zg + \frac{v^2}{2} + \int_{P_1}^{P_2} \frac{\partial(P - P_0)}{\rho} = \text{constant}$$

or

Velocity Head

$$z + \frac{v^2 g}{2} + \frac{\Delta P}{\rho g} = \text{Friction Head} = \text{Total Head}$$

Elevation Head — Pressure Head

Case of flow in rock mass

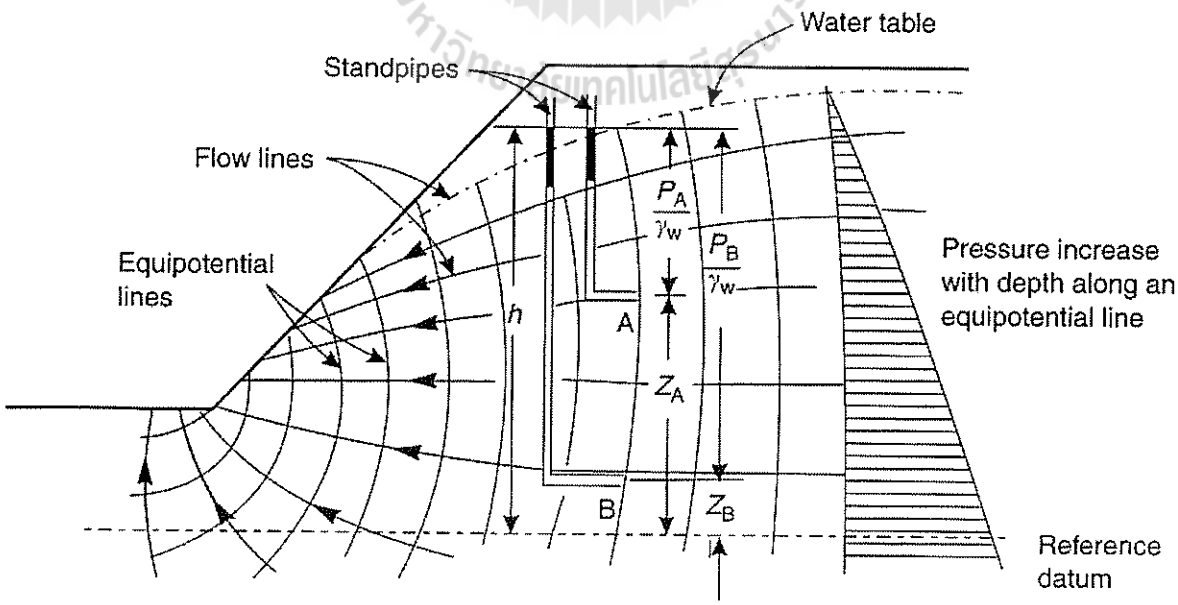
Velocity Head = 0

Friction Head = 0

$$\text{Total Head} = z + \frac{\Delta P}{\rho g} = z + \frac{P}{\gamma_w}$$

γ_w = density of water

Flow Nets in a Rock Slope



$$\text{Total Head} = z + \frac{P}{\gamma_w}$$

Discharge / Recharge Area

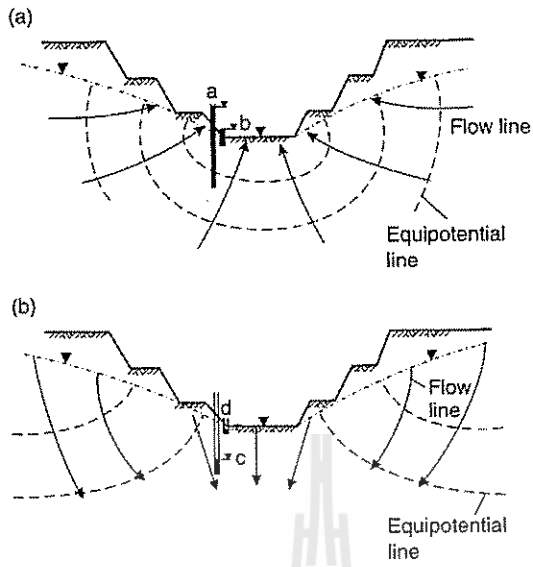


Figure 5.6 Ground water conditions for pit slopes in regional (a) discharge and (b) recharge areas (Patton and Deere, 1971).

Groundwater Flow in Fractured Rock

-Flow in Clean, Smooth Discontinuities
-Flow in Filled Discontinuities
-Heterogeneous Rock
-Anisotropic Rock
-Groundwater in Rock Slopes

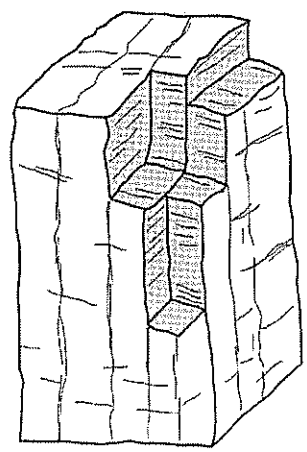


Figure 5.7 Rock mass with persistent vertical joints and relatively high vertical hydraulic conductivity (modified from Atkinson (2000)).

Flow in Clean, Smooth Discontinuities

The Hydraulic Conductivity, K

$$K \approx \frac{ge^3}{12\nu b}$$

where g = gravitational acceleration (9.81 m/s^2)
e = opening of cracks or fissures
b = spacing between cracks and
ν = the coefficient of kinematic viscosity
(1.01 x 10^{-6} m^2/s for pure water at 20°C)

Assumptions of Discontinuities;

-parallel
-smooth
-clean
-laminar flow

Flow in Clean, Smooth Discontinuities

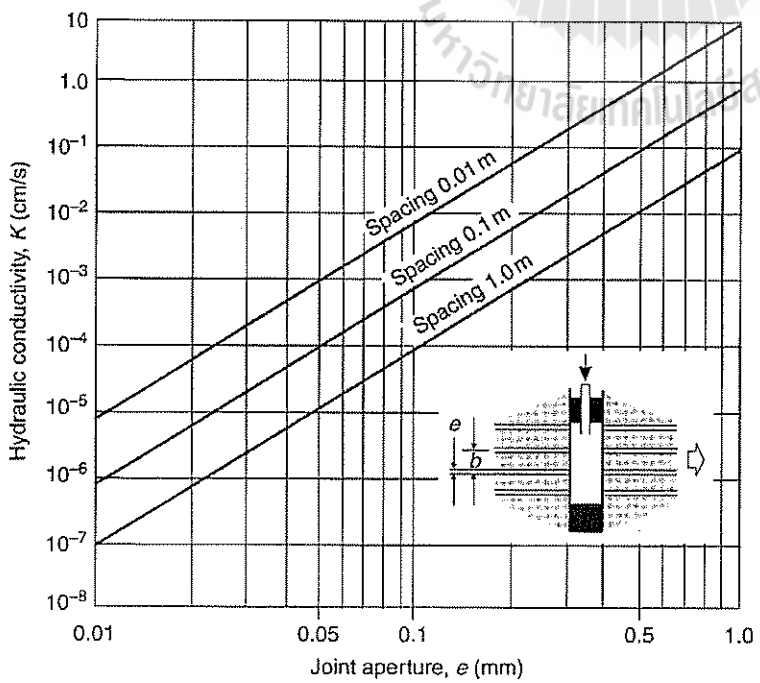


Figure 5.8 Influence of joint aperture *e* and spacing *b* on hydraulic conductivity *K* in the direction of a set of smooth parallel joints in a rock mass.

Flow in Filled Discontinuities

The Hydraulic Conductivity for Fracture Systems

$$K = \frac{eK_f}{b} + K_r$$

where K_f = hydraulic conductivity of the filling
K_r = hydraulic conductivity of the intact rock
e = opening of cracks or fissures
b = spacing between cracks and

Heterogeneous Rock

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2}$$

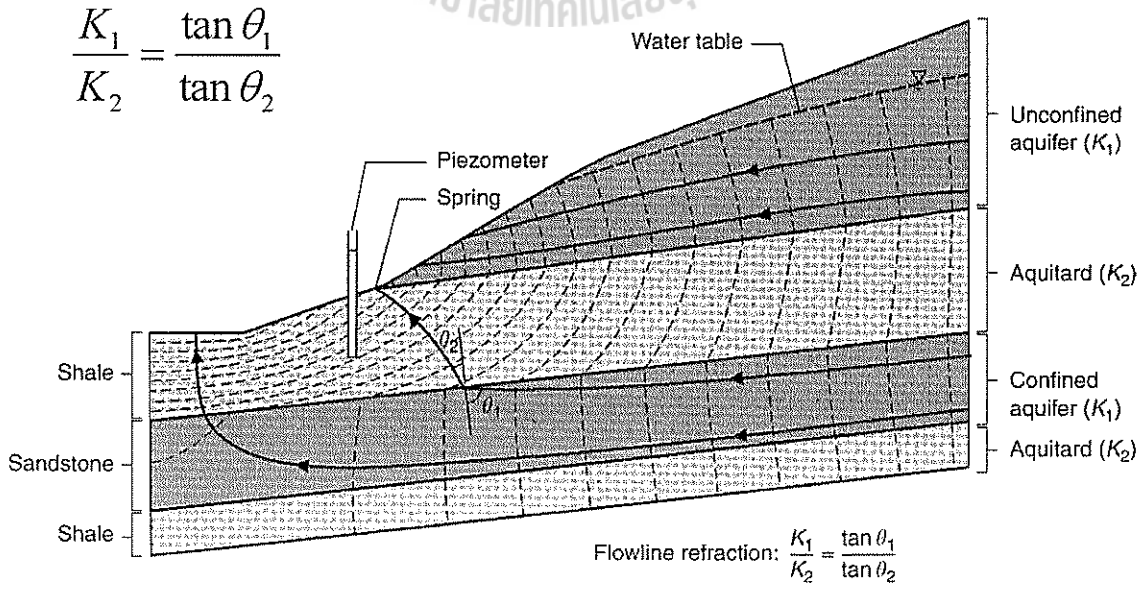


Figure 5.9 Water flow and pressure distribution in aquifers and aquitards formed by dipping sandstone and shale beds (Dr P. Ward, plots by W. Zawadzki).

Anisotropic Rock

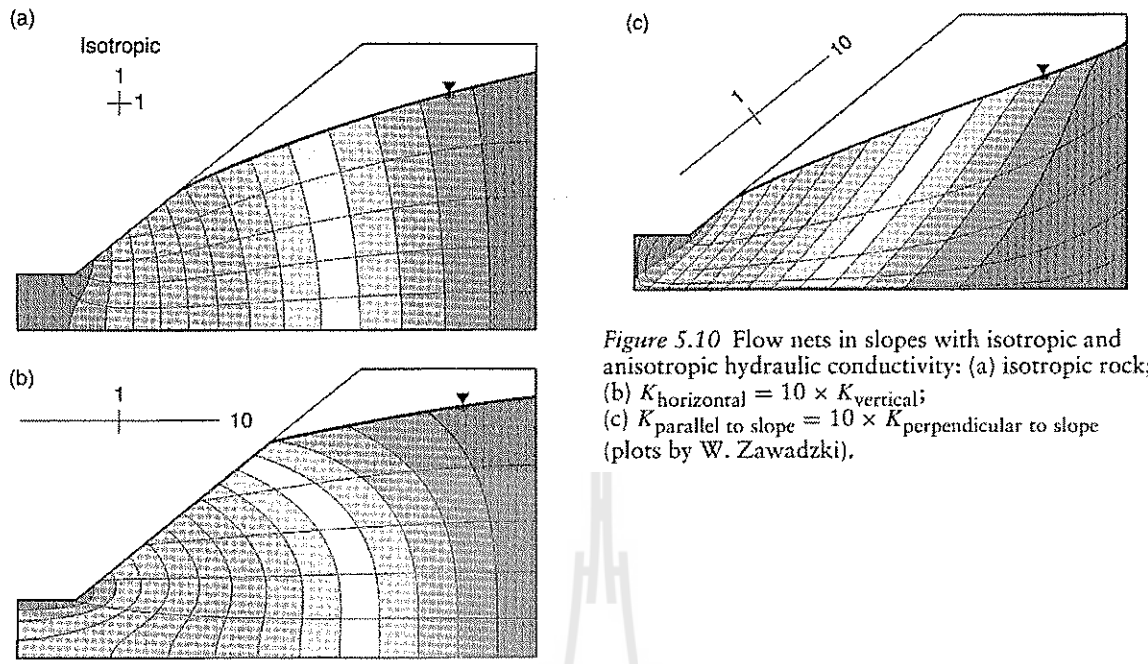


Figure 5.10 Flow nets in slopes with isotropic and anisotropic hydraulic conductivity: (a) isotropic rock; (b) $K_{\text{horizontal}} = 10 \times K_{\text{vertical}}$; (c) $K_{\text{parallel to slope}} = 10 \times K_{\text{perpendicular to slope}}$ (plots by W. Zawadzki).

Groundwater in Rock Slopes

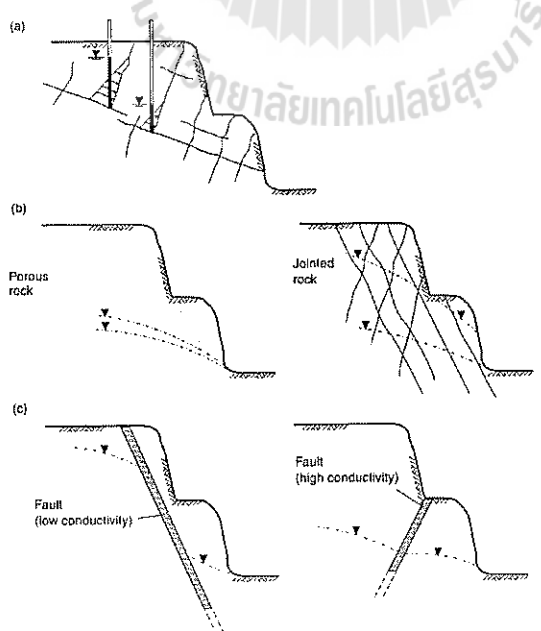


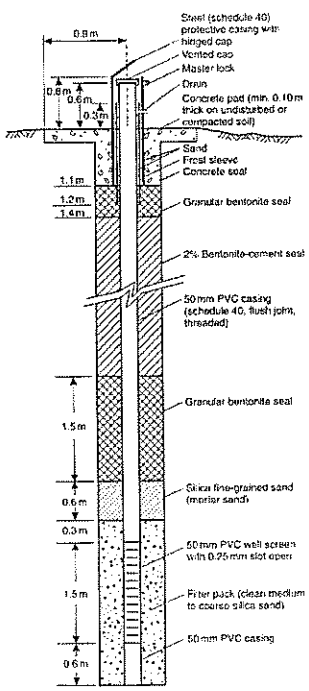
Figure 5.11 Relationship between geology and ground water in slopes: (a) variation in water pressure in joints related to persistence; (b) comparison of water tables in slopes excavated in porous and jointed rock; (c) faults as low conductivity ground water barrier, and high conductivity sub-surface drain (Patton and Deere, 1971).

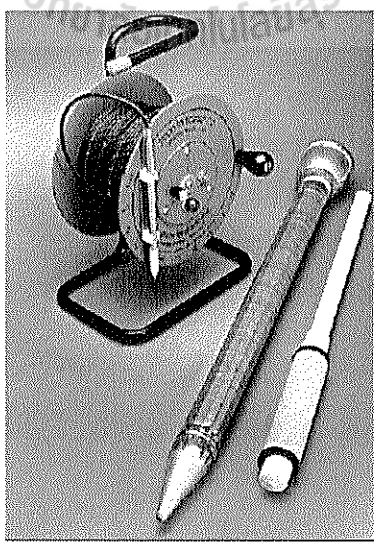
Measurement of Water Pressure

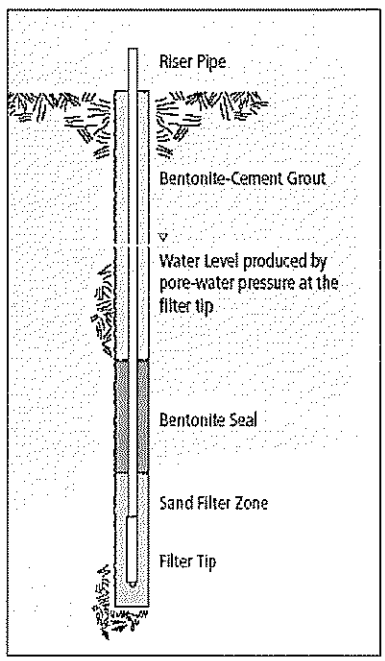
Types of Piezometer

- Open Piezometers (Observation Wells)
- Standpipe Piezometers
- Closed Hydraulic Piezometers
- Air Actuated Piezometers (Pneumatic Piezometers)
- Electrically Indicating Piezometers (Electronics Transducers)

Standpipe Piezometers







Water level in standpipe (Casagrande) piezometer is produced by pore-water pressure at the filter tip.

Air Actuated Piezometers (Pneumatic Piezometers)

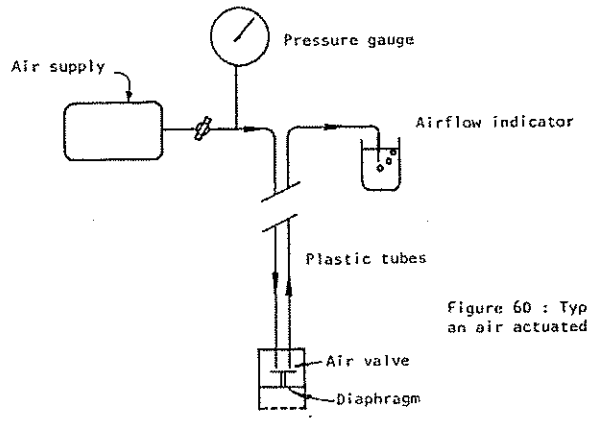
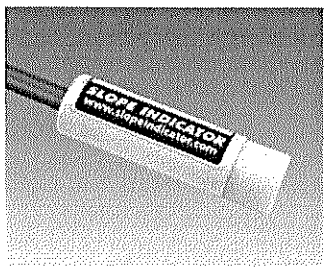
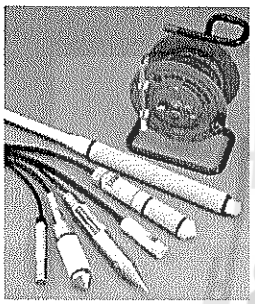


Figure 60 : Typical circuit for an air actuated piezometer.





21

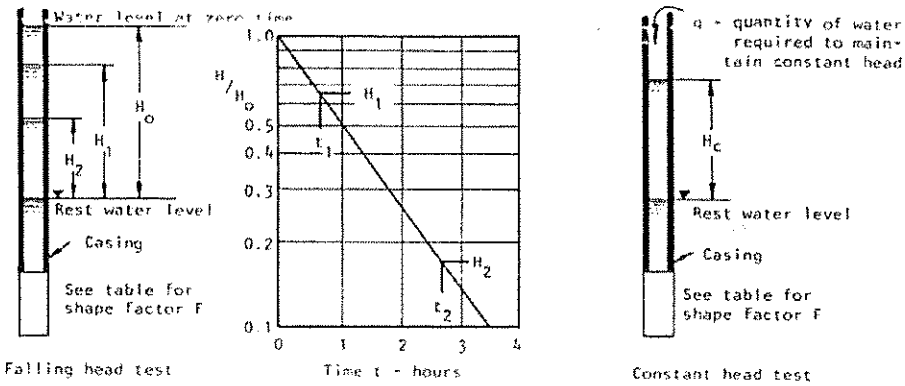
Field Measurement of Hydraulic Conductivity

- Falling Head Tests
- Constant Head Tests
- Pumping Tests

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

22

Field Measurement of Hydraulic Conductivity



- **Falling Head Tests**

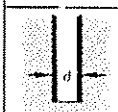
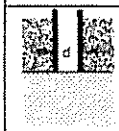
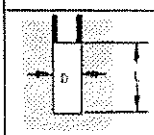
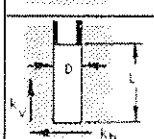
$$K = \frac{A}{F(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$

where A = cross section area of the water column.
F = shape factor
H_1, H_2 = water levels in the borehole measured from the rest water level, at times t1 and t2 respectively.
q = flow rate and
H_c = water level, measured from the rest water level, maintained during a constant head test.

- **Constant Head Tests**

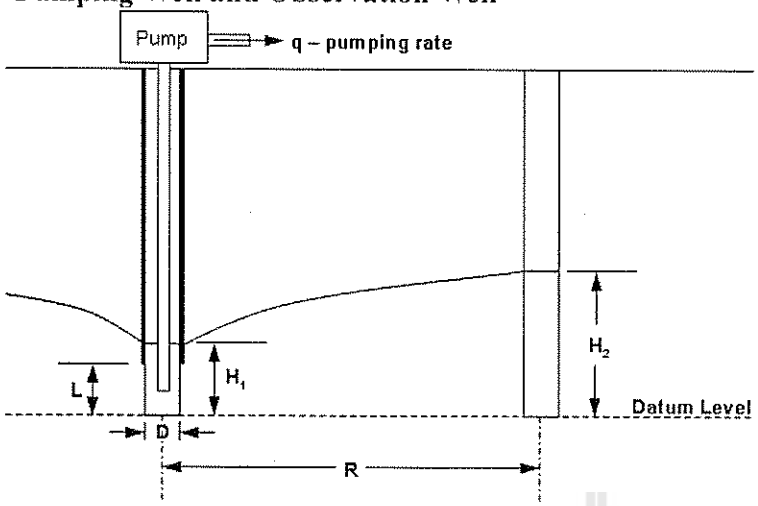
$$K = \frac{q}{F H_c}$$

Shape Factors

End conditions		Shape factor F
	Casing flush with end of borehole in soil or rock of uniform permeability. Inside diameter of casing is d mm.	$F = 2.75d$
	Casing flush with boundary between impermeable and permeable strata. Inside diameter of casing is d mm.	$F = 2.0d$
	Borehole extended a distance L beyond the end of the casing. Borehole diameter is D.	$F = \frac{2\pi L}{\log_e(2L/D)}$ for $L > 4D$
	Borehole extended a distance L beyond the end of the casing in a stratified soil or rock mass with different horizontal and vertical permeabilities.	For determination of k_h: $F = \frac{2\pi L}{\log_e(2m\,L/D)}$ where $m = (k_h/k_v)^{\frac{1}{2}}$, $L > 4D$
	Borehole extended a distance L beyond the end of the casing which is flush with an impermeable boundary.	$F = \frac{2\pi L}{\log_e(4L/D)}$ for $L > 4D$

Pumping Tests

- Pumping Well and Observation Well



$$K = \frac{q \ln(2^{R/D})}{2\pi L(H_1 - H_2)}$$

where q = pumping rate required to maintain a constant pressure in the test cavity

L = length of the test cavity

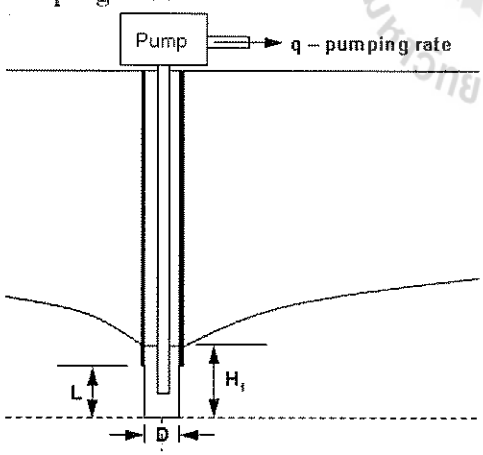
H_1 = total head in the test cavity

D = borehole diameter

H_2 = total head measured at a distance R from the borehole.

Pumping Tests

- Pumping Well



$$K = \frac{q \ln(2m^{L/D})}{2\pi L H_c}$$

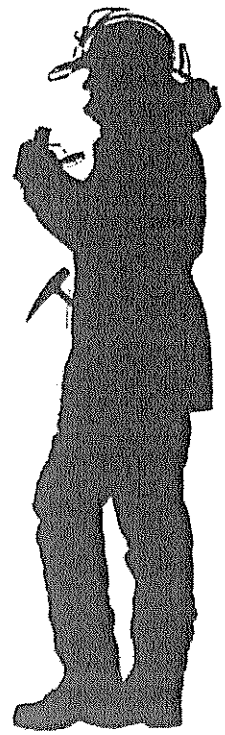
where in this case, $m = (K/K_p)^{1/2}$

K = permeability at right angles to the borehole (quantity required)

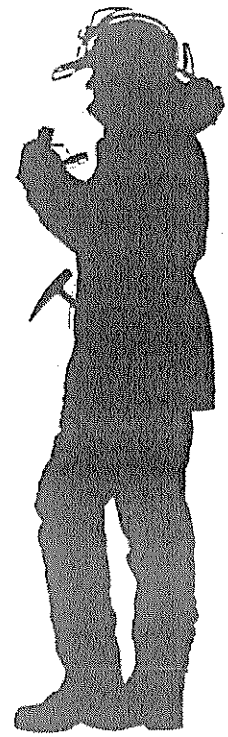
K_p = permeability parallel to the borehole which,

if cross flow is neglected, is equal to the permeability of the intact rock

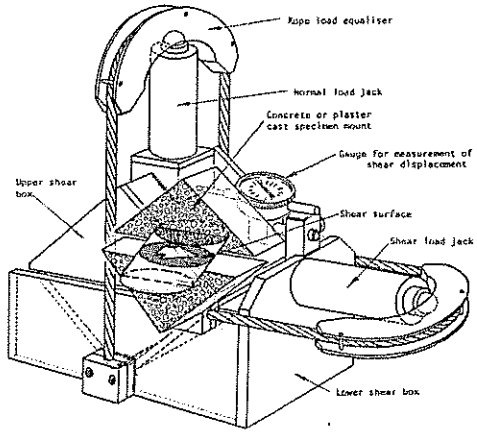
H_c = constant head above the original groundwater level in the borehole

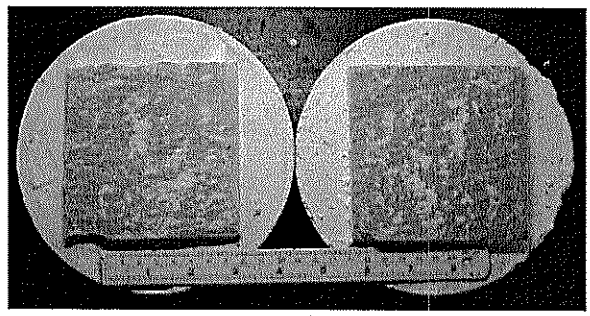


27



28

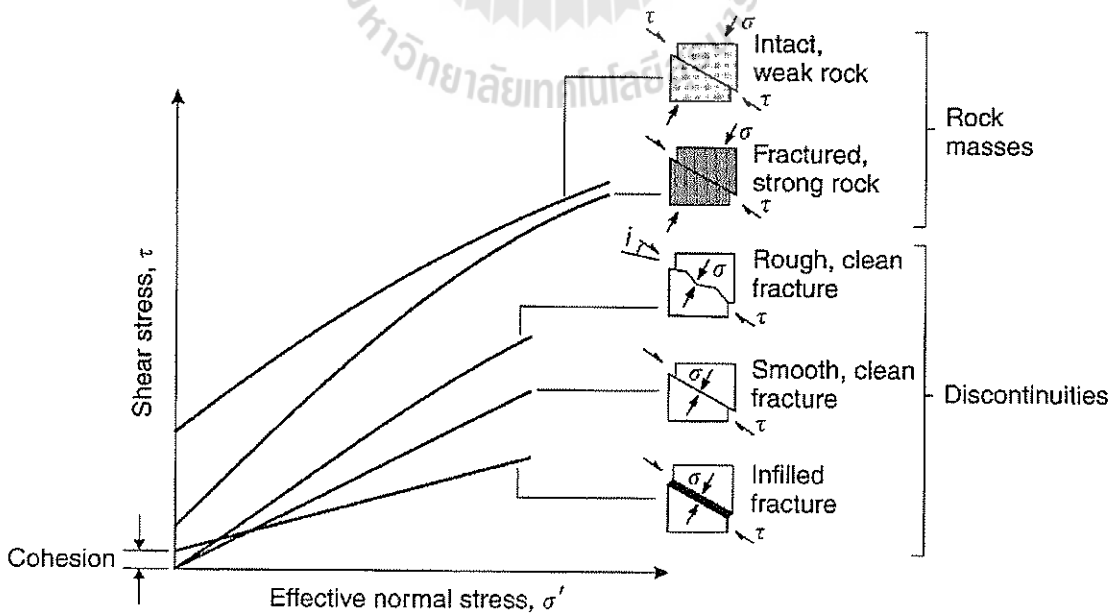




Rock Shear Strength Properties and their Measurement

Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

Shear stress vs. Normal stress



Joint Shear Strength

Criterions

1. Coulomb Criterion (Shear Strength of Planar Discontinuities)

2. Patton Criterion (Shear strength on an inclined plane)

3. Ladanyi and Archambault Criterion (Surface Roughness)

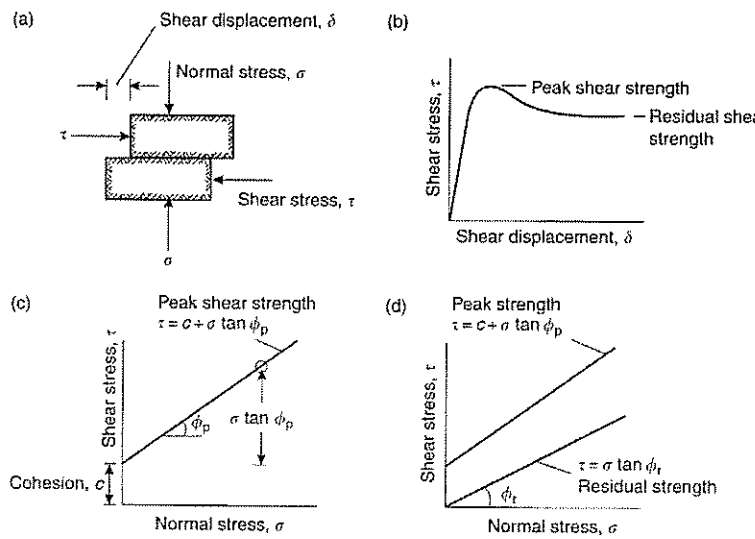
4. Barton Criterion (Surface Roughness)

5. Hoek and Brown Criterion (Fractured Rock Masses)

Coulomb Criterion (Empirical Criterion)

Shear Strength of Planar Discontinuities

- Peak Shear Strength
- Residual Shear Strength



Coulomb Criterion

- **Peak Shear Strength**

$$\tau = c_p + \sigma \tan \phi_p$$

$$\tau = c_p + (\sigma\text{-}u) \tan \phi_p \qquad \text{(Effective Stress Law)}$$

- **Residual Shear Strength**

$$\tau = \sigma \tan \phi_r$$

$$\tau = (\sigma\text{-}u) \tan \phi_r \qquad \text{(Effective Stress Law)}$$

where u is the water pressure within the discontinuity

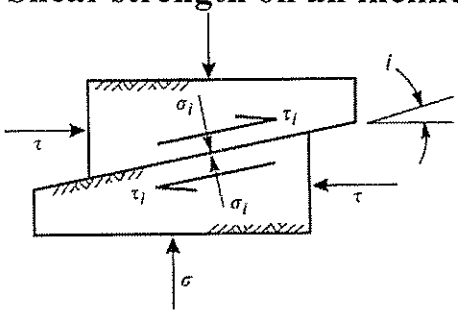
Coulomb Criterion

Table 4.1 Typical ranges of friction angles for a variety of rock types

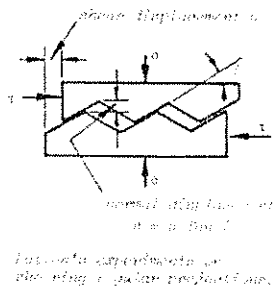
Rock class	*Friction angle range*	*Typical rock types*
Low friction	20–27°	Schists (high mica content), shale, marl
Medium friction	27–34°	Sandstone, siltstone, chalk, gneiss, slate
High friction	34–40°	Basalt, granite, limestone, conglomerate

Patton Criterion

Shear strength on an inclined plane



i = asperities



$$\tau_i = \tau \, Cos^2 i - \sigma \sin i \, Cos \, i \qquad (6.3)$$

$$\sigma_i = \sigma \, Cos^2 i - \sigma \sin i \, Cos \, i \qquad (6.4)$$

If it is assumed that the discontinuity surface has zero cohesive strength and that its shear strength is given by

$$\tau_i = \sigma_i \, Tan \, \phi \qquad (6.5)$$

sub equation 6.3 & 6.4 into equation 6.5

$$\tau = \sigma \, Tan \, (\phi + i) \qquad (6.6)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Patton Criterion

Shear strength on an inclined plane

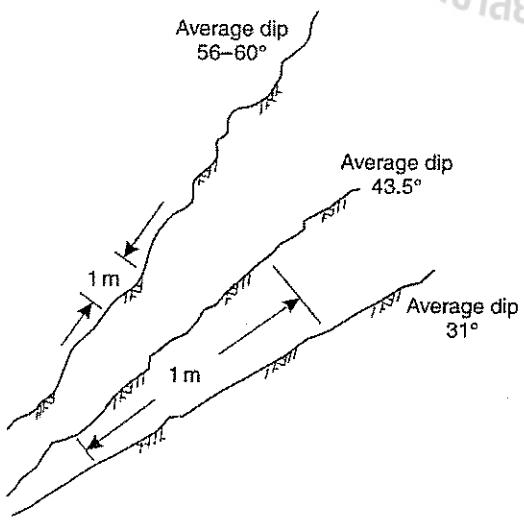


Figure 4.10 Patton's observations of bedding plane traces in unstable limestone slopes (Patton, 1966).

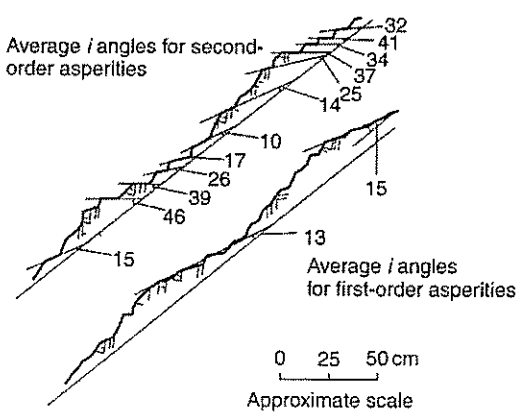


Figure 4.11 Measurement of roughness angles *i* for first- and second-order asperities on rough rock surfaces (Patton, 1966).

Patton Criterion

Shear strength on an inclined plane

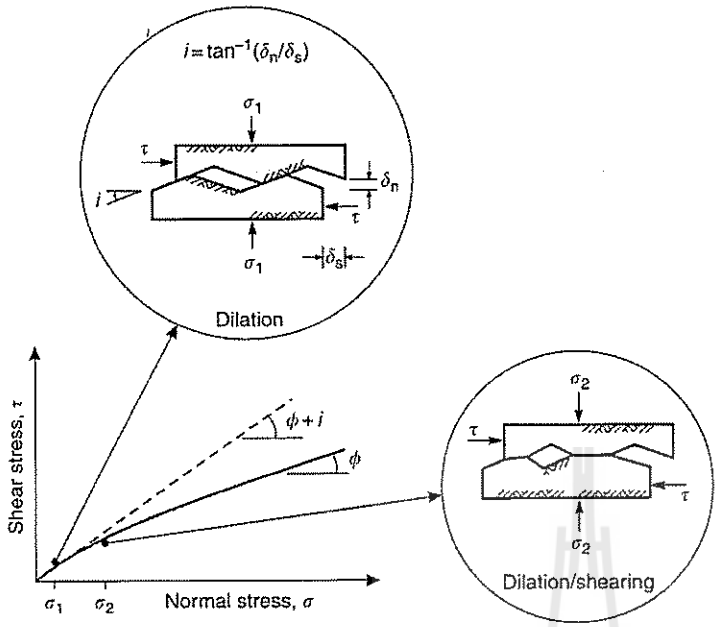


Figure 4.12 Effect of surface roughness and normal stress on friction angle of discontinuity surface (Transportation Research Board, 1996).

Ladanyi and Archambault Criterion

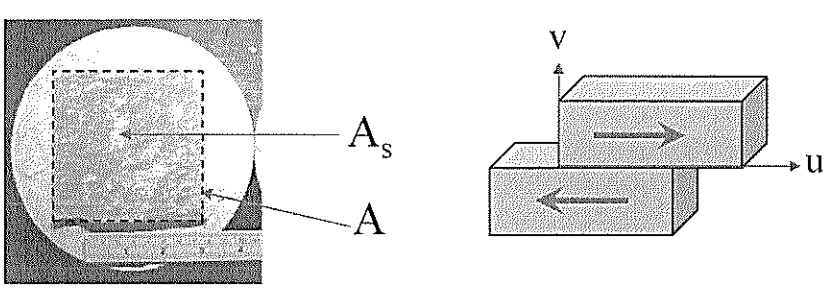
Surface Roughness

$$\tau = \frac{\sigma(1-a_s)(\dot{v} + \tan\phi) + a_s.\tau_r}{1-(1-a_s)\dot{v}\tan\phi}$$

where a_s = proportion of the discontinuity surface which is sheared through projections of intact rock material
$= A_s/A$

$\dot{v}$ = dilation rate dv/du at peak shear strength

τ_r = shear strength of the intact rock material



Ladanyi and Archambault Criterion

Shear strength proposal by Fairhurst (1964):

$$\tau_r = \sigma_J \frac{\sqrt{1+n}-1}{n}\left(1+n\frac{\sigma}{\sigma_J}\right)^{\frac{1}{2}}$$

where σ_J = uniaxial compressive strength of the rock material (σ_C)

n = ratio of uniaxial compressive to uniaxial tensile strength (σ_C/σ_T)

Hoek (1968) has suggested that, for most hard rocks, n is approximately equal to 10

$$v = \left(1-\frac{\sigma}{\sigma_J}\right)^K \tan i \quad \text{and} \quad a_s = 1-\left(1-\frac{\sigma}{\sigma_J}\right)^L$$

where, for rough rock surfaces, K = 4 and L = 1.5.

Effect of asperities on stability of sliding block

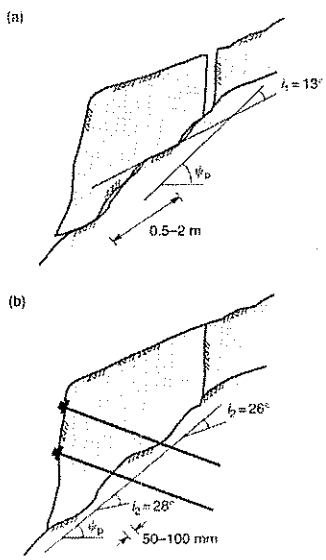


Figure 4.13 Effect of asperities on stability of sliding blocks: (a) shear strength of displaced block controlled by first-order asperities (i_1); (b) tensioned rock bolts prevent dilation along potential sliding surface and produce interlock along second-order asperities (i_2).

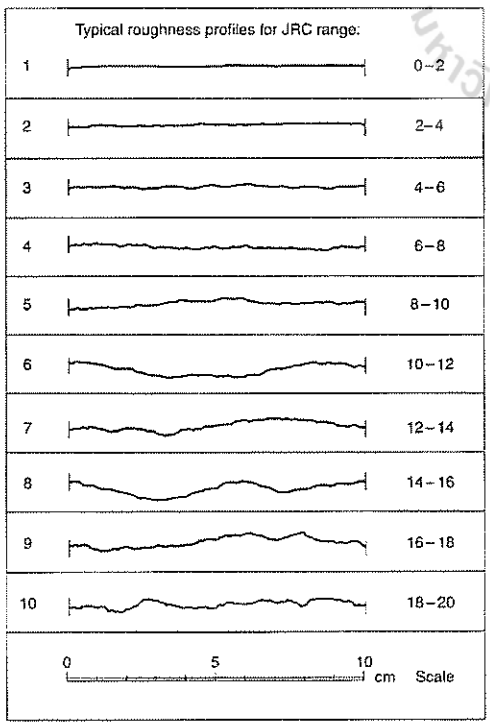
Barton Criterion

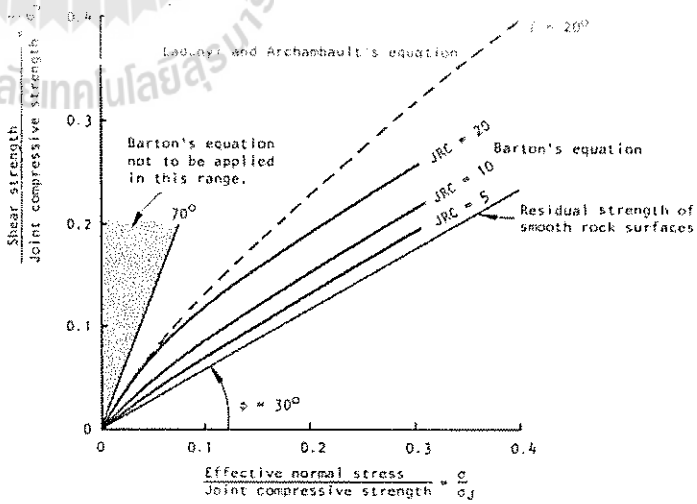
Predicting the shear strength of rough joints was proposed by Barton (1973)

$$\tau = \sigma \tan\left(\phi_b + \text{JRC}.\text{Log}_{10}\frac{\sigma_J}{\sigma}\right)$$

where JRC = Joint Roughness Coefficient

Barton Criterion





For comparison the residual strength of a smooth joint with $\phi = 30°$ and Ladanyi and Archambault's equation for $i = 20$ and $\phi = 30$

Hoek and Brown Criterion

Fractured Rock Masses *(Closely Jointed Rock Masses)*

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m\sigma_c\sigma_3 + s\sigma_c^{\,2}}$$

where σ_c = uniaxial compressive strength of the intact rock pieces and

m and s = dimensionless constants which depend upon the shape and degree of interlocking of the individual pieces of rock within the mass.

$$\tau = A\sigma_c\,(\sigma/\sigma_3 - T)^B$$

where A and B = constants defining the shape of the Mohr failure envelope and

$$T = \frac{1}{2}\left(m - \sqrt{m^2 + 4s}\right)$$

Hoek and Brown Criterion

TABLE IV - APPROXIMATE RELATIONSHIP BETWEEN ROCK MASS QUALITY AND EMPIRICAL CONSTANTS

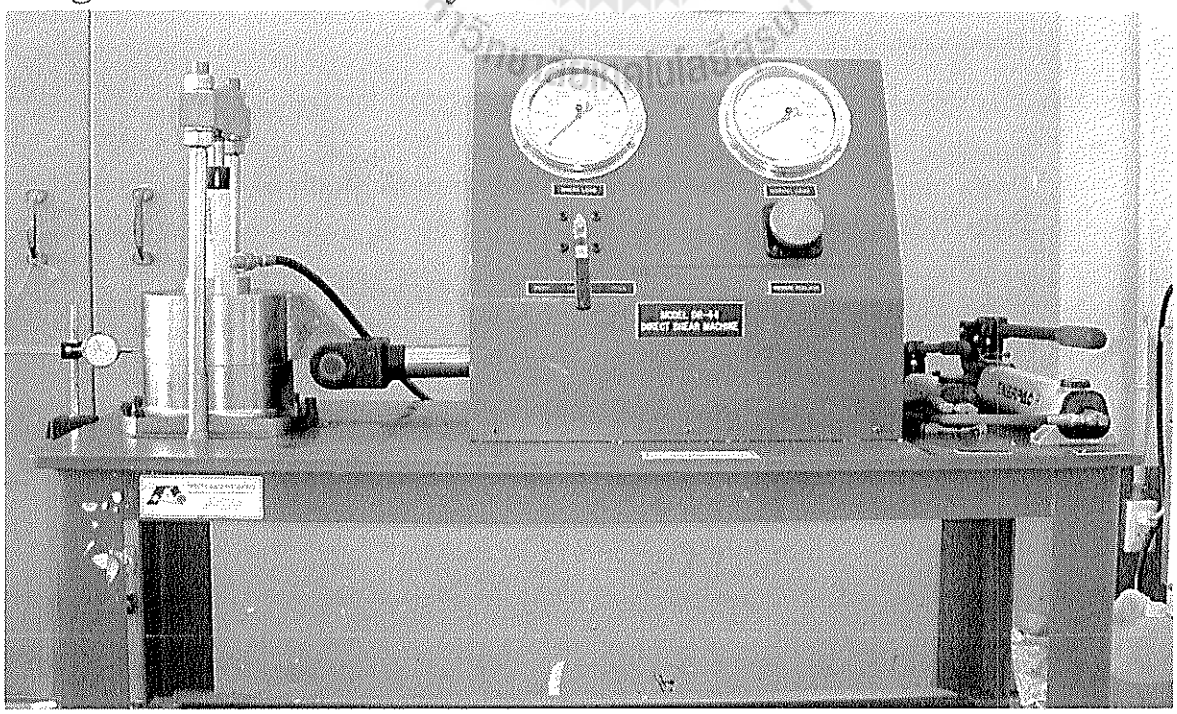
Empirical failure criterion $\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m\sigma_c\sigma_3 + s\sigma_c^2}$ $\tau = A\sigma_c(\sigma/\sigma_c - T)^B$ where $T = \frac{1}{2}(m - \sqrt{m^2 + 4s})$	CARBONATE ROCKS WITH WELL DEVELOPED CRYSTAL CLEAVAGE *dolomite, limestone and marble*	LITHIFIED ARGILLACEOUS ROCKS *mudstone, siltstone, shale and slate (normal to cleavage)*	ARENACEOUS ROCKS WITH STRONG CRYSTALS AND POORLY DEVELOPED CRYSTAL CLEAVAGE *sandstone and quartzite*	FINE GRAINED POLYMINERALLIC IGNEOUS CRYSTALLINE ROCKS *andesite, dolerite, diabase and rhyolite*	COARSE GRAINED POLYMINERALLIC IGNEOUS AND METAMORPHIC CRYSTALLINE ROCKS *amphibolite, gabbro gneiss, granite, norite and quartz-diorite.*
INTACT ROCK SAMPLES *Laboratory size specimens free from joints* CSIR rating 100 NGI rating 500	m = 7.0 s = 1.0 A = 0.816 B = 0.658 T = -0.140	m = 10.0 s = 1.0 A = 0.918 B = 0.677 T = -0.099	m = 15.0 s = 1.0 A = 1.044 B = 0.692 T = -0.067	m = 17.0 s = 1.0 A = 1.086 B = 0.696 T = -0.059	m = 25.0 s = 1.0 A = 1.220 B = 0.705 T = -0.040
VERY GOOD QUALITY ROCK MASS *Tightly interlocking undisturbed rock with unweathered joints at ±3m.* CSIR rating 85 NGI rating 100	m = 3.5 s = 0.1 A = 0.651 B = 0.679 T = -0.028	m = 5.0 s = 0.1 A = 0.739 B = 0.692 T = -0.020	m = 7.5 s = 0.1 A = 0.848 B = 0.702 T = -0.013	m = 8.5 s = 0.1 A = 0.883 B = 0.705 T = -0.012	m = 12.5 s = 0.1 A = 0.998 B = 0.712 T = -0.008
GOOD QUALITY ROCK MASS *Fresh to slightly weathered rock, slightly disturbed with joints at 1 to 3m.* CSIR rating 65 NGI rating 10	m = 0.7 s = 0.004 A = 0.369 B = 0.669 T = -0.006	m = 1.0 s = 0.004 A = 0.427 B = 0.683 T = -0.004	m = 1.5 s = 0.004 A = 0.501 B = 0.695 T = -0.003	m = 1.7 s = 0.004 A = 0.525 B = 0.698 T = -0.002	m = 2.5 s = 0.004 A = 0.603 B = 0.707 T = -0.002

Hoek and Brown Criterion

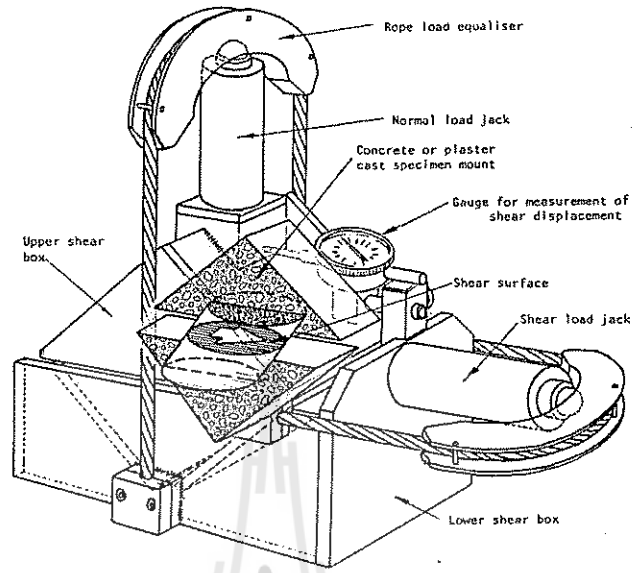
FAIR QUALITY ROCK MASS *Several sets of moderately weathered joints spaced at 0.3 to 1m.* CSIR rating 44 NGI rating 1.0	m = 0.14 s = 0.0001 A = 0.198 B = 0.662 T = -0.0007	m = 0.20 s = 0.0001 A = 0.234 B = 0.675 T = -0.0005	m = 0.30 s = 0.0001 A = 0.280 B = 0.688 T = -0.0003	m = 0.34 s = 0.0001 A = 0.295 B = 0.691 T = -0.0003	m = 0.50 s = 0.0001 A = 0.346 B = 0.700 T = -0.0002
POOR QUALITY ROCK MASS *Numerous weathered joints at 30 to 500mm with some gouge - clean waste rock.* CSIR rating 23 NGI rating 0.1	m = 0.04 s = 0.00001 A = 0.115 B = 0.646 T = -0.0002	m = 0.05 s = 0.00001 A = 0.129 B = 0.655 T = -0.0002	m = 0.08 s = 0.00001 A = 0.162 B = 0.672 T = -0.0001	m = 0.09 s = 0.00001 A = 0.172 B = 0.676 T = -0.0001	m = 0.13 s = 0.00001 A = 0.203 B = 0.686 T = -0.0001
VERY POOR QUALITY ROCK MASS *Numerous heavily weathered joints spaced < 50mm with gouge - waste with fines.* CSIR rating 3 NGI rating 0.01	m = 0.007 s = 0 A = 0.042 B = 0.534 T = 0	m = 0.010 s = 0 A = 0.050 B = 0.539 T = 0	m = 0.015 s = 0 A = 0.061 B = 0.546 T = 0	m = 0.017 s = 0 A = 0.065 B = 0.548 T = 0	m = 0.025 s = 0 A = 0.078 B = 0.556 T = 0

Shear Strength Testing

Large Scale Laboratory Tests



Portable Direct Shear Machine



Direct Shear Strength Testing

Designation: D 5607 – 02 (Reapproved 2006)

Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force[1]

This standard is issued under the fixed designation D 5607; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

Objectives: to determine shear strength of intact rock

Direct Shear Strength Testing

Apparatus

1) Direct Shear Machine
2) Pressure Maintain Device
3) Displacement Measurement Device

Specimens

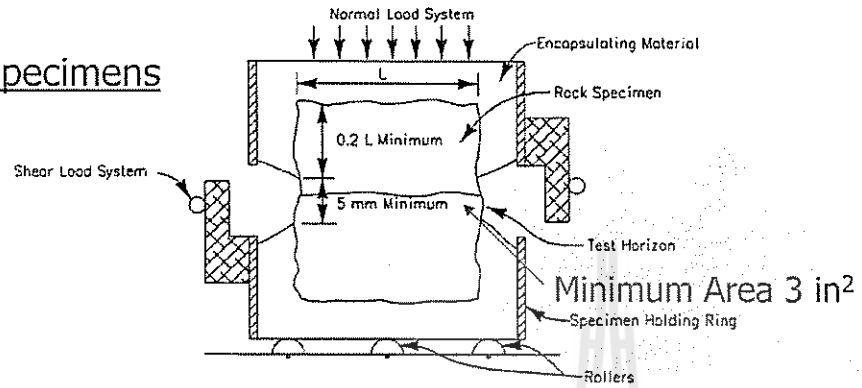
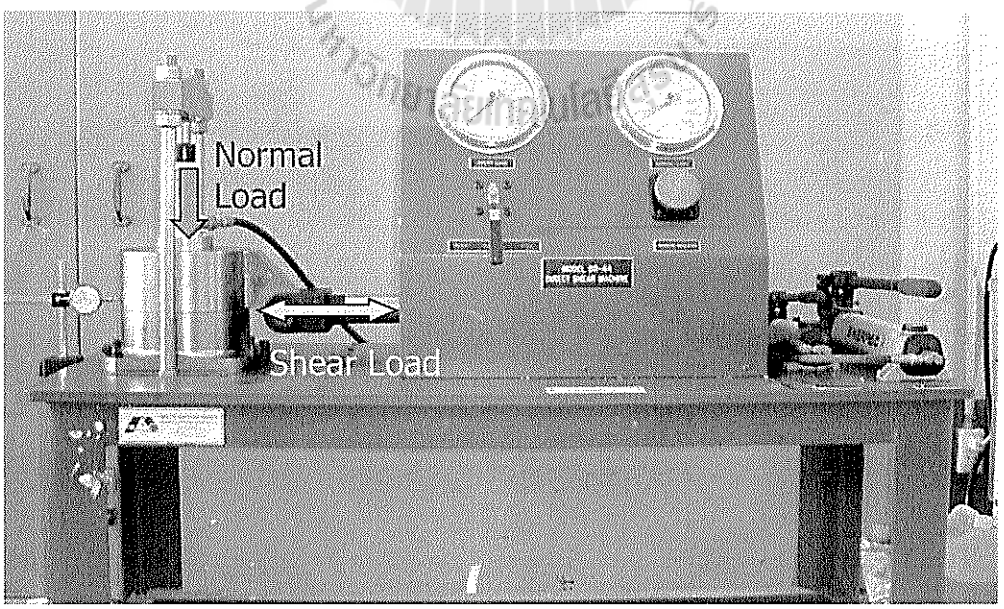


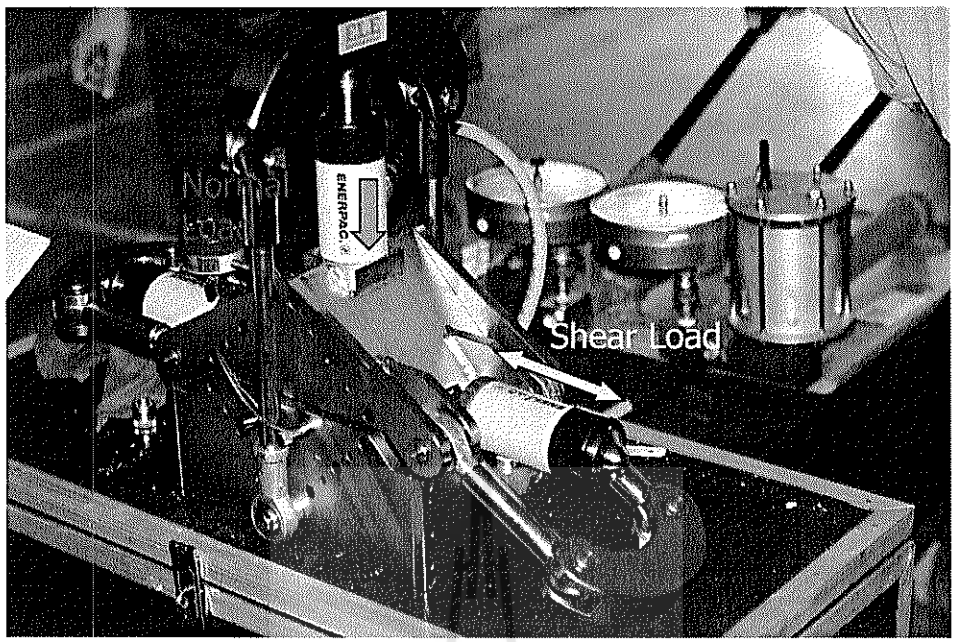
FIG. 2 Schematic Test Setup—Direct Shear Box with Encapsulated Specimen

Direct Shear Strength Testing



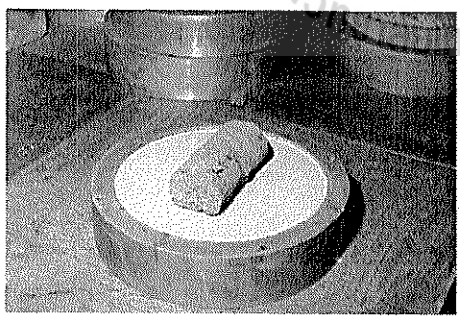
Laboratory Direct Shear Machine

Direct Shear Strength Testing



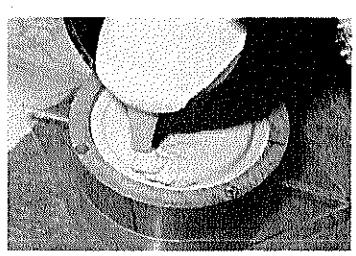
Portable Direct Shear Machine

Direct Shear Strength Testing



Note 1—In both Fig. 5 and Fig. 6 the shear box is cylindrical. Square boxes work just as well.

FIG. 6 Lower Half of a Specimen Encapsulated in Holding Ring



Note 1—Note the split plastic plates for isolating the shear zone.

FIG. 3 View Showing Pouring Encapsulating Material Around Upper Half of Specimen

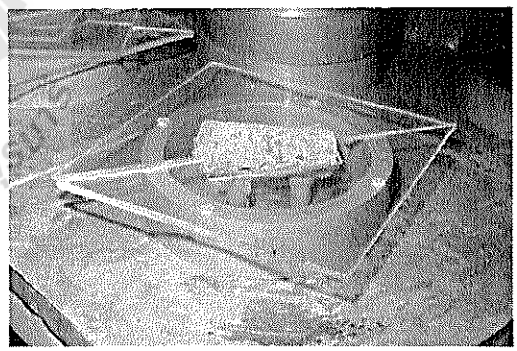
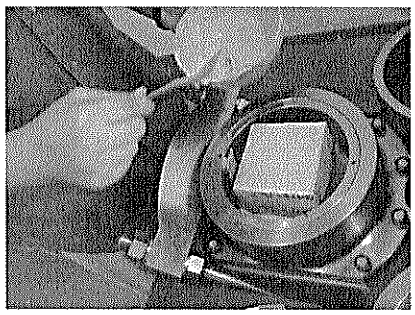
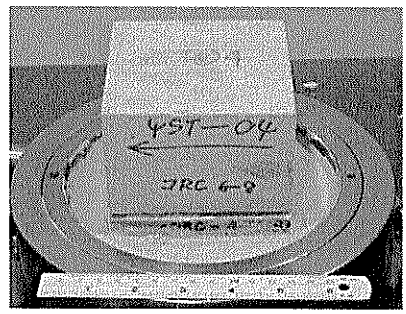
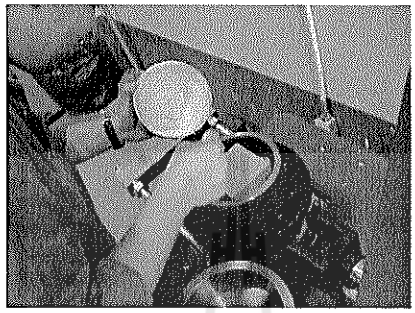
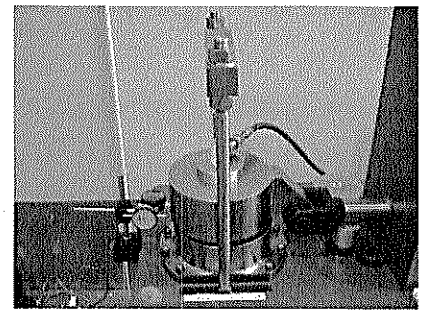


FIG. 5 Specimen Supported in Place By Modeling Clay Pins Which Are Removed After Encapsulating Material Cures and the Resulting Holes Filled With Encapsulating Material

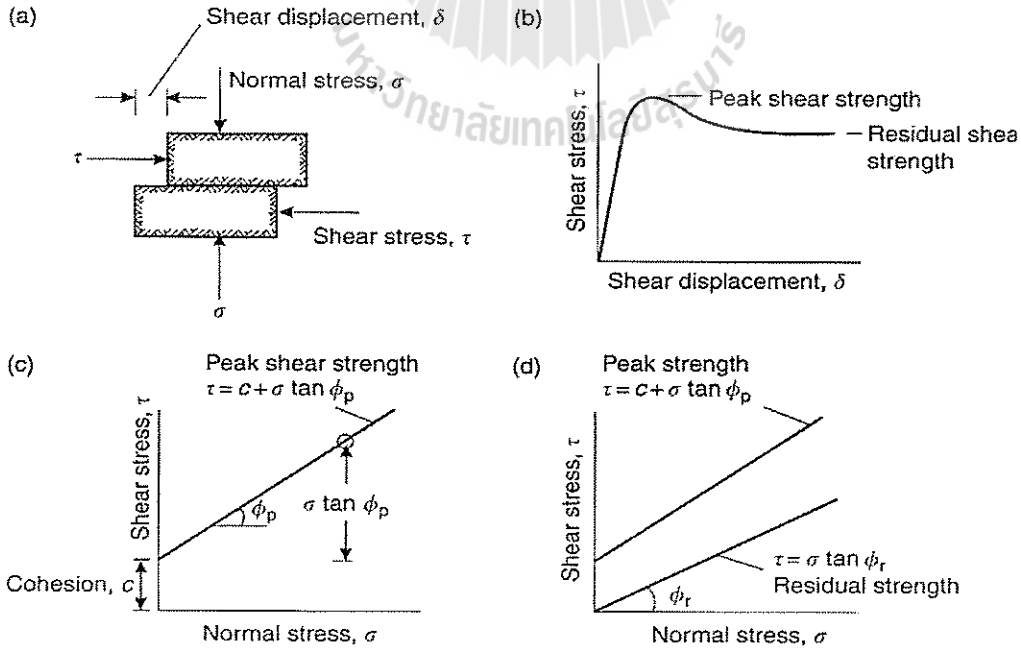
FIG. 7 Removing Spacer Plates After Encapsulating Material Has Cured

Direct Shear Strength Testing

Direct Shear Strength Testing



Direct Shear Strength Testing

Calculate the following engineering stresses:

$$\text{Apparent normal stress } \sigma = \frac{P_n}{A}$$

$$\text{Apparent shear stress } \tau = \frac{P_s}{A}$$

where:
P_n = normal load,
P_s = shear load, and
A = nominal initial cross-sectional area

For Core Specimens

the area is determined by:

$$A = \frac{\pi D^2}{4 \cos\Theta}$$

where:
D = core diameter, and
Θ = angle of tip.

Direct Shear Strength Testing

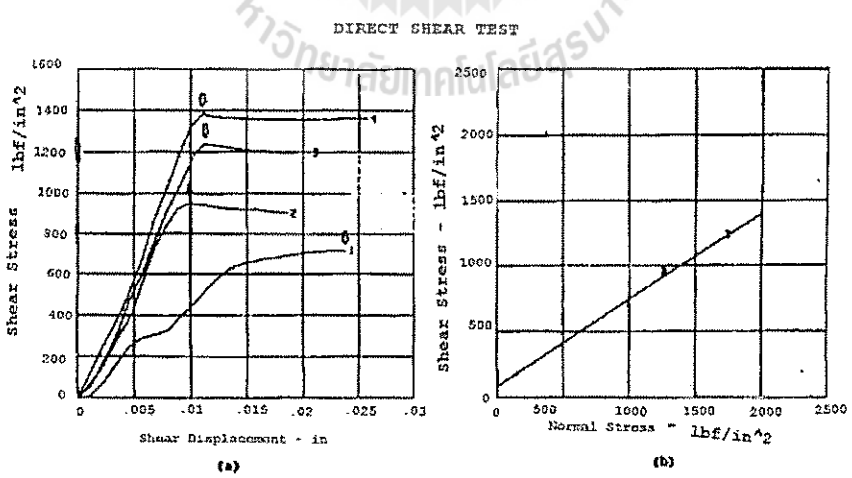
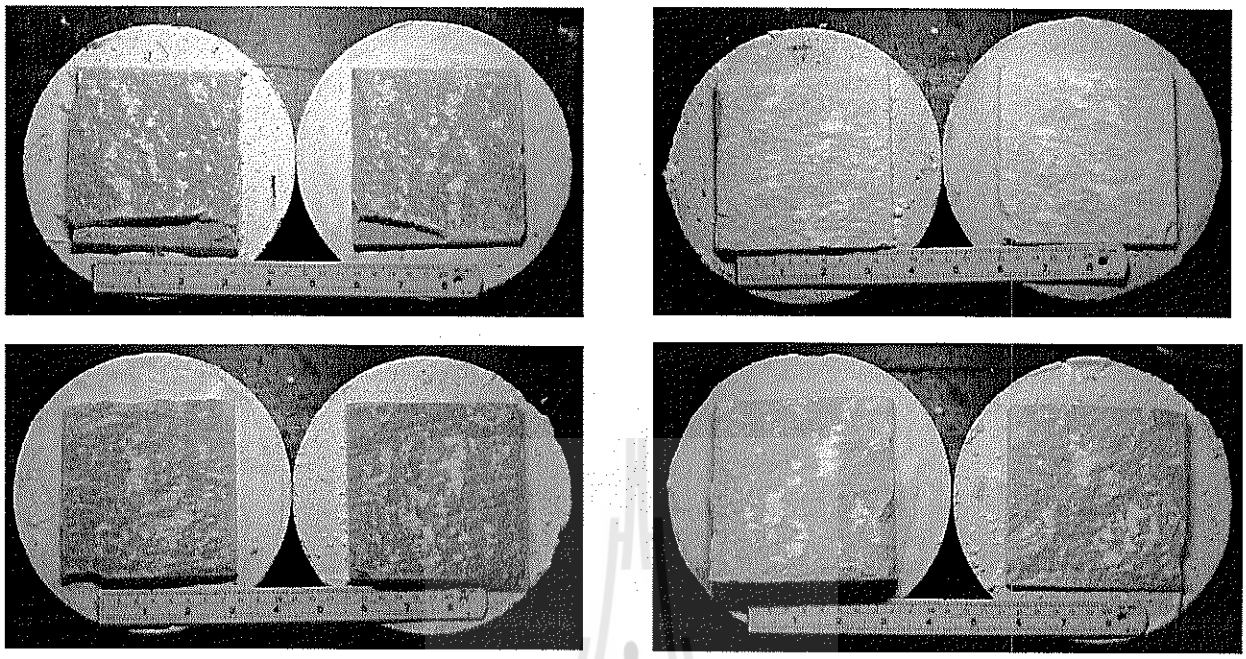


FIG. 8 Typical Presentation Sliding Friction Test Results: (a) Shear Stress and Shear Displacement and (b) Shear Strength and Normal Stress

Direct Shear Strength Testing

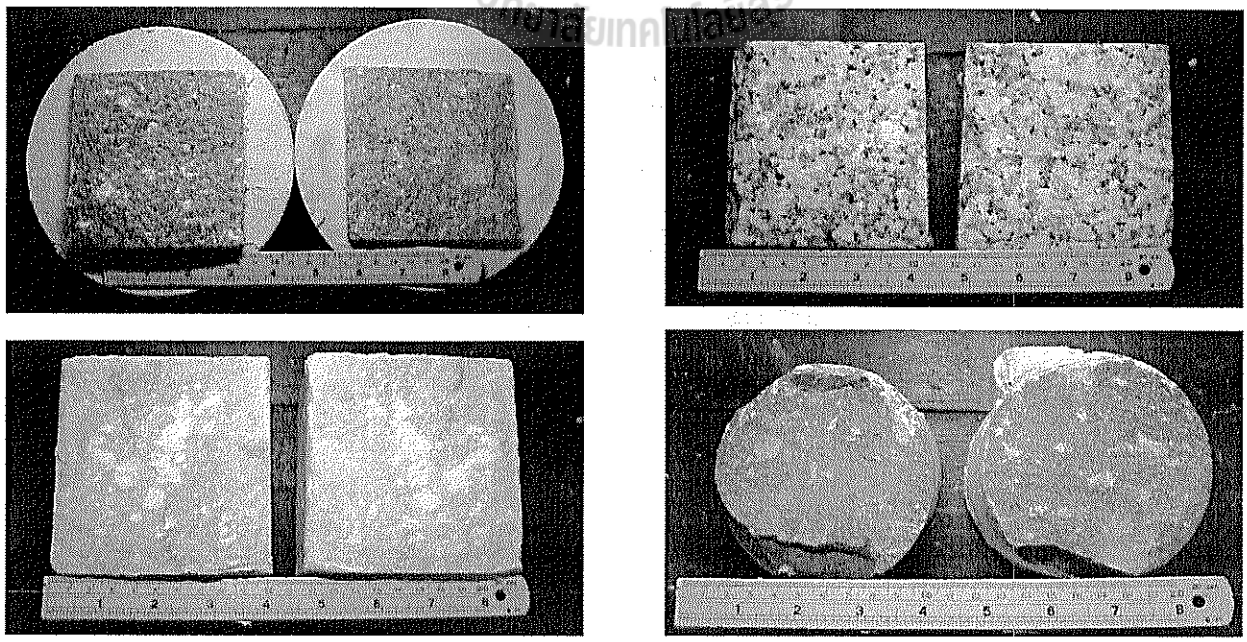
Post-Tested



57

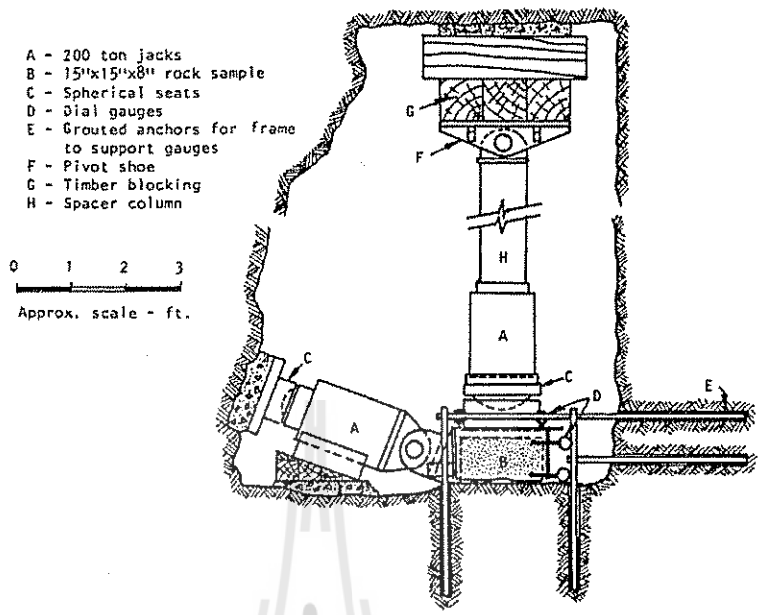
Direct Shear Strength Testing

Post-Tested



58

Field (In-situ) Tests



In-situ Direct Shear Tests

Designation: D 4554 – 02 (Reapproved 2006)

Standard Test Method for
In Situ Determination of Direct Shear Strength of Rock Discontinuities[1]

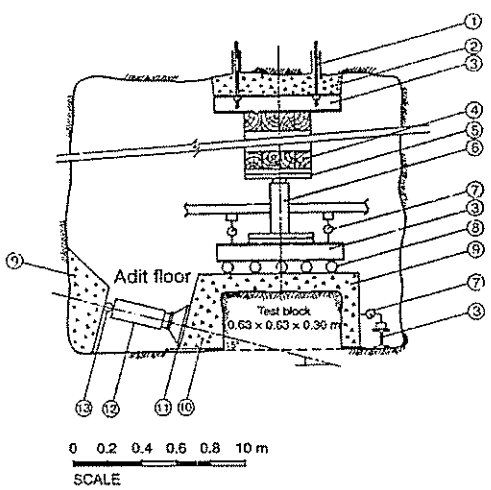


Figure 4.24 Typical set up for an *in situ* direct-shear test in an adit (Saint Simon *et al.*, 1979).
1. Rock anchor. 2. Hand-placed concrete. 3. WF beam. 4. Hardwood. 5. Steel plates. 6. 30 ton jack. 7. Dial gauge. 8. Steel rollers. 9. Reinforced concrete. 10. Bearing plate. 11. Styrofoam. 12. 50 ton jack. 13. Steel ball.

Direct Shear Tests

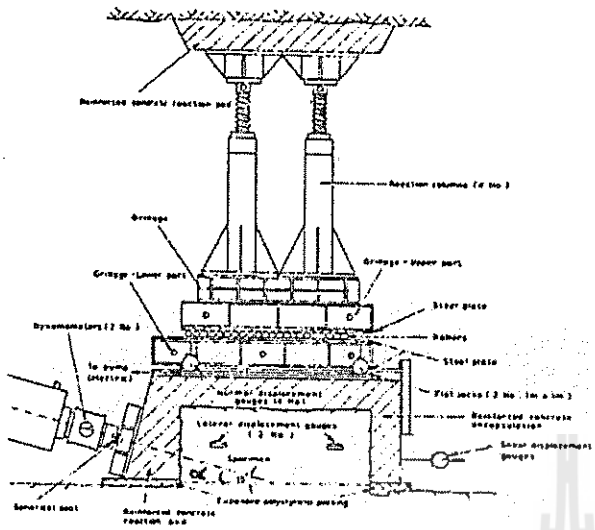
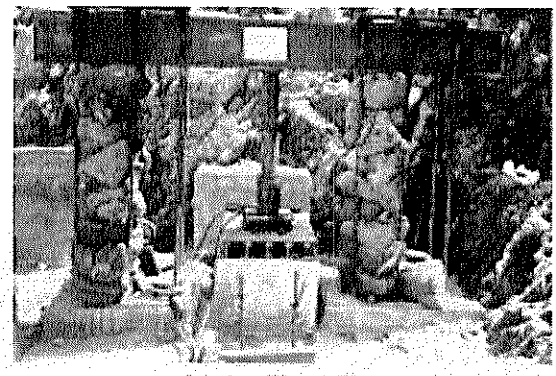


FIG. 3 Typical Arrangement of Equipment for In Situ Direct Shear Test



In situ Shear Test

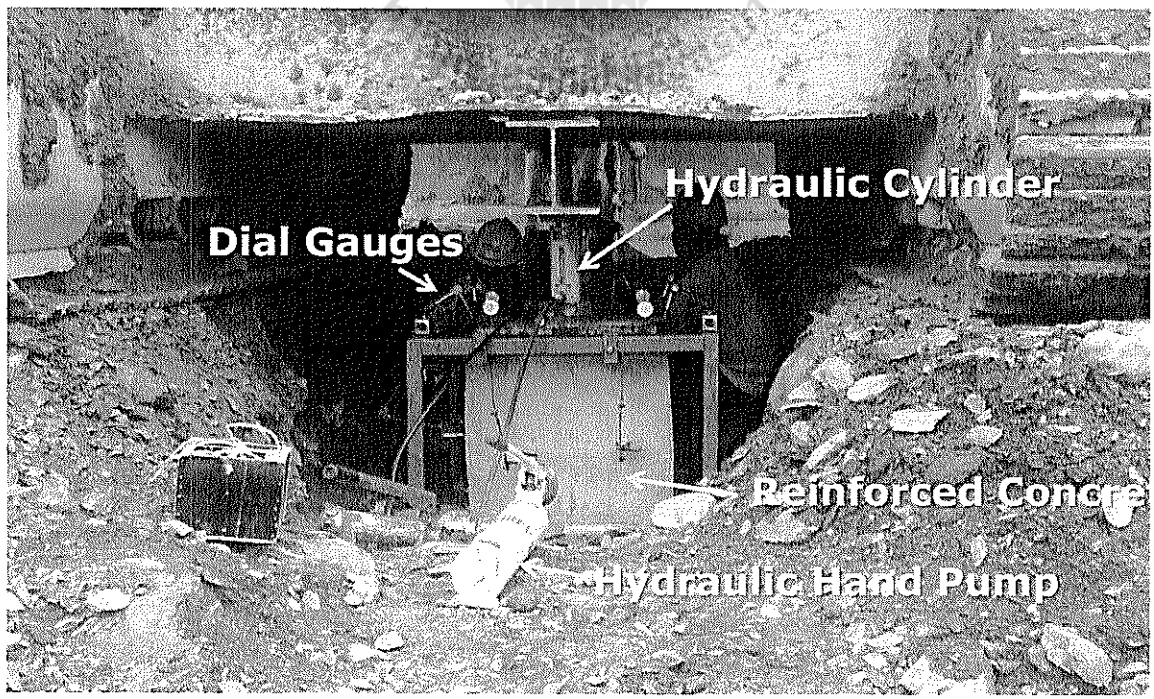
Direct Shear Tests

Xayaburi Hydroelectric Power Project, LAOS PDR

Direct Shear Tests

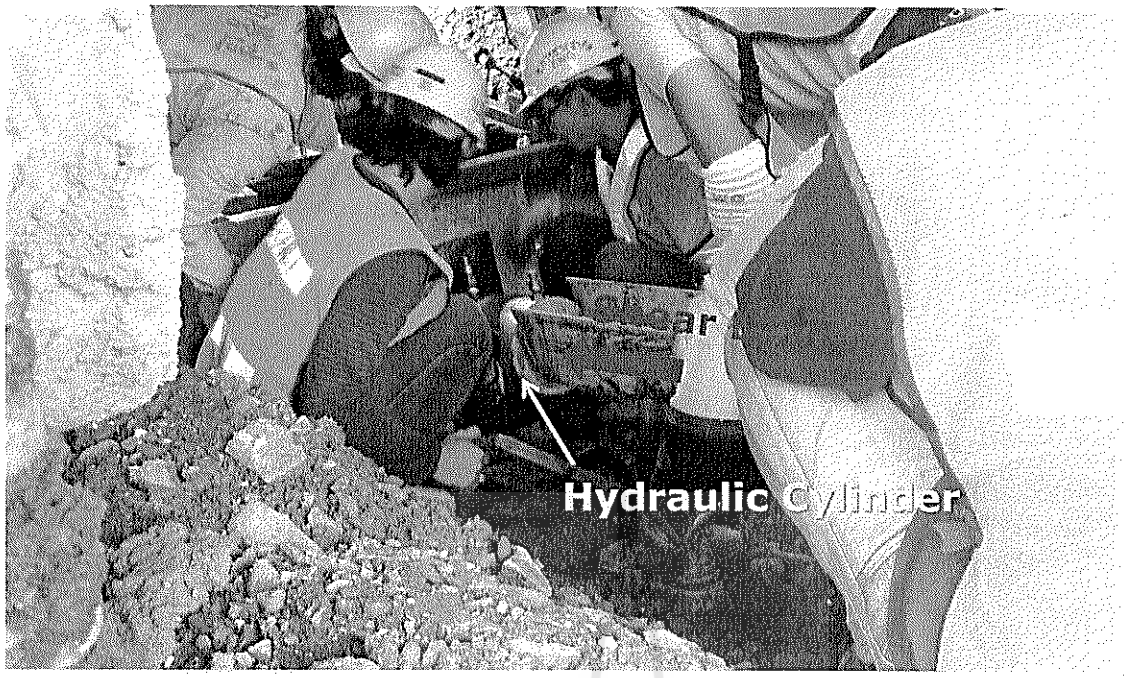
Xayaburi Hydroelectric Power Project, LAOS PDR

Direct Shear Tests



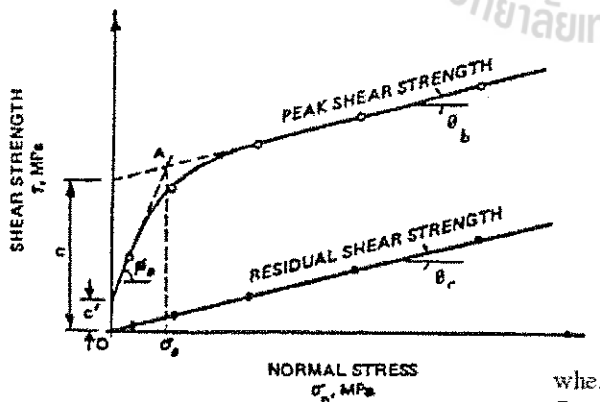
Xayaburi Hydroelectric Power Project, LAOS PDR

Direct Shear Tests



Xayaburi Hydroelectric Power Project, LAOS PDR

Direct Shear Tests

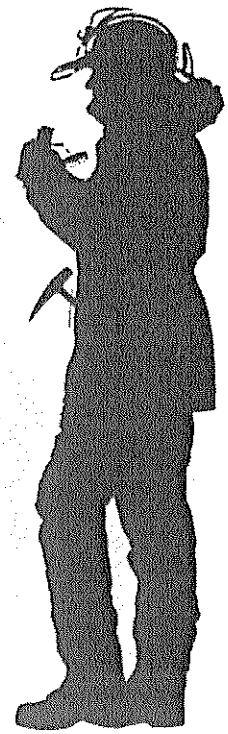


$$\text{Shear stress, } \tau = \frac{P_s}{A} = \frac{P_{sa}\,(\cos\alpha)}{A}$$

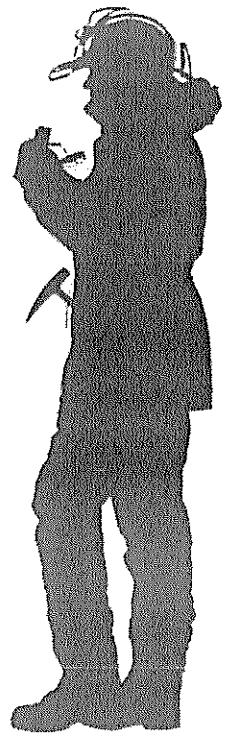
$$\text{Normal stress, } \sigma_N = \frac{P_n}{A} = \frac{P_{na} + P_{sa}\,(\sin\alpha)}{A}$$

where:

P_s = total shear force, MPa,
P_n = total normal force, MPa,
P_{sa} = applied shear force, MPa
P_{na} = applied normal force, MPa,
α = inclination of the applied shear force to the shear plane; if $\alpha = 0$, $\cos\alpha = 1$, and $\sin\alpha = 0$, and
A = area of shear surface overlap (corrected to account for shear displacement), mm.



67

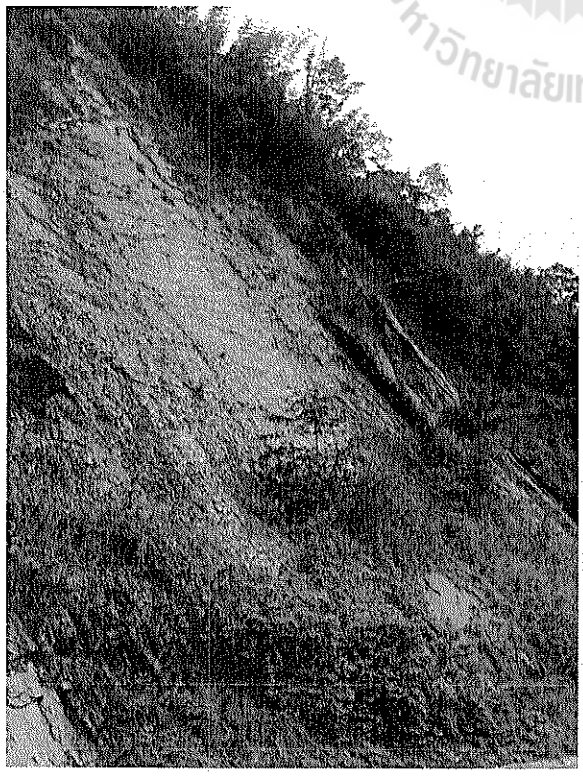


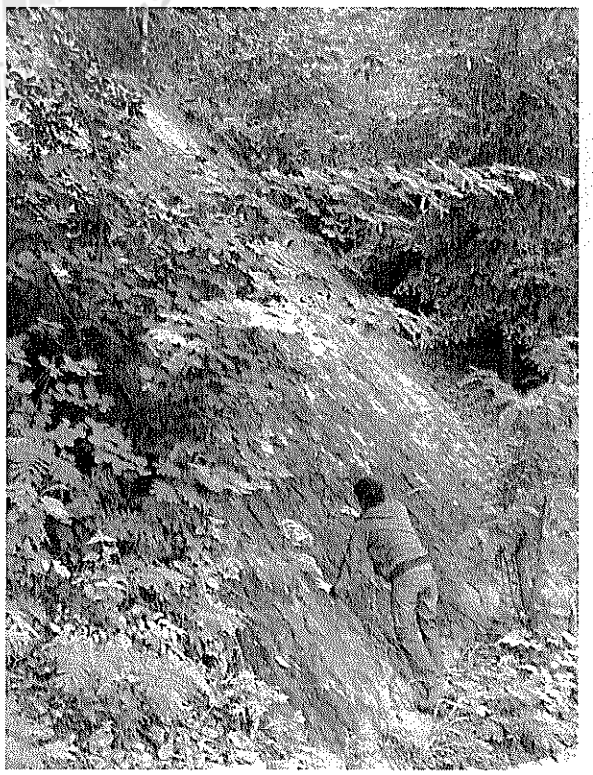
68

Plane Failure

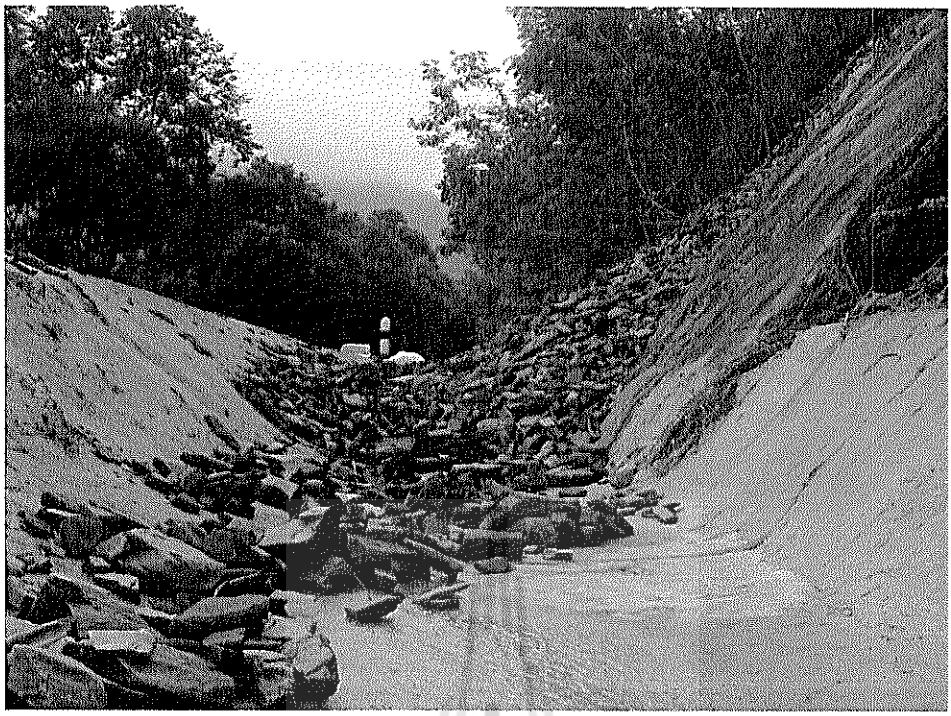
Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

Plane Failure





Plane Failure



5

General Condition for Plane Failure

- Rare
- Strike of sliding plane // strike of slope face (± 20 degrees)
- Daylight ($\psi_f > \psi_p$)
- Overcome friction angle ($\psi_p > \phi$)
- Upper end of sliding surface intersects upper slope / tension crack
- Release surface

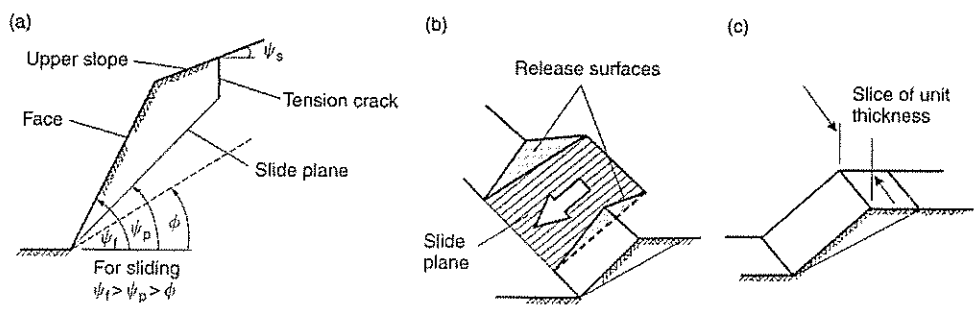


Figure 6.2 Geometry of slope exhibiting plane failure: (a) cross-section showing planes forming a plane failure; (b) release surfaces at ends of plane failure; (c) unit thickness slide used in stability analysis.

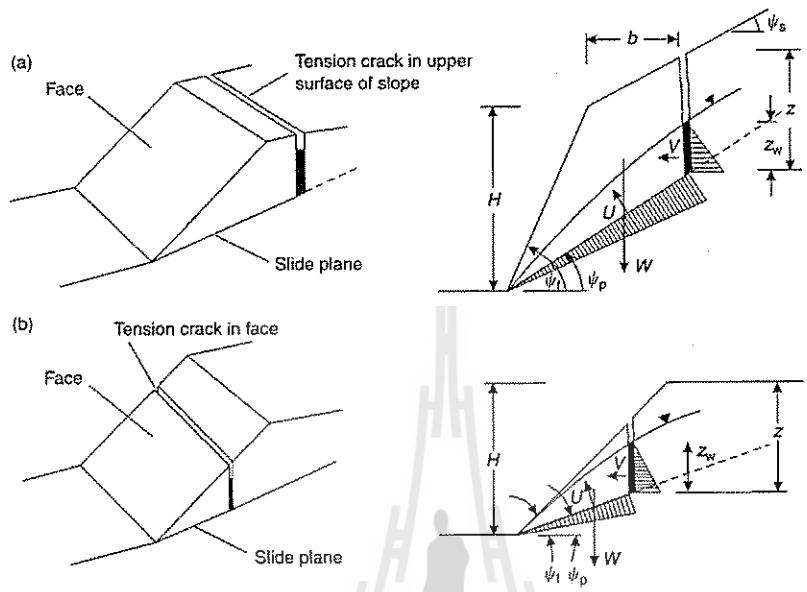
6

Plane Failure Analysis

The geometry of the slope is defined two cases:

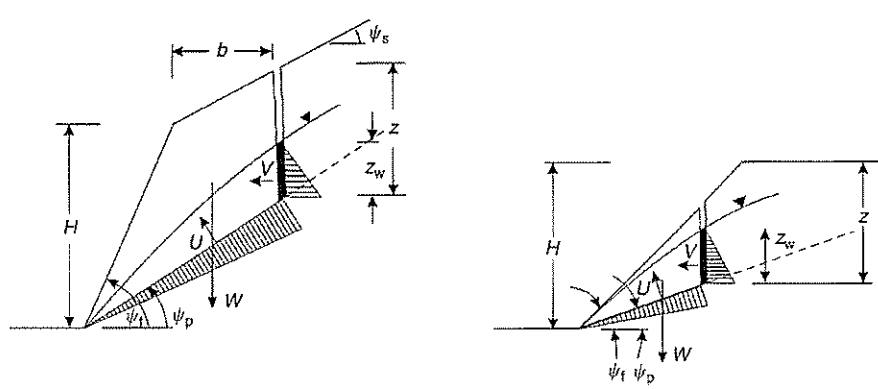
(a) A slope having a tension crack in its upper surface

(b) A slope with a tension crack in its face.

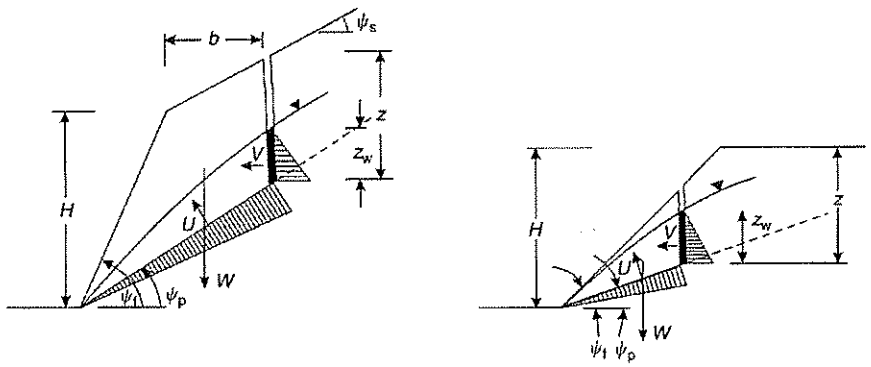


Assumptions Required for Analysis

- Both sliding surface and tension crack strike parallel to the slope surface.
- The tension crack is vertical and is filed with water to a depth z_w.
- Water in sliding surface and tension crack subjected to atmospheric pressure.
- All forces act through the centroid of the sliding mass.
- Using Coulomb criterion, $\tau = c + \sigma \text{ Tan } \phi$
- Release surfaces is no resistance to sliding.

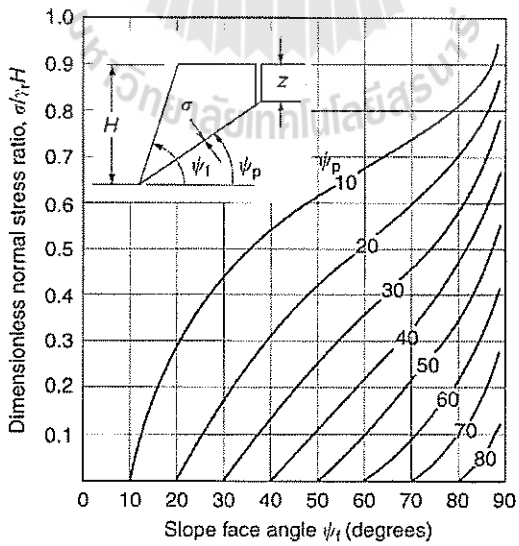


Symbols



A	=	area of sliding block	ψ_f	=	dip angle of slope face
U	=	uplift force	ψ_p	=	dip angle of failure plane
V	=	water pressure in tension crack	ψ_s	=	dip angle of upper slope face
H	=	slope height	γ_w	=	unit weight of water
b	=	horizontal distance b/w slope crest & tension crack	γ_r	=	unit weight of rock
			z	=	depth of tension crack
W	=	weight of sliding block	z_w	=	vertical depth of filled water

Normal Stress acting on Slide Plane



$$\frac{\sigma}{\gamma_r H} = \frac{[(1-(z/H)^2)\cot\psi_p - \cot\psi_f]\sin\psi_p}{2(1-z/H)}$$

where $z/H = 1-(\cot\psi_f \tan\psi_p)^{1/2}$, and $\psi_s = 0$

F.S. Calculations

$$F.S. = \frac{\text{Resisting Force}}{\text{Driving Force}}$$

$$F.S. = \frac{cA + (W.\cos\psi_p - U - V.\sin\psi_p)\tan\phi}{W.\sin\psi_p + V.\cos\psi_p}$$

where

$A = (H + b.\tan\psi_s - z).\ \text{cosec}\ \psi_p$

$U = \frac{1}{2}\gamma_w . z_w (H + b.\tan\psi_s - z) . \text{cosec}\ \psi_p$

$V = \frac{1}{2}\gamma_w . z^2_w$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

F.S. Calculations

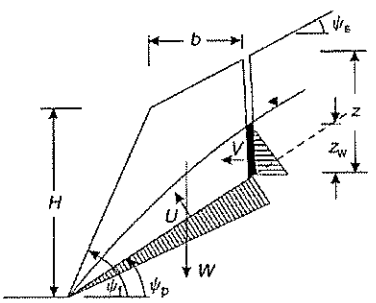
For the tension crack in the upper slope surface

$W = \gamma_r[(1-\cot\psi_f \tan\psi_p)(bH + \frac{1}{2}H^2 \cot\psi_f) + \frac{1}{2}b^2(\tan\psi_s - \tan\psi_p]$

(for ψ_s= dip angle of upper slope face)

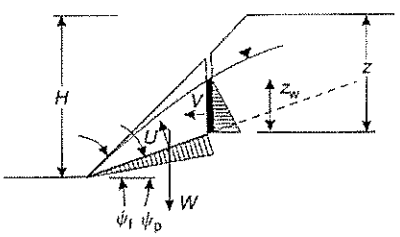
$W = \frac{1}{2}\gamma_r H^2 [(1 - (z/H)^2)\cot\psi_p - \text{Cot}\ \psi_f]$

(for ψ_s= 0, upper slope face is horizontal)



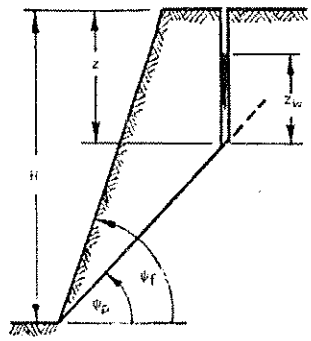
For the tension crack in the slope face

$W = \frac{1}{2}\gamma_r H_2 [(1 - z/H)^2 \cot\psi_p (\cot\psi_p . \tan\psi_f - 1)]$



Simplify the Calculations

In case of $\psi_s = 0$, upper slope face is horizontal, following dimensionless form :



$$F.S. = \frac{(2c/\gamma_r H).P + (Q.\cot\psi_p - R(P+S))\tan\phi}{Q + R.S\cot\psi_p}$$

where $P = (1 - z/H).\ \text{cosec}\ \psi_p$

(a) tension crack is in the upper slope surface:

$$Q = [(1 - z/H)^2)\ \cot\psi_p - \cot\psi_f\ ]\ \sin\psi_p$$

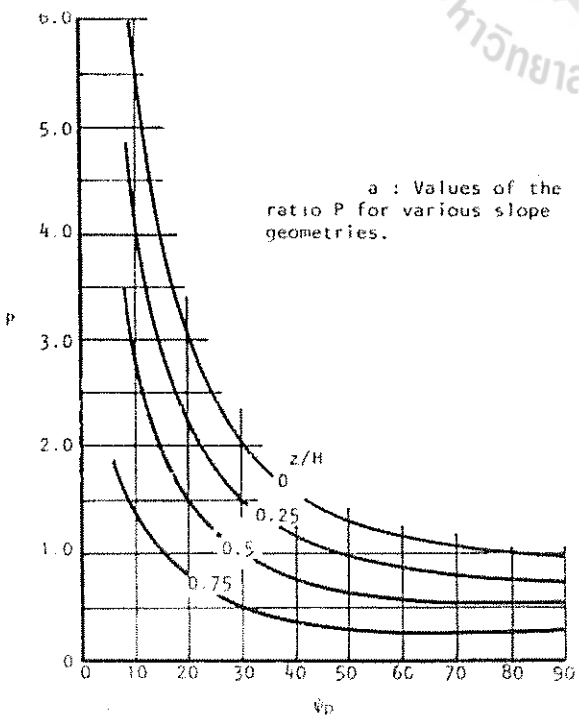
(b) tension crack is in the slope face:

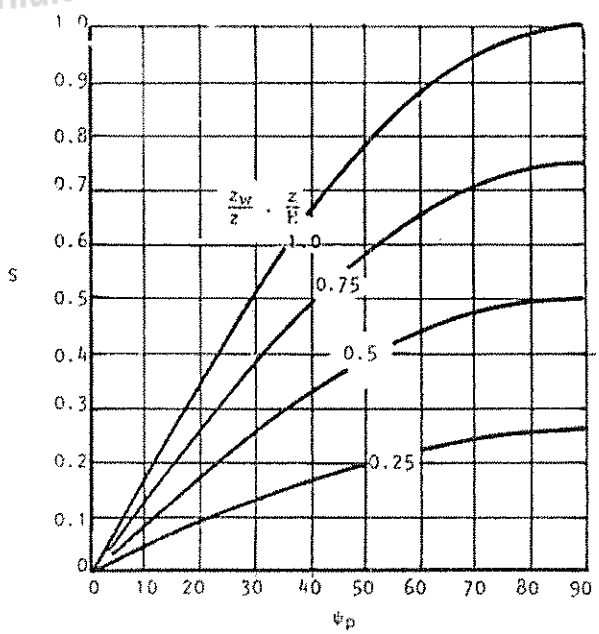
$$Q = [(1 - z/H)^2\ \cos\psi_p\ (\cot\psi_p\ .\ \tan\psi_f - 1)]$$

$$R = \frac{\gamma_w}{\gamma_r}.\frac{z_w}{z}.\frac{z}{H}$$

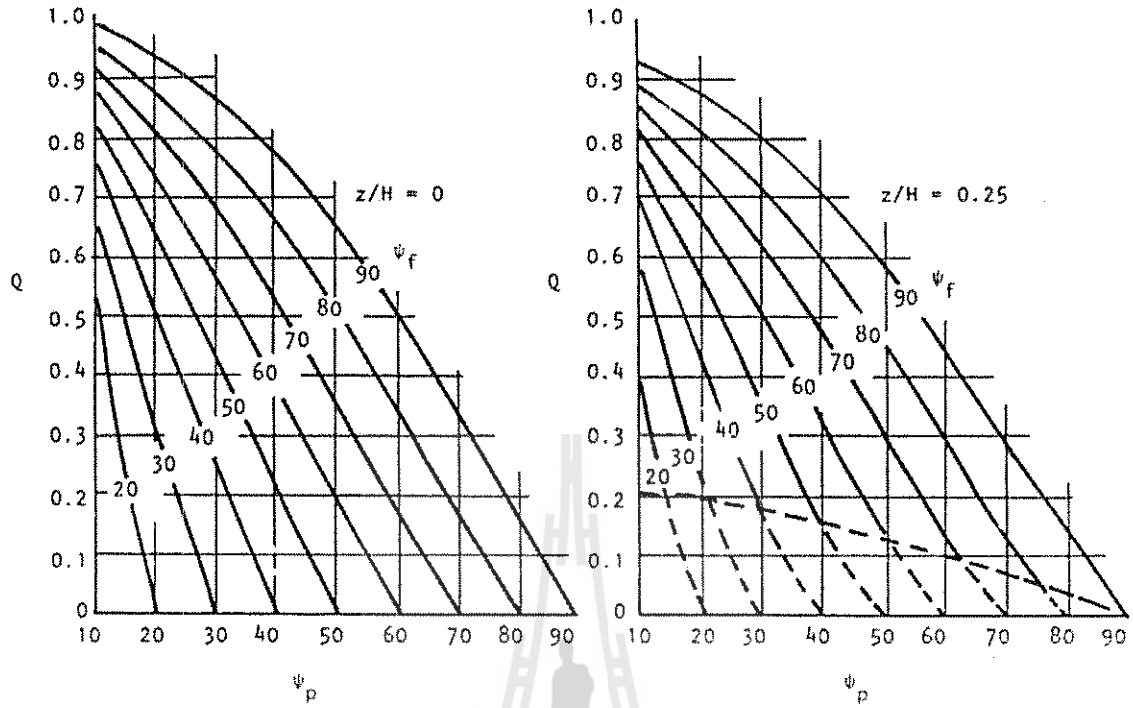
$$S = \frac{z_w}{z}.\frac{z}{H}\sin\psi_p$$

P - chart & S - chart



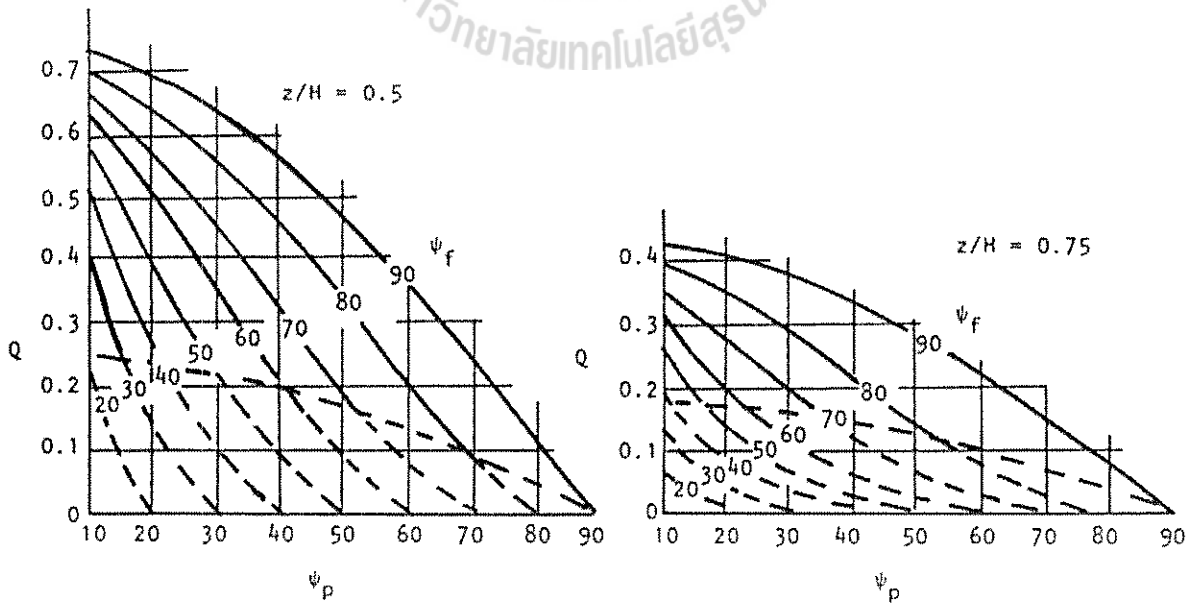


Q - chart



15

Q - chart



16

Influence of Groundwater

Dry slopes (forces V and U are both zero)

$$F.S. = \frac{c.A}{W.\sin\psi_p} + \cot\psi_p.\tan\phi$$

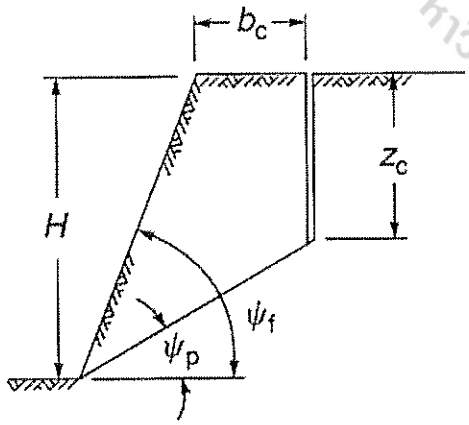
$$F.S. = \frac{2c}{\gamma_r H}.\frac{P}{W} + \cot\psi_p.\tan\phi$$

Water in tension crack only (uplift force U = 0)

$$F.S. = \frac{c.A + (W.\cos\psi_p - V.\sin\psi_p)\tan\phi}{W.\sin\psi_p + V.\cos\psi_p}$$

$$F.S. = \frac{2c/\gamma_r H.P + (Q.\cot\psi_p - RS)\tan\phi}{Q + RS.\cot\psi_p}$$

Critical Tension Crack Depth and Location



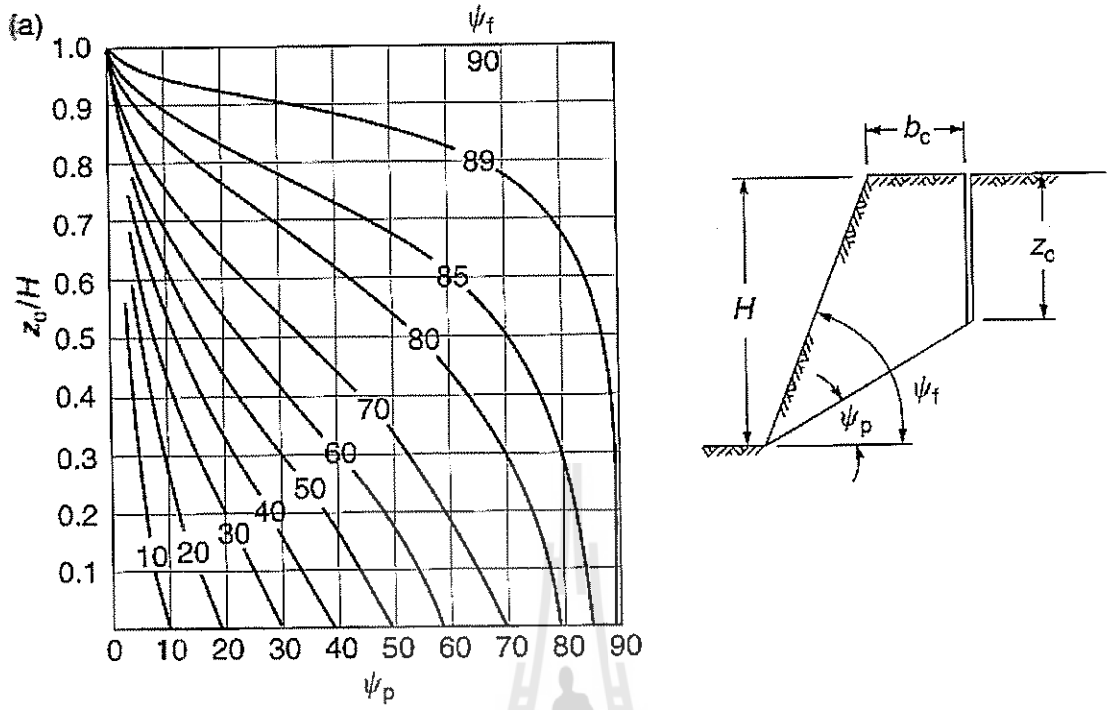
critical tension crack depth (z_c)

$$z_c/H = 1 - \sqrt{\mathrm{Cot}\,\psi_f\,.\,\mathrm{Tan}\,\psi_p}$$

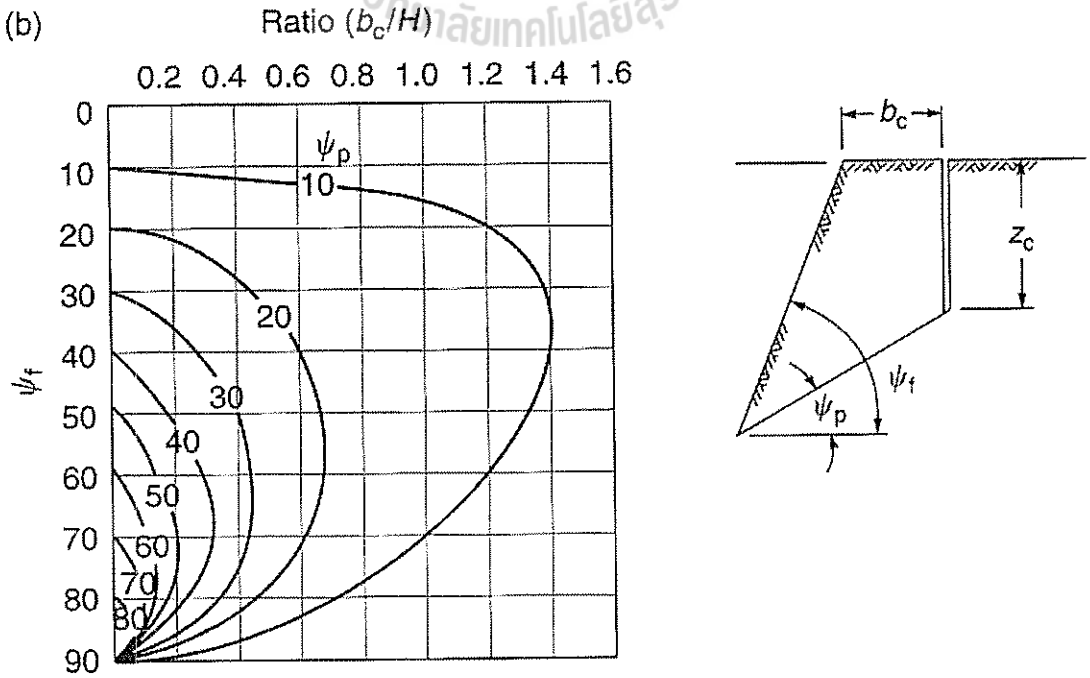
position of the tension crack (b_c)

$$b_c/H = \sqrt{\cot\psi_f\,.\cot\psi_p} - \cot\psi_f$$

Critical Tension Crack Depth (dry slope)



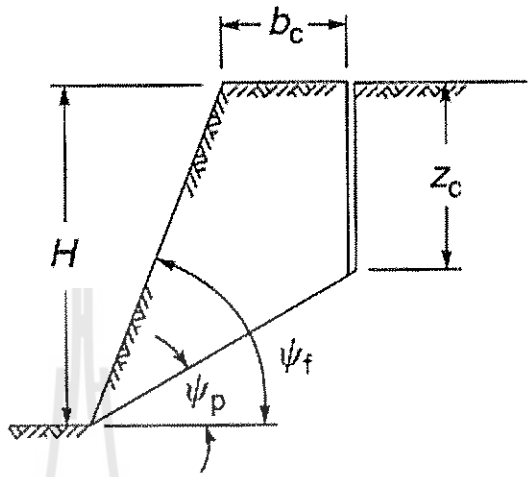
Critical Tension Crack Location (dry slope)



Critical Slide Plane Inclination

For dry slopes this gives the critical failure plane inclination ψ_{pc} as

$$\psi_{pc} = \tfrac{1}{2}(\psi_f + \phi)$$



Analysis of Failure on a Rough Plane

For dry slope, U=V=0

$$F.S. = \frac{\tau A}{W \sin \psi_p}$$

$$F.S. = \frac{\sigma \tan(\phi + JRC \log_{10}(\sigma_j / \sigma))A}{W \sin \psi_p}$$

Sub $\sigma = \frac{W \cos \psi_p}{A}$ in Equation

$$F.S. = \frac{\tan(\phi + JRC \log_{10}(\sigma_j / \sigma))}{\tan \psi_p}$$ Barton Criterion

$$F.S. = \frac{\tan(\phi + i)}{\tan \psi_p}$$ Patton Criterion

Reinforcement of a Slope

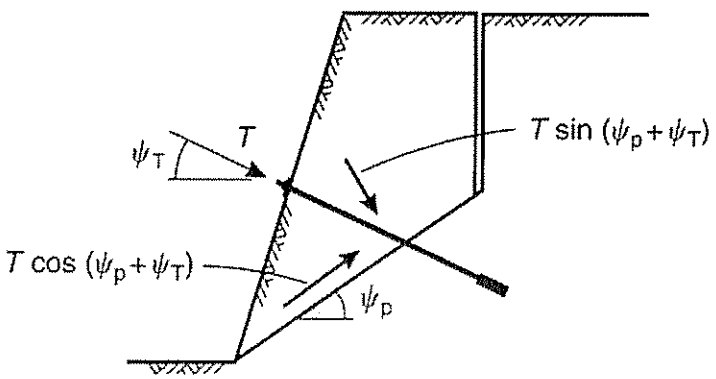
-Reinforcement with Tensioned Anchors

-Reinforcement with Fully Grouted Untensioned Dowels

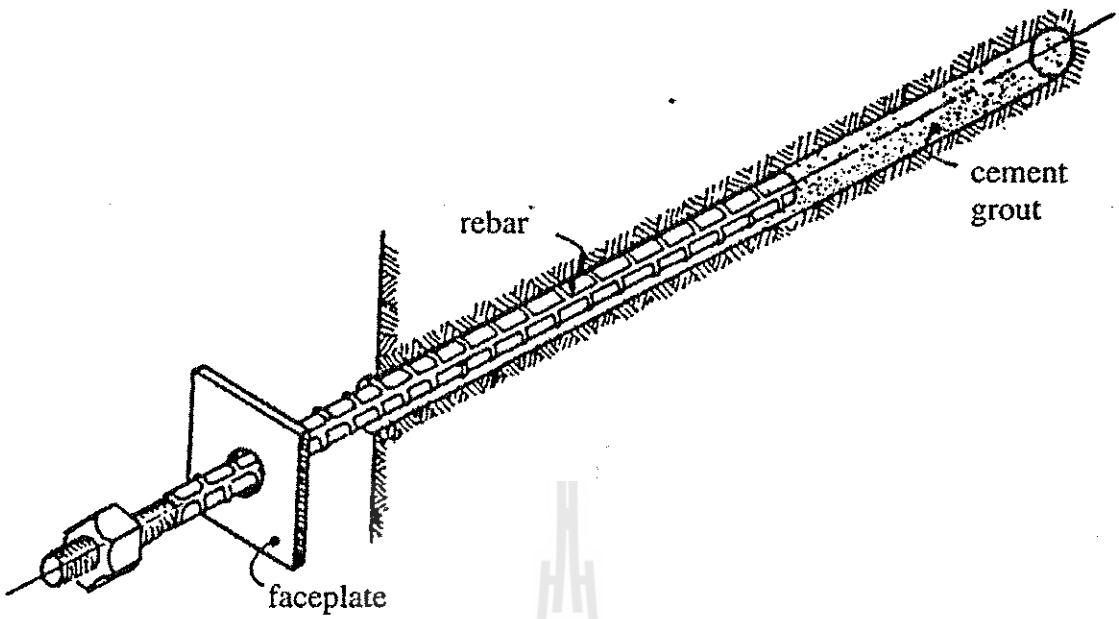
-Reinforcement with Buttresses

Reinforcement with Tensioned Anchors

$$F.S. = \frac{cA + (W.\cos\psi_p - U - V.\sin\psi_p + T.\cos(\psi_T + \psi_p))\tan\phi}{W.\sin\psi_p + V.\cos\psi_p - T.\sin(\psi_T + \psi_p)}$$



Reinforcement with Fully Grouted Untensioned Dowels



Reinforcement with Fully Grouted Untensioned Dowels

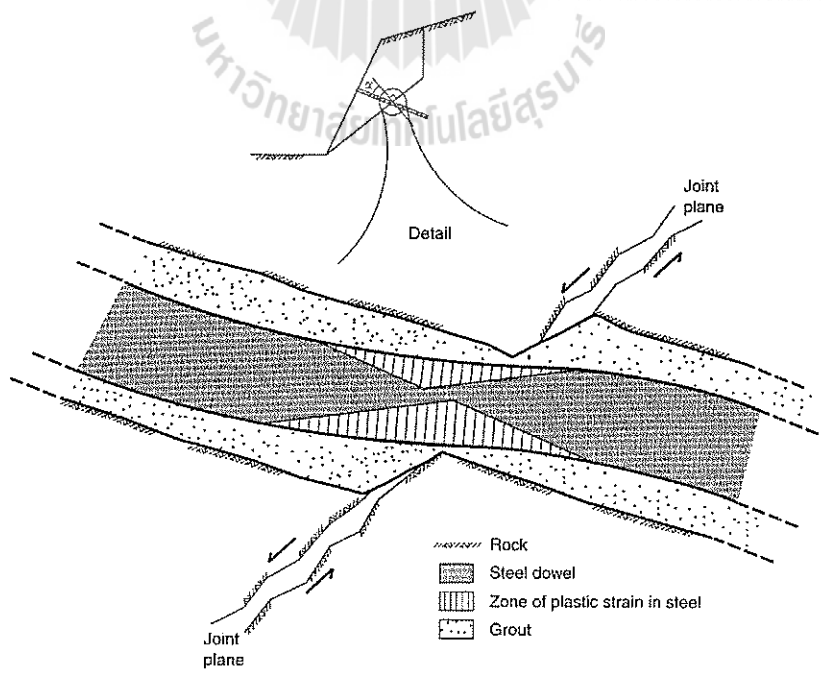


Figure 6.9 Strain in fully grouted steel dowel due to shear movement along joint (modified from Spang and Egger (1990)).

Reinforcement with Fully Grouted Untensioned Dowels

$$F.S. = \frac{cA + N\tan\phi + R_b}{S}$$

$$F.S. = \frac{cA + (W.\cos\psi_p - U - V.\sin\psi_p)\tan\phi + R_b}{W.\sin\psi_p + V.\cos\psi_p}$$

$$R_b = \sigma_{t(s)}[1.55 + 0.011\sigma_{ci}^{1.07}\sin^2(\alpha + i)] \times \sigma_{ci}^{-0.14}(0.85 + 0.45\tan\phi)$$

R_b = shear resistance of dowel joint (kN)
i = roughness of joint (asperities)
α = dowel inclination (about b/w 30-45 degrees)
σ_{ci} = compressive strength of rock and grout (MPa)
$\sigma_{t(s)}$ = tensile strength of steel bar (kN)

by Spang and Egger (1990)

Reinforcement with Buttresses

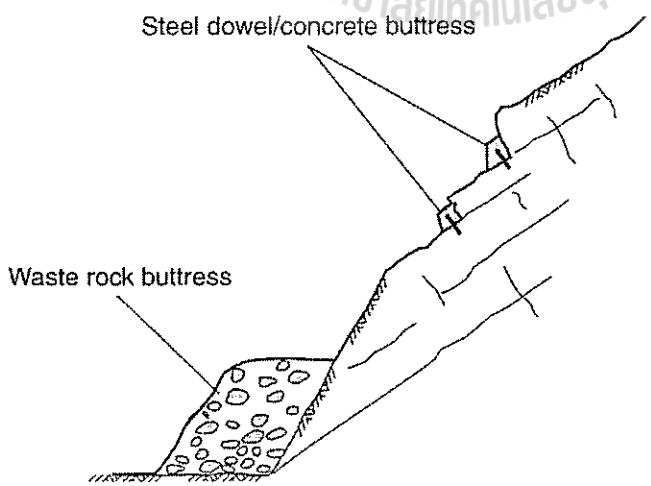
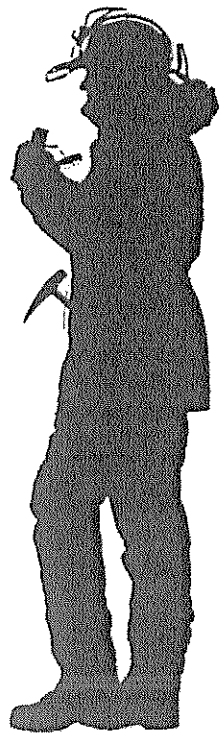
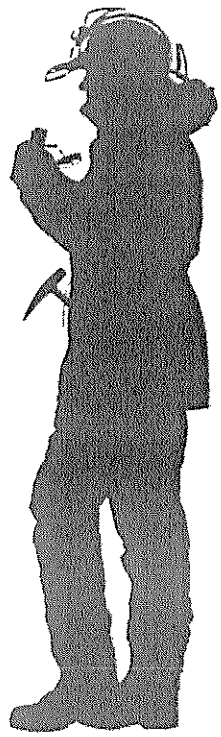


Figure 6.10 Reinforcement of slope with buttresses.

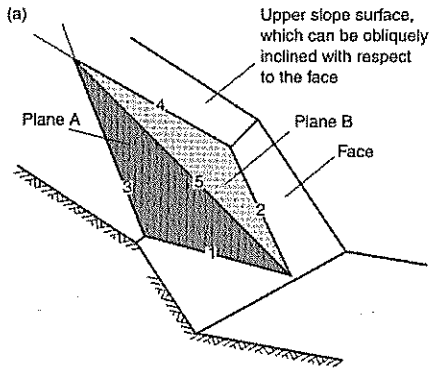


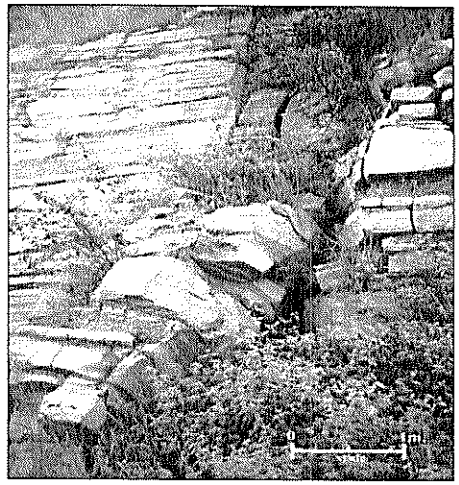
29



30

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

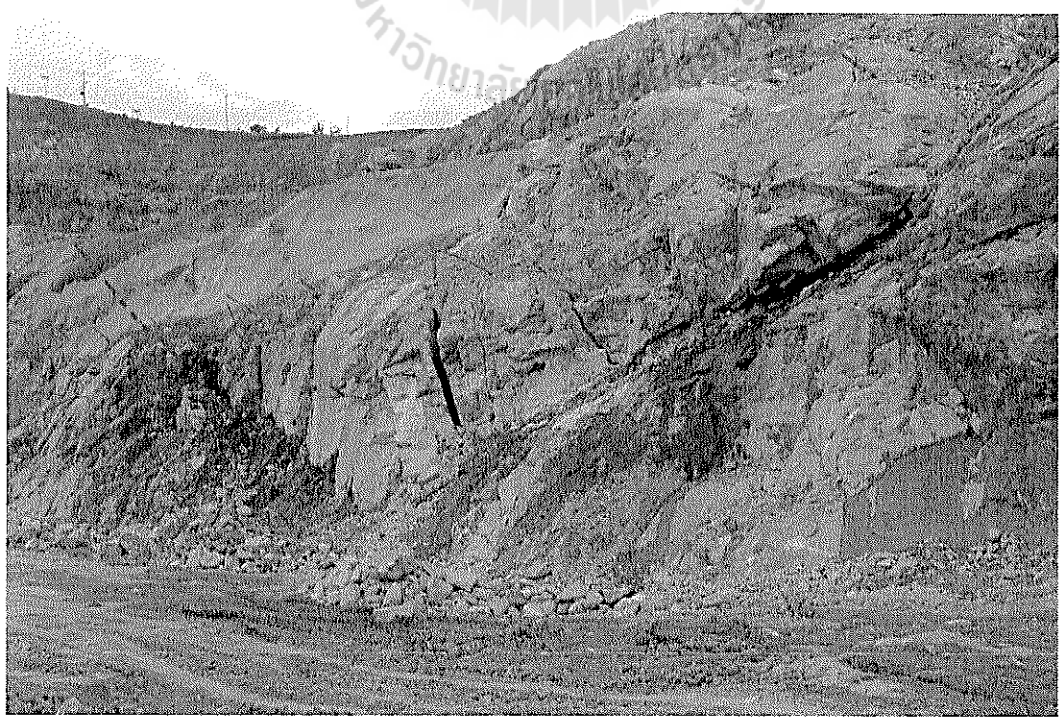




Wedge Failure

Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

Wedge Failure



Wedge Failure

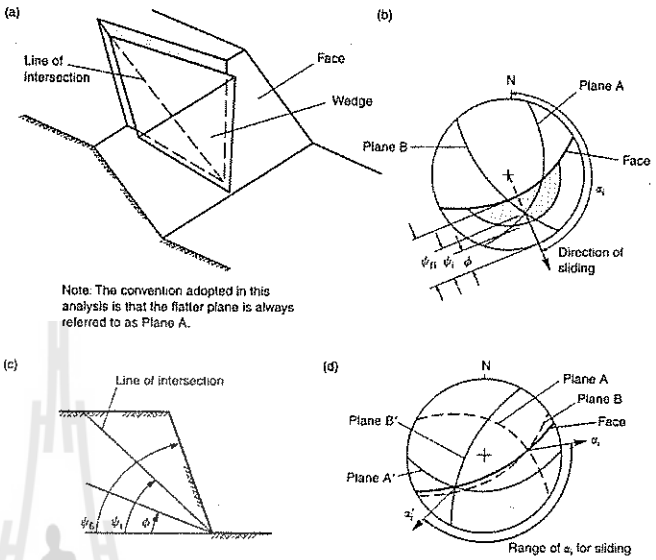
3

Wedge Failure

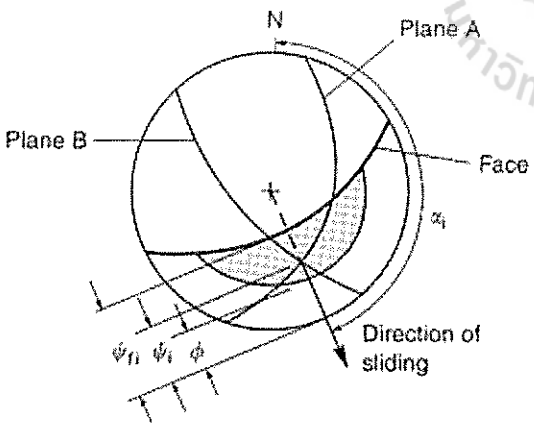
4

General Condition for Wedge Failure

- Two plane always intersect in a line (trend α_i and plunge ψ_i)
- Daylight and overcome friction angle ($\psi_{fi} > \psi_i > \phi$)
- Line of intersection is between α_i and α_i'



Trend α_i and Plunge ψ_i



$$\alpha_i = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\psi_A \cos\alpha_A - \tan\psi_B \cos\alpha_B}{\tan\psi_B \sin\alpha_B - \tan\psi_A \sin\alpha_A}\right)$$

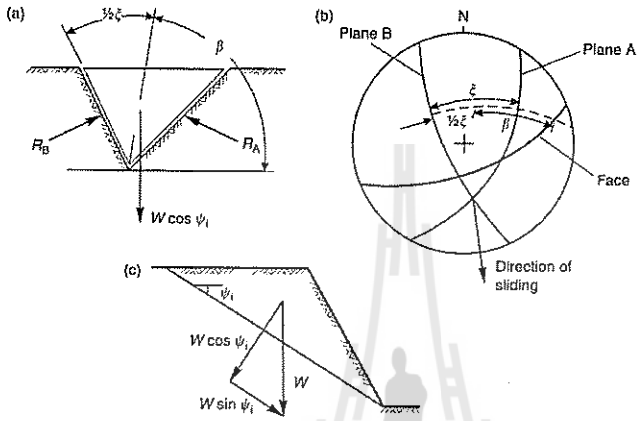
$$\psi_i = \tan\psi_A \cos(\alpha_A - \alpha_i) = \tan\psi_B \cos(\alpha_B - \alpha_i)$$

Analysis of Wedge Failure

- The F.S. of wedge assuming that sliding is resisted by <u>friction only</u> and that the friction angle ϕ is the same for both planes

$$F.S. = \frac{(R_A + R_B)\tan\phi}{W \sin \psi_i}$$

Where R_A and R_B are the normal reactions provided by planes A and B



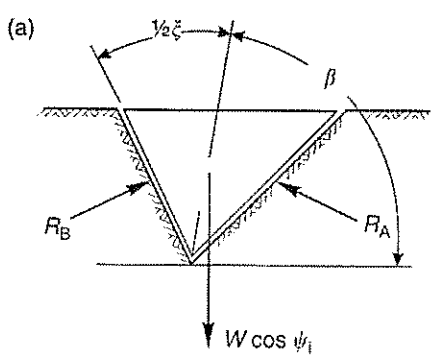
Analysis of Wedge Failure

- In order to find R_A and R_B, resolve horizontally and vertically in the view along the line of intersection :

$$R_A \sin(\beta - \tfrac{1}{2}\xi) = R_B \sin(\beta - \tfrac{1}{2}\xi)$$
$$R_A \cos(\beta - \tfrac{1}{2}\xi) + R_B \cos(\beta + \tfrac{1}{2}\xi) = W \cos\psi_i$$

- Solving for R_A and R_B and adding :

$$R_A + R_B = \frac{W.\mathrm{Cos}\,\psi_i.\mathrm{Sin}\,\beta}{\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\xi}$$



- Hence :

$$F.S. = \frac{\sin\beta}{\sin\frac{1}{2}\xi} \cdot \frac{\tan\phi}{\tan\psi_i}$$

Wedge Analysis including Cohesion, Friction and Water Pressure

The numbering used throughout this book is as follows:

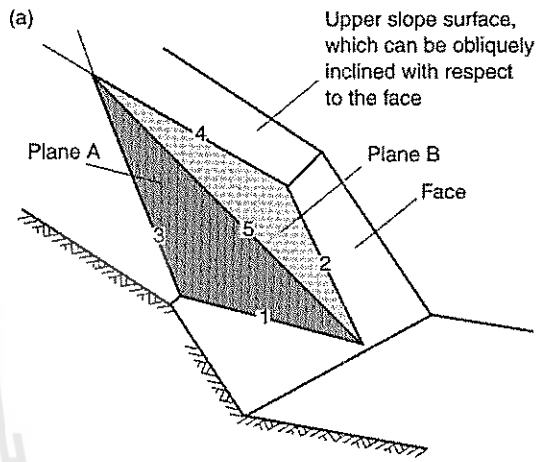
1 – Intersection of plane A with the slope face

2 – Intersection of plane B with the slope face

3 – Intersection of plane A with upper slope surface

4 – Intersection of plane B with upper slope surface

5 – Intersection of plane A and B



Wedge Analysis including Cohesion, Friction and Water Pressure

The factor of safety

$$F.S. = \frac{3}{\gamma_r H}\left(c_A X + c_B Y\right) + \left(A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} X\right)\tan\phi_A + \left(B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} Y\right)\tan\phi_B$$

where c_A and c_B = cohesive strengths of planes A and B

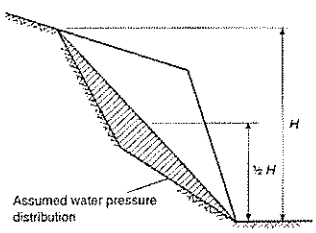
ϕ_A and ϕ_B = angles of friction on planes A and B

γ_r = unit weight of the rock

γ_w = unit weight of water

H = total height of the wedge

X, Y, A and B = dimensionless factors which depend upon the geometry of the wedge.



Wedge Analysis including Cohesion, Friction and Water Pressure

The values of parameters X, Y, A and B :

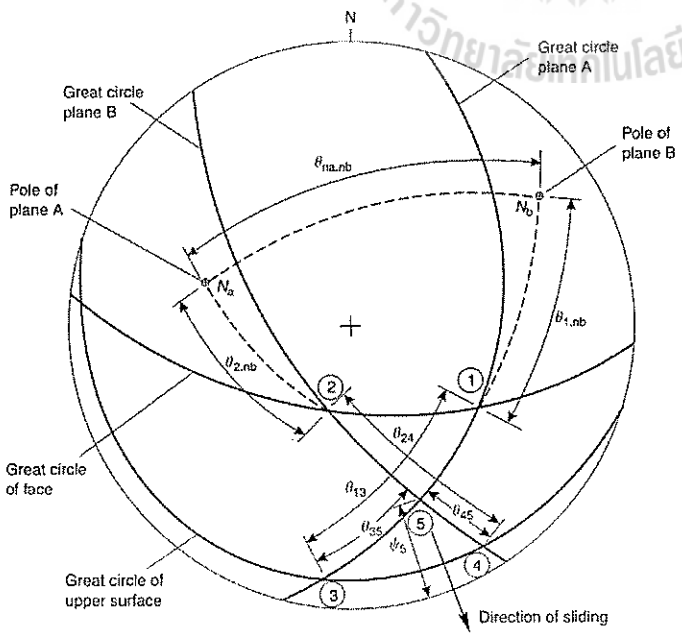
$$X = \frac{\sin\theta_{24}}{\sin\theta_{45}\cos\theta_{2.na}}$$

$$Y = \frac{\sin\theta_{13}}{\sin\theta_{35}\cos\theta_{1.na}}$$

$$A = \frac{\cos\psi_a - \cos\psi_b.\cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{2na.nb}}$$

$$B = \frac{\cos\psi_b - \cos\psi_a.\cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{2na.nb}}$$

Stereoplot of data



Plane	*Dip*	*Dip direction*	*Properties*
A	45	105	$\phi_A = 20°$, $c_A = 24$ kPa
B	70	235	$\phi_B = 30°$, $c_B = 48$ kPa
Slope face	65	185	
Upper surface	12	195	

Wedge stability calculation sheet

Input data	*Function value*	*Calculated values*
$\psi_a = 45°$ $\psi_b = 70°$ $\psi_5 = 31.2°$ $\psi_{na.nb} = 101°$	$\cos\psi_a = 0.707$ $\cos\psi_b = 0.342$ $\sin\psi_5 = 0.518$ $\cos\psi_{na.nb} = -0.191$ $\sin\psi_{na.nb} = 0.982$	$A = \dfrac{\cos\psi_a - \cos\psi_b\cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5\sin^2\theta_{na.nb}} = \dfrac{0.707 + 0.342 \times 0.191}{0.518 \times 0.964} = 1.548$ $B = \dfrac{\cos\psi_b - \cos\psi_a\cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5\sin^2\theta_{na.nb}} = \dfrac{0.342 + 0.707 \times 0.191}{0.518 \times 0.964} = 0.956$
$\theta_{24} = 65°$ $\theta_{45} = 25°$ $\theta_{2.na} = 50°$	$\sin\theta_{24} = 0.906$ $\sin\theta_{45} = 0.423$ $\cos\theta_{2.na} = 0.643$	$X = \dfrac{\sin\theta_{24}}{\sin\theta_{45}\cos\theta_{2.na}} = \dfrac{0.906}{0.423 \times 0.643} = 3.336$
$\theta_{13} = 62°$ $\theta_{35} = 31°$ $\theta_{1.nb} = 60°$	$\sin\theta_{13} = 0.883$ $\sin\theta_{35} = 0.515$ $\cos\theta_{1.nb} = 0.500$	$Y = \dfrac{\sin\theta_{13}}{\sin\theta_{35}\cos\theta_{1.nb}} = \dfrac{0.883}{0.515 \times 0.5} = 3.429$
$\phi_A = 30°$ $\phi_B = 20°$ $\gamma_r = 25\,\text{kN/m}^3$ $\gamma_w = 9.81\,\text{kN/m}^3$ $c_A = 24\,\text{kPa}$ $c_B = 48\,\text{kPa}$ $H = 40\,\text{m}$	$\tan\phi_A = 0.577$ $\tan\phi_B = 0.364$ $\gamma_w/2\gamma_r = 0.196$ $3c_A/\gamma H = 0.072$ $3c_B/\gamma H = 0.144$	$\text{FS} = \dfrac{3}{\gamma_r H}(c_A X + c_B Y) + \left(A - \dfrac{\gamma_w}{2\gamma_r}X\right)\tan\phi_A + \left(B - \dfrac{\gamma_w}{2\gamma_r}Y\right)\tan\phi_B$ $\text{FS} = 0.241 + 0.494 + 0.893 - 0.376 + 0.348 - 0.244 = 1.36$

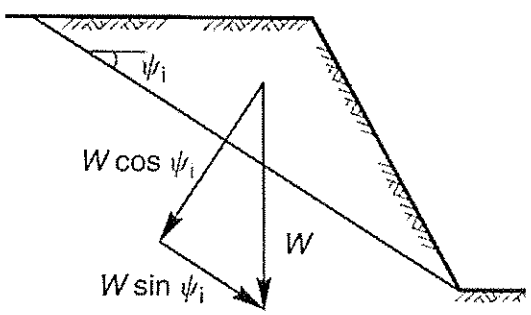
Analysis of Wedge Failure

- In other words:

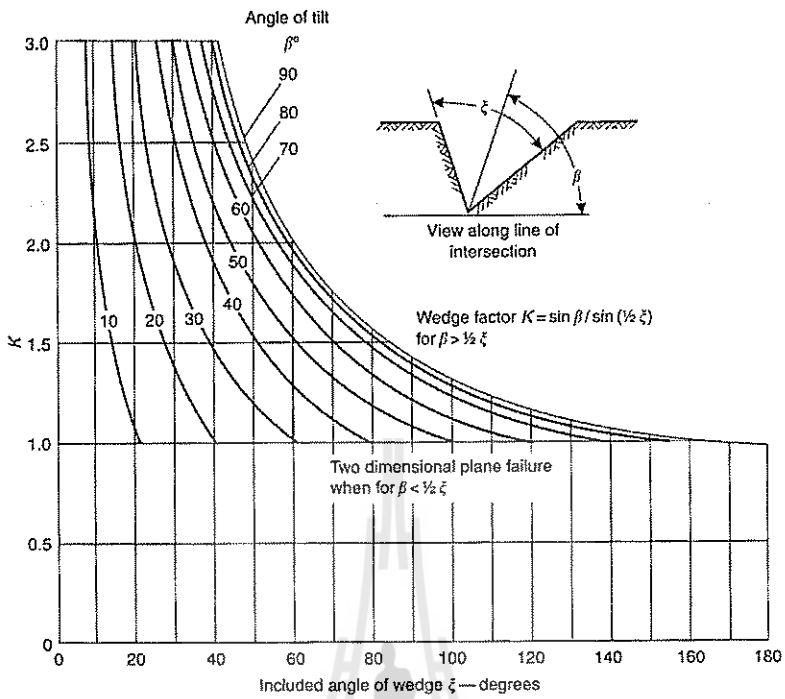
$$\mathbf{F.S._w = \mathit{K}\ F.S._p}$$

Where F.S.$_w$ = factor of safety of a wedge supported by friction only.

F.S.$_p$ = factor of safety of a plane failure in which the slope face is inclined at ψ_{fi} and the failure plane is inclined at ψ_i.



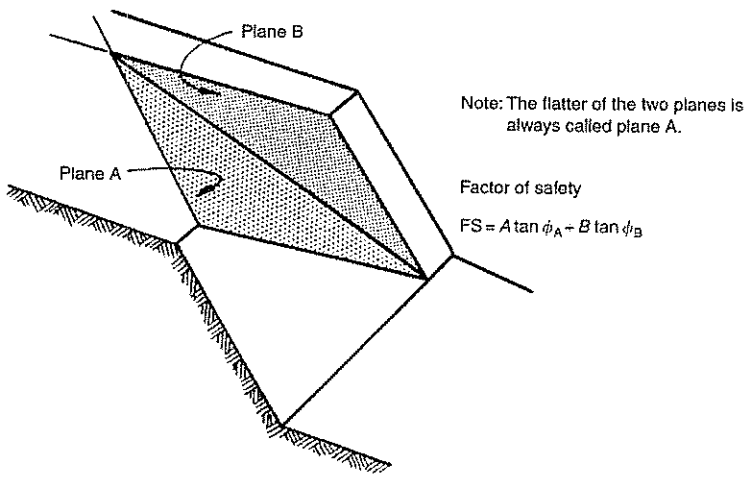
Wedge Factor, K



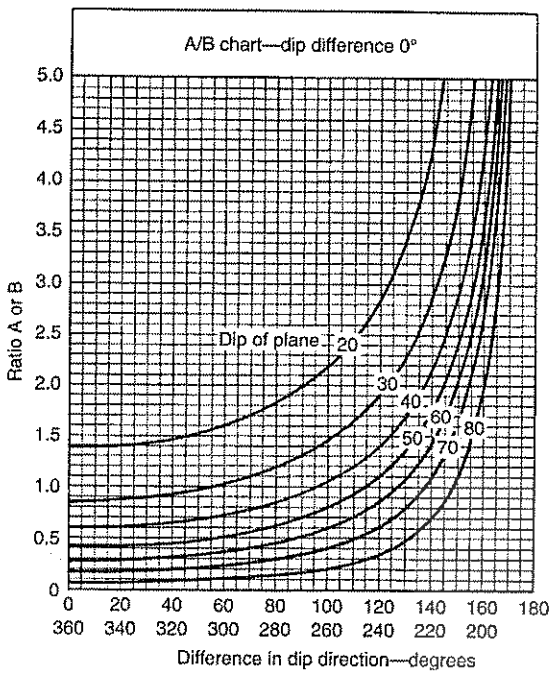
Wedge Stability Charts for Friction Only

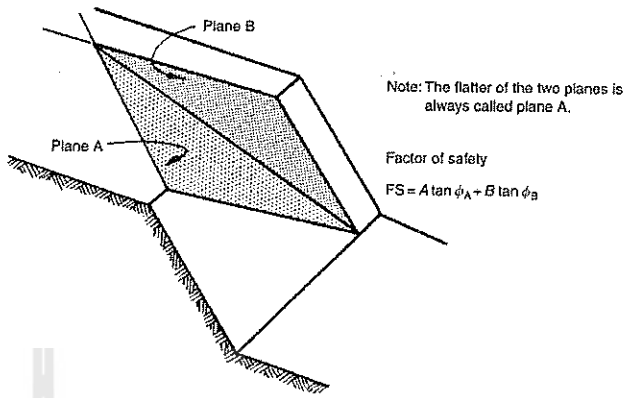
If the cohesive strength of the planes A and B is zero and the slope is fully drained,

$$\text{F.S.} = A \tan \phi_A + B \tan \phi_B$$

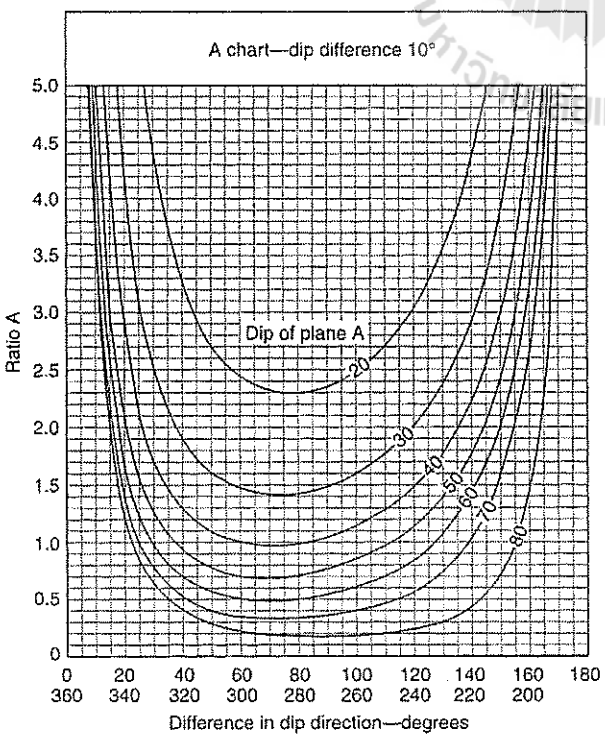


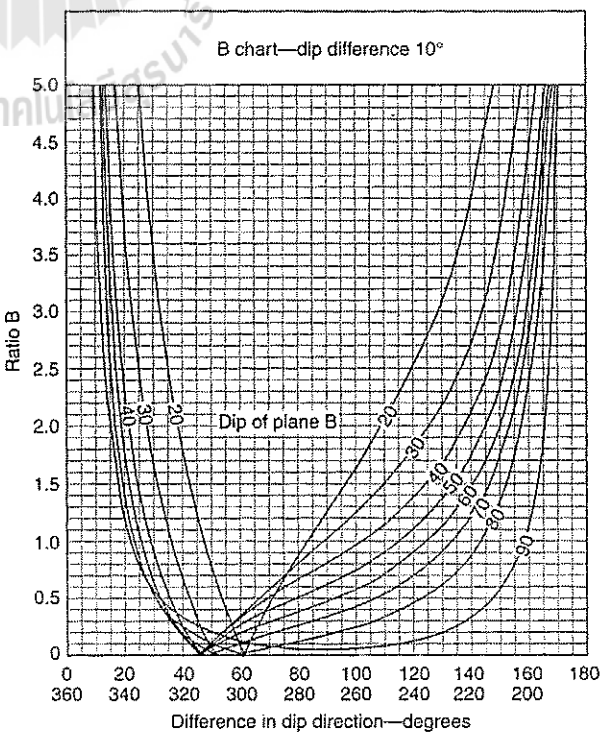
Dip Difference 0 degree



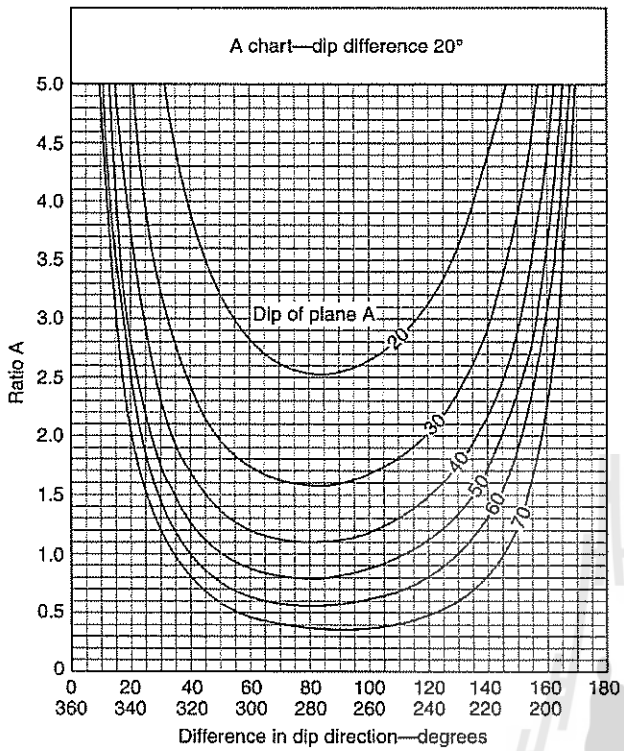


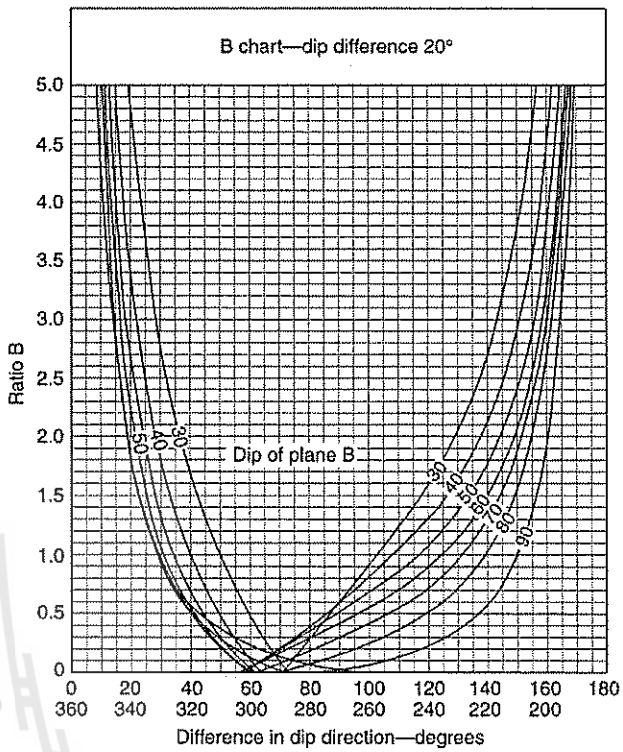
Dip Difference 10 degrees



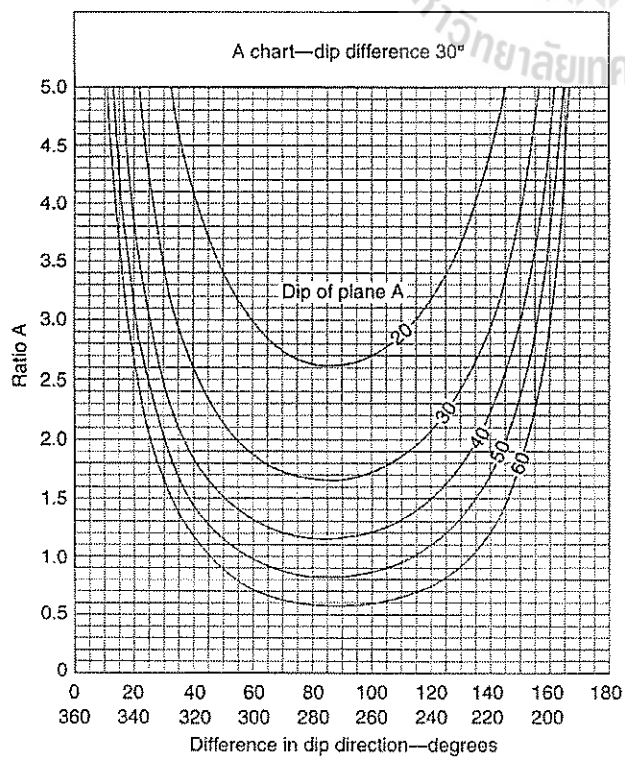


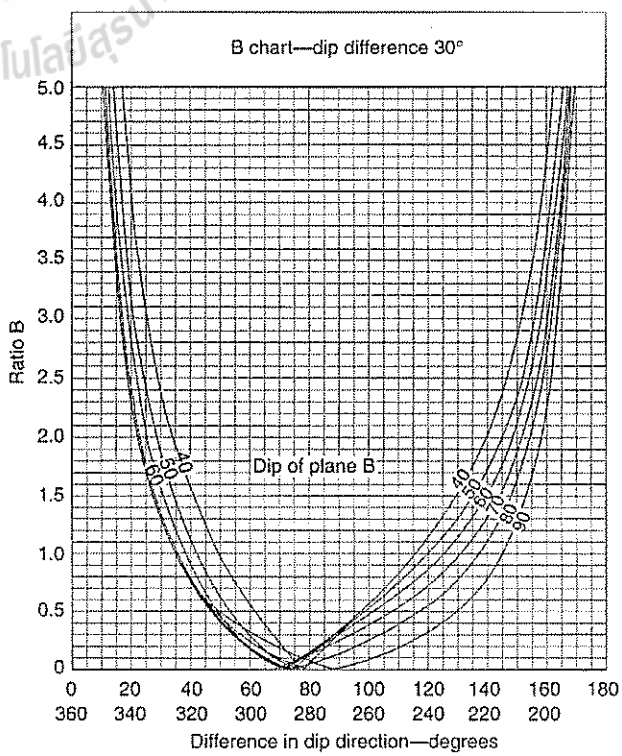
Dip Difference 20 degrees



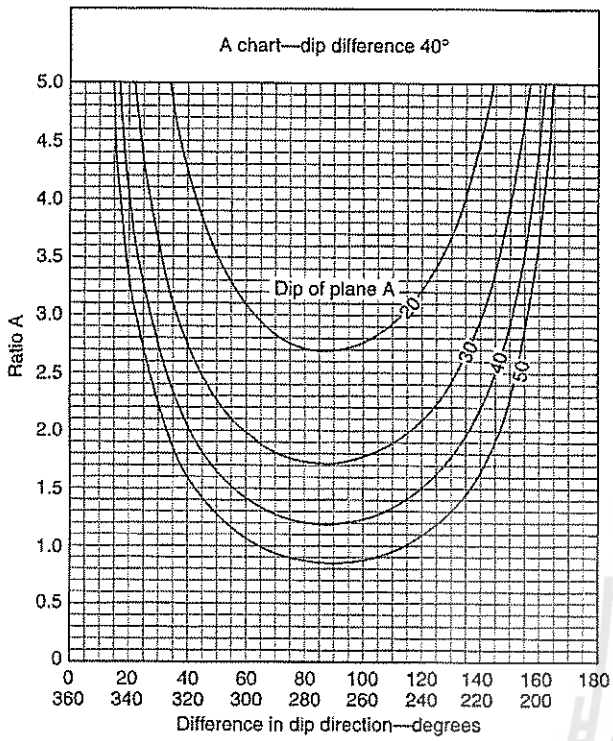


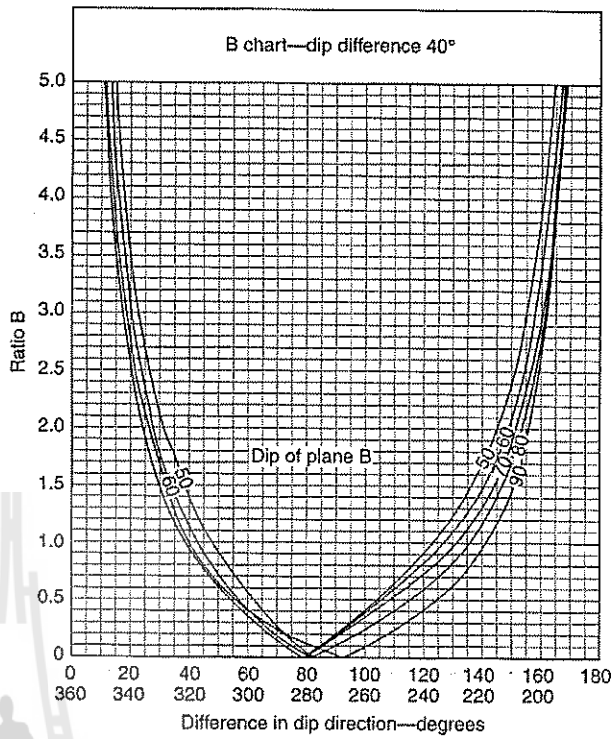
Dip Difference 30 degrees



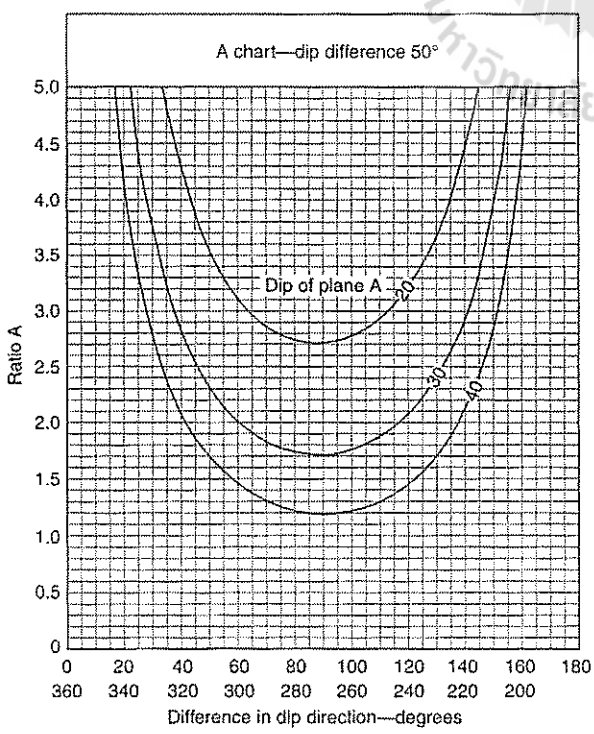


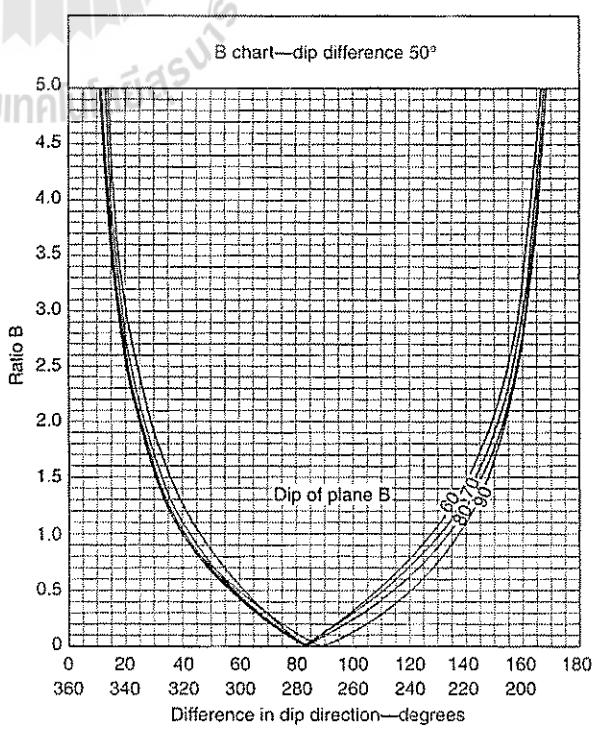
Dip Difference 40 degrees



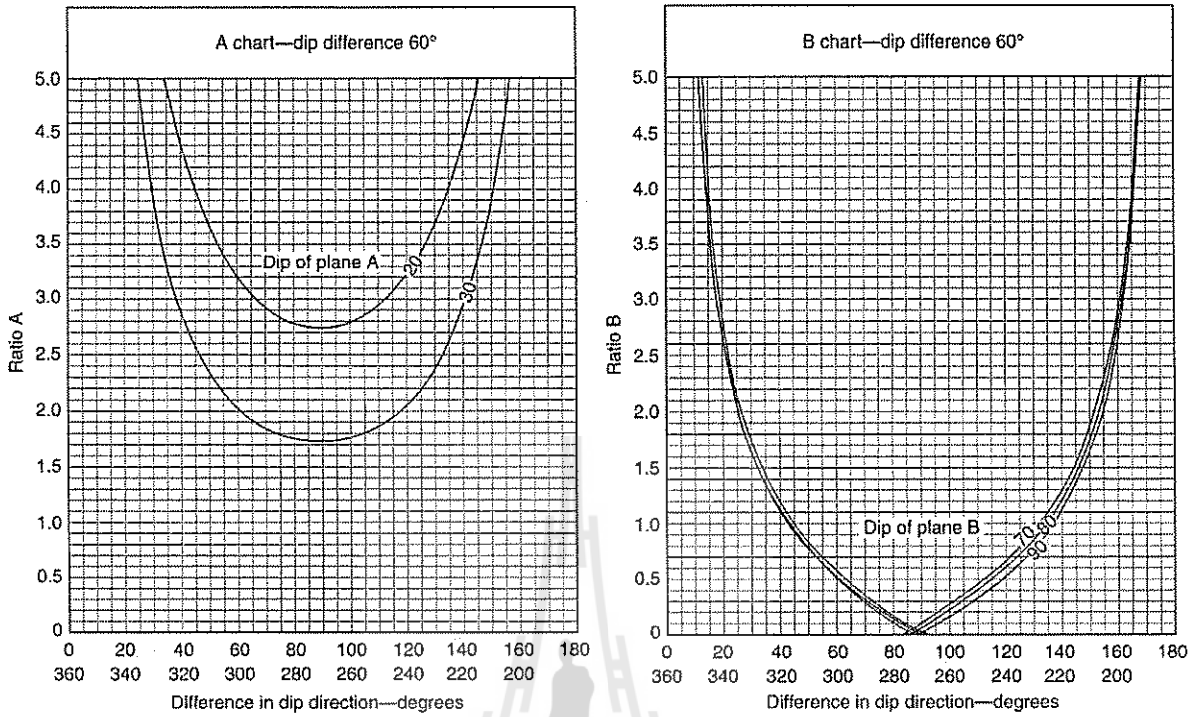


Dip Difference 50 degrees

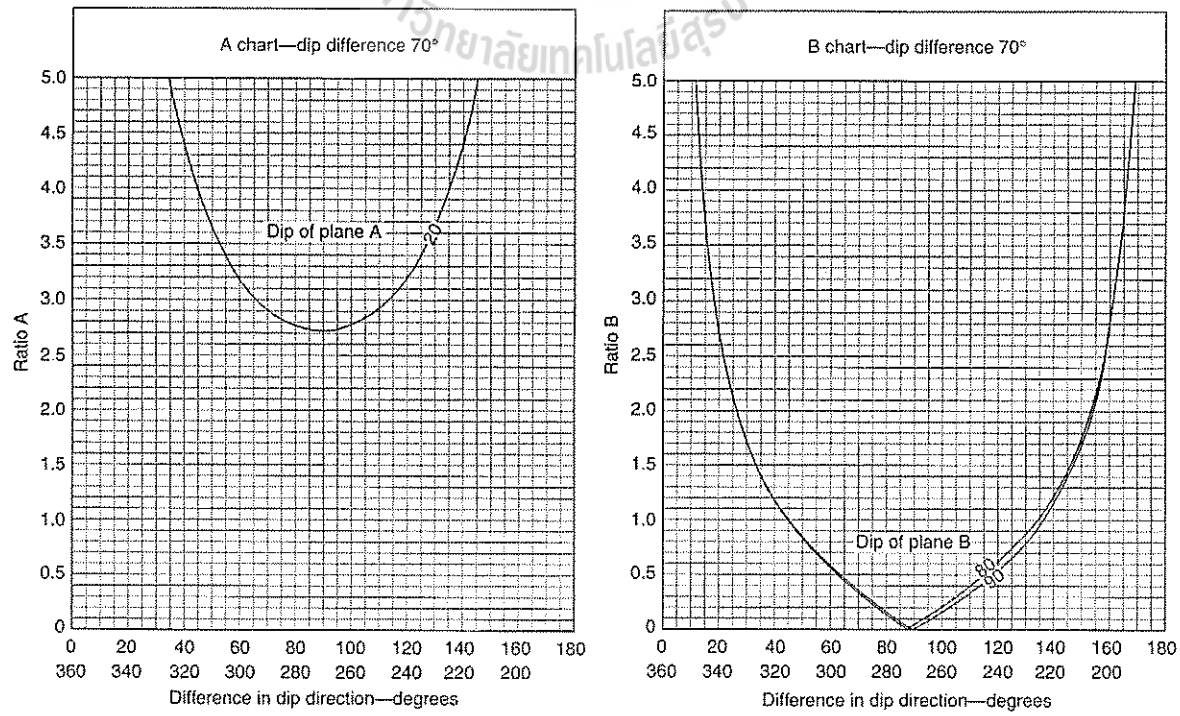




Dip Difference 60 degrees



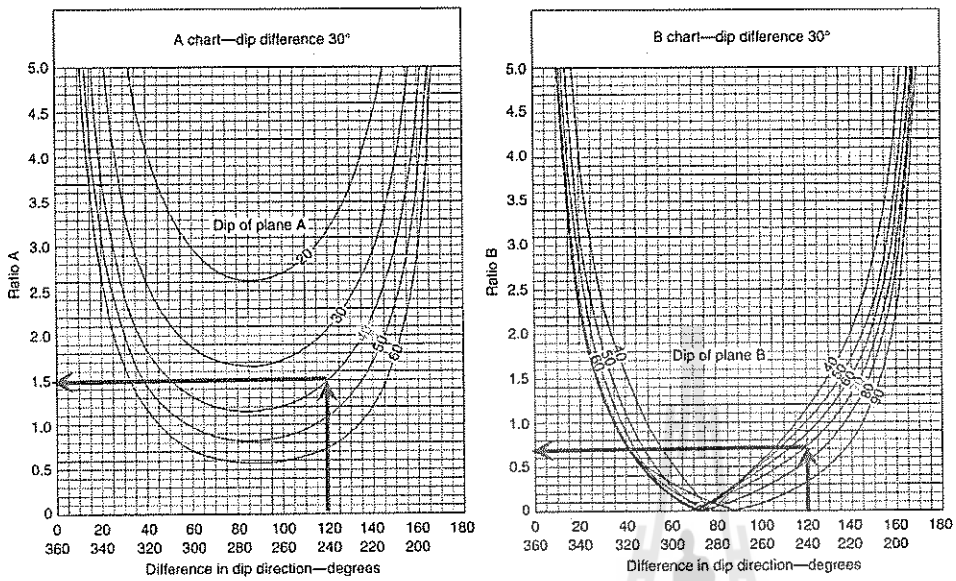
Dip Difference 70 degrees



Example

- In order to illustrate the use of these charts, consider the following example:

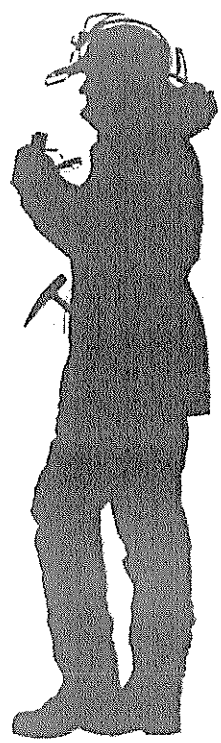
	dip°	dip direction°	friction angle°
Plane A	40	165	35
Plane B	70	285	20

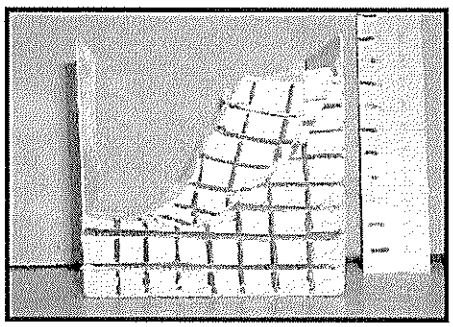


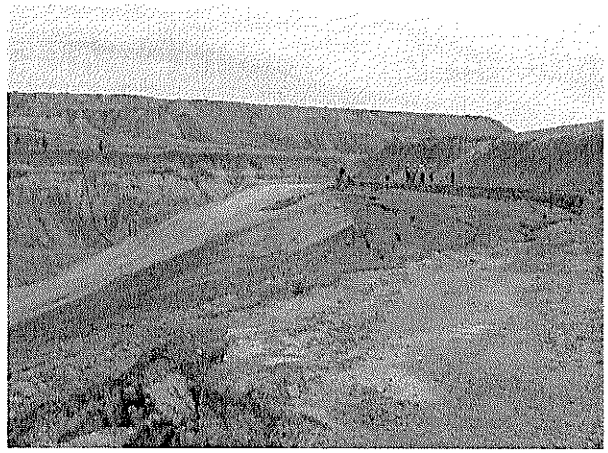
A = 1.5
B = 0.7

F.S. = A tan ϕ_A + B tan ϕ_B
= 1.5 tan 35 + 0.7 tan 20
= 1.30

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี







Circular Failure

Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

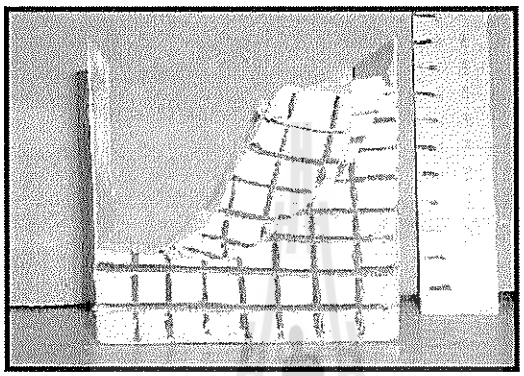
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Circular Failure

Conditions for Circular Failure and Methods of Analysis

- The individual particles in a soil or rock mass are very small when compare with slope height
- The particles are not interblock

For examples:
- Soil slope
- Rock filled / waste rock slope
- Heavily-fractured rock
- Highly altered and weathered rocks

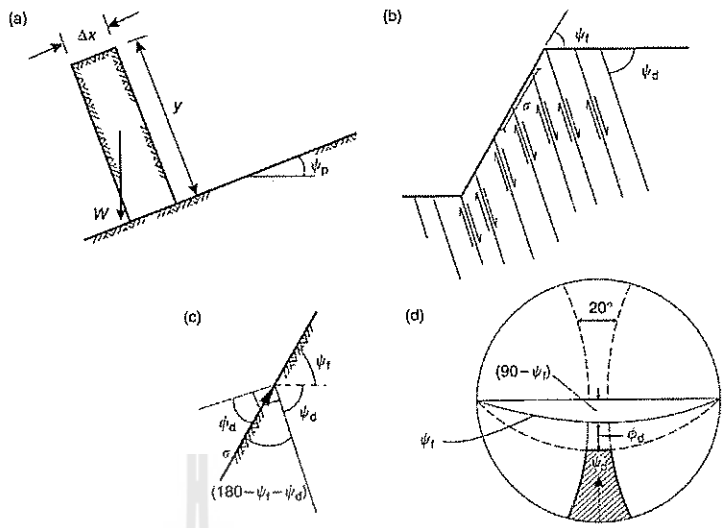


Kinematics of Block Toppling Failure

1. Block Shape Test

   $\psi_p < \phi_p$ **(Stable)**

   $\Delta x/y < \tan \psi_p$ **(Topple)**



2. Inter-Layer Slip Test

   $(180 - \psi_f - \psi_d \geq (90 - \phi_d)$

   or $\psi_d \geq (90 - \psi_f) + \phi_d$

3. Block Alignment Test

   $|(\alpha_f - \alpha_d)| < 10°$

Limit Equilibrium Analysis of Toppling on a Stepped Base

1. Block Geometry
2. Block Stability
3. Calculation Procedure for Toppling Stability of s System of Blocks
4. Cable Force Required to Stability a Slope
5. Factor of Safety for Limiting Equilibrium Analysis
6. Application of External Force to Toppling Slopes

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Limit Equilibrium Analysis of Toppling on a Stepped Base

1. Block Geometry

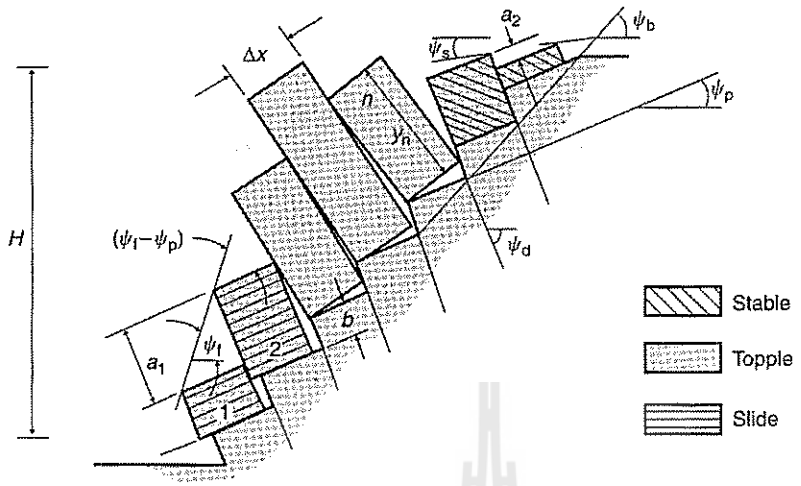
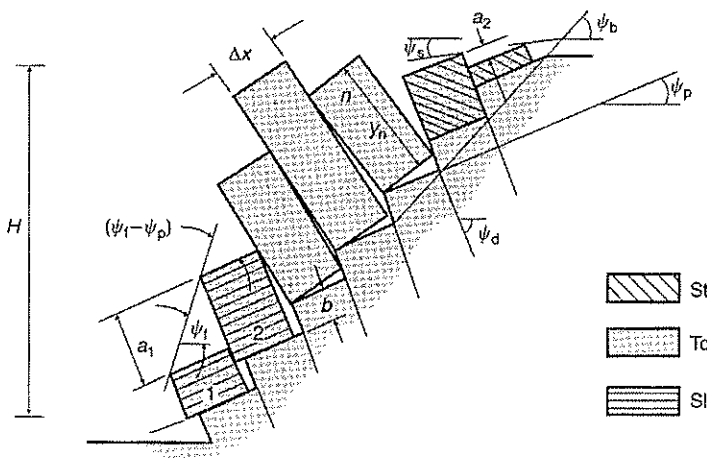


Figure 9.7 Model for limiting equilibrium analysis of toppling on a stepped base (Goodman and Bray, 1976).

$$n = \frac{H}{\Delta x}\left[\operatorname{cosec}(\psi_b) + \left(\frac{\cot(\psi_b) - \cot(\psi_f)}{\sin(\psi_b - \psi_f)}\right)\sin(\psi_s)\right]$$

Limit Equilibrium Analysis of Toppling on a Stepped Base

1. Block Geometry



in position below crest of slope

$y_n = n(a_1 - b)$

above the crest

$y_n = y_{n-1} - a_2 - b$

$a_1 = \Delta x \tan(\psi_f - \psi_p)$

$a_2 = \Delta x \tan(\psi_p - \psi_s)$

$b = \Delta x \tan(\psi_b - \psi_p)$

ψ_p = dip of the base of the block

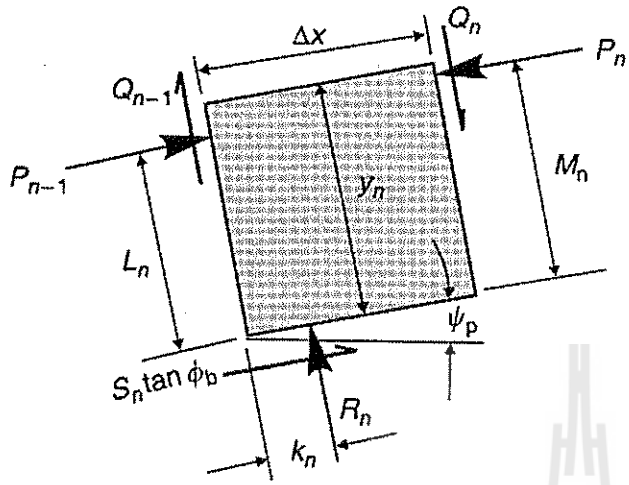
ψ_d = dip of the orthogonal planes forming the faces of the block = $(90 - \psi_p)$

ψ_b = dip of the base plane (a stepped surface with an overall dip)

Limit Equilibrium Analysis of Toppling on a Stepped Base

1. Block Geometry

(a)



in position below crest of slope

$M_n = y_n$

$L_n = y_n - a_1$

is the slope crest

$M_n = y_n - a_2$

$L_n = y_n - a_1$

above the slope crest

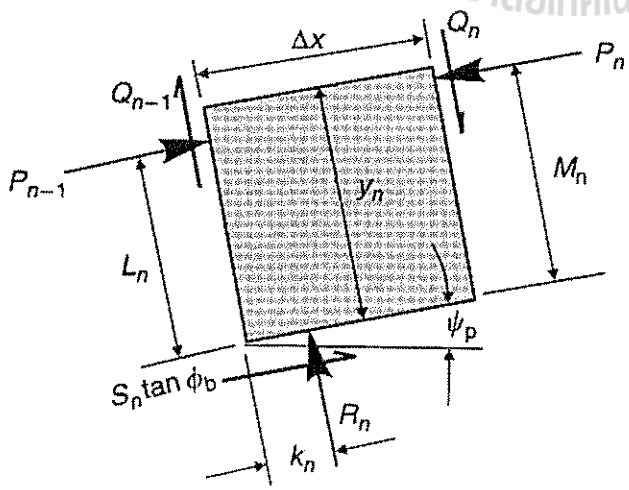
$M_n = y_n - a_2$

$L_n = y_n$

Limit Equilibrium Analysis of Toppling on a Stepped Base

For limit friction on the side of block

(a)

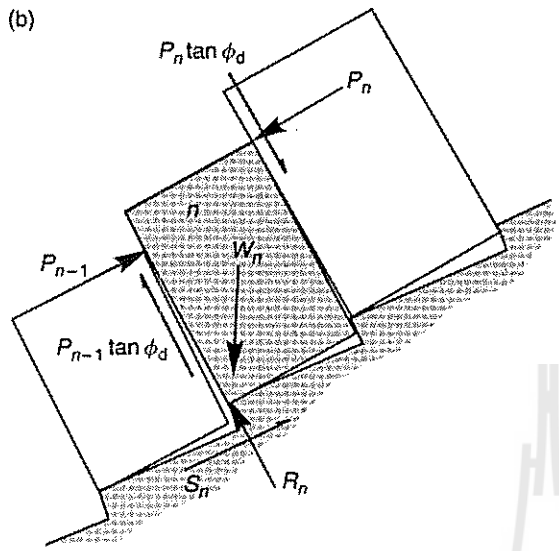


$Q_n = P_n \tan \phi_d$

$Q_{n-1} = P_{n-1} \tan \phi_d$

ϕ_d = friction angle of the side of block

Limit Equilibrium Analysis of Toppling on a Stepped Base



normal and shear force acting on the base of block

$$R_n = W_n \cos \psi_p + (P_n - P_{n-1}) \tan \phi_d$$

$$S_n = W_n \sin \psi_p + (P_n - P_{n-1})$$

ϕ_d = friction angle of the side of block

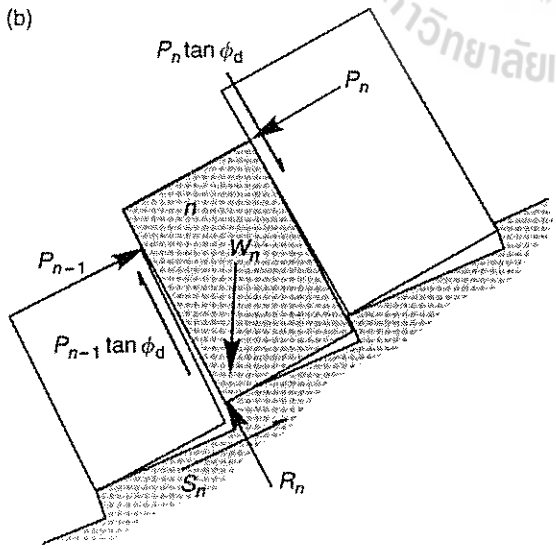
check for sliding does not occur on the base

$$R_n > 0$$

$$|S_n| > R_n \tan \phi_p$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Limit Equilibrium Analysis of Toppling on a Stepped Base



to prevent toppling

rotational equilibrium

$$P_{n-1,t} = [P_n(M_n - \Delta x \tan \phi_d) + (W_n/2)(y_n \sin \psi_p - \Delta x \cos \psi_p)] / L_n$$

to prevent sliding

$$P_{n-1,s} = P_n - [\{W_n(\cos \psi_p \tan \phi_p - \sin \psi_p)\}/\{1 - \tan \phi_p \tan \phi_d\}]$$

If $P_{n-1,t} > P_{n-1,s}$,block is on point of toppling

If $P_{n-1,t} < P_{n-1,s}$,block is on point of sliding

Cable Force Required to Stability a Slope

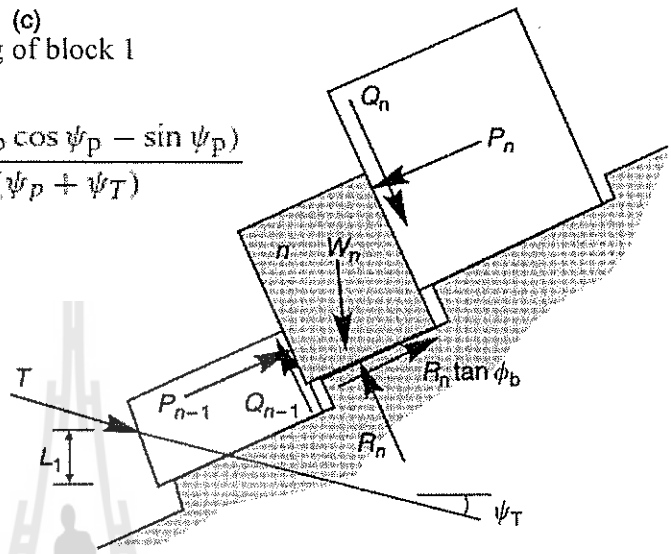
the anchor tension required to prevent toppling of block 1

$$T_t = \frac{W_1/2(y_1 \sin\psi_p - \Delta x \cos\psi_p) + P_1(y_1 - \Delta_x \tan\phi_d)}{L_1 \cos(\psi_p + \psi_T)}$$

the anchor tension required to prevent sliding of block 1

$$T_s = \frac{P_1(1 - \tan\phi_p \tan\phi_d) - W_1(\tan\phi_p \cos\psi_p - \sin\psi_p)}{\tan\phi_p \sin(\psi_p + \psi_T) + \cos(\psi_p + \psi_T)}$$

(c)



Cable Force Required to Stability a Slope

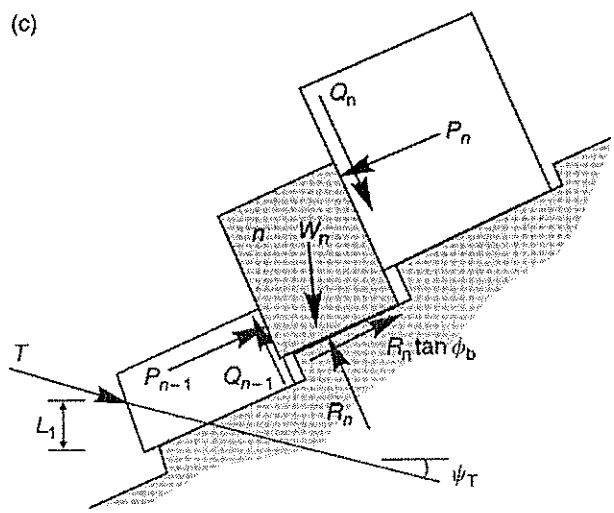
when the force T is applied to block 1,

the normal and shear force on the base are,

$$R_1 = P_1 \tan\phi_d + T \sin(\psi_p + \psi_T) + W_1 \cos\psi_p$$

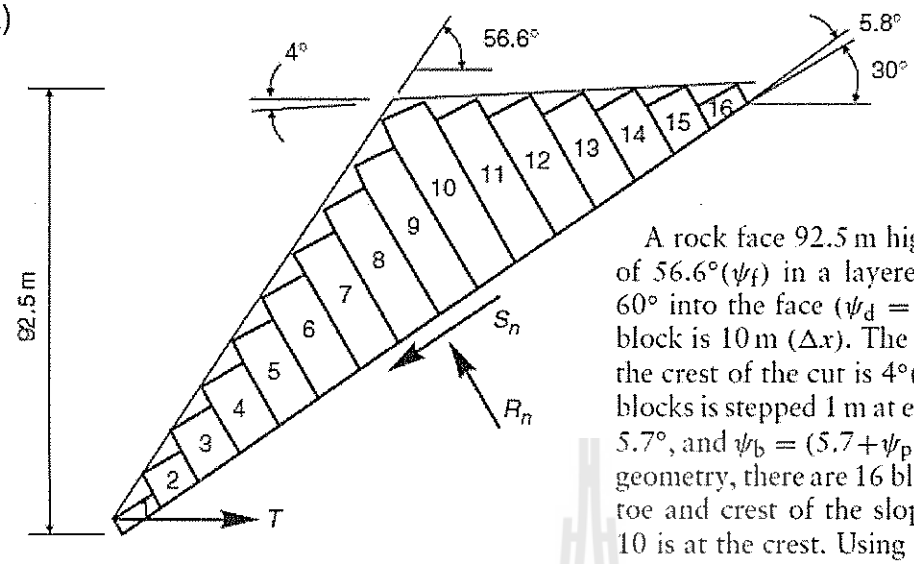
$$S_1 = P_1 - T \cos(\psi_p + \psi_T) + W_1 \sin\psi_p$$

(c)



Example of limit equilibrium analysis of toppling

(a)



A rock face 92.5 m high (H) is cut at an angle of 56.6°(ψ_f) in a layered rock mass dipping at 60° into the face ($\psi_d = 60°$); the width of each block is 10 m (Δx). The angle of the slope above the crest of the cut is 4°(ψ_s), and the base of the blocks is stepped 1 m at every block (atn (1/10) = 5.7°, and $\psi_b = (5.7 + \psi_p) = 35.7°$). Based on this geometry, there are 16 blocks formed between the toe and crest of the slope (equation 9.7); block 10 is at the crest. Using equations (9.10)–(9.12), the constants are $a_1 = 5.0$ m, $a_2 = 5.2$ m and $b = 1.0$ m. These constants are used to calculate the height y_n of each block, and the height to width ratio $y_n/\Delta x$ as shown on the table in Figure 9.10(b).

Example of limit equilibrium analysis of toppling

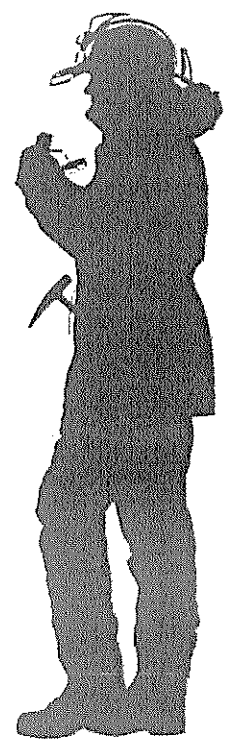
(b)

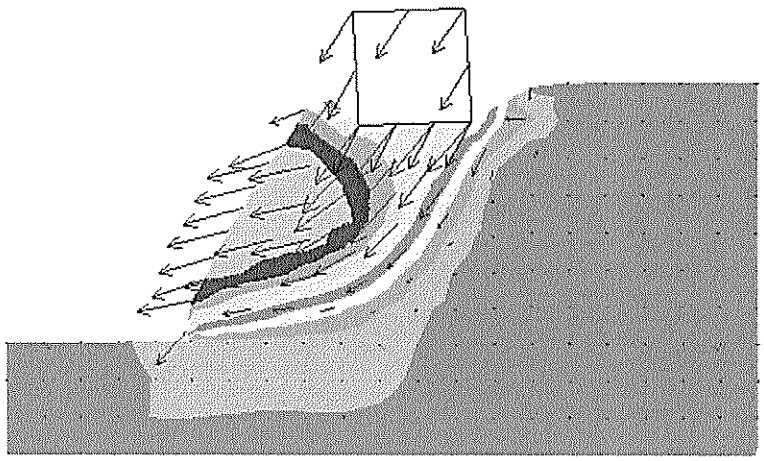
n	y_n	$y_n/\Delta x$	M_n	L_n	$P_{n\text{-}t}$	$P_{n\text{-}s}$	P_n	R_n	S_n	S_n/R_n	Mode
16	4.0	0.4			0	0	0	866	500	0.577	
15	10.0	1.0			0	0	0	2165	1250	0.577	STABLE
14	16.0	1.6			0	0	0	3463	2000	0.577	
13	22.0	2.2	17	22	0	0	0	4533.4	2457.5	0.542	
12	28.0	2.8	23	28	292.5	−2588.7	292.5	5643.3	2966.8	0.526	T
11	34.0	3.4	29	34	825.7	−3003.2	825.7	6787.6	3520.0	0.519	O
10	40.0	4.0	35	35	1556.0	−3175.0	1556.0	7662.1	3729.3	0.487	P
9	36.0	3.6	36	31	2826.7	−3150.8	2826.7	6933.8	3404.6	0.491	P
8	32.0	3.2	32	27	3922.1	−1409.4	3922.1	6399.8	3327.3	0.520	L
7	28.0	2.8	28	23	4594.8	156.8	4594.8	5872.0	3257.8	0.555	I
6	24.0	2.4	24	19	4837.0	1300.1	4837.0	5352.9	3199.5	0.598	N
5	20.0	2.0	20	15	4637.5	2013.0	4637.5	4848.1	3159.4	0.652	G
4	16.0	1.6	16	11	3978.1	2264.1	3978.1	4369.4	3152.5	0.722	
3	12.0	1.2	12	7	2825.6	2095.4	2825.6	3707.3	2912.1	0.7855	
2	8.0	0.8	8	3	1103.1	1413.5	1413.5	2471.4	1941.3	0.7855	SLIDING
1	4.0	0.4	4	–	−1485.1	472.2	472.2	1237.1	971.8	0.7855	

Example of limit equilibrium analysis of toppling

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1		n	y_n	$y_n/\Delta x$	W_n (kN/m)	A_n	l_m	T_{n-1}	P_{n-1}	P_{n-2}	R_n	S_n	S_n/R_n	Mode			
2		16	4.0	0.4	1000.0		4.0	0	0	0	866.0	500.0	0.577	Stable	$y_n/\Delta x < \cot \varphi_p$	$y_n/\Delta x < \cot 30$	$y_n/\Delta x < 1.732$
3		15	10.0	1.0	2500.0	5.0	10.0	0	0	0	2165.0	1250.0	0.577	Stable	or	or	
4	above	14	16.0	1.6	4000.0	11.0	16.0	0	0	0	3464.0	2000.0	0.577	Stable	$\Delta w/y_n > \tan \varphi_p$	$\Delta w/y_n > \tan 30$	
5	crest	13	22.0	2.2	5500.0	17.0	22.0	0	0	0	4533.2	2457.5	0.542	toppling	$y_n/\Delta x > \cot \varphi_p$	$y_n/\Delta x > \cot 30$	$y_n/\Delta x > 1.732$
6		12	28.0	2.8	7000.0	23.0	28.0	292.5	-2588.7	292.5	5643.2	2966.8	0.526	toppling			
7		11	34.0	3.4	8500.0	29.0	34.0	825.7	-3002.3	825.7	6787.3	3519.7	0.519	toppling			
8	crest	10	40.0	4.0	10000.0	35.0	35.0	1556.0	-3175.1	1556.0	7661.8	3729.2	0.487	toppling			
9		9	36.0	3.6	9000.0	36.0	31.0	2826.8	-3150.8	2826.8	6933.5	3404.5	0.491	toppling			
10		8	32.0	3.2	8000.0	32.0	27.0	3922.3	-1409.3	3922.3	6399.6	3327.3	0.520	toppling			
11		7	28.0	2.8	7000.0	28.0	23.0	4594.9	156.8	4594.9	5871.7	3257.8	0.555	toppling	$P_{n-1} > P_{n-2}$	$P_{n-1} = P_{n-1,s}$	
12		6	24.0	2.4	6000.0	24.0	19.0	4837.2	1300.2	4837.2	5352.7	3199.5	0.598	toppling			
13	below	5	20.0	2.0	5000.0	20.0	15.0	4637.7	2013.1	4637.7	4848.1	3159.5	0.652	toppling			
14	crest	4	16.0	1.6	4000.0	16.0	11.0	3978.2	2284.3	3978.2	4369.4	3152.7	0.722	toppling			
15		3	12.0	1.2	3000.0	12.0	7.0	2825.5	2095.4	2825.5	3707.2	2912.0	0.786	toppling			
16		2	8.0	0.8	2000.0	8.0	3.0	1102.9	1413.4	1413.4	2471.4	1941.4	0.786	Sliding	$P_{n-1} < P_{n-2}$	$P_{n-1} = P_{n-1,s}$	
17		1	4.0	0.4	1000.0	4.0	-	-1485.4	472.1	472.1	1236.8	972.1	0.786	Sliding			
18																	
19																	
20		a_1 =	5.0	m													
21		a_2 =	5.0	m													
22		b =	1.0	m													
23		Δx =	10.0	m													
24		ρ =	25.0	kN/m^3													
25																	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี





Introduction to Numerical Analysis

Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

Rock Slope Stability Analysis

1. Deterministic Methods (Analytical Solution)
   - Limit Equilibrium (Factor of Safety)
   - Kinematics Analysis
2. Numerical Methods (Computer Simulation/Modeling)
3. Block Theory Method (Discontinuity Method)
4. Artificial Intelligence Methods (Expert System)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Numerical Methods

Advantages :

- Allow quick calculation
- Incorporate Multi-layers (more than one type of material) in one domain
- Allow irregular domain boundaries (for 3-D analysis)

Numerical Methods

Disadvantages :

- Only give approximate solutions, accuracy is always less than analytical solutions
- True and in-depth technical knowledge is necessary
- Strong assumptions usually posed
  - Reduce 3-D domains to 2-D domains
  - Path and loading sequence
  - Loading rate
  - Time-dependent
  - Non-linear behavior
  - Coupled effects between solid and water
  - Multi phases flow
  - Large deformation/ displacement is commonly not allowed
  - Pre-existing joints or fractures
- Results auditing is necessary, but usually overlooked
- Required precise and representative material properties

Numerical Methods

Conditions Requirement for Numerical Analysis

- **Equilibrium**
- **Strain Compatibility**
- **Stress-Strain Relation**
- **Boundary Condition**

Numerical Methods

1. **Finite Element Method (FEM) /Finite Difference Method (FDM)**
2. **Boundary Element Method (BEM)**
3. **Discrete Element Method (DEM)**

1. Finite Element Method (FEM) /Finite Difference Method (FDM)

- **Domain Methods**
- **Continuum Material**
- **Mesh (Element & Nodal Point)**
- **Properties → Element**
- **Location → Nodal Point**
- **FEM → Integral Solving**
- **FDM →Differentiation Solving**

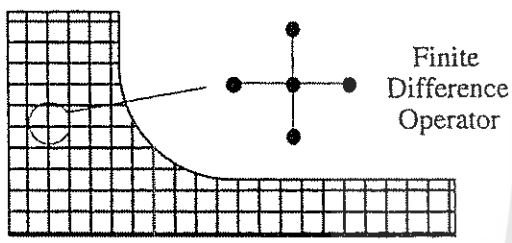


Figure 1.1 Finite Difference Grid

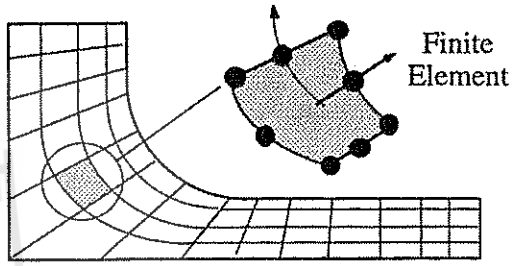


Figure 1.2 Finite Element Mesh

2. Boundary Element Method (BEM)

- **Infinite medium problems**
- **1 type of medium**
- **Required only surface grids**

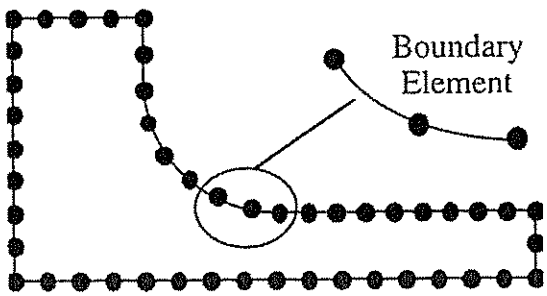
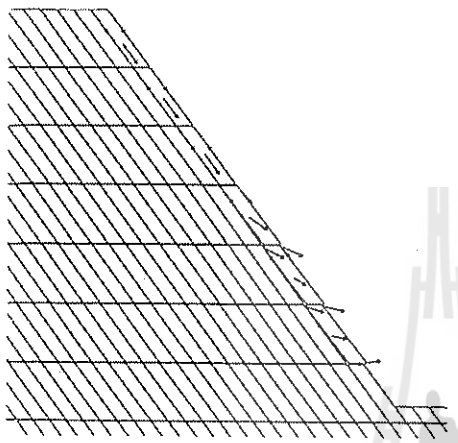


Figure 1.3 Boundary Element Mesh

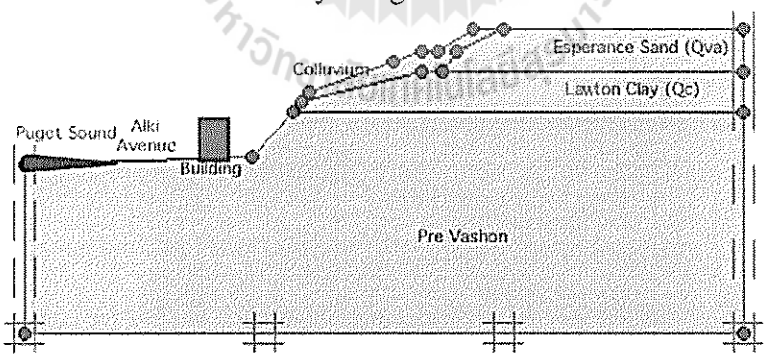
3. Discrete Element Method (DEM)

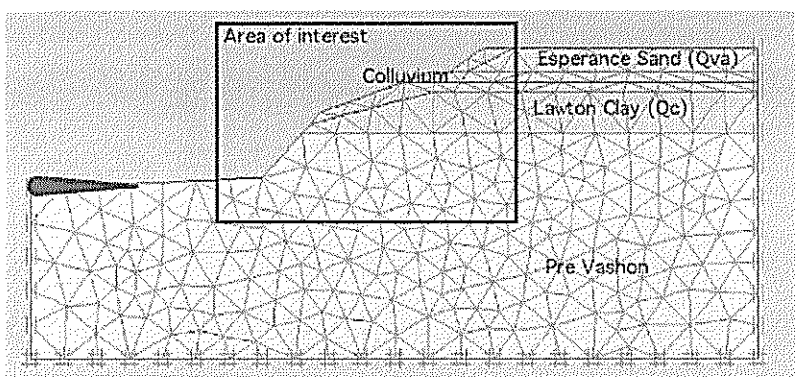
- **Discontinuity Method**
- **Mesh (Element & Nodal Point)**
- **Dynamics Equilibrium**
- **Not deformation (Movement only)**



Example for Finite Element Method

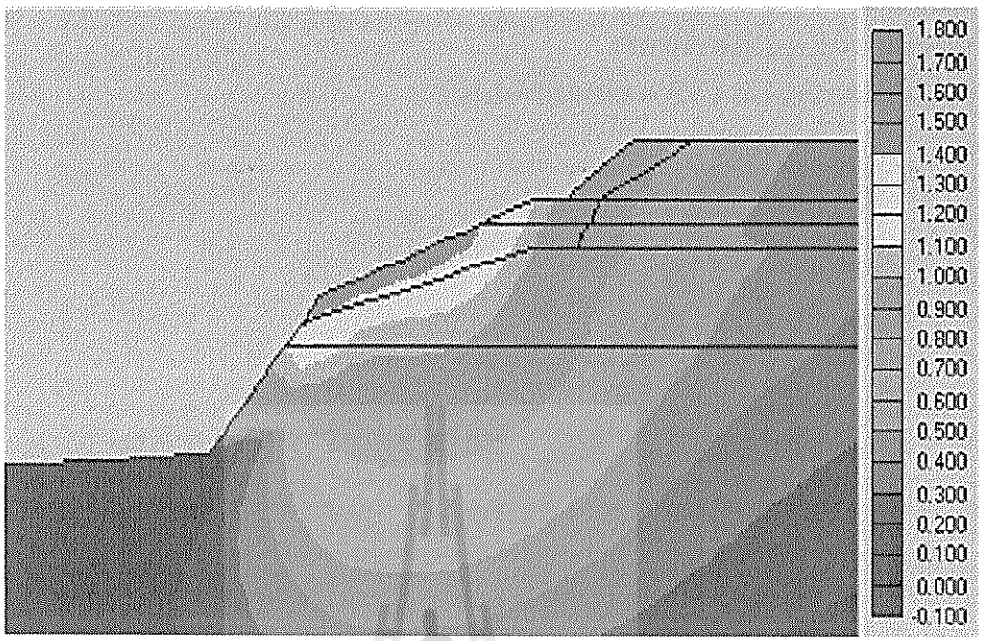
Stability of the Alki Landslide is modeled by using Version 7 of the PLAXIS©





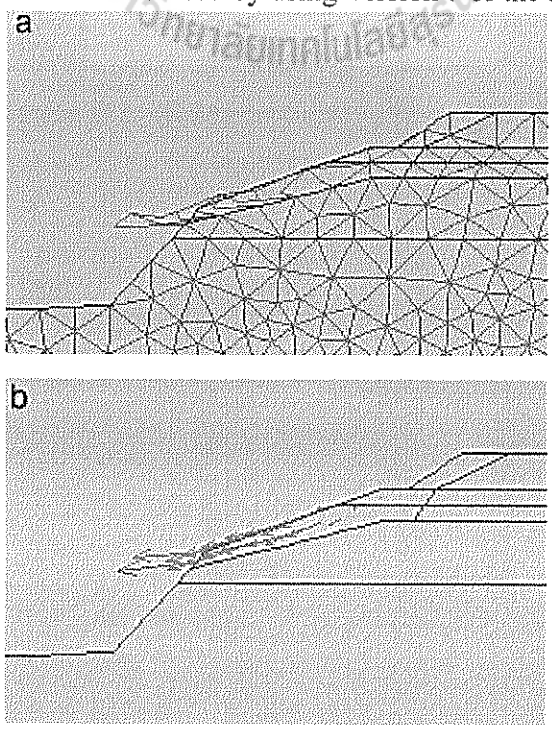
Example for Finite Element Method

Stability of the Alki Landslide is modeled by using Version 7 of the PLAXIS©



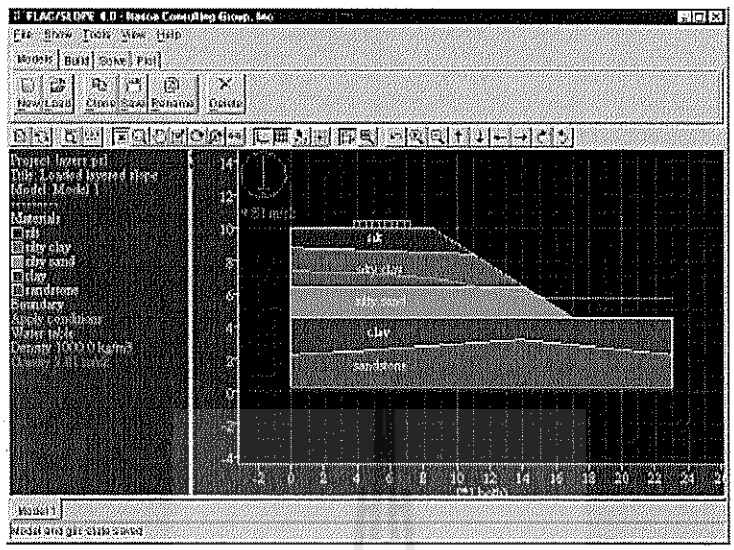
Example for Finite Element Method

Stability of the Alki Landslide is modeled by using Version 7 of the PLAXIS©



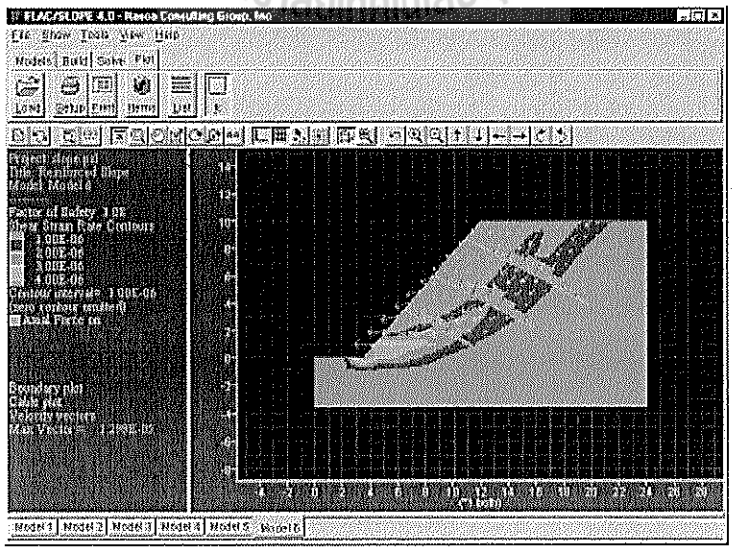
Example for Finite Difference Method

FLAC SLOPE 4.0



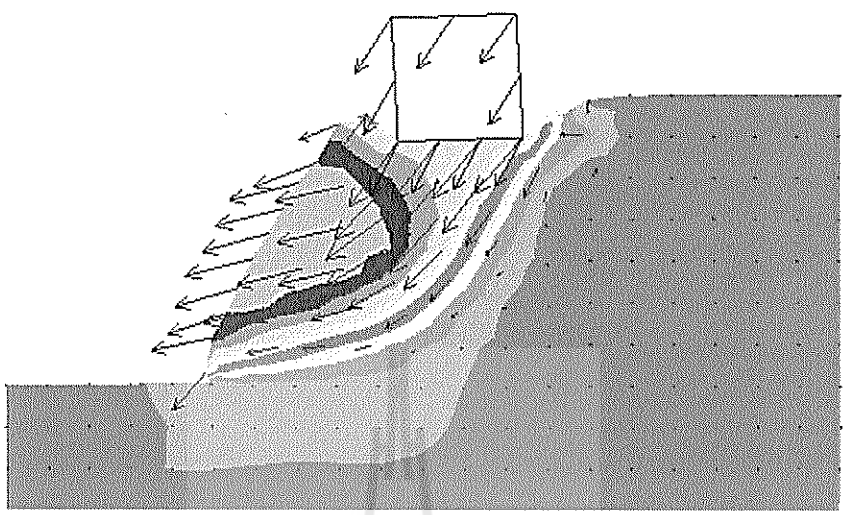
Example for Finite Difference Method

FLAC SLOPE 4.0



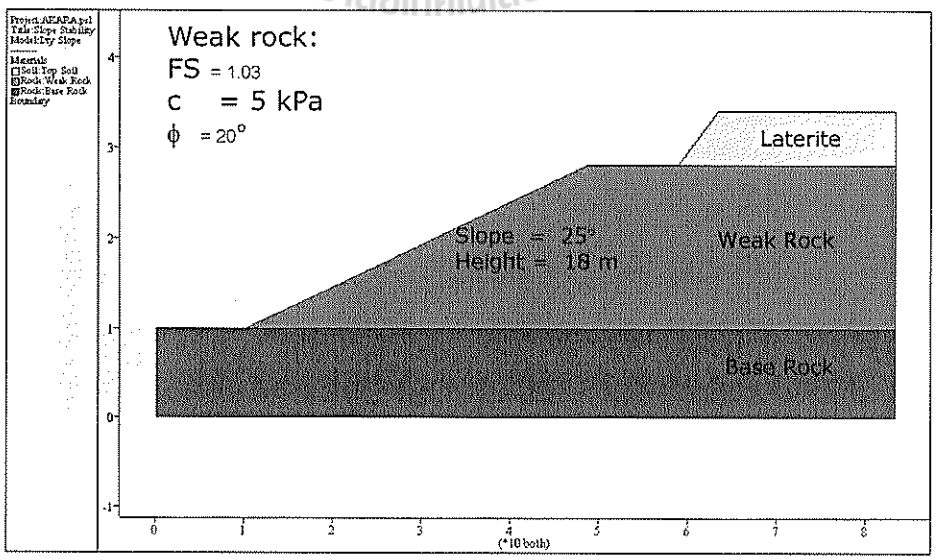
Example for Finite Difference Method

FLAC SLOPE 4.0



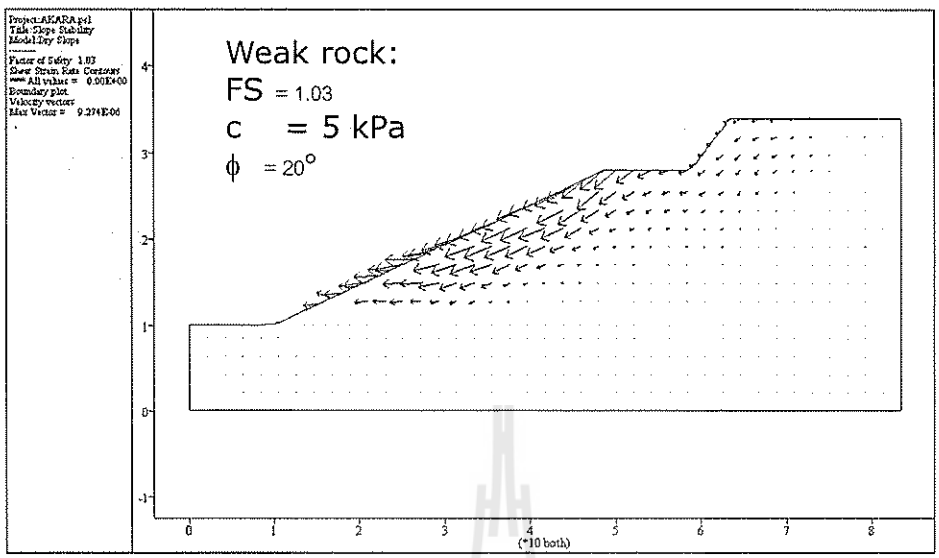
Example for Finite Difference Method

FLAC SLOPE 4.0



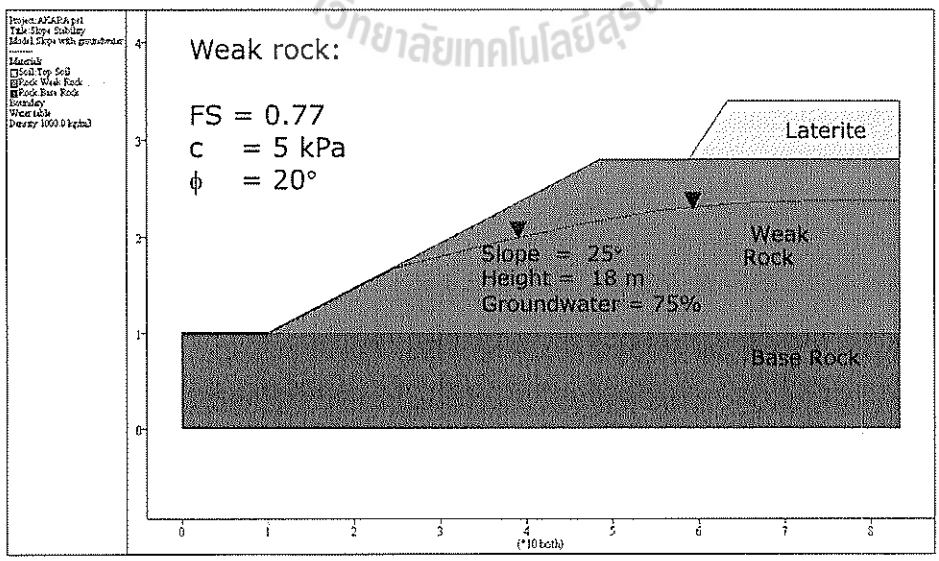
Example for Finite Difference Method

FLAC SLOPE 4.0



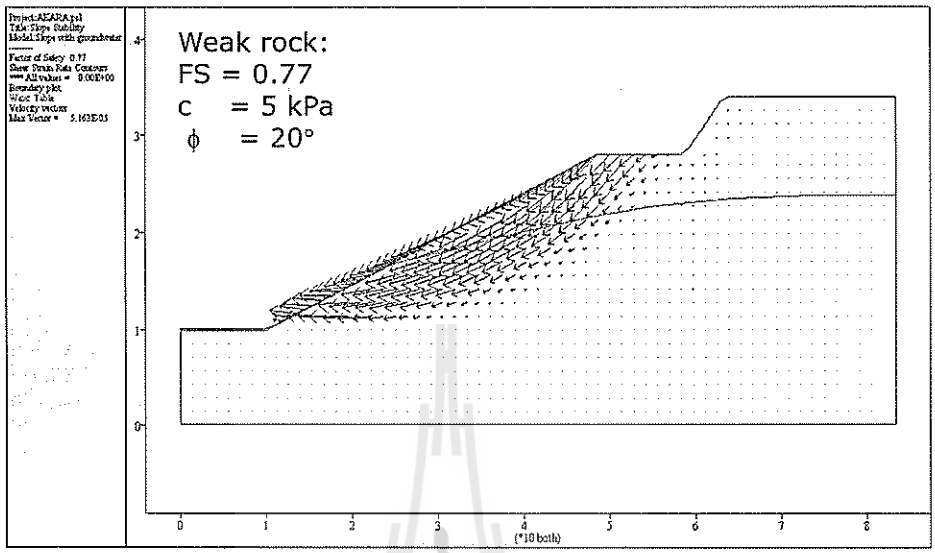
Example for Finite Difference Method

FLAC SLOPE 4.0



Example for Finite Difference Method

FLAC SLOPE 4.0



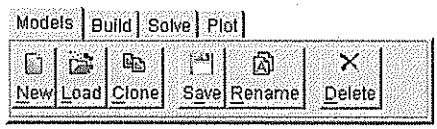
FLAC Slope Overview

FLAC/Slope does take longer to determine a factor of safety than a limit equilibrium program.

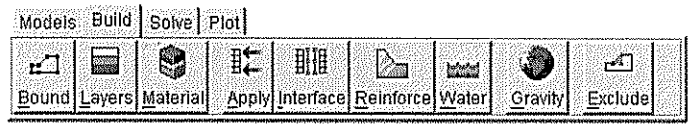
However, with the advancement of computer processing speeds, solutions can now be obtained in a reasonable amount of time. This makes FLAC/Slope a practical alternative to a limit equilibrium program, and provides advantages over a limit equilibrium solution (e.g., see Dawson and Roth (1999), and Cala and Flisiak (2001)):

1. Any failure mode develops naturally; there is no need to specify a range of trial surfaces in advance.
2. No artificial parameters (e.g., functions for interslice force angles) need to be given as input.
3. Multiple failure surfaces (or complex internal yielding) evolve naturally, if the conditions give rise to them.
4. Structural interaction (e.g., rock bolt, soil nail or geogrid) is modeled realistically as fully coupled deforming elements, not simply as equivalent forces.
5. The solution consists of mechanisms that are kinematically feasible. (Note that the limit equilibrium method only considers forces, not kinematics.)

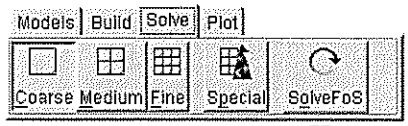
Models Stage



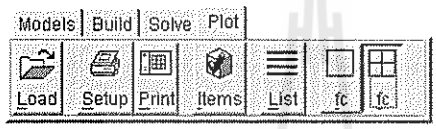
Build Stage



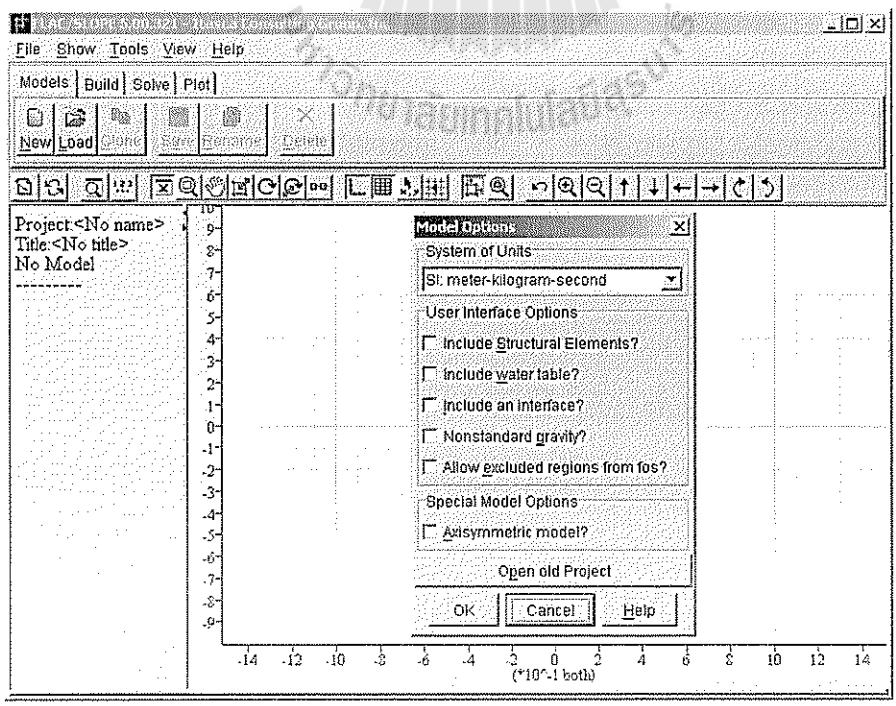
Solve Stage



Plot Stage

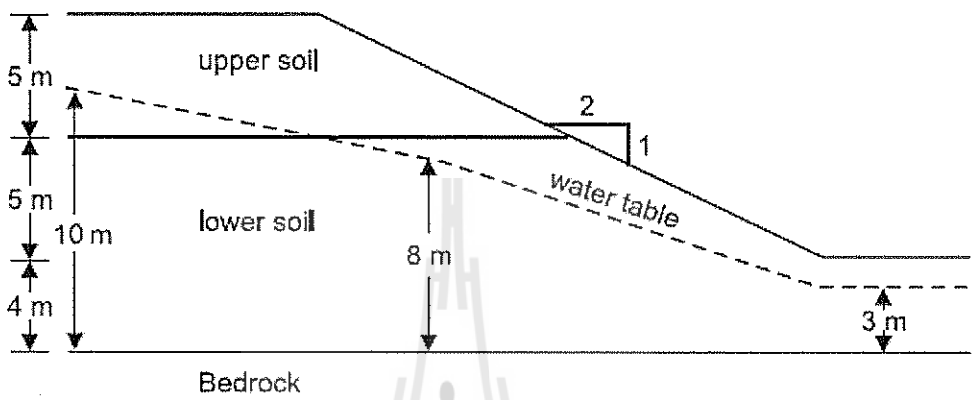


Start-Up (The FLAC/Slope main window)



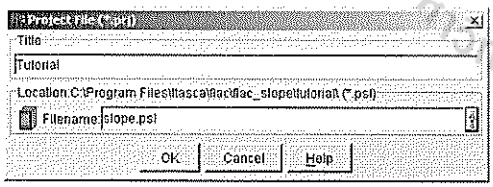
A Simple Tutorial

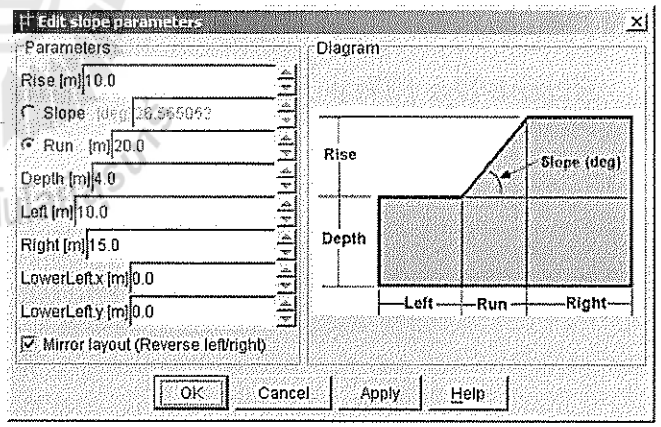
	Upper Soil	Lower Soil
unsaturated density	1500 kg/m^3	1800 kg/m^3
saturated density	1800 kg/m^3	2100 kg/m^3
cohesion	5,000 Pa	10,000 Pa
friction angle	20°	25°
tensile strength	0	0

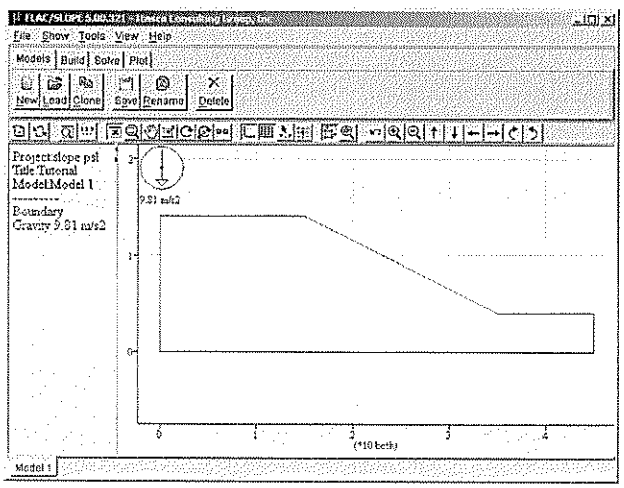


Conditions of the simple slope

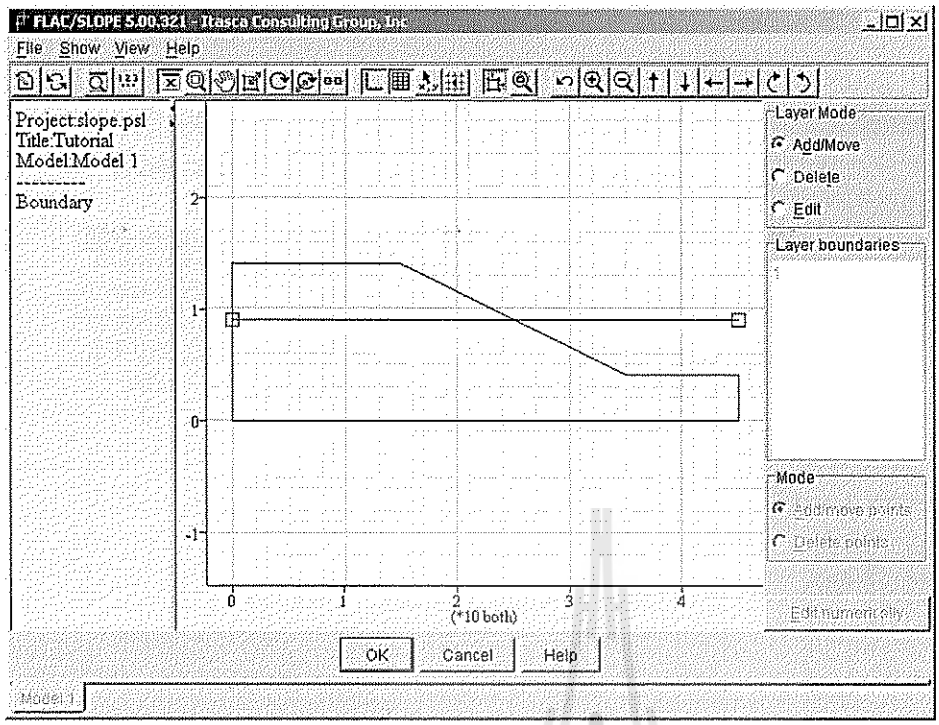
Defining the Project





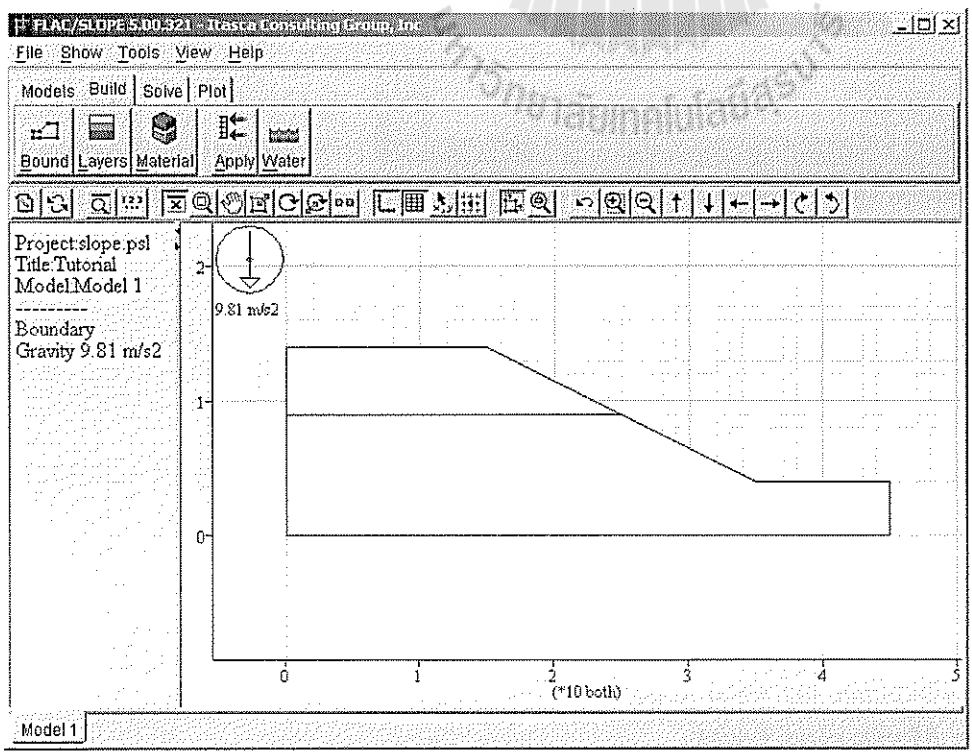


Building the Model



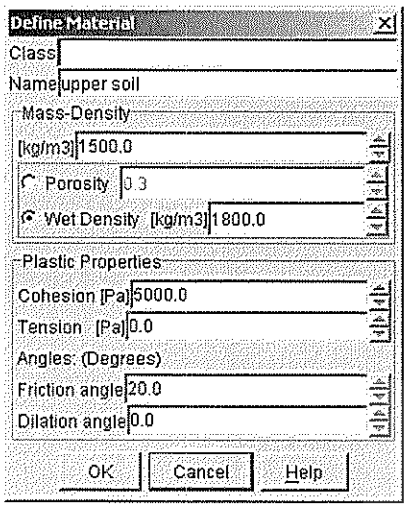
Layers tool

Building the Model



Two layers created by the Layers tool

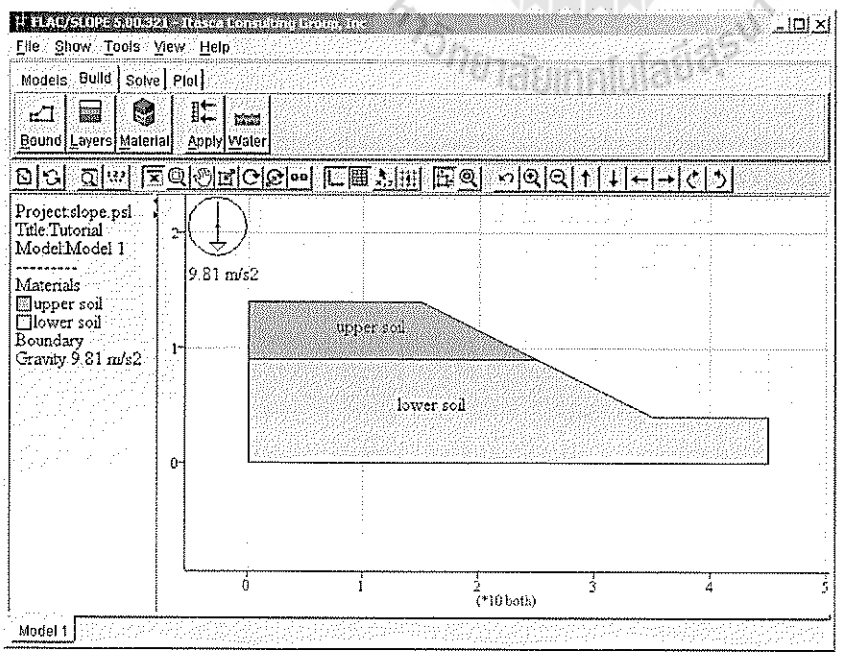
Define Material



Properties input in the Define Material dialog for upper soil

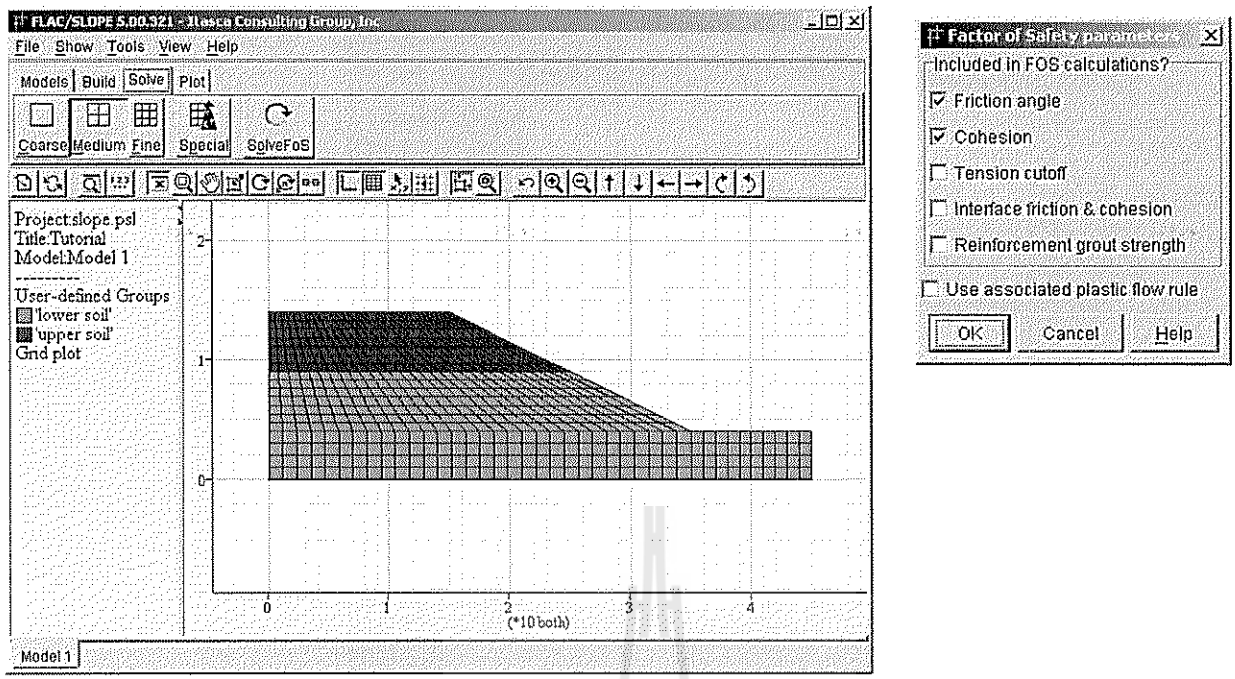
	Upper Soil	Lower Soil
unsaturated density	1500 kg/m^3	1800 kg/m^3
saturated density	1800 kg/m^3	2100 kg/m^3
cohesion	5,000 Pa	10,000 Pa
friction angle	20°	25°
tensile strength	0	0

Define Material



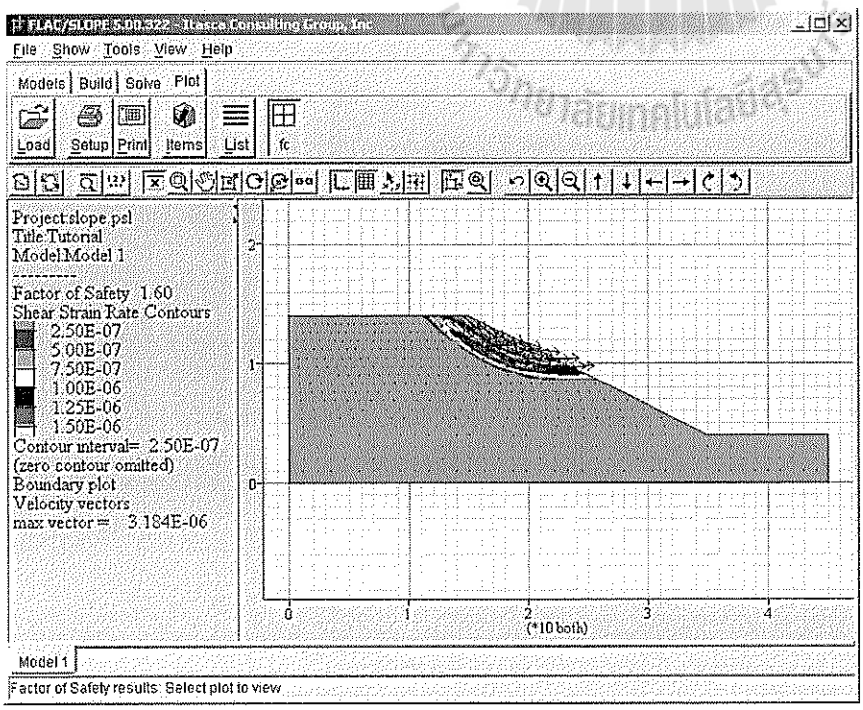
Materials assigned to the two layers in the Material tool

Calculating a Factor of Safety



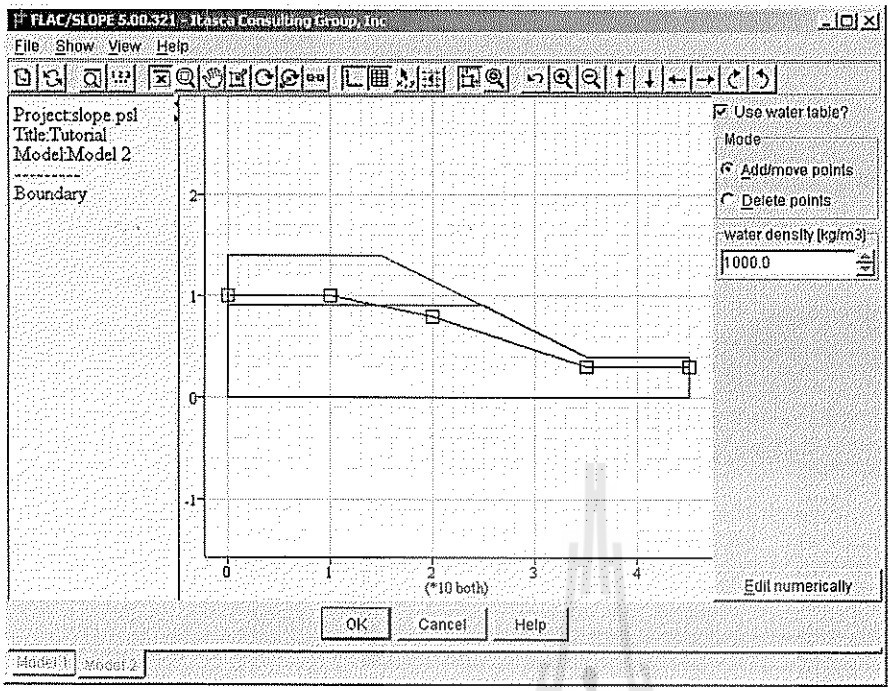
Medium-grid for Model 1

Viewing the Results



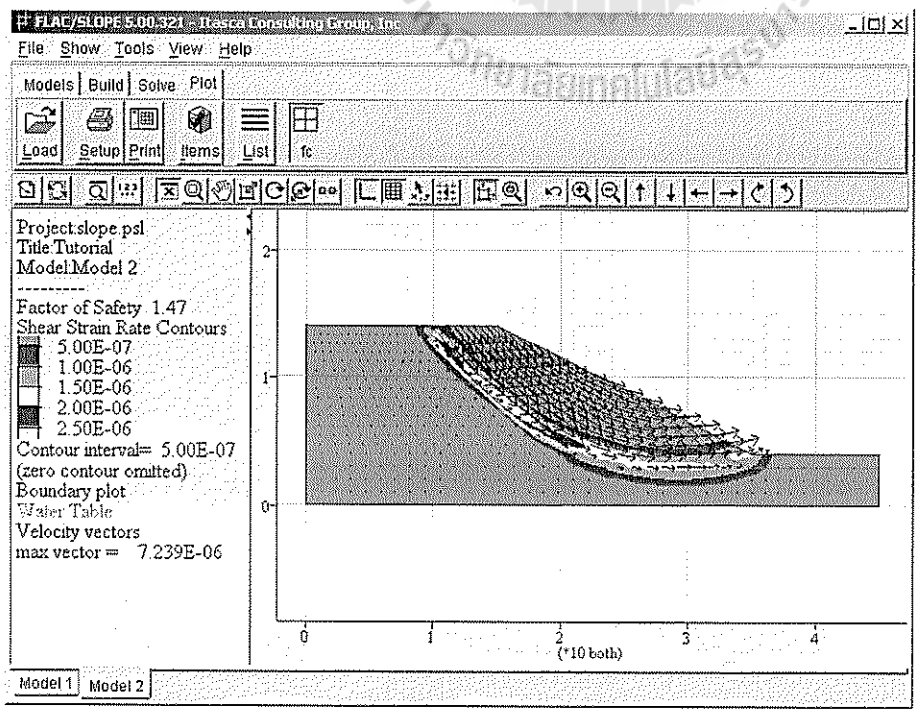
Factor-of-safety plot for medium-grid Model 1

Performing Multiple Analyses



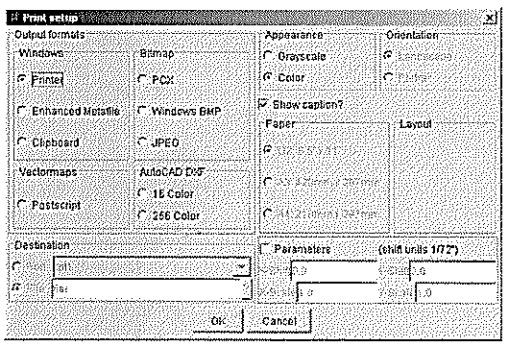
Positioning water table in the Water tool

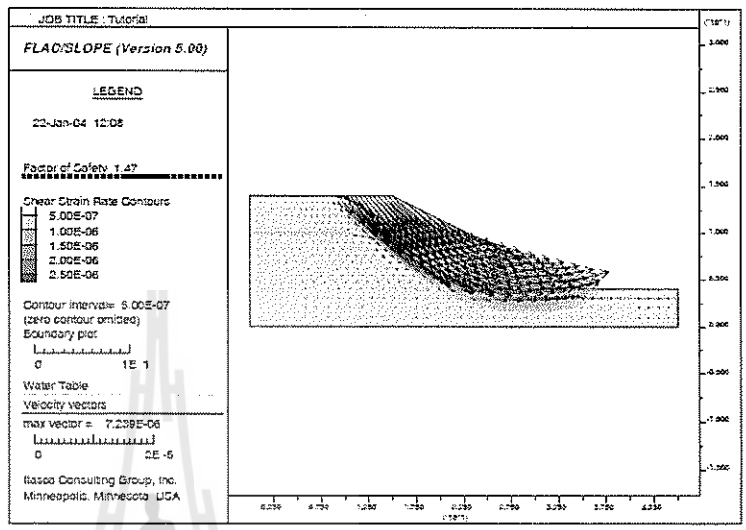
Performing Multiple Analyses



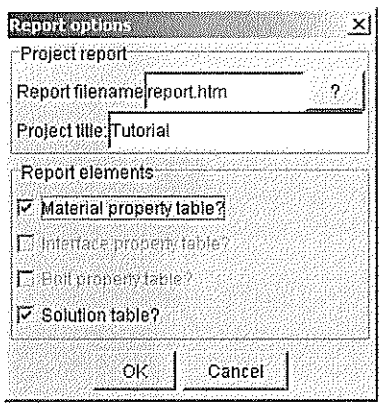
Factor-of-safety plot for medium-grid Model 2

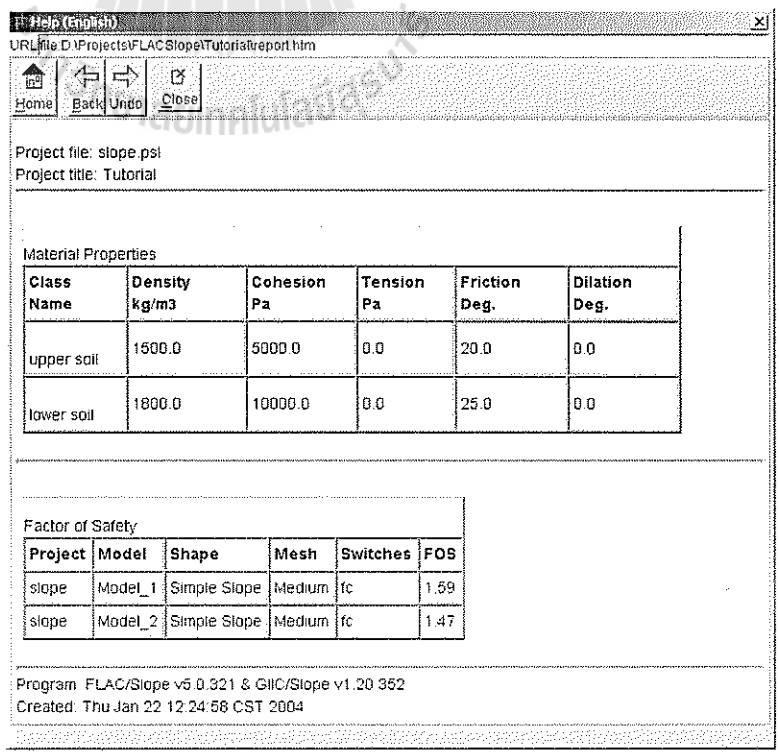
Making Hardcopy Plots



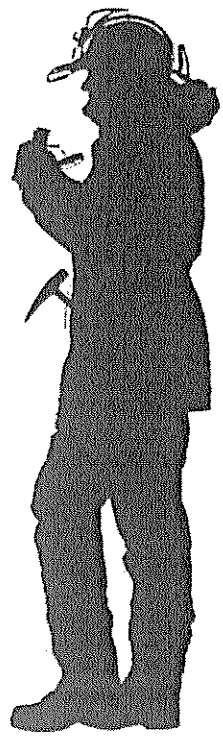


Report Options dialog

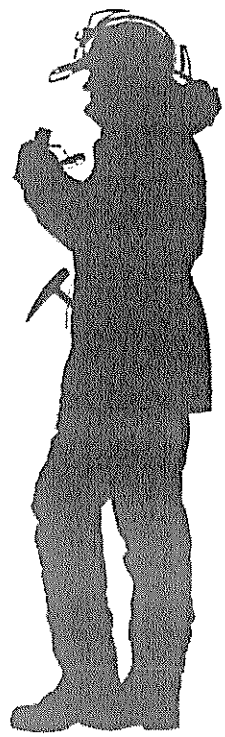




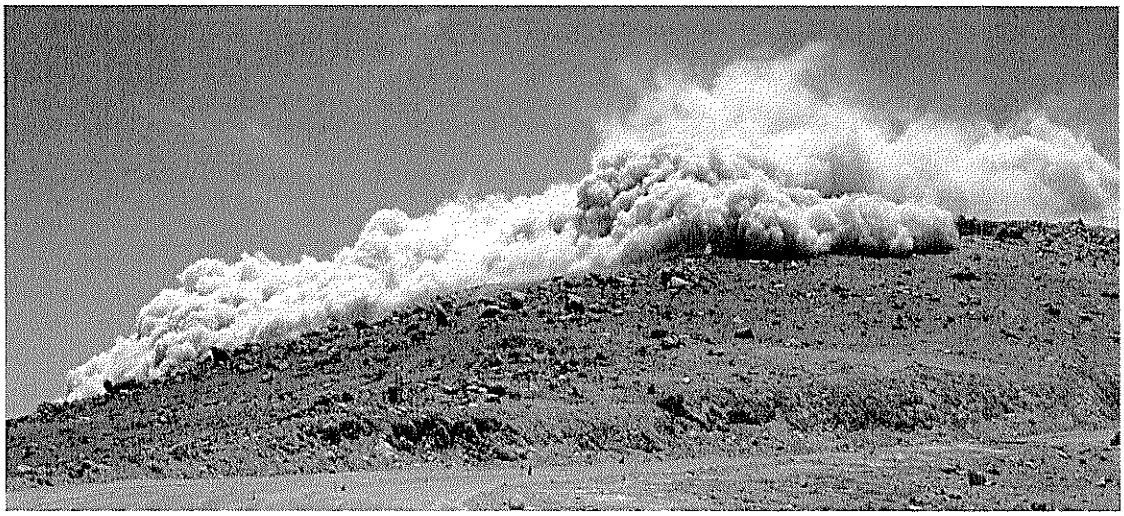
Results tables



35



36



Rock Slope Blasting

Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

Introduction for Slope Blasting

Blasting Rock Slope

- to obtain good fragmentation
- induce less damage to the remaining rock slope

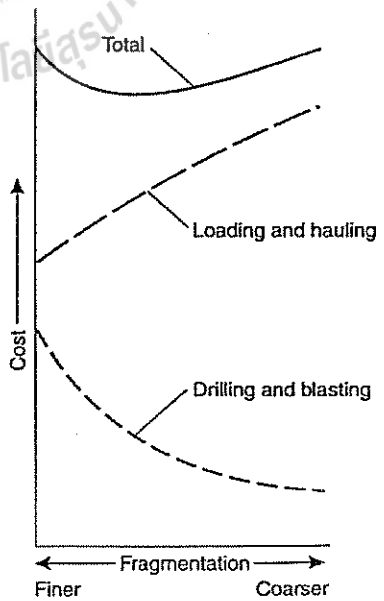
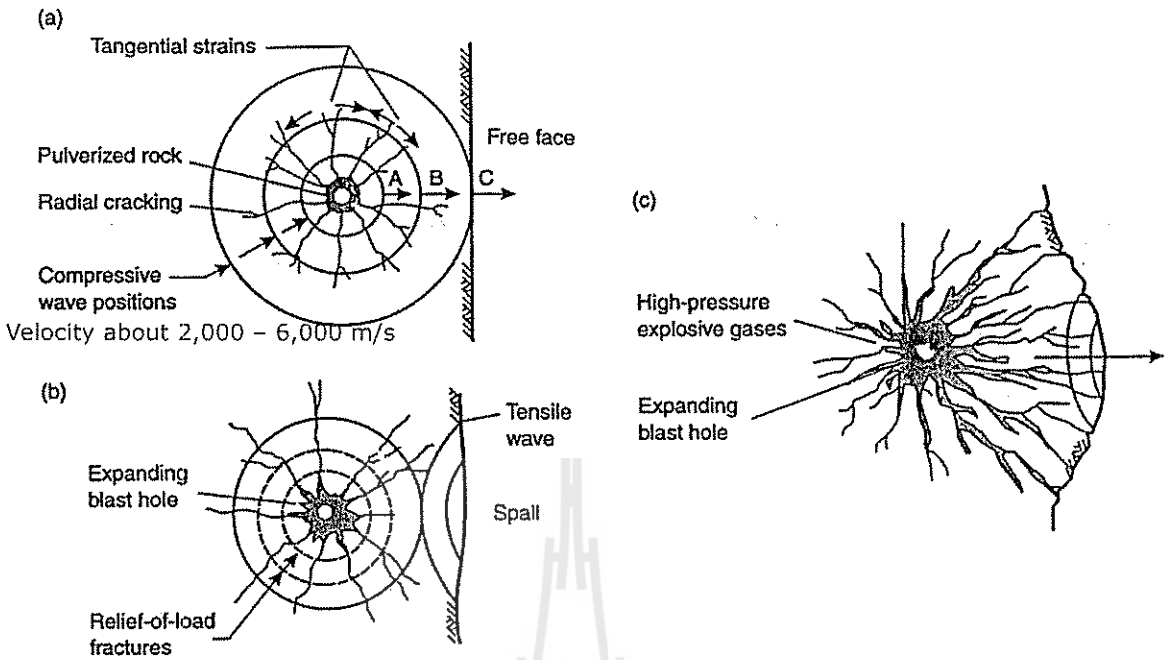


Figure 11.2 Effect of fragmentation on the cost of drilling, blasting, loading and hauling.

Mechanisms of Rock Fracturing by Explosive



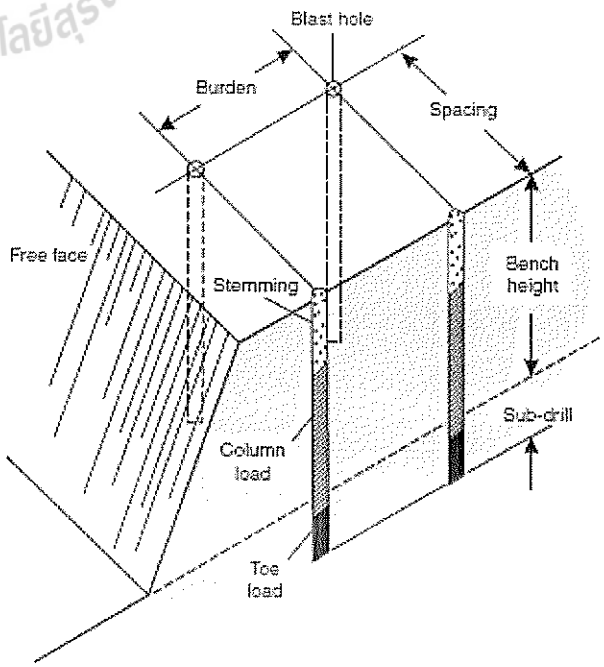
Production Blasting

Drill-and-Blast Parameters

- 1 type, weight, distribution of explosive;
- 2 nature of the rock;
- 3 bench height;
- 4 blast hole diameter;
- 5 burden;
- 6 spacing;
- 7 subdrill depth;
- 8 stemming;
- 9 initiation sequence for detonation

of explosives; and

- 10 powder factor.



Definition of Bench Blasting Term

Explosive properties

Type, weight and distribution of explosive.

The strength of an explosive is a measure of the work done by a certain weight or volume of explosive. This strength can be expressed in absolute units or as a ratio relative to a standard explosive such as gelignite or ANFO (Ammonium Nitrate / Fuel Oil)

Charge Factor = Explosive Weight (kg) / Rock Weight (ton)

Example:

Charge Factor = 0.5, Hydrogel = ?? kg

Rock Weight 1 ton → ANFO = 0.5 kg

ANFO → Weight Strength = 100%

Hydrogel → Weight Strength = 111 %

→ (0.5 x 100) / 111 = 0.45 kg

Explosive properties

Table 11.1 Typical properties of explosives products

Explosive type	*Density (g/cc)*	*VOD (m/s)*	*Relative bulk strength* (ANFO = 100)*	*Water resistance*
Packaged, detonator-sensitive emulsions	1.12–1.2	4600–5200	115–170	Excellent
Packaged, booster-sensitive emulsions	1.24–1.26	4300–5050	125–155	Excellent
Watergels	1.20	4785	129	Excellent
Dynamites	1.2–1.42	3350–5600	170–130	Good to excellent
Wall control dynamites	0.75–1.3	1650–2600	76–114	Good to poor
Boosters	1.34–1.6	5600–7900	167–280	Excellent
ANFO	0.84	4000	100	None
Bulk emulsions	1.25	5200–5500	120–150	Excellent

Note

* *Relative of bulk strength* (RBS)—is a comparison of theoretical chemical energy per unit volume of an explosive to ANFO that has been assigned an RBS of 100.

Explosive properties

TABLE VI - STRENGTHS OF EXPLOSIVES COMPARED TO ANFO

Explosive	Weight strength % ANFO	Bulk Strength % ANFO	Specific Gravity
ANFO (Gravity loaded)	100	100	0.82
ANFO (Pressure loaded)	100	109	0.92
A.N. Gelatine Dynamite '75'	114	195	1.40
A.N. Gelignite '60'	95	174	1.50
A.N. 'Ligdyn 40'	85	149	1.43
A.N. 'Ligdyn 25'	68	119	1.42
'Anzite' Blue	114	193	1.40
'Anzite' Red	114	193	1.40
'Anzite' Yellow	97	165	1.43
'Aquamex'	100	170	1.39
Blasting Gelatine	127	233	1.50
'Exactex'	90	107	0.96
'Geophex'	85	163	1.55
'Hydrogel'	111	205	1.50
'Hydromex' M1	95	124	1.50
'Hydromex' M2	127	433	1.50
'Hydromex' M4	152	279	1.50

Explosive properties

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

TABLE VI - STRENGTHS OF EXPLOSIVES COMPARED TO ANFO

Explosive	Weight strength % ANFO	Bulk Strength % ANFO	Specific Gravity
'Molanal' A	82	140	1.3-1.4
'Molonal' D	114	195	1.3-1.4
'Molonal' DQ	114	195	1.3-1.4
'Monograin'	90	107	0.90
'Plastergel'	95	174	1.50
'Quarigel'	101	186	1.50
Quarry 'Monobel'	100	121	0.98
'Rollex' 60	97	174	1.45
'Roxite'	63	121	1.65
'Seismex'	101	174	1.10
'Seismex' (Aluminised)	113	151	1.10
S.N. Gelignite 50%	89	163	1.50
Semigel	106	226	1.20
Semigel No. 2	99	135	1.12
'Ajax'	71	135	1.50
'Dynagex'	57	84	1.39
'Dynobel' No. 2	81	109	1.10
'Morcol'	80	116	1.20
'Polar' A3 'Monobel'	71	86	0.98

Bench height

- Bench heights are usually determined by the geometry of the site, with single benches being used where the excavation depth is up to about 8m.
- On larger construction projects and in open pit mines and quarries, multi-benches operations are conducted.
- For these operations, the selection of the optimum bench height to maximize the overall cost efficiency of drilling and blasting requires the correct combination of drilling and loading equipment.

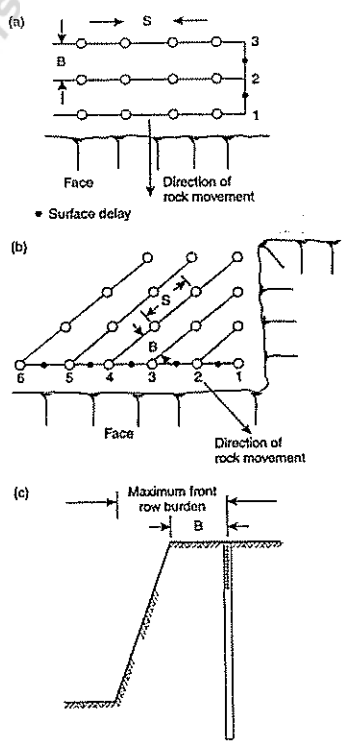
Burden

Effective Burden

$B_e \cong 40$ times of Blasthole Diameter

or

$B_e \cong 0.33H$ to $0.25H$



too small → fly rock
→ venting problem (leak along fracture)

too large → choking
→ poor fragmentation

Blast hole diameter

Blast hole diameter d ≤ Bench height/40

$$d_{ex} \approx \frac{B \times 1000}{(24\gamma_{ex}/\gamma_r) + 18}$$

$$d_{ex} \approx \frac{B \times 1000}{8(RBS/\gamma_r)^{0.33}}$$

burden B (units: m)
γ_{ex} and γ_r are the unit weights of the explosive and rock
relative bulk strength (RBS) compared to ANFO (RBS = 100)

too large → fly rock
→ damage to the remaining rock
→ air blast

too small → choking

Nature of the rock

- The effects of structural geology on blast design can be quantified by applying two correction factors to the calculated burden distance.

$$B' = k_\psi \cdot k_s \cdot B$$

Table 11.2 Correction factors for dip of structure

Orientation of structure	*Correction factor, k_ψ*
Structure dipping steeply out of face	1.18
Structure dipping steeply into face	0.95
Other orientation of structure	1.00

Table 11.3 Correction factors for discontinuity characteristics

Structural characteristics	*Correction factor, k_s*
Closely jointed, closely spaced weakly cemented seams	1.30
Thin, well-cemented layers with tight joints	1.10
Massive, intact rock	0.95

Sub-drill depth

base of the bottom load in the form of an inverted cone with sides inclined at 15° to 25°

Sub-drill depth = 0.2-0.3 (S or B)

which use smaller

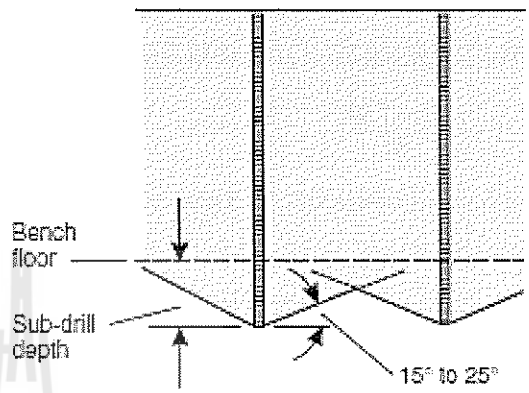


Figure 11.5 Rock breakage at the bottom of a blast hole with the use of sub-drilling.

Stemming

- Dry and well graded angular materials
- 10-15 mm crushed rock,
- The optimum stemming length depends upon the properties of the rock

Stemming depth ≅ 0.67 to 2 (B)

0.7 times the burden,

too little → fly rock
(shorter than → air blast
two thirds of → backbreak problems
the burden) → **reducing the effectiveness of the blast**

too large → poor fragmentation

Hole spacing

Effective Spacing

$S_e \cong 1.25\ B_e$ (Experience suggests)

B_e and S_e depend not only upon the blasthole pattern but also upon the sequence of firing.

For a stiffness ratio H/B between 1 and 4,

$$S = \frac{(H + 7B)}{8} \qquad (11.5)$$

and for a stiffness ratio H/B greater than 4,

$$S = 1.4 \times B \qquad (11.6)$$

too small → desensitization
(หลุมข้าง ๆ ระเบิดตาม)

too large → poor fragmentation

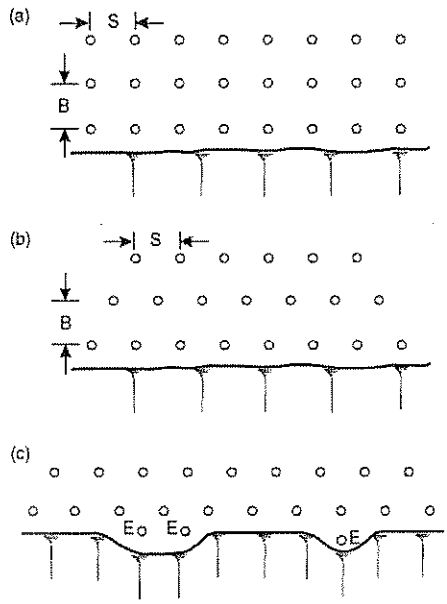


Figure 11.6 Typical blast hole patterns used in production blasting: (a) square pattern with burden/spacing ratio 1:1; (b) staggered pattern with burden/spacing ratio 1:1.15; (c) easer holes (E) to assist movement of front row burden.

Hole detonation sequence

Initiation sequence for detonation of explosive

- The firing or initiating line will normally be connected to the middle of the front row trunk line.
- The blasting sequence, after the initiation of the first row, is controlled by the use of delays.

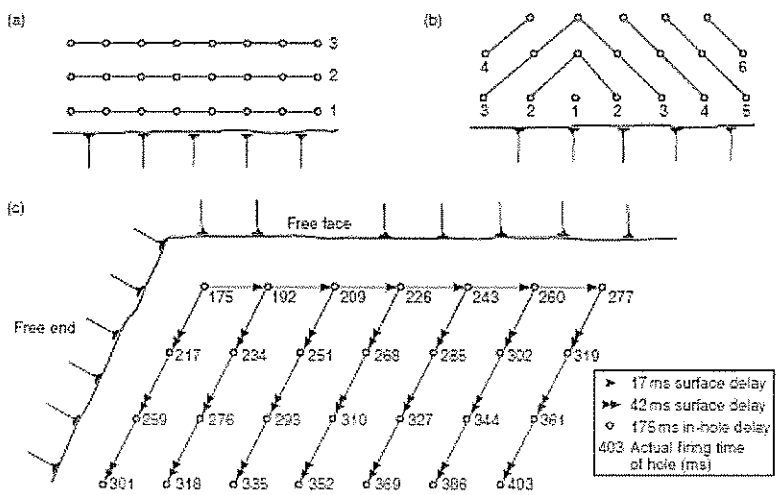


Figure 11.7 Typical detonation sequences: (a) square "row-by-row" detonation sequence; (b) square "V" detonation sequence; (c) hole-by-hole detonation using both surface and in-hole non-electric delays (W. Forsyth).

Hole detonation sequence

Initiation sequence for detonation of explosive

For row-to-row detonation:

$$\text{Time delay between rows (units: ms)} \approx (10\text{–}13) \times \text{(burden) (units: m)} \quad (11.7a)$$

For example, for a 5 m burden the delay between rows is 50–65 ms.

For hole-to-hole detonation:

$$\text{Time delay between holes (units: ms)} \approx \text{(delay constant)} \times \text{(hole spacing) (units: m)} \quad (11.7b)$$

Table 11.4 Delay constant–rock type relationship for hole-to-hole delay

Rock type	*Delay constant (ms/m)*
Sand, loam, marl, coal	6–7
Soft limestone, shale	5–6
Compact limestone and marble, granite, basalt, quartzite, gneiss, gabbro	4–6
Diabase, diabase porphyrites, compact gneiss and micaschist, magnetite	3–4

17

Delays between successive hole or row firing

Typically, delay intervals of 1 to 2 milliseconds per foot of burden (3 to 6 milliseconds per meter) are used in production blasting

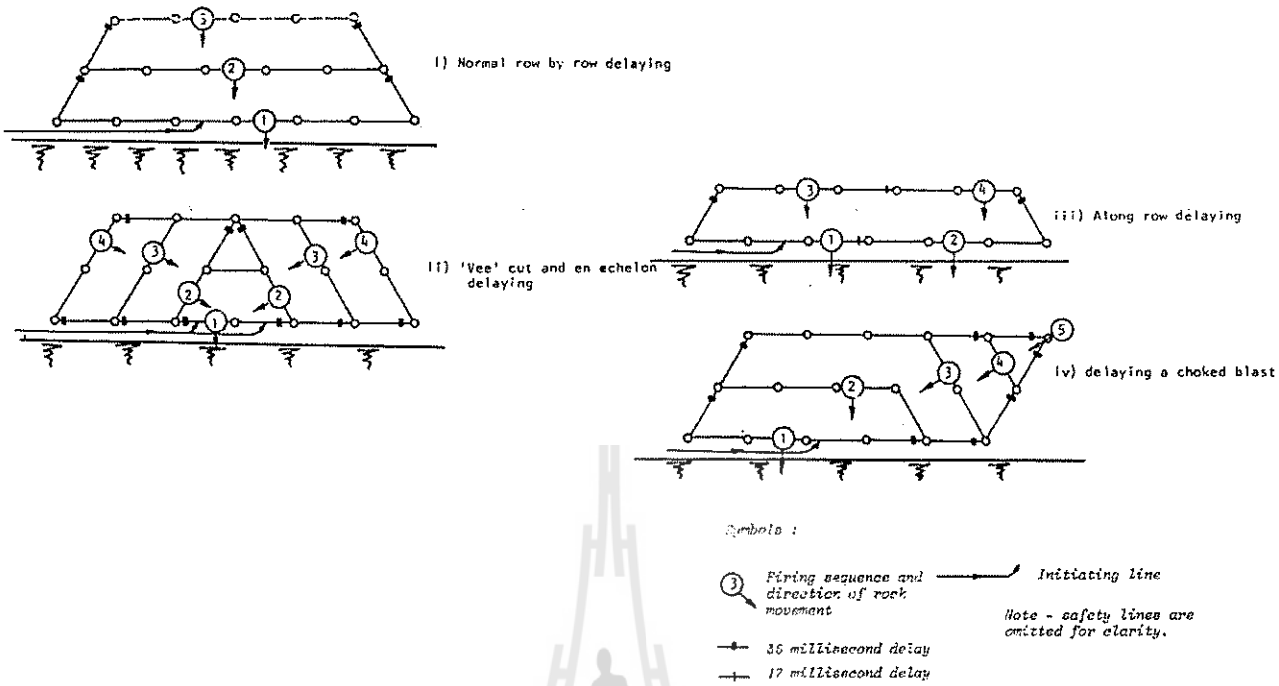
too fast → desensitization
→ air blast

Front row	-	instantaneous
Row 2	-	35 milliseconds delay
Row 3	-	70 milliseconds delay
Row 4	-	105 milliseconds delay

- The use of delays in a blast in one of the most powerful weapons in the fight against excessive blast damage and the instability of benches in open pit mines.

18

Drill-and-Blast Parameters



Fragmentation

- "powder factor"—the weight of explosive required to break a unit volume of rock, for example, kg/m^3.

Weight of explosive per hole, W_{ex}
= (diameter of explosive)
× (unit weight of explosive)
× (bench height − stemming length
+ subdrill depth)

and

Volume of rock per hole, V
= (bench height) × (burden) × (spacing)

$$\text{Powder factor} = \frac{W_{ex}}{V} \qquad (11.8)$$

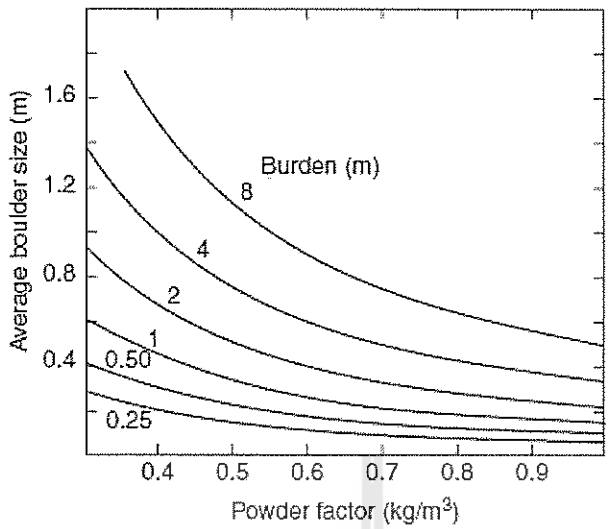


Figure 11.8 Relationship between average boulder size L, powder factor q and burden B in bench blasting (Persson *et al.*, 1993).

Blast damage and its control

- Three types of damage that can be caused by blasting include :

(a) *Ground vibrations*—structural or cosmetic damage resulting from ground vibration induced by the shockwave spreading out from the blast area.

(b) *Flyrock*—impact damage by rock ejected from the blast.

(c) *Airblast and noise*—damage due to overpressure generated in the atmosphere.

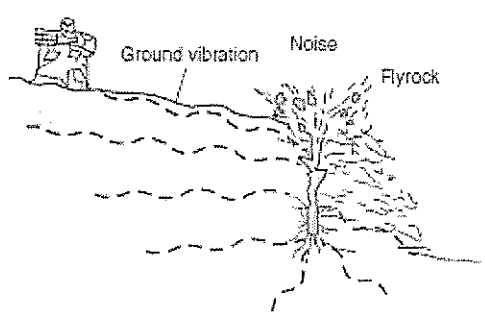


Figure 11.15 Causes of blast damage.

Damage from ground vibration

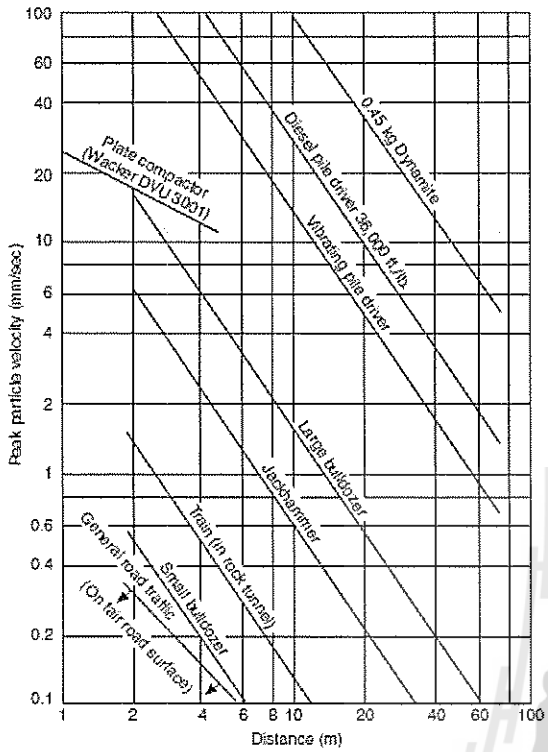


Figure 11.16 Peak particle velocities produced by construction machinery compared to explosive charge (adapted from Wiss, 1981).

Control of flyrock

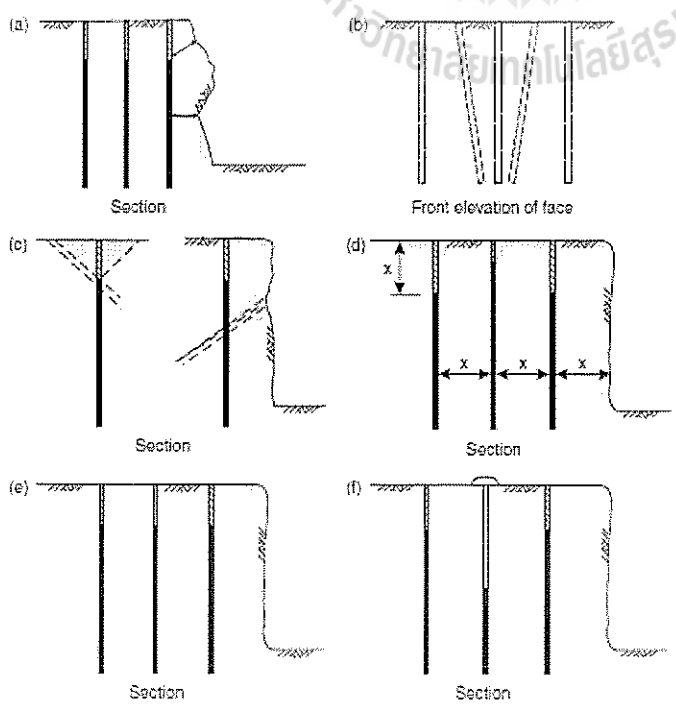


Figure 11.23 Common causes of flyrock: (a) inadequate front row burden; (b) hole misalignment resulting in concentration of explosives; (c) weak seams vent gas to rock face; (d) holes loaded close to bench surface; (e) some holes with no stemming; (f) blocked holes loaded with fixed weight of explosive or number of cartridges (after CIL, 1984).

Control of air blast and noise

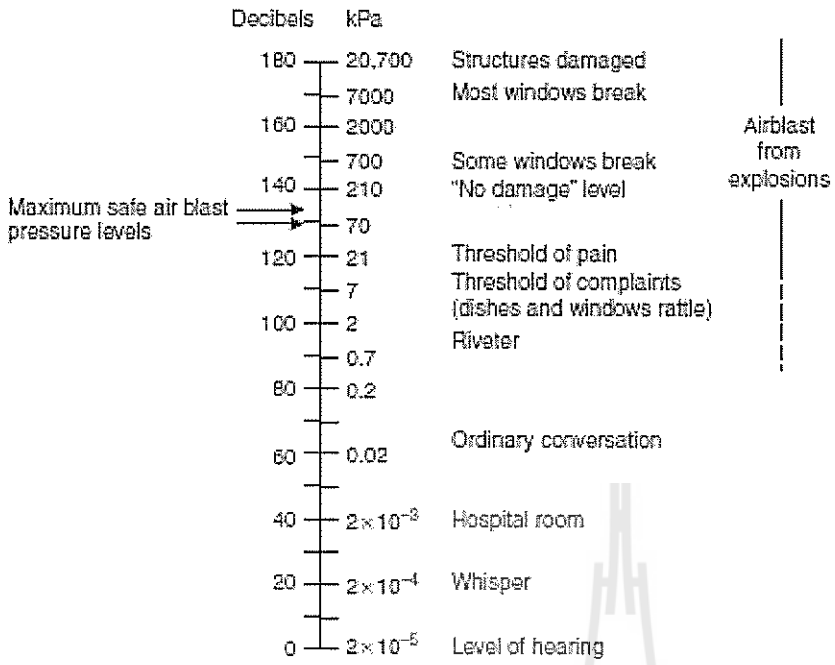


Figure 11.25 Human and structural response to sound pressure level (Ladegaard-Pedersen and Dally, 1975).

Controlling Slope Damage.

1. Choke blasting into excessive burden or broken muck piles should be avoided.
2. The front row charge should be adequately designed to move the front row burden.
3. The main charge and blasthole pattern should be optimized to give the best possible fragmentation and digging conditions for the minimum powder factor.
4. Adequate delays should be used to ensure good movement towards free faces and the creation of new free faces for following rows.
5. Delays should be used to control the maximum instantaneous charge to ensure that rock breakage does not occur in the rock mass which is supposed to remain intact.
6. Back row holes should be drilled at an optimum distance from the final digline to permit free digging and yet minimize damage to the wall. Experience can be used to adjust the back row positions and charges to achieve this result.

If all of these conditions have been satisfied and a bench instability problem due to over-break still exists, consideration should be give to the use of special blasting techniques such as **buffer blasting**, **Pre-splitting** and **smooth-wall blasting.**

Buffer Blasting

- Buffer or cushion blasting involves increasing the distance between the back row charges and the final digline. Obviously, there is a limit to the amount this distance can be increased before unacceptable digging conditions are created increased before unacceptable digging conditions are created at the final digline.

- The burden and spacing in the back row can be decreased to approximately one half that of the main charge and the holes can be charge with a lower strength explosive than that used in the main blast. The buffer holes are fired last with a delay of 1 to 2 milliseconds per foot of burden.

Pre-splitting

- Pre-splitting or pre-shearing is a technique which is used very extensively and very successfully in civil engineering excavations in hard rock. Its use in mining, particularly with large diameter blastholes, is less common but the technique merits serious consideration by open pit engineers.

- A row of closely spaced and usually small diameter holes is drilled along the line of the final face. These holes are lightly charged and the charge is de-coupled from the rock by leaving an air space between the charge and the walls of the blasthole.

- The row is fired before the man charge and the reinforcing effect of the closely spaced holes together with the very large burden results n the formation of a clean fracture running from one hole to the next. A good pre-split face is characterised by a clean fracture running between the parallel half barrels of the blastholes as illustrated in the margin photograph.

- Pre-split blasting is not usually successful in well jointed hard rocks, particularly where the joints are open and are inclined to the pre-split line. These open joints allow the explosion gases to vent and fracturing follows the joints rather than the intended pre-split line.

Pre-splitting

TABLE X - RECOMMENDED DIMENSIONS FOR SMOOTH-WALL AND PRE-SPLIT BLASTING

Drillhole diameter		Charge diameter		Explosive*		SMOOTH-WALL BLASTING Spacing		Burden		PRE-SPLIT BLASTING Spacing**	
mm	in	mm	in	kg/m	lb/ft	m	ft	m	ft	m	ft
30	1.25	11	0.5	0.07	0.05	0.5	1.6	0.7	2.3	0.25-0.3	0.8-1.0
37	1.5	17	0.63	0.12	0.08	0.6	2.0	0.9	3.0	0.30-0.5	1.0-1.6
44	1.75	17	0.63	0.17	0.11	0.6	2.0	0.9	3.0	0.30-0.5	1.0-1.6
51	2.0	22	0.88	0.25	0.17	0.8	2.6	1.1	3.6	0.45-0.75	1.5-2.5
62	2.38	22	0.88	0.35	0.23	1.0	3.3	1.3	4.2	0.55-0.8	1.8-2.6
75	3.0	25	1.0	0.50	0.34	1.2	4.0	1.6	5.2	0.60-0.9	2.0-3.0
87	3.5	25	1.0	0.70	0.47	1.4	4.6	1.9	6.2	0.70-1.0	2.3-3.3
100	4.0	29	1.13	0.90	0.60	1.6	5.2	2.1	6.9	0.80-1.2	2.6-4.0
125	5.0	40	1.63	1.40	0.94	2.0	6.6	2.7	8.8	1.00-1.5	3.3-4.9
150	6.0	50	2.0	2.00	1.34	2.4	7.9	3.2	10.5	1.20-1.8	4.0-5.9
200	8.0	52	2.0	3.00	2.02	3.0	9.8	4.0	13.0	1.50-2.1	4.9-6.9
250	10.0	65	2.5	3.38	2.27	3.4	11.2	4.5	14.8	1.80-2.4	5.9-7.9

* Base on Nitro Nobel's Dynamex B explosive, charge per unit length of hole.

** The burden is assumed to be infinite since the pre-split charge is fired before the main charge

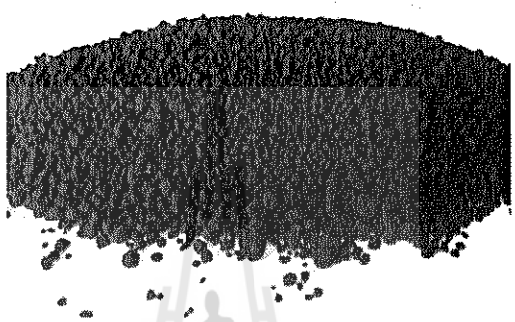
Smooth-wall Blasting

- Smooth-wall or post-spit blasting is similar to pre-split blasting except that the line of holes of fired after the main blast. This means that a free face exist close to the line of charged holes and hence a burden and spacing design has to be specified for this blast.

- Smooth-wall blasting is sometimes used as a clean-up operation to minimize the danger of rockfalls from a face which has been heavily blasted or where jointing has created loose blocky conditions on the face

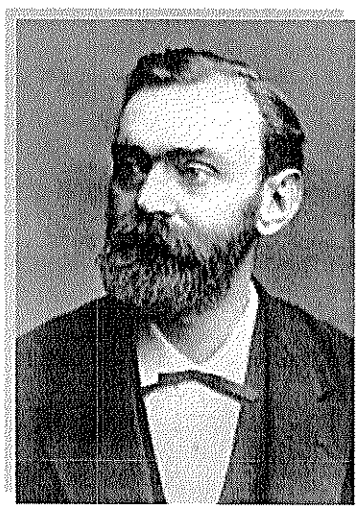
ประวัติความเป็นมา

มีการค้นพบ ดินดำ (Black powder) ในศตวรรษที่ 4 โดยชาวจีน หลังจากนั้นในศตวรรษที่13 Barbarians นำดินดำไปยุโรปและเริ่มมีการพัฒนาการใช้ดินดำเพื่อนำไปใช้เป็น ดินปืน หรือดิน ระเบิดครั้งแรกในศตวรรษ ดังกล่าว และหลังจากนั้นได้มีการนำวัตถุระเบิดมาใช้ในเหมืองหินราวต้น ศตวรรษที่ 17



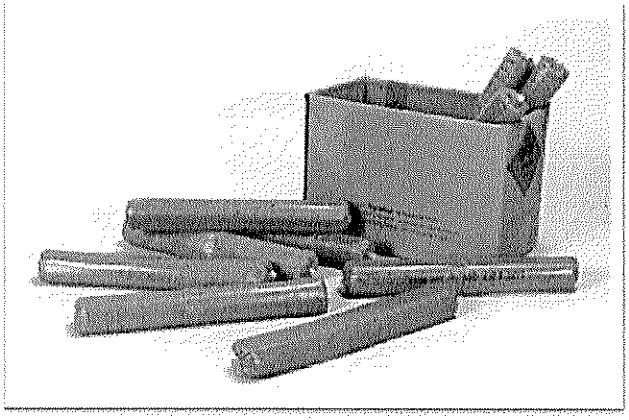
ประวัติความเป็นมา

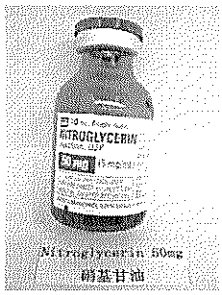
- ในปี ค.ศ. 1865 โนเบล ได้ค้นพบ ไนโตรกลีเซอรีน (nitroglycerine) และได้ผลิตวัตถุระเบิดขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศสวีเดน



อัลเฟรด โนเบล (Alfred Nobel)
ผู้คิดค้นระเบิดไดนาไมต์

ประวัติความเป็นมา





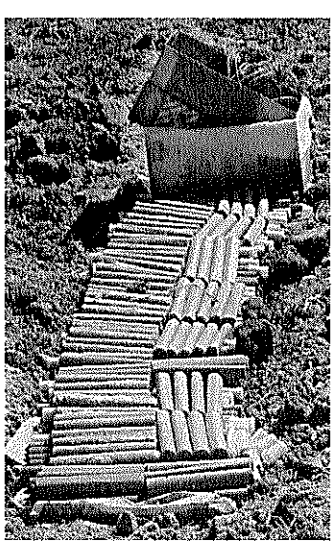
ไนโตรกลีเซอรีน (Nitroglycerin) เป็นสารประกอบทางเคมีชนิดหนึ่ง ปกติเป็นของเหลว ระเบิดได้ ลื่นมัน เป็นพิษ ไม่มีสี และหนัก

ได้จากการไนเตรตสารกลีเซอรอล นิยมใช้ในการผลิตวัตถุระเบิด โดยเฉพาะไดนาไมต์ และใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างและรื้อทำลาย

ประวัติความเป็นมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

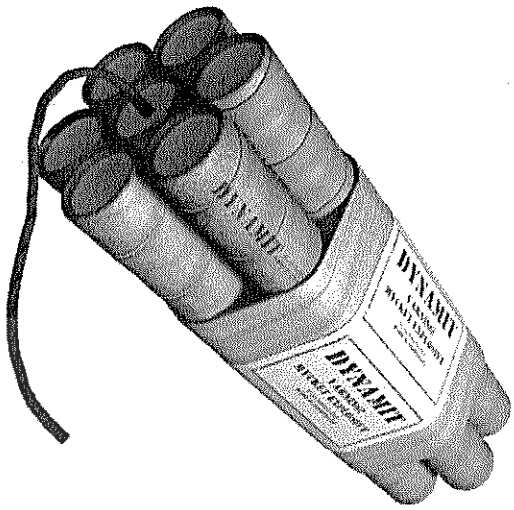
- ปี ค.ศ. 1867 เป็นต้นมา วัตถุระเบิดสำคัญที่ใช้เป็นหลักคือ ไดนาไมต์ (dynamite)



ไดนาไมต์ (Dynamite) เป็นวัตถุระเบิดที่มีอาศัยหลักการระเบิดของไนโตรกลีเซอรีน (nitroglycerin) โดยการใช้ดินเบา (diatomaceous earth หรือ Kieselguhr) เป็นตัวดูดซับ

ประวัติความเป็นมา

ไดนาไมต์เป็นผลงานการประดิษฐ์ของอัลเฟรด โนเบล นักเคมีและวิศวกรชาวสวีเดน เมื่อ พ.ศ. 2409 และได้จดสิทธิบัตรเมื่อปี พ.ศ. 2410 โดยปกติแล้วจะขายในเป็นแท่ง มีความยาวประมาณ 8 นิ้ว และเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว (แต่ก็มีในขนาดอื่นๆ ด้วย) ไดนาไมต์ถือเป็นระเบิดที่มีอานุภาพสูง ซึ่งหมายความว่า ใช้การจุดประทุ (detonation) แทนที่จะเป็นการลุกไหม้ (deflagration)

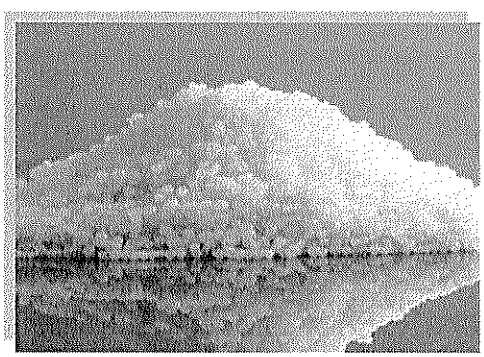


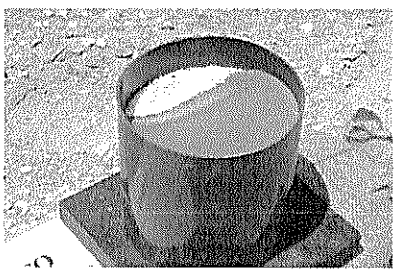
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติความเป็นมา

- กลางศตวรรษที่ 1950 วัตถุระเบิดแบบใหม่ชื่อ “แอนโฟ (ANFO)”

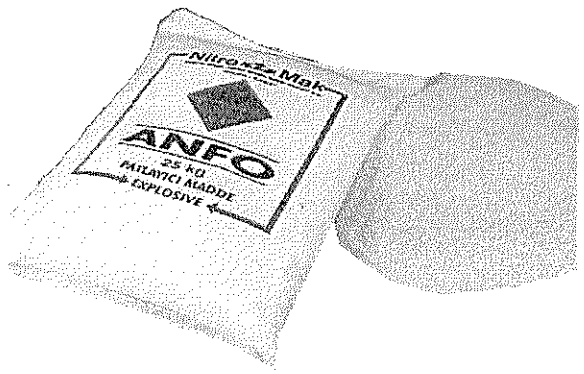
แอนโฟ (ANFO, ammonium nitrate/fuel oil) อันเป็นส่วนผสมระหว่างสารแอมโมเนียมไนเตรตและน้ำมันเชื้อเพลิง (มักจะเป็นน้ำมันดีเซล แต่บางครั้งอาจใช้น้ำมันก๊าด เป็นระเบิดที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการทำเหมือง และการก่อสร้างต่างๆ โดยทั่วไปจะถือว่าแอนโฟเป็นระเบิดแรงสูง แต่ต้องมีตัวส่งกำลัง เพราะมันมีความไวค่อนข้างต่ำ

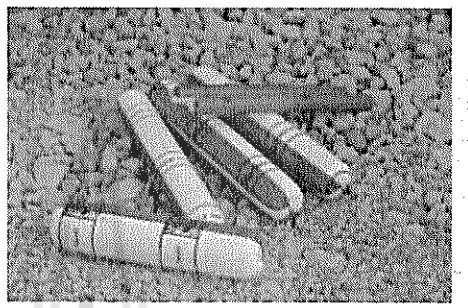




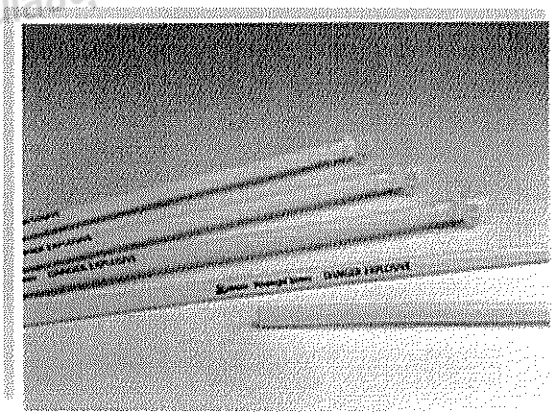
ประวัติความเป็นมา

แอนโฟ มีราคาถูกกว่าไดนาไมต์มาก และสามารถใช้งานได้ผลใกล้เคียงกัน ปัจจุบันวัตถุระเบิดที่ใช้กันกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นวัตถุระเบิดประเภทแอนโฟ





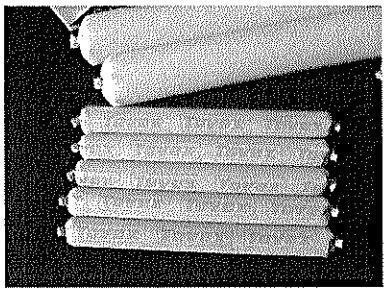
ประวัติความเป็นมา



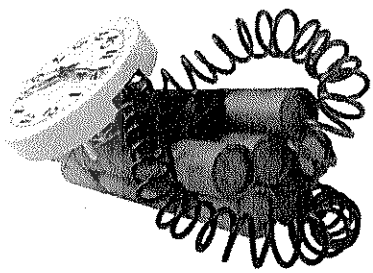
ช่วงทศวรรษสุดท้าย มีวัตถุระเบิดแบบใหม่และกำลังพัฒนาเกิดขึ้นอีก เรียกว่า Two Components Explosive

สรุปประวัติความเป็นมา

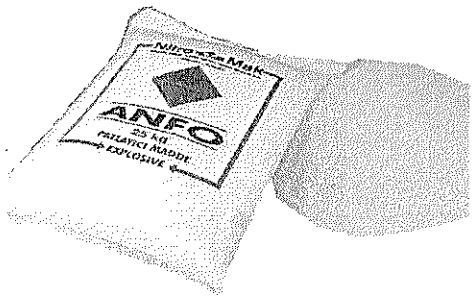
ดินดำ



ไนโตรกลีเซอรีน



ไดนาไมต์



แอนโฟ

นิยามของวัตถุระเบิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุระเบิด คือ สาร (อาจเป็นได้ทั้งของแข็ง หรือของเหลว หรือสารผสม) ที่เมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งถูกกระตุ้นให้ระเบิดแล้ว สารทุกส่วนจะระเบิดต่อเนื่องพร้อมกันหมดในช่วงเวลาที่สั้นมาก การระเบิดเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้วัตถุระเบิดเปลี่ยนสภาพเป็นสารที่เสถียรกว่า

นิยามของวัตถุระเบิด

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้เป็นการระเบิดที่ต่อเนื่องกันด้วยความเร็วของคลื่นระเบิด (Velocity of detonation, VOD) ซึ่งมีความเร็วตั้งแต่ 1,000 ถึงกว่า 10,000 เมตรต่อวินาที ทำให้การระเบิดทั้งหมดเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาที่สั้นมาก ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการระเบิดทำให้ก๊าซที่เกิดขึ้นพร้อมกันมีความดันสูงถึง 100,000 เท่า ของความดันบรรยากาศ

ตารางแสดงสารต่างๆ ที่ใช้เป็นส่วนผสมของวัตถุระเบิด

สาร	ส่วนประกอบทางเคมี	หน้าที่
Ethylene glycol dinitrate	$C_2H_4(NO)_2$	สารระเบิด ลดจุดแข็งตัว
Nitroglycerin	$C_3H_5O_9N_3$	สารระเบิด
Nitrocellulose (guncotton)	$C_6H_7O_{11}N_3$	สารระเบิด
Nitrostarch		สารระเบิด ไม่ทำให้ปวดศีรษะ
Trinitrotoluene (TNT)	$C_7H_5O_6N_3$	สารระเบิด
ดินดำ Black powder	$NaNO_3$ + C + S	สารระเบิด แรงต่ำ
Ammonium Nitrate	$H_4O_3N_2$	สารให้ออกซิเจน
Sodium Nitrate	$NaNO_3$	สารให้ออกซิเจน สารลดจุดแข็งตัว
Potassium nitrate	KNO_3	สารให้ออกซิเจน
Fuel Oil	$(CH_2)_2(CH_2)_n$	สารเผาไหม้
Ground coal ผงถ่าน	C	สารเผาไหม้
Charcoal	C	สารเผาไหม้
Paraffin	C_nH_{2n+2}	สารเผาไหม้
Sulphur	S	สารเผาไหม้
Kieselguhr	SiO_2	สารดูดซับ กันการเกาะตัว

ตารางแสดงสารต่างๆ ที่ใช้เป็นส่วนผสมของวัตถุระเบิด

สาร	ส่วนประกอบทางเคมี	หน้าที่
Pentaerythritol tetranitrate	$C_5H_8N_4O_{12}$	สารระเบิด แก๊ป
(PETN)		สายชะนวนระเบิด
Lead Azide	$Pb(N_3)_2$	สารระเบิดใช้ในแก๊ป
Mercury Fulminate	$Hg(ONC)_2$	สารระเบิดใช้ในแก๊ป
Liquid oxygen	O_2	สารให้ออกซิเจน
Wood Pulp	$C_6H_{10}O_5$	สารเผาไหม้ สารดูดซับ
Carbon	C	สารเผาไหม้
Powdered Aluminium	Al	สารเผาไหม้ สารเพิ่มความไว
Calcium carbonate	$CaCO_3$	สารต้านความเป็นกรด
Chalk	$CaCO_3$	สารต้านความเป็นกรด
Zinc Oxide	ZnO	สารต้านความเป็นกรด
Sodium Chloride	NaCl	สารลดเปลวไฟ

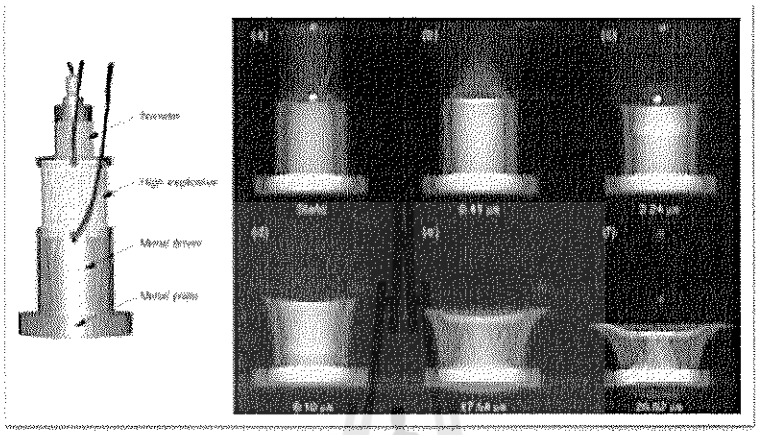
พลังงานจากการระเบิด

พลังงานจากวัตถุระเบิดเกิดขึ้นในขณะที่วัตถุระเบิดทำปฏิกิริยา แยกออกได้เป็นสองแบบ คือ

- พลังงานจากแรงกระแทก (Shock energy)
- พลังงานจากก๊าซ (Gas Energy)

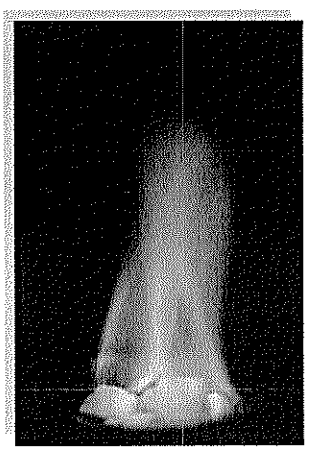
พลังงานจากแรงกระแทก

พลังงานกระแทก (Shock energy) เกิดจากแรงอัดที่เกิดขึ้นจากการระเบิด ซึ่งขึ้นอยู่กับความถ่วงจำเพาะและความเร็วในการระเบิดของวัตถุระเบิดนั้น

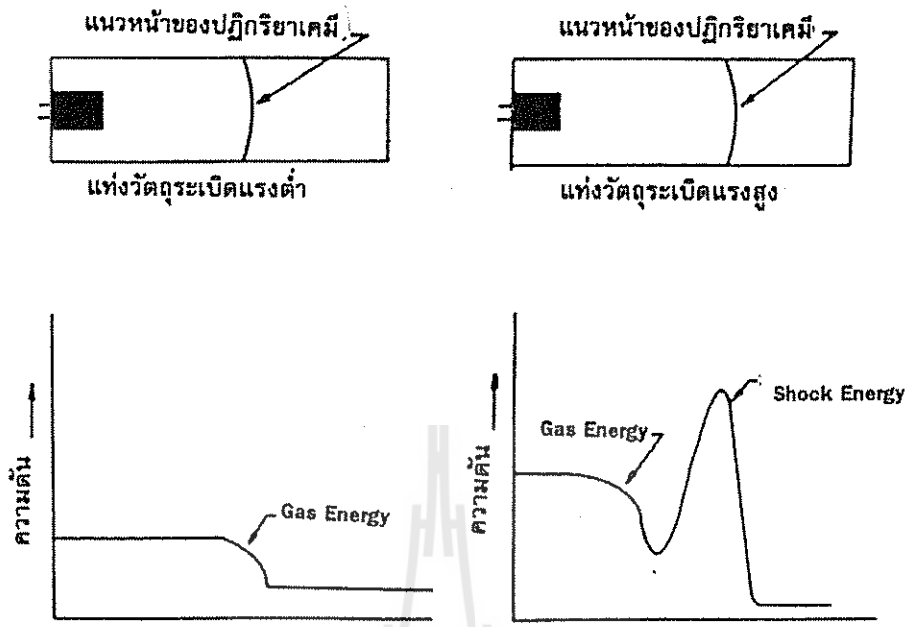


พลังงานจากก๊าซ

พลังงานจากก๊าซ (Gas Energy) เป็นพลังงานที่ทำให้หินแตก แรงดันของก๊าซจากพลังงานจากก๊าซ หรือความดันจากการระเบิด คือความดันที่เกิดขึ้นที่ผนังรูเจาะเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาในการระเบิด



พลังงานจากการระเบิด



พลังงานของการระเบิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุระเบิด แบบวัตถุระเบิดแรงสูง (High Explosive)

จะให้พลังงานจากแรงกระแทก + พลังงานจากก๊าซ

วัตถุระเบิดแรงต่ำ (Low Explosive)

จะให้พลังงานจากก๊าซเพียงอย่างเดียว

พลังงานของวัตถุระเบิด

พลังงาน (Energy) ของวัตถุระเบิดมีไม่มาก แต่พลังงานที่ปล่อยออกมาในช่วงเวลาที่สั้นมากในการระเบิดที่เกิดขึ้นทำให้ความแรง (Power) หรือ พลังงานต่อเวลาเกิดขึ้นสูงมาก

พลังงานของวัตถุระเบิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>ปฏิกิริยาเคมีในการระเบิด</u>

ตามนิยามของวัตถุระเบิด การระเบิดคือการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างรวดเร็วและปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นทำให้เกิดก๊าซและพลังงานสูงสามารถดันให้สิ่งที่อัดอยู่รอบข้างแตกหักได้ สารที่ประกอบเป็นวัตถุระเบิดได้แก่

- สารเผาไหม้
- สารที่ให้ออกซิเจน

วัตถุระเบิดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม

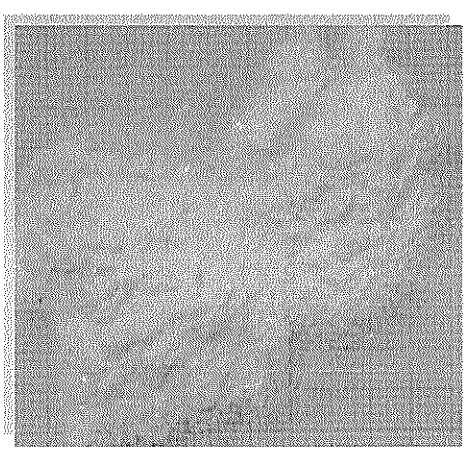
วัตถุระเบิดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

- ตัวจุดระเบิด (Initiating Explosive)
- วัตถุระเบิดแรงสูง (High Explosive)
- วัตถุระเบิดแรงต่ำ (Low Explosive)

ตัวจุดระเบิด

ตัวจุดระเบิด (Initiating explosive) เป็นวัตถุระเบิดที่มีความไวในการจุดระเบิดสูงมาก ใช้สำหรับเป็นตัวจุดวัตถุระเบิดหลักที่ให้กำลัง

ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายได้แก่ เมอร์คิวรี (ทู) ฟูมิเนท (Mercury Fulminate) ใช้ผสมกับ โพแทสเซียม คลอเรท (Potassium Chlorate) 80:20

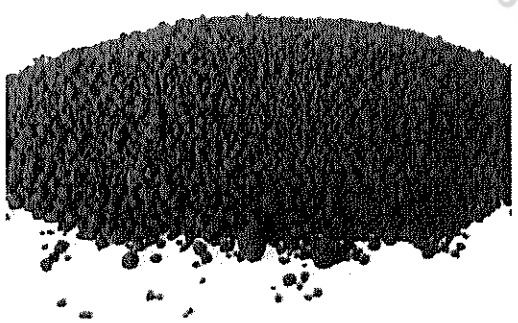


ตัวจุดระเบิด

- นอกจากจะมีความไวในการจุดระเบิดสูงมาก ความเร็วในการระเบิดของตัวจุดระเบิดก็สูงมากด้วย จึงทำให้เกิดคลื่นการระเบิดรุนแรงสามารถจุดระเบิดวัตถุระเบิดแรงสูงหรือต่ำที่มีอยู่ให้ระเบิดได้

- ในการระเบิด ตัวจุดระเบิดไม่ได้ให้ก๊าซจำนวนมาก ดังนั้น ตัวมันเองจึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นวัตถุระเบิดที่ให้กำลัง ตัวจุดระเบิดจึงมักใช้ทำแก๊ปสำหรับจุดวัตถุระเบิดที่ให้กำลังในการทำงานต่อไป

วัตถุระเบิดแรงต่ำ



ดินดำซึ่งเป็นวัตถุระเบิดแรงต่ำที่รู้จักกันดี ประกอบด้วย โพแทสเซียม หรือโซเดียม ไนเตรท กับ กำมะถัน และถ่านในอัตราส่วน 75:10:15 บดละเอียดรวมกันทั้งหมด การเผาไหม้หรือการระเบิดจะให้แรงอัดมากกว่าการกระแทก หรือให้การดันออกมากกว่าการทำให้แตกร้าว ดินดำในกระสุนปืนจะเป็นวัตถุระเบิดแรงต่ำ การเผาไหม้อย่างรวดเร็วในรังเพลิงทำให้เกิดแรงดันสูงสามารถดันกระสุนออกไปจากลำกล้อง โดยไม่มีแรงกระแทกกระทำที่ลำกล้อง

วัตถุระเบิด แอมโมเนียมไนเตรท

แอนโฟ เป็นวัตถุระเบิดแบบสารระเบิดแห้งที่มีราคาถูกที่สุด และใช้ได้อย่างปลอดภัย ให้แรงระเบิดพอสมควร

แอนโฟเริ่มมีใช้ในประเทศไทยหลังปี พ.ศ. 2500 และเป็นวัตถุระเบิดที่ได้จากการนำปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3) มาผสมกับสารที่ให้คาร์บอน

แอนโฟเป็นวัตถุระเบิดในทศวรรษที่ 60 เมื่อเรือที่บรรทุกปุ๋ยเพื่อการเกษตรเกิดไฟไหม้แล้วมีการระเบิดอย่างรุนแรงติดตามมา อุบัติเหตุเช่นนี้มีเกิดขึ้นอย่างน้อยสองครั้งจากการทดสอบทำให้ทราบว่า แอมโมเนียมไนเตรท ผสมกับสารที่ให้คาร์บอนในสภาพที่พอเหมาะ สารผสมนี้จะมีคุณสมบัติเป็นวัตถุระเบิด จากนั้นจึงมีผู้นำปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรทมาใช้เป็นวัตถุระเบิด

วัตถุระเบิด แอมโมเนียมไนเตรท

แอมโมเนียมไนเตรทเป็นสารที่ช่วยให้ไฟติด ขณะที่ตัวเองไม่ติดไฟ

แอมโมเนียมไนเตรท เป็นสารที่ให้ออกซิเจน ช่วยให้สารติดไฟได้รุนแรงกว่าการติดไฟในอากาศ อากาศมีออกซิเจน 21% ขณะที่แอมโมเนียมไนเตรทมีออกซิเจน 60%

ในสภาพปกติแอมโมเนียมไนเตรทไม่มีคุณสมบัติเป็นวัตถุระเบิด แต่เมื่อใดที่มีสารที่ติดไฟได้ เช่น สารไวไฟ ผงถ่าน ขี้เลื่อย ฯลฯ ผสมหรือปะปนมา แอมโมเนียมไนเตรทจะมีคุณสมบัติเป็นวัตถุระเบิด

อัตราส่วนผสมของน้ำมันดีเซล (Fuel Oil)

แอมโมเนียมไนเตรท และ น้ำมันดีเซล เมื่อผสมที่อัตราส่วนต่างกัน จะให้คุณสมบัติที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

- ที่ แอมโมเนียมไนเตรท : น้ำมันดีเซล เท่ากับ 94.33:5.67 หรือนิยมเรียกว่า 94:6 แอนโฟจะให้พลังงานสูงสุด และที่ 98:2 จะให้ความไว้สูงสุด
- แอมโมเนียมไนเตรท:น้ำมันดีเซล ในส่วนผสมที่ต่างกัน จะได้ความแรงและความเร็วของคลื่นระเบิดต่างกัน

วัตถุระเบิด แอมโมเนียมไนเตรท

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อัตราส่วนผสมของน้ำมันดีเซล (Fuel Oil)

แอมโมเนียมไนเตรท:น้ำมันดีเซล เมื่อผสมที่อัตราส่วนต่างกันจะได้ก๊าซและปริมาณก๊าซจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ต่างกัน

ในกรณีที่สัดส่วนน้อยเกินไป ปฏิกิริยาเคมีจะทำให้เกิดก๊าซพิษคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)

ถ้าส่วนผสมที่ระเบิดมีแอมโมเนียมไนเตรท (NH_4NO_3) มากเกินไป ก๊าซพิษไนเตรท (NO_2) จะเกิดขึ้นแทน

ความหนาแน่นของแอนโฟในรูเจาะ

แอมโมเนียมไนเตรทมีความถ่วงจำเพาะ 0.90 เมื่อบรรจุลงในรูเจาะแอนโฟจะอยู่อย่างหลวมๆ ทำให้ความถ่วงจำเพาะของแอนโฟในรูเจาะ (Loading density) เหลือเพียง 0.80 แต่ถ้าใช้เครื่องบรรจุหรือมีการกระทุ้งอัดให้แอนโฟแน่นตัว ความถ่วงจำเพาะในรูเจาะอาจเพิ่มขึ้นถึง 0.85 ในกรณีเช่นนี้ความเร็วของคลื่นระเบิด ในการระเบิดก็จะเปลี่ยนไปด้วยตามขนาดของรูเจาะ

วัตถุระเบิด แอมโมเนียมไนเตรท
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

น้ำ

น้ำเป็นจุดอ่อนที่สำคัญของแอนโฟ เพราะแอนโฟไม่ทนน้ำ แอมโมเนียมไนเตรทเองก็มีคุณสมบัติที่ดูดน้ำ ถ้า แอนโฟเปียกน้ำจะด้านไม่ระเบิด หรือถ้าระเบิดก็จะมีควันสีน้ำตาลแดงของไนตรัสออกไซด์ให้เห็น ถ้าแอมโมเนียมไนเตรทเปียกน้ำพลังงานที่เกิดขึ้นจากการระเบิดจะลดลง ผู้ใช้อาจเพิ่มปริมาณวัตถุระเบิดขึ้น แต่แอมโมเนียมไนเตรทไม่ได้เปียกน้ำทั้งหมด ดังนั้น การระเบิดจึงไม่แน่นอน อาจเกิดหินปลิวยิงออกจากปากรูได้

คุณสมบัติของวัตถุระเบิด

วัตถุระเบิดแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน การเลือกใช้วัตถุระเบิดให้เหมาะสมกับงานเป็นเรื่องที่สำคัญ วัตถุระเบิดที่เหมาะสมกับงานจะต้อง

- ใช้งานได้อย่างปลอดภัยและเชื่อถือได้
- ประหยัดค่าใช้จ่าย

คุณสมบัติของวัตถุระเบิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- ความแรง (Strength)
- ความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ของวัตถุระเบิด
- ความเร็วของคลื่นระเบิด (Velocity of Detonation)
- ความไวในการจุดให้ระเบิด (Sensitivity)
- ความทนน้ำ (Water resistance)
- คุณสมบัติของควันจากการระเบิด (Fume characteristic)
- การสลายตัว

ความถ่วงจำเพาะของวัตถุระเบิด

วัตถุระเบิด	ความถ่วงจำเพาะ
Granular dynamite	0.8 - 1.4
Gelatin dynamite	1.0 – 1.7
Catridged slurry	1.1 – 1.3
Bulk slurry	1.1 – 1.6
Air emplaced	0.8 – 1.0
Poured ANFO	0.8 – 0.9
Packaged ANFO	1.1 – 1.2
Heavy ANFO	1.1 – 1.4

ความเร็วของคลื่นระเบิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การเคลื่อนที่ผ่านวัตถุระเบิด คลื่นระเบิดจะชักนำให้วัตถุระเบิดที่คลื่นระเบิดวิ่งผ่านระเบิดตาม ความเร็วของคลื่นระเบิด (Velocity of Detonation) มีหน่วยเป็นฟุตต่อวินาที หรือเมตรต่อวินาที

ความเร็วของคลื่นระเบิด

ในการระเบิดหินที่แข็งและมีเนื้อแน่นจำพวก แกรนิต แกบโบร ไนส์ โดเลอไรต์ และหินอัคนีและหินแปร ต้องการแรงกระแทกรุนแรง วัตถุระเบิดควรจะมีความเร็วของคลื่นระเบิดสูง 6,000 เมตรต่อวินาที

แต่ถ้าหินแตกร้าวหรือเป็นหินที่ไม่แข็ง เช่น หินปูนหรือหินทรายที่เกาะตัวกันไม่แข็งนัก วัตถุระเบิดที่ใช้ก็ไม่จำเป็นจะต้องมีความเร็วของคลื่นระเบิดสูง แต่ควรมีปริมาณก๊าซจากการระเบิดมาก วัตถุระเบิดที่มีความเร็วของคลื่นระเบิด 2,000 เมตรต่อวินาที

ความเร็วของคลื่นระเบิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

VOD ของวัตถุระเบิด m/s

วัตถุระเบิด	ขนาดรูเจาะ		
	32 มม.	76 มม.	299 มม.
Granular dynamite	2100-5800		
Gelatin dynamite	3600-7600		
Catridged slurry	4000-4600	4300-4900	
Bulk slurry		4300-4900	3700-5800
Air emplaced	2100-3000	3700-4300	4300-4600
Poured ANFO	1800-2100	3000-3400	4300-4600
Packaged ANFO		3000-3700	4300-4600
Heavy ANFO			3400-5800

ความไวในการจุดให้ระเบิด

ความไวที่จะจุดวัตถุระเบิดให้ระเบิด (Sensitivity) ได้ตลอดรูเจาะ แสดงถึงพลังงานต่ำสุดที่ต้องการใช้ในการกระตุ้นวัตถุระเบิดนั้นให้ระเบิด ความไวของวัตถุระเบิดอาจแสดงได้จากขนาดของรูเจาะที่เล็กที่สุดที่จะจุดวัตถุระเบิดให้ระเบิดได้ต่อเนื่องตลอดรูเจาะ

ความทนน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ความทนน้ำ (Water resistance) เป็นคุณสมบัติของวัตถุระเบิดว่าจะเปียกน้ำได้หรือไม่ และเปียกมากน้อยเพียงใด วัตถุระเบิดที่ไม่ทนน้ำเมื่อเปียกน้ำอาจไม่ระเบิดหรืออาจก่อให้เกิดก๊าซพิษ คุณสมบัติความทนน้ำจะบอกไว้เป็นลำดับคือ ดีมาก ดี หรือไม่ทนน้ำ

บางครั้งการทนน้ำอาจแสดงเป็นตัวเลขได้ดังนี้

- ประเภทที่ 1 ทนน้ำได้ 72 ชม. โดยไม่แสดงการเสื่อมสภาพ
- ประเภทที่ 2 ทนน้ำได้ 48 ชม
- ประเภทที่ 3 ทนน้ำได้ 24 ชม
- ประเภทที่ 4 ทนน้ำได้ 12 ชม

การสลายตัว

วัตถุระเบิด จะเก็บไว้ได้นานเพียงใดขึ้นอยู่กับสภาพของสถานที่ที่เก็บ เช่นเดียวกับที่ที่ผลิตวัตถุระเบิด อายุ (Storage life) ของวัตถุระเบิดต่างๆ จะเป็นดังนี้

(1) วัตถุระเบิด ประเภท ไนโตรกลีเซอรีน จะเก็บได้นาน 1 ปี

(2) วัตถุระเบิด ประเภท สาเลอรี่ จะเก็บได้นาน 1 ปี

(3) วัตถุระเบิด ประเภท แอนโฟ จะเก็บได้นาน 6 เดือน

(3) สายชนวนระเบิด จะเก็บได้นาน หลายปี

(4) ตัวจุด ที่ทำเป็นแท่ง จะเก็บได้นานหลายปี

อุปกรณ์ที่ใช้กับวัตถุระเบิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- แก๊ป (detonator)
- เครื่องจุดระเบิด (exploder)
- เครื่องตรวจสอบวงจร (circuit tester)
- สายชนวนระเบิด (detonating fuse)
- แก๊ปแบบไม่ใช้ไฟฟ้า (Non-electric Detonator)

แก๊ป

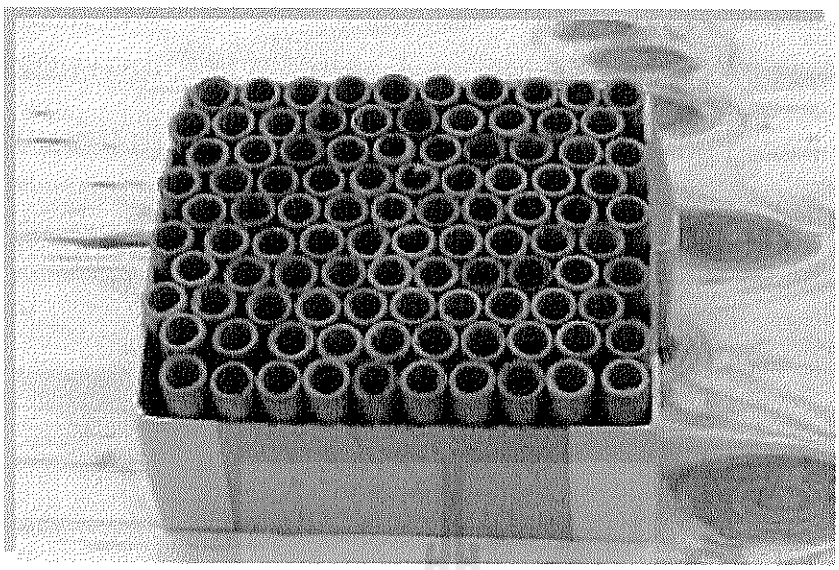
- แก๊ปจุด (plain detonator) และสายชนวนจุด (Safety fuse)
- แก๊ปไฟฟ้า (electric detonator)

แก๊ปจุดและสายชนวนจุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

- ใช้สำหรับจุดวัตถุระเบิดหรือจุดสายจุดหลักเพื่อไปจุดวัตถุระเบิดต่ออีกทีหนึ่ง แก๊ปจุดประกอบด้วยเชื้อปะทุที่ไวไฟ
- สายชนวนจุดเป็นสายที่มีดินดำอยู่ภายในห่อหุ้มด้วยผ้ามีไขและแอสฟัลต์กันน้ำ เพื่อป้องกันการขูดขีด มี 2 แบบ คือ แบบเผาไหม้เร็วและแบบเผาไหม้ช้า

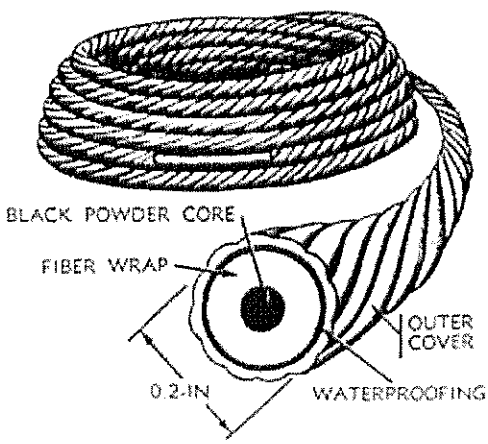
แก๊ปจุดและสายชนวนจุด (ต่อ)

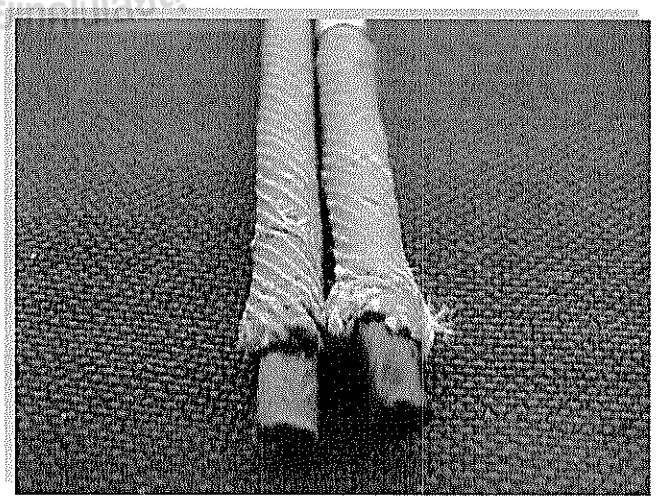


แก๊ปจุด (plain detonator)

แก๊ปจุดและสายชนวนจุด (ต่อ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

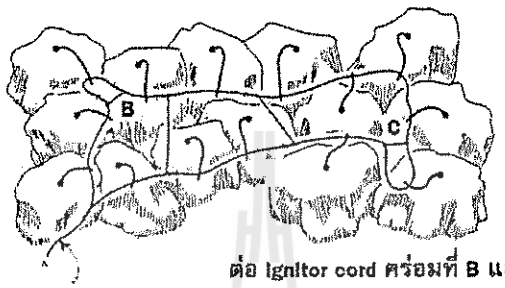




สายชนวนจุด (Safety fuse)

แก๊ปจุดและสายชนวนจุด (ต่อ)

การจุดแก๊ปอาจมีปัญหาในเรื่องเวลาที่ต้องใช้จุดทั้งหมด ในกรณีเช่นนี้จึงมีการใช้สายจุด (Ignitor cord สายจุดหรือฝักแค) และข้อต่อ (Ignitor cord connector) มาใช้เพื่อให้สามารถจุดสายชนวนจุดหลายสายจากจุดเดียว



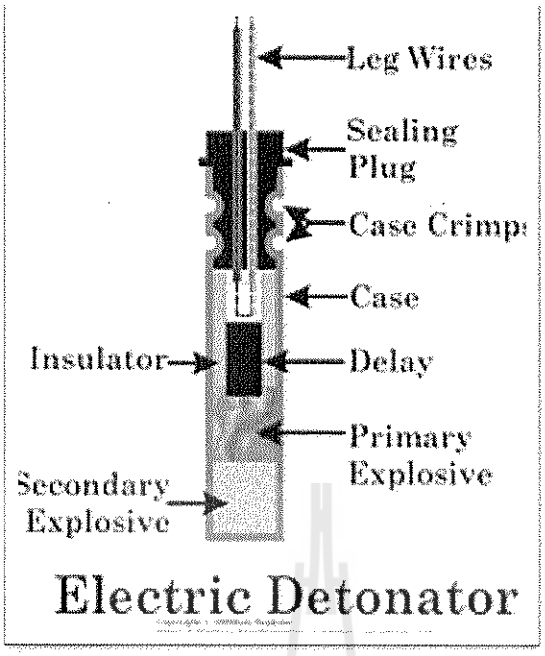
ใช้ ignitor cord จุดสายชนวนจุดจำนวนมาก

แก๊ปไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- แบบจุดระเบิดทันที (Instantaneous)
- แบบถ่วงเวลา (Delayed Detonator)

แก๊ปไฟฟ้า (ต่อ)

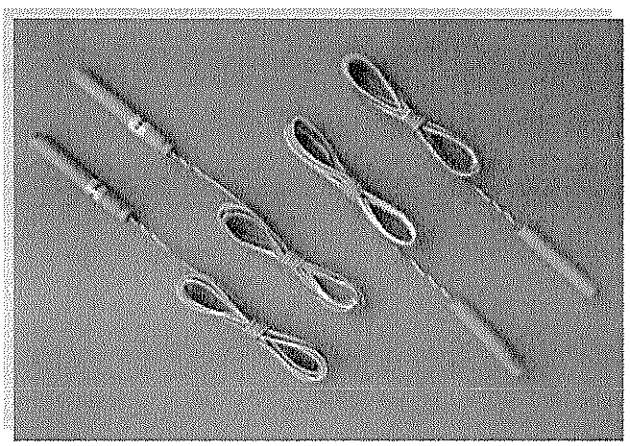


ส่วนประกอบของแก๊ปไฟฟ้า (electric detonator)

แก๊ปไฟฟ้าแบบถ่วงเวลา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

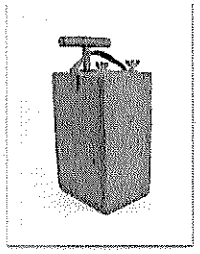
- แบบครึ่งนาที (half-second)
- แบบส่วนพันวินาที (milli-second)
- แบบถ่วงเวลาด้วยระบบอิเล็กโทรนิค

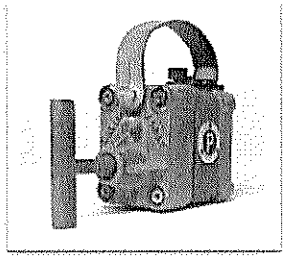


เครื่องจุดระเบิด

เครื่องจุดระเบิด (Exploder) เป็นเครื่องจุดแก๊ปไฟฟ้าให้ระเบิดมีลักษณะเป็นแบบสำเร็จรูป บางแบบใช้จุดระเบิดให้จังหวะได้ เครื่องจุดระเบิดมีอยู่สองประเภท

- แบบไม่มีตัวเก็บประจุไฟฟ้า
- แบบใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้า

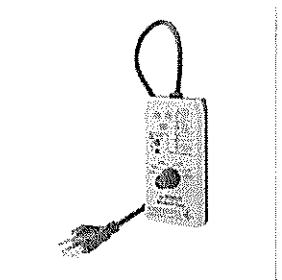




มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

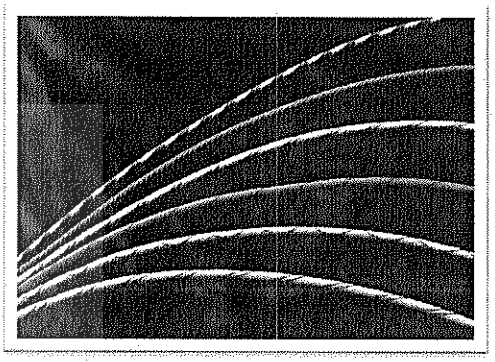
เครื่องตรวจสอบวงจร

เครื่องตรวจสอบวงจร (Circuit tester) ใช้สำหรับตรวจสอบวงจรแก๊ปไฟฟ้าที่ต่อไว้แล้ว เครื่องตรวจสอบวงจรนี้สร้างไว้เป็นพิเศษให้มีกระแสไฟฟ้าวิ่งผ่านวงจรน้อยมาก (เป็นมิลลิแอมแปร์) เพื่อกันไม่ให้แก๊ปไฟฟ้าเกิดการจุดระเบิดได้ ถึงแม้เครื่องตรวจสอบวงจรนี้จะทำไว้เป็นพิเศษ แต่ในทางปฏิบัติผู้ใช้ก็จะต้องทดสอบวงจรในที่ที่ปลอดภัย



สายชนวนระเบิด

สายชนวนระเบิด (Detonating fuse) มีหลายขนาด เพื่อไว้ใช้จุดวัตถุระเบิดหรือตัวจุดที่มีความไวแตกต่างกัน สายชนวนระเบิดบางขนาด สามารถใช้เป็นตัวจุดระเบิดสารละลายหรือแอนโฟได้ สายชนวนระเบิดมักใช้แทนแก๊ปไฟฟ้าในรูเจาะลึกๆ และเหมาะสำหรับการจุดที่แน่นอน และต้องการประสิทธิภาพในการระเบิด

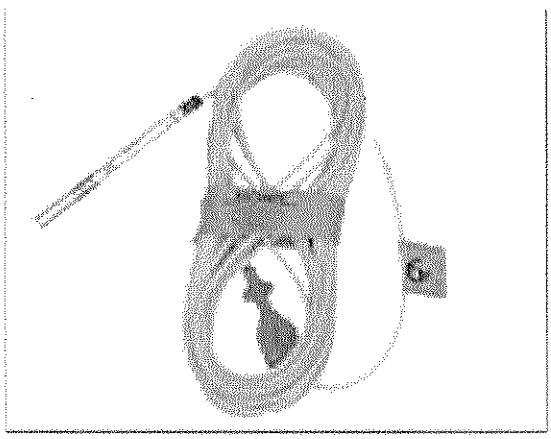


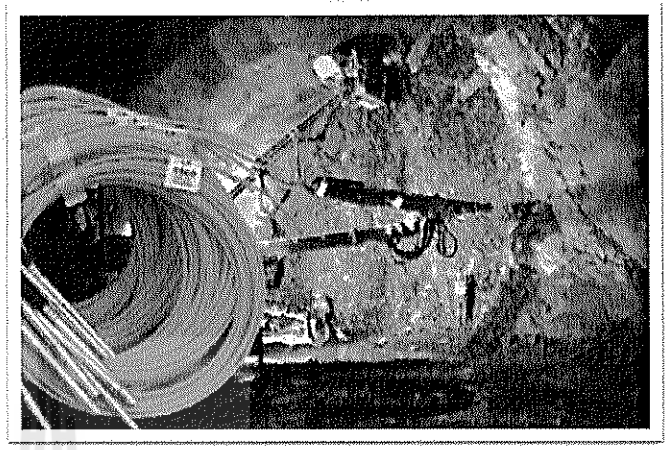
แก๊ปแบบไม่ใช้ไฟฟ้า

เป็นสายชนวนที่ทำขึ้นเพื่อใช้แทนแก๊ปไฟฟ้าเพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายในการใช้แก๊ปไฟฟ้า ไฟฟ้ามักเกิดขึ้นในสภาพต่างๆ ตั้งแต่ไฟฟ้าสถิต กระแสไฟฟ้าจากสายไฟสายดิน รวมถึงไฟฟ้าจากการเกิดฟ้าผ่าที่อาจทำให้แก๊ปไฟฟ้าระเบิด ก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้

- signal tube
- โนเนล (Nonel)

แก๊ปแบบไม่ใช้ไฟฟ้า (ต่อ)





โนเนล (Nonel)

การระเบิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งของวัตถุระเบิดถูกจุดให้ระเบิด คลื่นระเบิดจะวิ่งผ่านไปยังวัตถุระเบิดส่วนอื่นๆ ด้วยความเร็วสูง 1,000-6,000 เมตรต่อวินาที ทำให้วัตถุระเบิดส่วนอื่นร้อนขึ้นถึง 1,000-1,200°C ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารอื่นที่เสถียรกว่า (ส่วนใหญ่จะเป็นก๊าซ) การเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สั้นมากไม่ถึง 10 มิลลิวินาที จึงเรียกว่าการระเบิด

ทฤษฎีการแตกจากการระเบิด

พลังงานจากการระเบิดจะใช้ไปในเรื่องต่อไปนี้

(1) ทำให้เกิดความร้อน

(2) ทำให้เกิดคลื่นกระแทก

(3) ทำให้หินแตก

(4) ทำให้หินเคลื่อนที่และปลิว (Throw & fly)

(5) ทำให้เกิดเสียงและแรงลมกระแทก (Air blast)

ขั้นตอนการแตกของหินจากการระเบิดตามทฤษฎีการสะท้อน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เมื่อเกิดการระเบิด การแตกของหินจะเป็นดังต่อไปนี้

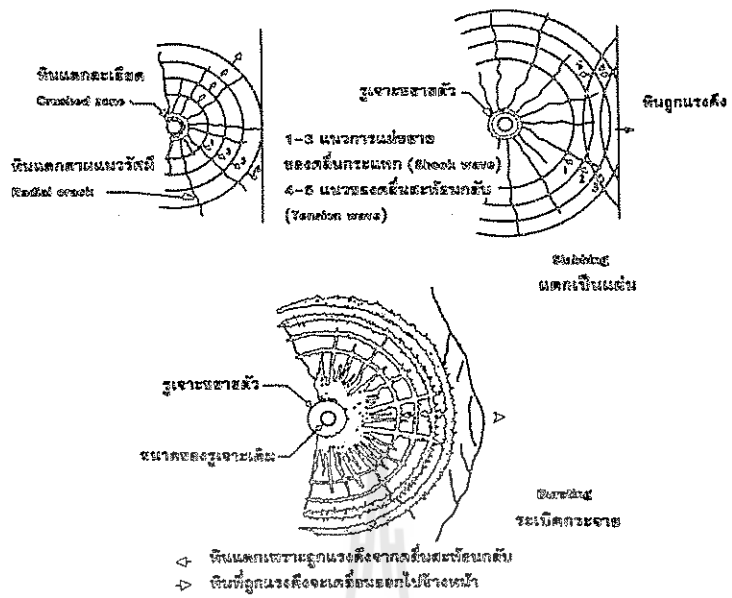
(1) บริเวณที่อยู่ติดกับวัตถุระเบิดจะได้รับแรงอัดและแรงกระแทกจากการระเบิดรุนแรง เรียกว่า โซนที่ถูกบด (Crushed zone)

(2) แรงอัดจากการระเบิดจะทำให้หินขยายตัวออก เกิดเป็นรอยแตกรัศมี (Radial crack)

(3) เมื่อเกิดการระเบิด คลื่นอัด (Compression Wave) จากการระเบิด จะกระจายออกไปรอบด้าน

(4) เมื่อสุดสิ้นการระเบิด แรงอัดที่มีอยู่สูงจะทำให้หินที่มีรอยแตกต่างๆ เกิดขึ้น และกระจายออก

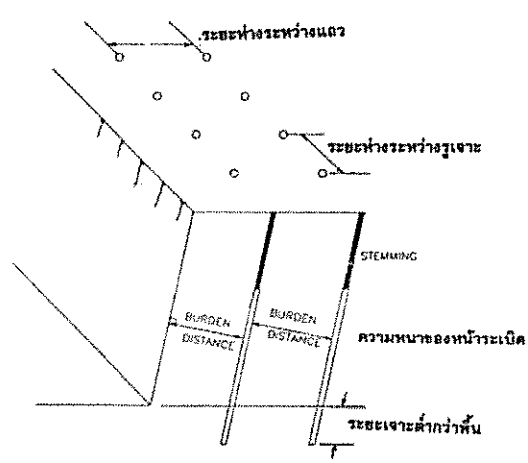
ขั้นตอนการแตกของหินจากการระเบิดตาม ทฤษฎีการสะท้อน (ต่อ)



การแตกของหินจากการระเบิดตาม ทฤษฎีการสะท้อน (Reflection Theory)

ขั้นตอนการแตกของหินจากการระเบิดตาม ทฤษฎีการสะท้อน (ต่อ)

จากทฤษฎีการสะท้อนที่ทำให้หินแตกออกตามที่กล่าวมาแล้วนี้ จะพบว่าหน้าอิสระและระยะระหว่างหน้าอิสระกับวัตถุระเบิด (Burden Distance) เป็นเรื่องที่สำคัญที่สุด



การออกแบบการระเบิดในงานเหมืองแร่

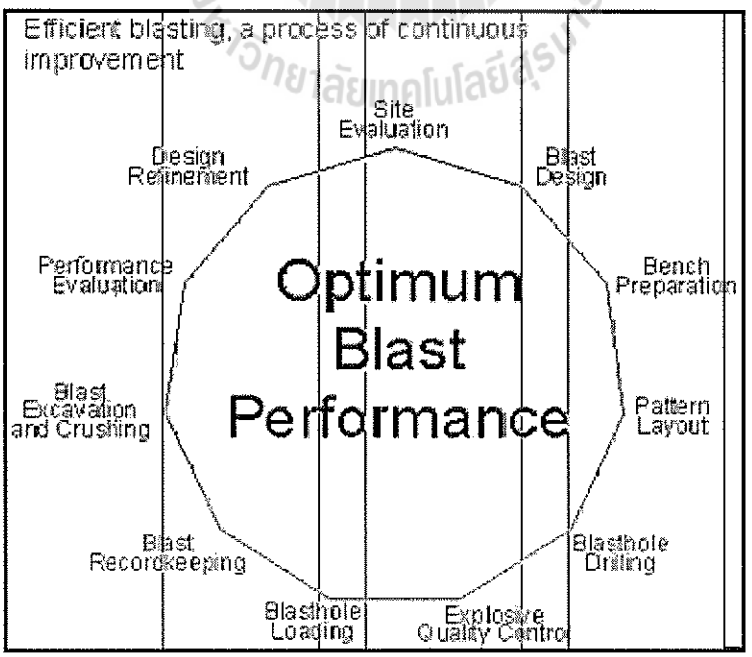
- ระเบิดใหญ่ (primary blasting)

  เป็นการระเบิดหน้าขั้นบันได (bench)

- ระเบิดย่อย (secondary blasting)

  เป็นการระเบิดหินที่ได้จากการระเบิดใหญ่ แต่ยังมีขนาดใหญ่เกินไป ให้มีขนาดเล็กลง

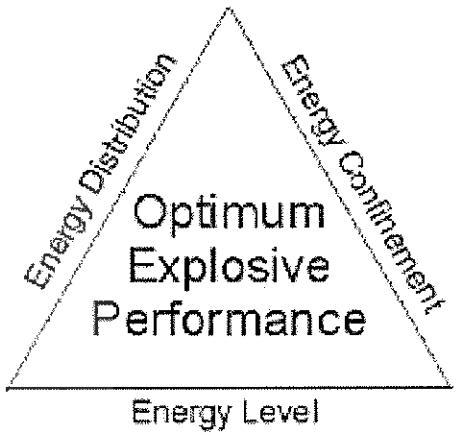
ขั้นตอนการวางแผนการเจาะระเบิดให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด



การออกแบบการเจาะระเบิด

ในการเจาะระเบิดให้มีประสิทธิภาพมีปัจจัย 3 ข้อที่สำคัญที่สุดคือ

- การการะจายตัวของวัตถุระเบิดในชั้นหิน
- ความอัดแน่นของวัตถุระเบิด
- ระดับของพลังงานในวัตถุระเบิดที่ใช้



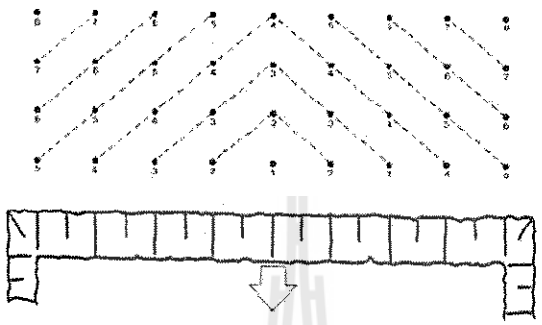
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการระเบิด

1. อนุกรมการจุดระเบิด

- มีความสำคัญมากต่อการแตกของหิน การวางอนุกรมการจุดระเบิด ควรให้มีปริมาณวัตถุระเบิด ที่จุดระเบิดพร้อมกันมากที่สุด หรือมีจำนวนรูเจาะที่ใช้แก๊ปเบอร์เดียวกันให้มีจำนวนน้อยที่สุดและให้มีความแตกต่างระหว่างรูต่อรูของเบอร์แก๊ป มากที่สุด เท่าที่จะทำได้ (กรณีใช้แก๊ปถ่วงเวลาแบบมิลลิเซ็คกัน)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการระเบิด

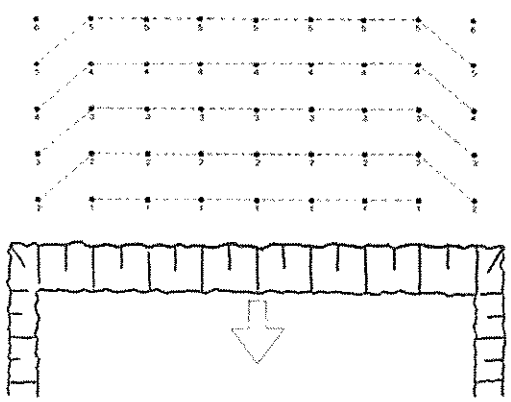
- การออกแบบการจุดระเบิดในการเจาะระเบิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (square pattern) มัก มีการออกแบบ การจุดระเบิดเป็นรูปตัว V จุดประสงค์ของ อนุกรมการจุดระเบิดแบบนี้เพื่อให้มีหินที่ได้จากการระเบิด แตกเป็นก้อนขนาดที่ต้องการ และมีการกองสุมกันในลักษณะที่เหมาะแก่การตักด้วย รถตัก dragline หรือรถตัก shovel



รูปที่ 4.2.11-1 แสดงการเจาะระเบิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสและใช้อนุกรมการจุดระเบิดแบบตัว V

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการระเบิด

- การจุดระเบิดแต่ละแถวพร้อมกันเพื่อให้มีการแตกของหินดีขึ้น ทำให้หินจะยกตัวออกไปกองได้ไกลกว่า และมีกองเตี้ยกว่าการจุดระเบิดแบบแรก เหมาะแก่การตักด้วย รถตัก back hoe หรือรถตัก front end loader การจุดระเบิดแบบนี้ ยังเหมาะแก่การระเบิดหน้าดินที่ต้องการให้มีการกองของหินดีที่สุดตามที่ต้องการ



รูปที่ 4.2.11-2 แสดงการเจาะระเบิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและใช้อนุกรมการจุดระเบิดแบบธรรมดา

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการระเบิด

2. การกระตุ้นวัตถุระเบิด (priming)

- ชนิด ขนาด ปริมาณ และการกระจายตัว ของระเบิดแรงสูงที่ใช้ ทำไพรเมอร์ เพื่อกระตุ้น ANFO มีความสำคัญมาก ต่อผลของการระเบิด ระเบิดแรงสูงที่ควรใช้ในการทำไพรเมอร์ ควรมีความเร็วในการระเบิด (velocity of detonation) ไม่น้อยกว่า 5,200 เมตร/วินาที มีแรงอัดในการระเบิด (detonation pressure) อย่างต่ำไม่น้อยกว่า 80 กิโลบาร์ สามารถป้องกันน้ำได้ดี สามารถจุดระเบิดได้ด้วยแก๊ปเบอร์ 6
- ขนาดของระเบิดแรงสูงที่ใช้ทำไพรเมอร์ ควรให้มีขนาดใกล้เคียงกับเส้นผ่าศูนย์กลางของรูระเบิด ปริมาณวัตถุระเบิดแรงสูงที่ใช้ทำไพรเมอร์ ควรมีน้ำหนัก ประมาณ 2-5 % ของปริมาณ วัตถุระเบิดทั้งหมด และควรให้มีการกระจายตัวอยู่ทั่วตลอดความลึกของรูระเบิด
- วัตถุระเบิดแรงสูงที่นิยมใช้ในการกระตุ้น ANFO ได้แก่ ไดนาไมต์ และวัตถุระเบิดแบบหนืด

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการระเบิด

3. การแก้ปัญหาการมีน้ำในหลุมระเบิด

- การแก้ปัญหาการมีน้ำในรูระเบิดในเหมืองเปิดบนพื้นราบ สามารถทำได้โดยการทำเป็นบ่อน้ำที่จุดต่ำสุดของขุมเหมือง ซึ่งจะทำให้น้ำไหลตามรอยแตกของหินไปรวมกันอยู่ที่บ่อน้ำดังกล่าว แล้วจึงใช้เครื่องสูบน้ำออกจากขุมเหมือง
- การเลือกเครื่องเจาะระเบิดในการทำเหมืองเปิดบนพื้นราบ ควรเลือกเครื่องเจาะ top hammer ที่ใช้ลมที่มีความดันอย่างน้อย 1 เครื่อง
- ลมที่มีความดันจากเครื่องอัดลม มาเป่าให้รูระเบิดแห้งได้ เมื่อเป่าจนน้ำแห้งแล้วให้ทิ้งไว้ประมาณ 10 -15 นาทีหากไม่มีน้ำไหลเข้ามาในรูระเบิดอีก

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการระเบิด

4. ปัญหาโครงสร้างของชั้นหิน

- ชั้นหินที่มีรอยแตก หรือมีโพรงในเนื้อหินมากๆ หรือที่วางตัวเป็นชั้นแคบๆ สลับกัน จะทำให้การเจาะระเบิดทำได้ยากกว่าชั้นหินที่มีเนื้อแน่น เนื่องจากพลังจากการระเบิดส่วนหนึ่งถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศด้วย
- ความดันของก๊าซขณะที่กำลังระเบิด มักจะมีหินก้อนโต ที่แตกตัวตามรอยแตก หรือรอยของความไม่ต่อเนื่องเดิมของชั้นหิน การแก้ปัญหาอาจทำได้โดยพยายามวางหน้าระเบิดให้เหมาะสม กับการวางตัวของชั้นหิน

การออกแบบการเจาะระเบิดเพื่อการหวังผลเป็นกรณีพิเศษ

- การออกแบบการเจาะระเบิดที่หวังผลเฉพาะทาง มีหลายชนิด เช่นเมื่อจะต้องการให้ได้ความลาดเอียงของหน้าผาที่เรียบ และมีเสถียรภาพ หรือเพียงเพื่อให้มองดูสวยงาม บางกรณีต้องการให้หน้าผามีเสถียรภาพ โดยไม่ได้มุ่งให้เกิดความสวยงาม
- การระเบิดที่มีการควบคุมเป็นพิเศษ (controlled blasting) 2 ประเภท คือ การเจาะระเบิดที่มีการสร้างรอยแตกเทียมบริเวณแนวหลังของมวลหินก่อนการระเบิดมวลหินนั้น (pre-splitting) และ การระเบิดเพื่อตกแต่งผิวผนังให้เรียบและมีเสถียรภาพ (trim wall blasting or cushion blasting)

การระเบิดที่มีการสร้างรอยแตกเทียมบริเวณแนวหลังของมวลหินก่อนการระเบิดมวลหิน

- การระเบิดประเภทนี้เป็นการออกแบบการเจาะระเบิดที่ใช้รูเจาะระเบิดแถวหลังสุด ให้มีระยะระหว่างรูเจาะถี่ๆ อัดระเบิดในแต่ละรูน้อยๆ (เรียกว่า pre-split row)
- อาจมีการจุดระเบิดรูระเบิดเหล่านี้ก่อนการจุดระเบิดแถวหน้า หรือจุดระเบิดในคราวเดียวกัน หากให้มีการจุดระเบิดในคราวเดียวกัน จะให้มีอนุกรมการจุดระเบิดพร้อมกันทุกรู โดยจุดระเบิดก่อนรูระเบิดแถวหน้าซึ่งเป็นการระเบิดเพื่อการผลิตหินหลักการระเบิด
- วิธีนี้ใช้ในกรณีที่ต้องการให้มีการเกิด รอยแตกของหินเป็นแนวกั้นไม่ให้แรงระเบิดที่เกิดจากรูเจาะแถวหน้าเคลื่อนที่ผ่าน ซึ่งจะทำให้ได้พื้นผนังเรียบ มองดูสวยงามทำให้สามารถเพิ่มความลาดชันของผนังให้มากขึ้นได้ และทำให้สะดวกในการบำรุงรักษา

การระเบิดที่มีการสร้างรอยแตกเทียมบริเวณแนวหลังของมวลหินก่อนการระเบิดมวลหิน

- ระยะระหว่างรูเจาะที่ใช้ได้ผลในการเจาะรูระเบิดแถวหลังสุดที่ต้องการให้ได้ผนังเรียบมีค่าประมาณ 10 เท่าของขนาดของรูเจาะ

$$S = 10\ Dh$$

- เมื่อ Dh = เส้นผ่าศูนย์กลางของรูเจาะ (นิ้ว)
  S = ระยะระหว่างรูเจาะ (นิ้ว)

- ค่าคงที่ (10) ข้างบนนี้เป็นค่าโดยประมาณที่จะทำให้ระยะระหว่างรูเจาะไม่มากเกินไปและให้แน่ใจว่าหินจะแยกออกจากกันได้แน่นอน แต่ในทางปฏิบัติพบว่า ค่าคงที่นี้อาจมีค่ามากถึง 12-14 ก็ยังทำให้หินแยกออกจากกันได้

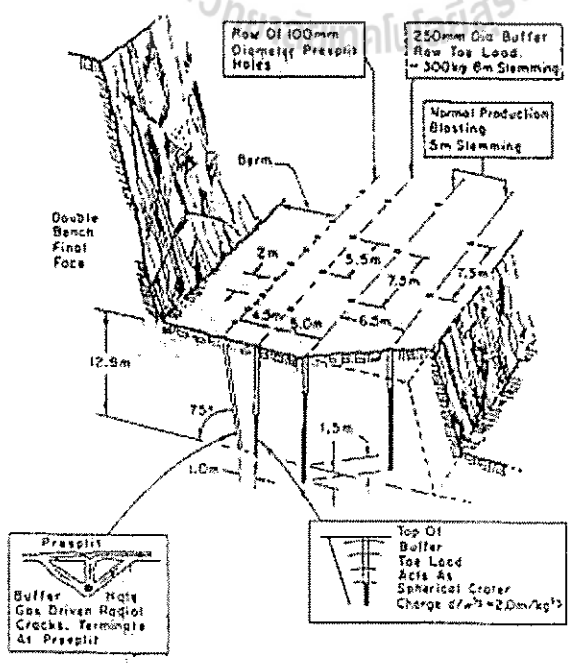
การระเบิดที่มีการสร้างรอยแตกเทียมบริเวณแนวหลังของมวลหิน ก่อนการระเบิดมวลหิน

- เมื่อใช้ระยะระหว่างรูเจาะตามสูตรข้างบนนี้ แล้วควรอัดระเบิดปริมาณพอดีที่จะไม่ทำให้พื้นผนังเสียหายและมีแรงมาพอที่จะผลักหินให้แยกออกจากกันได้ จากการทดลองพบว่าควรใช้ปริมาณวัตถุระเบิดต่อความลึกของรูเจาะ

$$dec = Dh\ (2/28)$$

- เมื่อ dec = ปริมาณวัตถุระเบิดต่อความลึกของรูเจาะ (ปอนด์/ฟุต)
  Dh = เส้นผ่าศูนย์กลางของรูเจาะ (นิ้ว)

การระเบิดที่มีการสร้างรอยแตกเทียมบริเวณแนวหลังของมวลหิน ก่อนการระเบิดมวลหินนั้น (**Pre-splitting**)



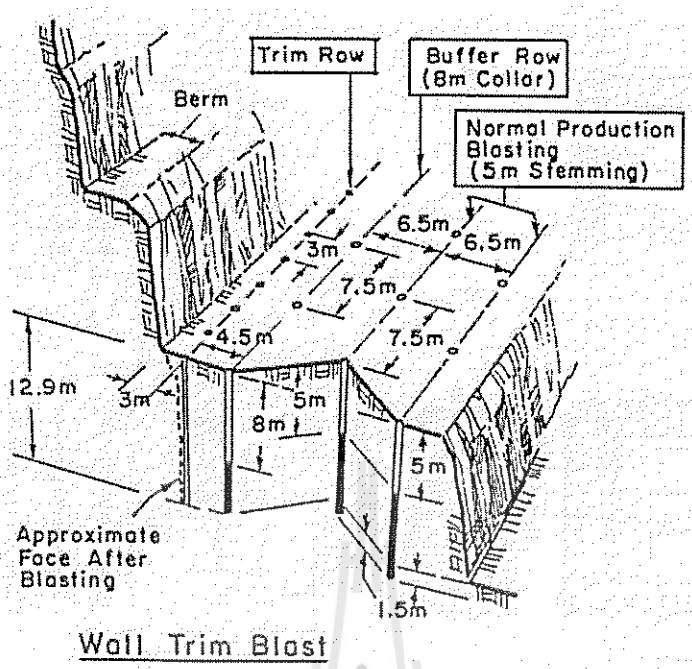
การระเบิดเพื่อตกแต่งผิวผนังให้เรียบและมีเสถียรภาพ

- การระเบิดเพื่อตกแต่งผิวผนังให้เรียบและมีเสถียรภาพเป็นวิธีการที่หวังผลทำนองเดียวกับการเจาะระเบิดวิธีแรก แต่มีวิธีการออกแบบที่แตกต่างกัน โดยให้ออกแบบอนุกรมการจุดระเบิดหลังสุด
- จุดประสงค์ของการออกแบบการระเบิดวิธีนี้ก็เพื่อต้องการให้ได้ผนังของหน้าผาขั้นสุดท้ายที่เรียบ และให้ได้ผลผลิตพร้อมๆกันกับ โดยใช้รูระเบิดขนาดใหญ่ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการตกแต่งผนังขั้นสุดท้ายด้วยการเจาะระเบิดด้วยรูระเบิดขนาดเล็ก
- การออกแบบรูเจาะระเบิดแถวหลังสุดของการเจาะระเบิดโดยวิธีนี้ มีหลักการทำนองเดียวกับวิธีแรกแต่มักจะเจาะให้มีระยะระหว่างรูมากกว่า คือมีระยะระหว่าง 12-16 เท่าของขนาดเส้นผ้าศูนย์กลางของรูเจาะขึ้นอยู่กับความแข็งของโครงสร้างของชั้นหิน ส่วนปริมาณวัตถุระเบิดต่อความลึกของรูระเบิดใช้วิธีการคำนวณวิธีเดียวกับการคำนวณปริมาณวัตถุระเบิด ในแถวถี่ๆ (pre-split row) ของการเจาะระเบิดแบบแรก

การระเบิดเพื่อตกแต่งผิวผนังให้เรียบและมีเสถียรภาพ

- รูระเบิดทุกรูที่ใช้ในการระเบิดแบบนี้ เป็นรูดิ่ง เป็นรูระเบิดเพื่อการผลิต แต่ในควรเพิ่มระยะการปิดปากรูระเบิด ในแถวสุดท้าย (buffer row) ที่อยู่ติดกับแถวที่มีการเจาะถี่ๆ เพื่อป้องกันการแตกร้าวของหินหลังแนวระเบิด ซึ่งจะทำให้ได้ผนังขั้นสุดท้ายที่ไม่เรียบและขาดเสถียรภาพ
- หลักการของการอัดระเบิดวิธีนี้สามารถนำมาดัดแปลงใช้กับการอัดระเบิดทั่วๆไปเพื่อป้องกันการแตกร้าวของหินหลังแนวระเบิดได้เป็นอย่างดี โดยลดปริมาณวัตถุระเบิดแถวหลังสุดลงประมาณ 15-20เปอร์เซ็นต์ของวัตถุระเบิดที่ใช้ในแถวหน้า

การระเบิดเพื่อตกแต่งผิวผนังให้เรียบและมีเสถียรภาพ (Trim wall blasting)



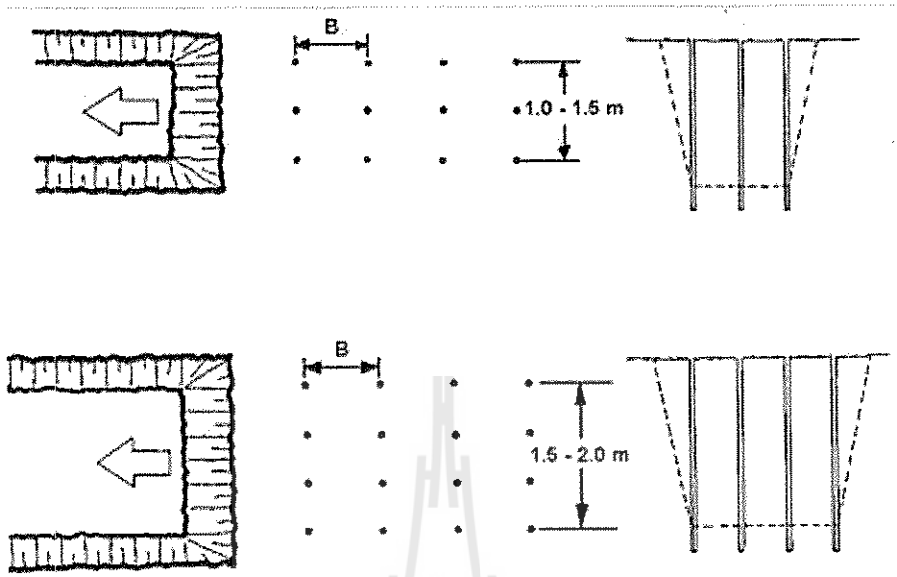
105

การเจาะระเบิดเพื่อขุดร่อง

- การขุดร่องเพื่อการวางท่อก๊าซ ท่อน้ำ หรือน้ำมัน การวางสายเคเบิล และเพื่อการสำรวจแร่ เป็นต้น การระเบิดเพื่อการขุดร่องมีลักษณะพิเศษออกไปกว่าการระเบิดในงานเหมืองแร่คือมีหน้ากว้างแคบกว่าความยาวของหน้าระเบิด
- โดยทั่วไปการขุดร่องหมายถึงการเจาะระเบิดที่มีความกว้างของหน้าระเบิดน้อยกว่า 4 เมตร การระเบิดเพื่อการขุดร่องมีข้อจำกัดเกี่ยวกับหน้าอิสระน้อยกว่าการระเบิดในงานเหมืองแร่ทั่วไป จึงจำเป็นต้องใช้วัตถุระเบิดต่อปริมาตรหินที่ได้ในปริมาณสูงกว่า
- ปกติจะใช้รูระเบิดขนาดเล็กกกว่าเพื่อให้มีการกระจายตัวของวัตถุระเบิดดีขึ้นและเพื่อลดการแตกร้าวเกินกว่าแนวที่ต้องการขุดร่อง จากการทดลองระเบิดทั่วไปพบว่าควรใช้ขนาดรูระเบิดประมาณ 1/60 ของขนาดความกว้างของร่องเช่นหากร่องกว้าง 2 เมตรก็ควรใช้รูเจาะระเบิดเส้นกว่าศูนย์กลางประมาณ 33 มิลลิเมตร เป็นต้น
- การเจาะระเบิดเพื่อให้ได้ผนังของร่องเรียบสามารถทำได้การเจาะและอัดระเบิดให้มากในรูที่อยู่บริเวณตอนกลางของร่องและอัดระเบิดจำนวนน้อยในรูที่อยู่ริมร่อง

106

การเจาะระเบิดเพื่อขุดร่อง



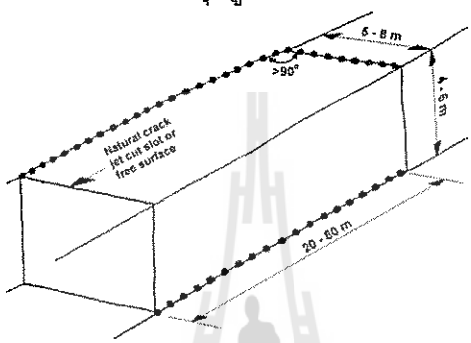
การเจาะระเบิดเพื่อการผลิตหินประดับ

- เป็นวิธีการเจาะระเบิดเพื่อการผลิตหินบล็อกแล้วนำไปตัดแผ่นเป็นหินแผ่นที่โรงงาน การเจาะระเบิดแบบนี้ต้องใช้ความระมัดระวังในการใช้วัตถุระเบิดโดยไม่ทำให้เกิดการแตกร้าวในเนื้อหิน
- โดยการใช้การเจาะที่ความแม่นยำมากในการเจาะรูเป็นแถวและหากไม่จำเป็นก็ไม่ควรใช้วัตถุระเบิดแรงสูง การใช้ดินดำน่าจะเป็นทางออกที่ดีที่สุดแต่หากจำเป็นต้องใช้ ANFO ก็ควรใช้ในแต่ละรูเพียงจำนวนน้อยไม่ควรใช้

การเจาะระเบิดเพื่อการผลิตหินประดับ

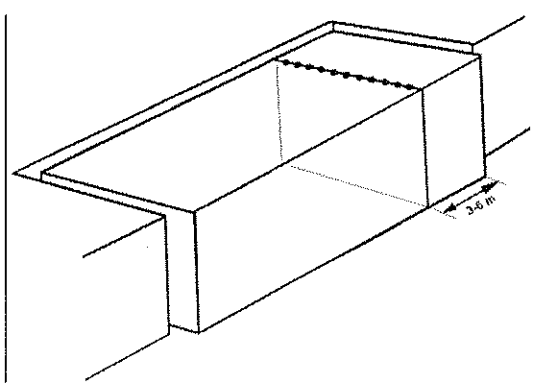
การเจาะระเบิดเพื่อผลิตหินมิติสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนคือ

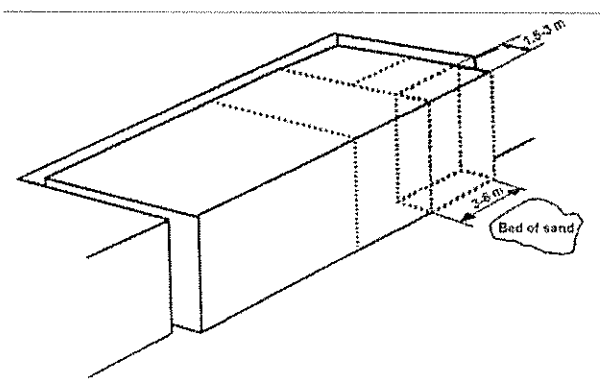
- 1. การเจาะระเบิดหินบล็อกใหญ่ออกมาจากแหล่งตามธรรมชาติ (primary blasting) หินที่ได้อาจมีขนาดมากถึง 3,000 ลูกบาศก์เมตร ต่อการระเบิด 1 ครั้งมักใช้รูเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 32 มิลลิเมตรรูเจาะในแนวตั้งมีระยะห่างกันตั้งแต่ 15 — 40 เซนติเมตร ส่วนรูเจาะในแนวนอนจะมีระยะห่างกันระหว่าง20-50 เซนติเมตร การอัดระเบิดต้องมากพอที่จะทำให้หินแตกออกมาเป็นบล็อกได้และไม่ทำให้หินแตกร้าวภายใน มักใช้สายชนวนระเบิดเพื่อการจุดระเบิดพร้อมกันทุกรู



การเจาะระเบิดเพื่อการผลิตหินประดับ

- 2. การระเบิดย่อยหินบล็อกใหญ่และการระเบิดซอยออกเป็นขนาดที่ตลาดต้องการ (secondary blasting and division) อาจใช้การระเบิดควบคู่ไปกับการใช้ลิ่มเบ่งซอยหินออกเป็นก้อนๆ ตามความต้องการของตลาด





การระเบิดย่อยหินบล็อกใหญ่และการระเบิดซอย

การป้องกันผลกระทบจากการใช้วัตถุระเบิดในงานเหมืองแร่และเหมืองหิน

- ผลกระทบจากการใช้วัตถุระเบิดในงานเหมืองแร่และเหมืองหินที่มักมีการร้องเรียนจากผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้เคียงมากที่สุด ได้แก่ผลกระทบจาก
- ความสั่นสะเทือนของพื้นดิน (ground vibration)
- ผลกระทบจากเสียงดังและคลื่นอัดอากาศ (noise and air blast)
- ผลกระทบจากหินปลิวกระเด็นจากการระเบิด (fly-rock)

การป้องกันผลกระทบจากการใช้วัตถุระเบิดในงานเหมืองแร่และเหมืองหิน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลกระทบของการเจาะระเบิดที่สำคัญได้แก่

- ชนิด ปริมาณ และคุณสมบัติของวัตถุระเบิดที่ใช้
- ระบบการจุดระเบิด
- รูปแบบทางเรขาคณิตของการวางรูเจาระเบิดในชั้นหิน
- การกระจายตัวของวัตถุระเบิด
- คุณสมบัติทางโครงสร้าง ลักษณะธรณีวิทยา
- ลักษณะภูมิประเทศของหินชนิดนั้นๆ
- รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ

ผลกระทบด้านความสั่นสะเทือนของพื้นดิน

ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากความสั่นสะเทือนจากการระเบิด

- ขนาดคลื่นความสั่นสะเทือน (amplitude)
- การขจัด (displacement)
- ความเร็วคลื่น (velocity)
- และความเร่ง (acceleration)

ในบรรดาทฤษีทั้งหมดนี้ทฤษฎีความเร็วคลื่นหรือความเร็วอนุภาคสูงสุดเป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับในการประเมินผลกระทบด้านความสั่นสะเทือนจากการระเบิดกันมากที่สุด

ความเร็วคลื่นหรือความเร็วอนุภาคสูงสุดและอัตราส่วนระยะทาง

- ความเร็วคลื่นสูงสุดหรือความเร็วอนุภาคสูงสุด (Peak particle velocity) คือค่าการขจัดมากที่สุดต่อหน่วยของเวลา ในที่นี้หมายถึงอัตราความเร็วของอนุภาคในพื้นดินหรือหินที่เกิดขึ้นจากพื้นดินหรือหินเกิดการสั่นสะเทือนเนื่องจากผลของการระเบิด
- การศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วคลื่นและอัตราส่วนระยะทางนั้นได้มีการนำเอารายงานการศึกษา ของสำนักการเหมืองแร่ของประเทศสหรัฐอเมริกา (The United Stated Bureau of Mines: Report of Investigation No. 8507 ; USBM. RI 8507) มาใช้เป็นมาตรฐานการควบคุมการสั่นสะเทือนจากการระเบิดในหลายประเทศ

    1. มาตรฐานความปลอดภัยจากความสั่นสะเทือนจากการระเบิดของประเทศสหรัฐอเมริกา
    2. มาตรฐานความปลอดภัยจากความสั่นสะเทือนจากการระเบิดของประเทศออสเตรเลีย

ผลกระทบด้านความสั่นสะเทือนจากการระเบิด

- **ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอนุภาคสูงสุดกับความสามารถในการรับรู้ของคนปกติ**

ความเร็วอนุภาคสูงสุดโดยประมาณ (มิลลิเมตร/วินาที)	ความสามารถในการรับรู้ของคนปกติ
0.1	รับรู้ไม่ได้
0.15	เกือบจะเริ่มรู้สึกได้
0.35	เริ่มรู้สึกได้เป็นบางครั้ง
1.0	รู้สึกได้ทุกครั้ง
2.2	รู้สึกได้อย่างชัดเจน
6.0	รู้สึกว่าสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง
14.0	รู้สึกว่าสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงมาก

ผลกระทบด้านความสั่นสะเทือนจากการระเบิด

มาตรฐานความปลอดภัยจากความสั่นสะเทือนจากการระเบิดของ Australian Standard AS 2187-1983 ประเทศออสเตรเลียได้กำหนดค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดไว้ดังนี้

- - โบราณสถาน ให้มีค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดไม่เกิน 2.0 มิลิเมตร/วินาที
- - บ้านพักอาศัย ให้มีค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดไม่เกิน 10 มิลิเมตร/วินาที
- - อาคารพาณิชย์ โรงงานอุตสาหกรรม และสิ่งก่อสร้างที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กอื่นๆ ให้มีค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดไม่เกิน 25 มิลิเมตร/วินาที

ผลกระทบด้านความสั่นสะเทือนจากการระเบิด

- ในด้านสมาคมสิ่งแวดล้อมประเทศออสเตรเลีย (Australian Environment Council) กำหนดมาตรการ เพื่อความปลอดภัยจากความสั่นสะเทือนจากการระเบิด และเพื่อป้องกันการสร้างความรบกวนแก่ชุมชนไว้ดังนี้
- ค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดไม่เกิน 5 มิลิเมตร/วินาที และไม่เกิน 5 % ของจำนวนการระเบิดทั้งหมด
- ค่าความเร็วอนุภาคสูงสุดของการระเบิดทุกครั้งต้องไม่เกิน 10 มิลิเมตร/วินาที

ผลกระทบด้านเสียงและคลื่นอัดอากาศจากการระเบิด

- ผลกระทบด้านเสียงและคลื่นอัดอากาศจากการระเบิดในประเทศไทยมักจะทำให้เกิดความหนวกหูรำคาญมากกว่าที่จะทำให้เกิดความเสียหายแก่โครงสร้างของอาคารสิ่งปลูกสร้างต่างๆ
- นอกจากในกรณีที่เกิดคลื่นอัดอากาศสูงมากๆ อาจทำให้กระจกของอาคารแตกร้าวได้เช่นกัน
- ข้อกำหนดของคลื่นอัดอากาศที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา

คลื่นอัดอากาศที่ยอมรับได้เมื่อวัดที่ความถี่ต่ำต่างๆ (Maximum Allowable Air Overpressure With Monitors Having Various Frequency Response Capabilities)	
0.1 Hz or lower flat response	134 dB peak
2.0 Hz or lower flat response	133 dB peak
6.0 Hz or lower flat response	129 dB peak
C Weighted slow response	105 dB peak

วิธีการควบคุมผลกระทบจากเสียงดังและคลื่นอัดอากาศ

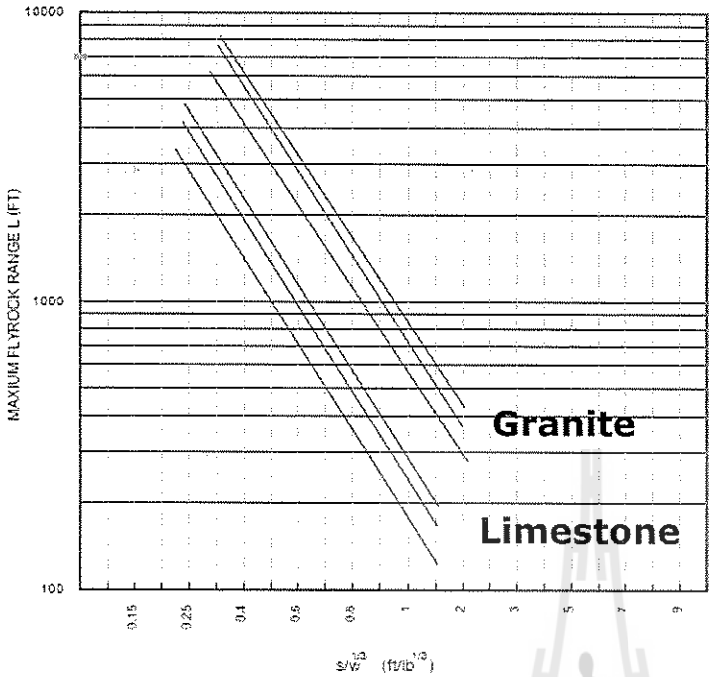
- สำนักเหมืองแร่ผิวดินของประเทศสหรัฐอเมริกา (USOSM) ได้ดัดแปลงข้อมูลจากรายงาน การศึกษาของสำนักการเหมืองแร่ ประเทศสหรัฐอเมริกา (USBM, RI 8485) และกำหนดค่าอัตราส่วนระยะทาง เป็นฟุตต่อหน่วยกรณฑ์ที่สามของน้ำหนักวัตถุระเบิดเป็นปอนด์ เพื่อป้องกันผลกระทบด้านเสียงและคลื่นอัดอากาศจากการระเบิด ที่อาจเกิดขึ้นตามชนิดและลักษณะ ธรณีวิทยาของเหมืองต่างๆ ดังนี้

  - เหมืองถ่านหิน (Coal highwall) = 180 ฟุต /$\sqrt[3]{}$ ปอนด์
  - ส่วนที่เป็นถ่านหิน (Coal parting) = 500 ฟุต /$\sqrt[3]{}$ ปอนด์
  - เหมืองแร่และเหมืองหินทั่วไป = 250 ฟุต /$\sqrt[3]{}$ ปอนด์
  - การระเบิดในงานก่อสร้างและงานโยธา = 500 ฟุต /$\sqrt[3]{}$ ปอนด์
  - การระเบิดที่เป็น Unconfined blast = 800 ฟุต /$\sqrt[3]{}$ ปอนด์

ผลกระทบจากหินปลิวกระเด็นจากการระเบิด

- สำนักการเหมืองแร่ของประเทศสหรัฐอเมริกา(USBM) ได้ศึกษาระยะทางที่หินปลิวจากการระเบิดขึ้นอยู่กับระยะปิดปากรูระเบิด กับรากที่สามของน้ำหนักวัตุระเบิดในแต่ละรู ($s/w^{1/3}$) และรายงานไว้ว่า หากค่า ($s/w^{1/3}$) มีค่ามากกว่า 1.75 ระยะหินปลิวจากการระเบิดจะน้อยลง นอกจากนี้การปลิวกระเด็นของหินยังขึ้นกับชนิดของหินที่ทำการระเบิดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูระเบิด

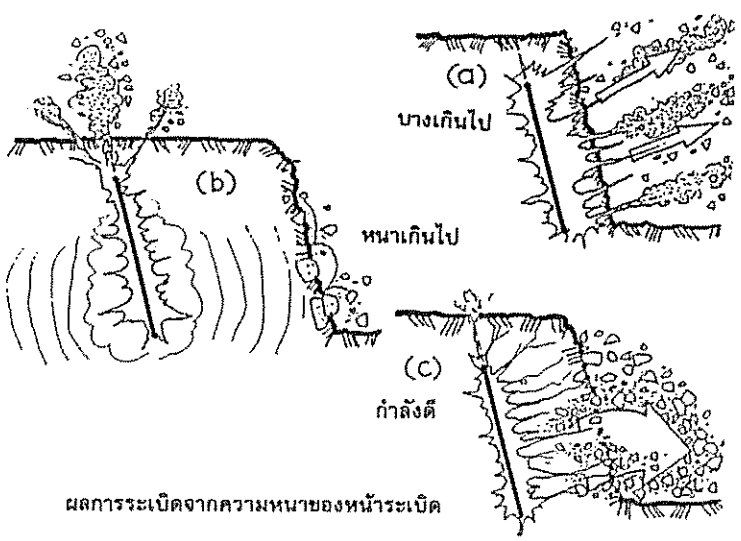
ผลกระทบจากหินปลิวกระเด็นจากการระเบิด



ความสัมพันธ์ของระยะการปลิวกระเด็นของหินจากการระเบิดกับรากที่สามของน้ำหนักวัตุระเบิดในแต่ละรู $(S/W^{1/3})$ ของหินปูนและแกรนิต

หินปลิว
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

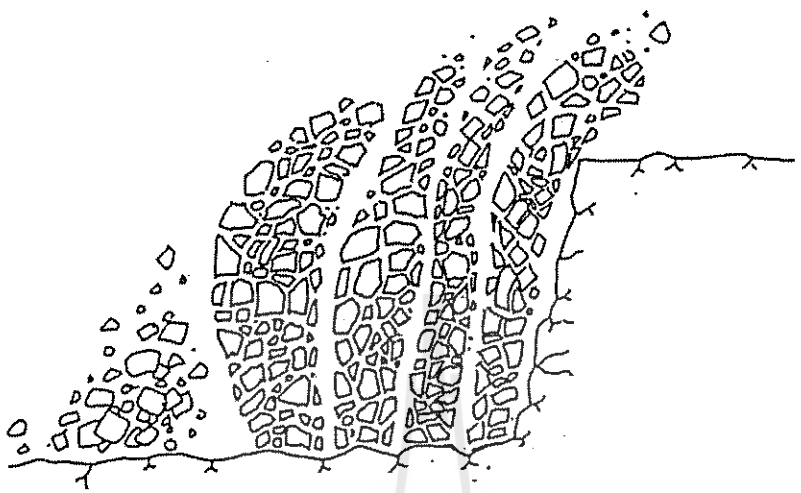
ผลของการใช้ความหนาของหน้าระเบิด



ผลการระเบิดจากความหนาของหน้าระเบิด

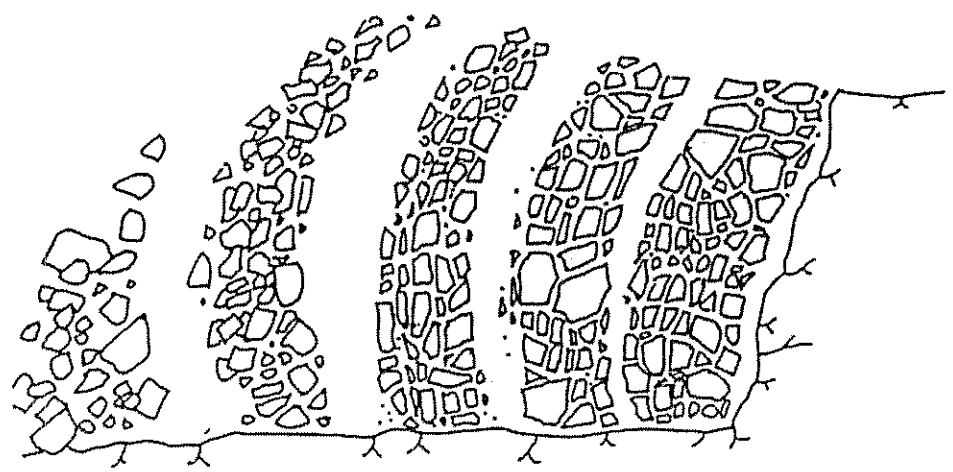
หินปลิว

หินปลิวที่เกิดจากช่วงจังหวะการระเบิดระหว่างรูสั้นเกินไป



หินปลิว

การเคลื่อนตัวของหินเมื่อช่วงจังหวะการระเบิดระหว่างรูพอดี



มาตรการในการป้องกันหินปลิว

ในบางกรณีบริเวณที่เป็นย่านชุมชนที่มีอาคารที่พักอาศัยหนาแน่นจะยอมให้เกิดหินปลิวไม่ได้เลย ในกรณีเช่นนี้จะต้องใช้มาตรการป้องกันเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความมั่นใจเพิ่มขึ้นอีก มาตรการป้องกันและเสริมมีดังต่อไปนี้

(1) ขจัดเศษหินหรือหินที่แตกแล้วจากบริเวณที่เป็นหน้าระเบิด

(2) ระยะอัดปิดปากรูเจาะ ต้องไม่น้อยกว่าระยะความหนาของหน้าระเบิด

(3) เลือกใช้วัสดุสำหรับอัดปิดปากรูเจาะให้ถูกต้อง

มาตรการในการป้องกันหินปลิว (ต่อ)

(4) ตรวจสอบว่าแบบรูเจาะถูกต้อง เจาะถูกตำแหน่ง และเอียงทำมุมถูกต้องตามที่กำหนดไว้

(5) ออกแบบจังหวะการจุดระเบิดให้แต่ละรู หรือ แต่ละแถว มีช่องให้หินแตกออกได้

(6) สำรวจดูว่ามีโพรงหรือจุดอ่อนที่หน้าระเบิดหรือไม่

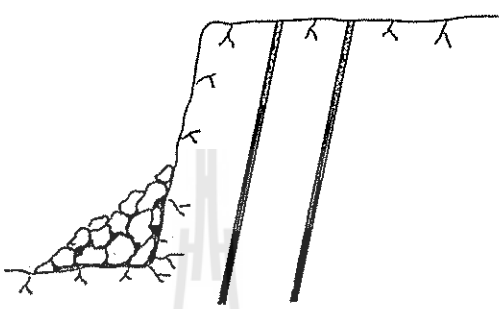
(7) ระวังการบรรจุระเบิดในรูแถวแรกให้ดีเป็นพิเศษ

(8) ตรวจสอบว่าปริมาณวัตถุระเบิดที่ใช้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้

(9) ทิ้งหินที่ได้จากการระเบิดชุดก่อนหน้านี้ ปิดหน้าระเบิดไว้

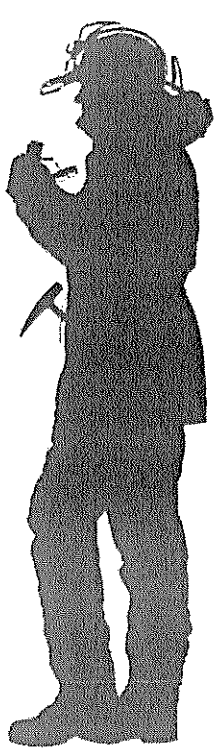
การใช้วัสดุปกคลุม

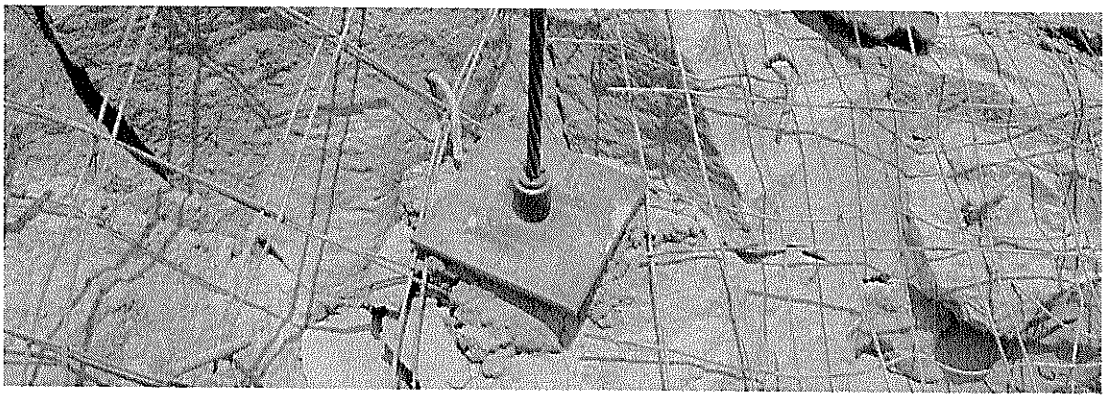
วัสดุที่ใช้ปกคลุมกันหินปลิวมีสองประเภท คือ วัสดุปกคลุมแบบมีน้ำหนักมาก กับวัสดุปกคลุมแบบป้องกันหินปลิว ทั้งสองประเภทนี้ควรใช้ร่วมกัน



กองหินปิดหน้าระเบิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

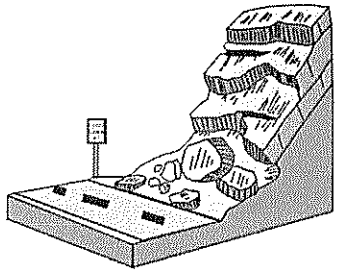


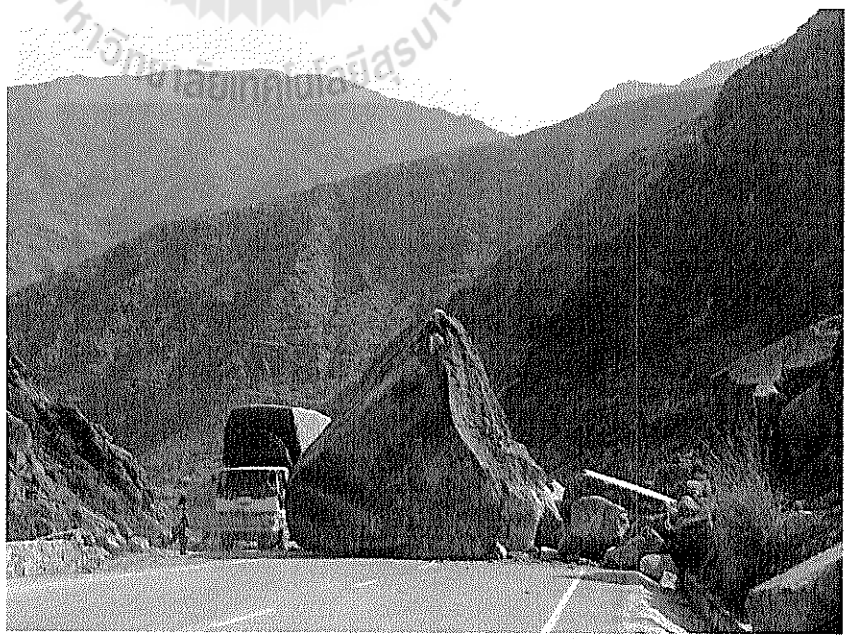


Stabilization of Rock Slopes

Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

Rock falls





Causes of rock falls

Table 12.1 Causes of rock falls on highways in California

Cause of rock fall	*Percentage of falls*
Rain	30
Freeze–thaw	21
Fractured rock	12
Wind	12
Snowmelt	8
Channeled runoff	7
Adverse planar fracture	5
Burrowing animals	2
Differential erosion	1
Tree roots	0.6
Springs or seeps	0.6
Wild animals	0.3
Truck vibrations	0.3
Soil decomposition	0.3

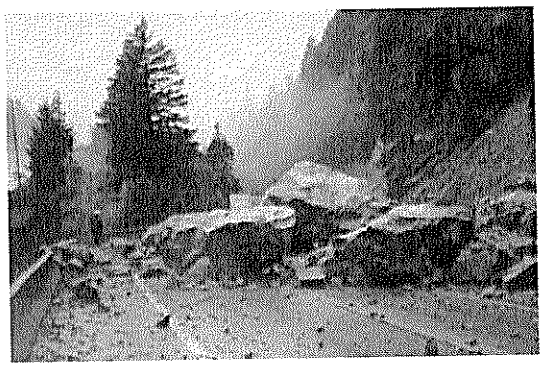
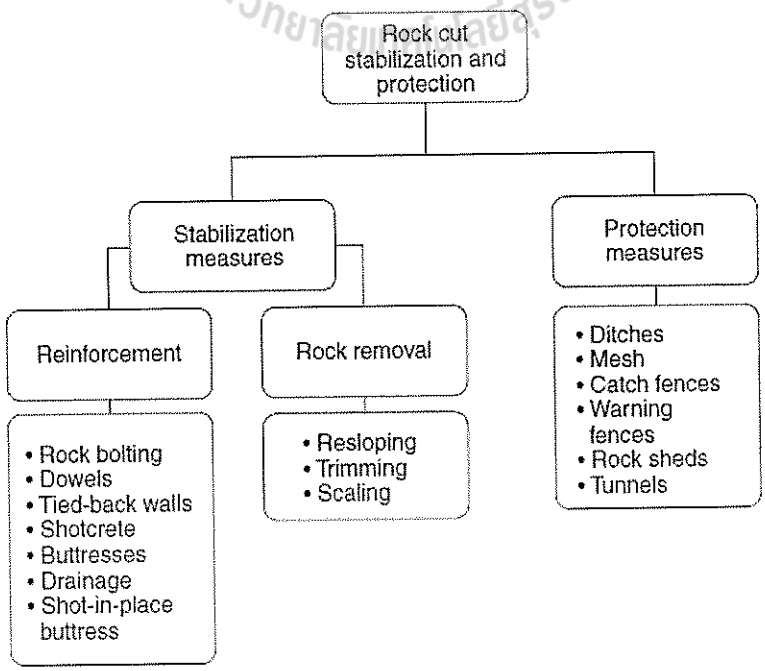


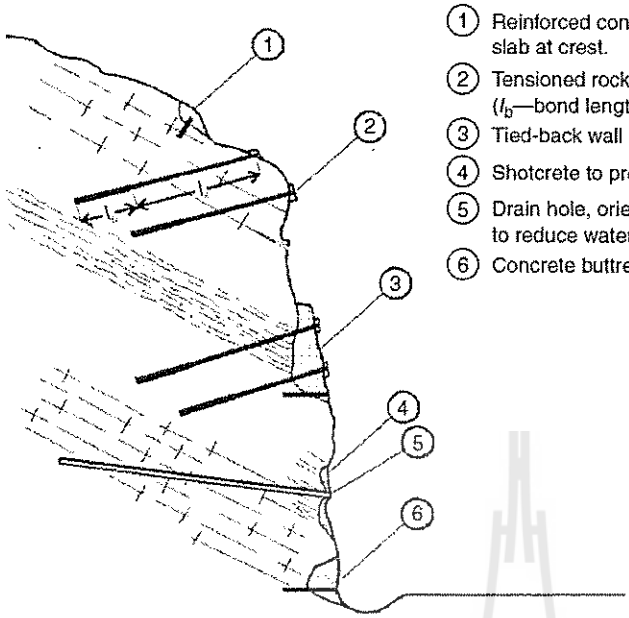
Figure 12.1 Highway closure caused by rock fall in very strong, blocky granite from a height of about 300 m.

Of the 14 causes of rock falls, 6 are directly related to water, namely rain, freeze–thaw, snowmelt, channeled runoff, differential erosion, and springs and seeps.

Categories or rock slope stabilization measures



Stabilization by rock reinforcement



1. Reinforced concrete shear key to prevent loosening of slab at crest.
2. Tensioned rock anchors to secure sliding blocks along crest (l_b—bond length; l_f—unbonded length).
3. Tied-back wall to prevent sliding on fault zone.
4. Shotcrete to prevent raveling of zone of fractured rock.
5. Drain hole, oriented to intersect water-bearing joints, to reduce water pressure within slope.
6. Concrete buttress to support rock above cavity.

Figure 12.4 Rock slope reinforcement methods (TRB, 1996).

Stabilization by rock reinforcement

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

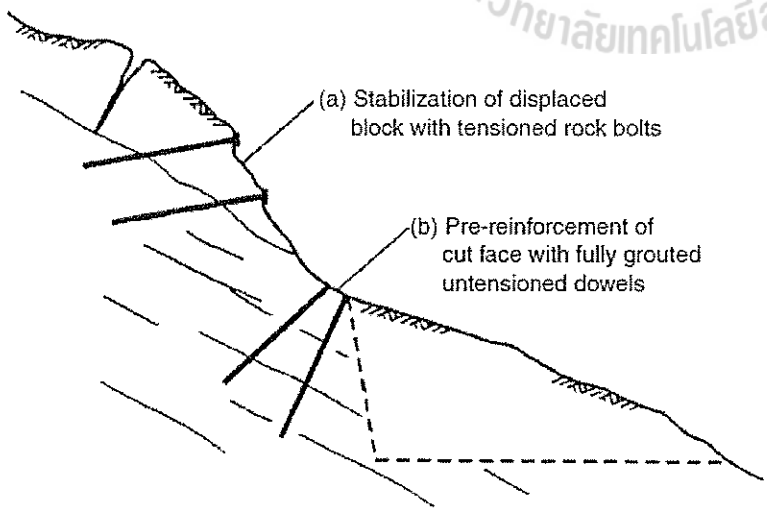


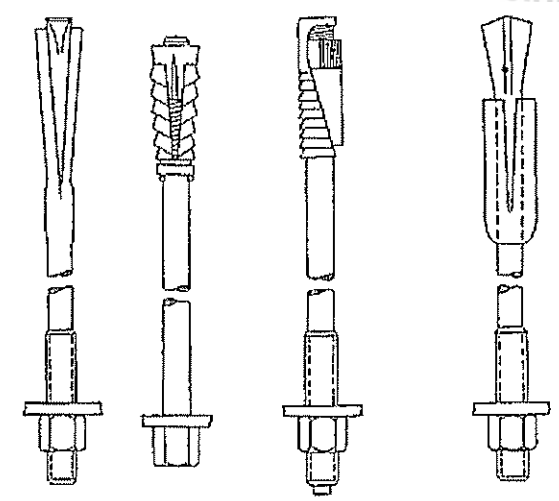
Figure 12.5 Reinforcement of a rock slope: (a) tensioned rock bolts in a displaced block; (b) fully grouted, untensioned dowels installed prior to excavation to pre-reinforce the rock (TRB, 1996).

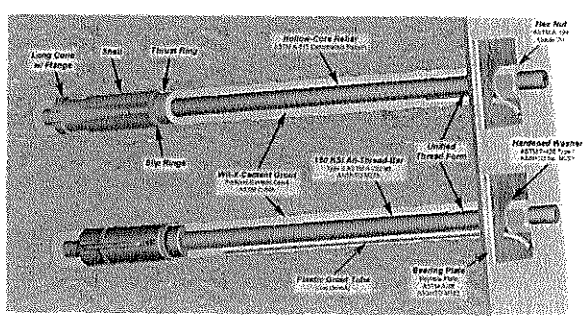
Types of Rock Slope Supports (Stabilization)

1. Rockbolts
2. Dowels
3. Cable bolts
4. Shotcrete
5. Wire mesh
6. Pre-cast Concrete
7. Retaining Wall
8. Gabions

1. Rockbolts

1.1) Mechanically anchored rock bolts

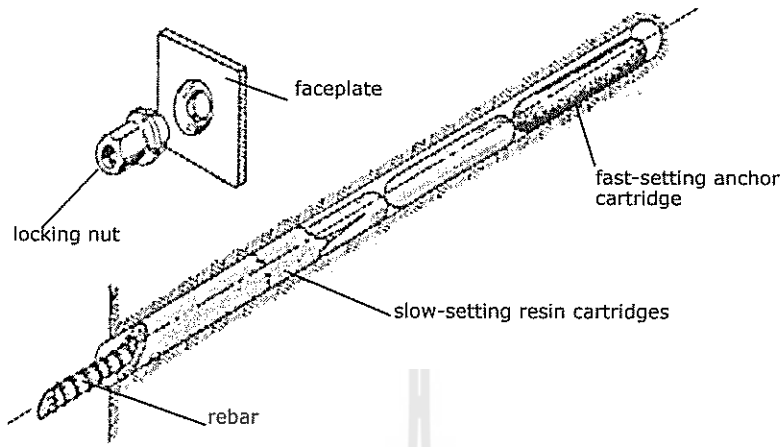




Grout injection arrangements for a mechanically anchored rockbolts.

1. Rockbolts

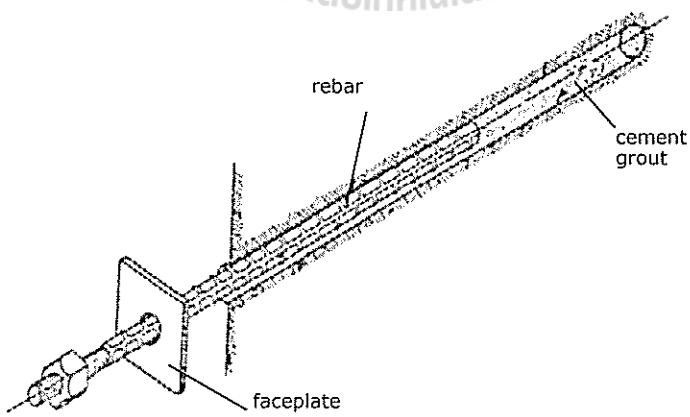
1.2) Resin anchored rockbolts



Typical set-up for creating a resin anchored and grouted rockbolt.

2. Dowels

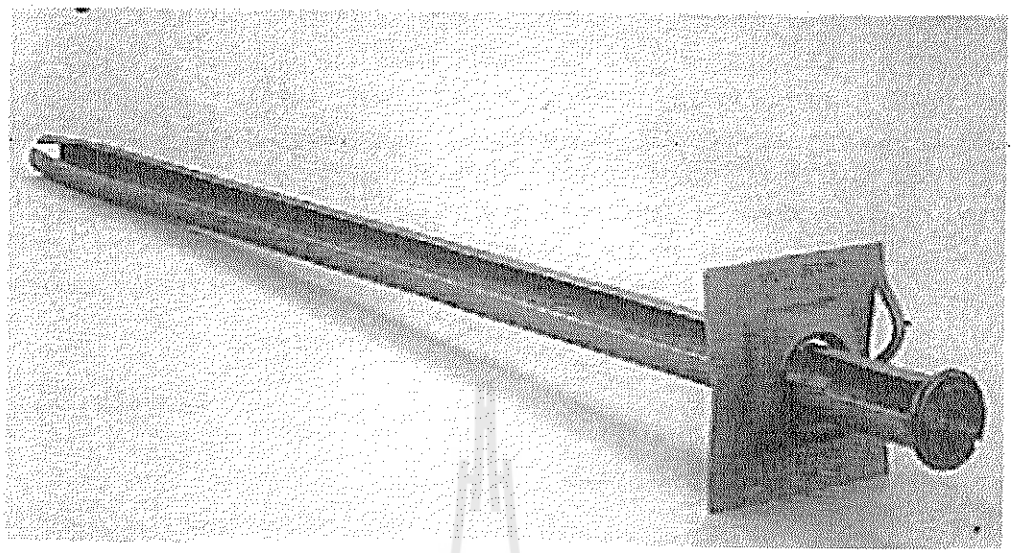
2.1) Grouted dowels



Grouted dowel using a deformed bar inserted into a grout-filled hole.

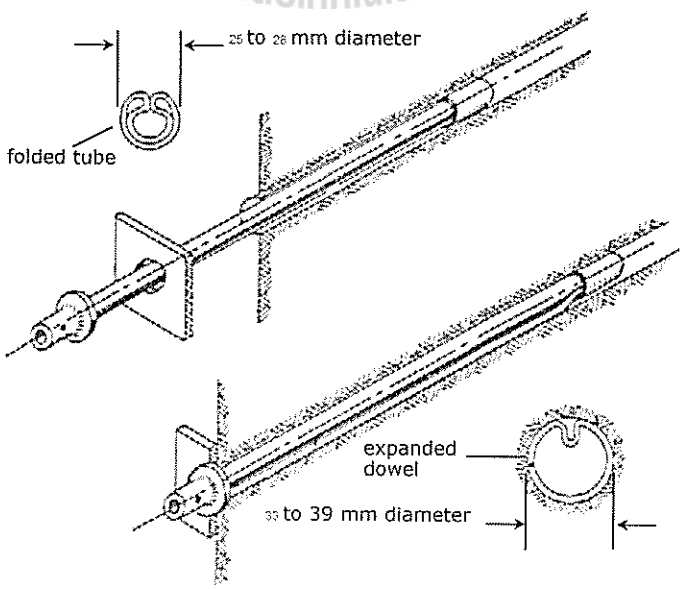
2. Dowels

2.2) Friction dowels or 'Split Set' stabilizers



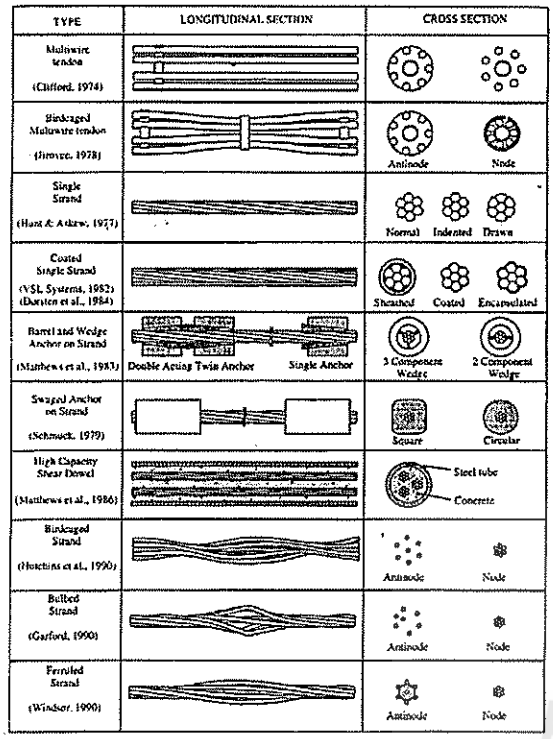
2. Dowels

2.3) 'Swellex' dowels



Atlas Copco Swellex dowel.

3. Cablebolts

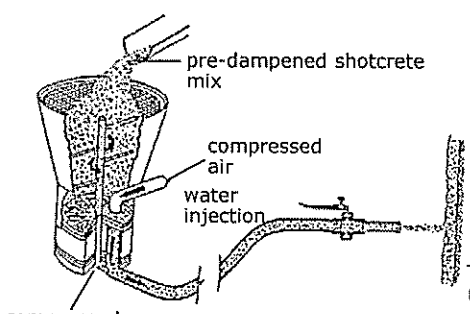


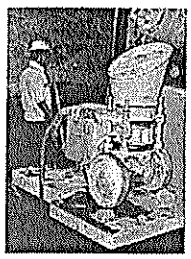
Summary of the development of cablebolt configurations. After Windsor (1992)

4. Shotcrete

1) Dry mix shotcrete
2) Wet mix shotcrete
3) Steel fiber reinforced micro silica shotcrete
4) Mesh reinforced shotcrete

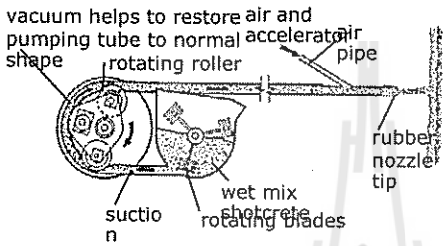
4. Shotcrete





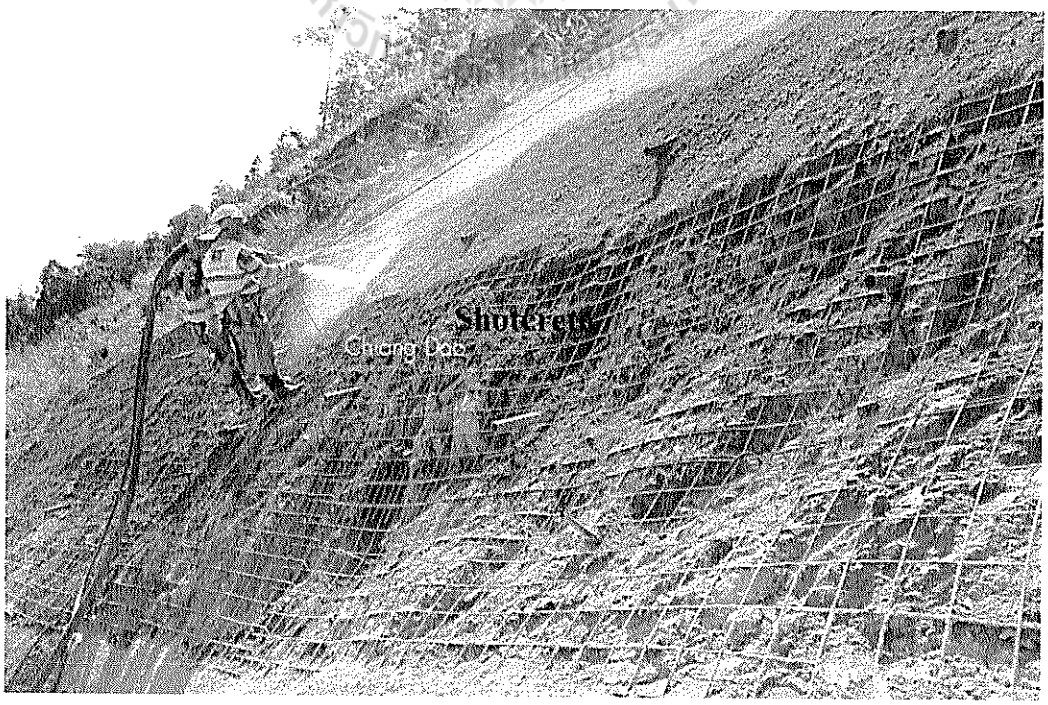
Typical dry mix shocrete machine.

Simplified sketch of a typical dry mix shotcrete system. After Mahar et al. (1975).

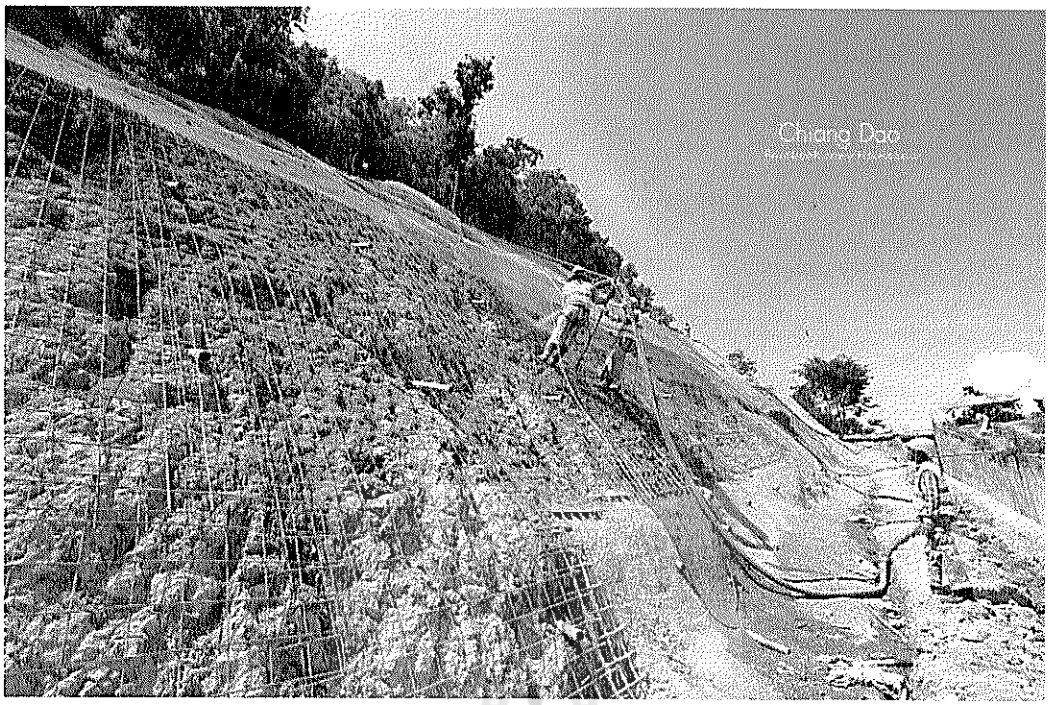


Typical wet mix shotcrete machine. After Mahar et al. (1975).

4. Shotcrete



4. Shotcrete



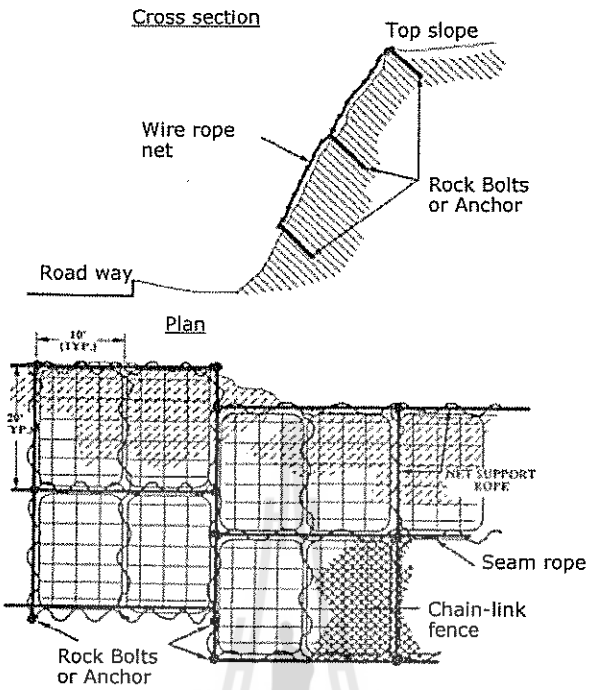
4. Shotcrete

Table 12.9 Typical shotcrete mixes

Material	*Dry-mix (kg/m^3)*	*Shotcrete (% dry materials)*	*Wet-mix (kg/m^3)*	*Shotcrete (% dry materials)*
Cement, Type I	400	18.3	420	18.3
Silica fume	50	2.3	40	1.7
10 mm coarse aggregate	500	22.9	480	20.9
Sand	1170	53.7	1120	48.7
Steel fibers	60	2.8	60	2.6
Water reduced	—	—	2l	0.09
Superplasticizer	—	—	6l	0.04
Air entraining admixture	—	—	if required	if required
Water	170[a]	—	180	7.8
Total wet mass	2350	100	2300	100

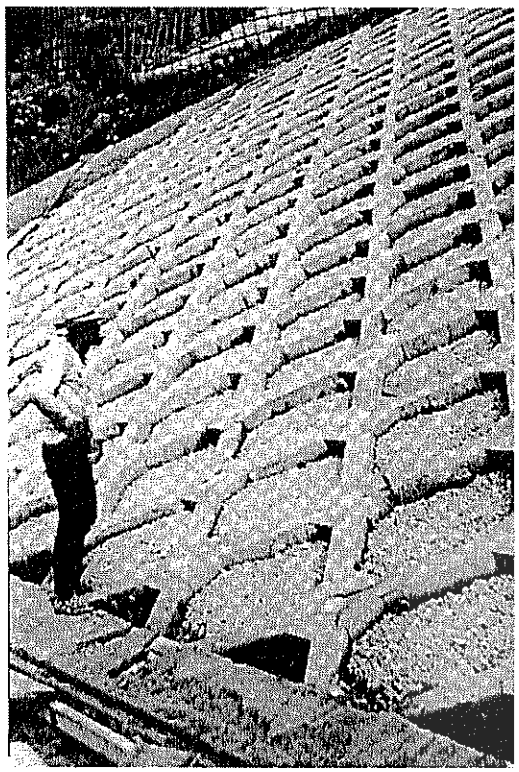
Note
a Total water from pre-moisturizer and added at nozzle (based on saturated surface dry aggregate concept).

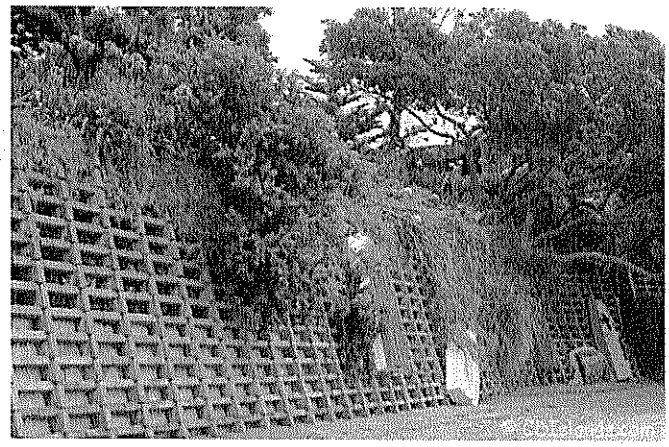
5. Wire mesh

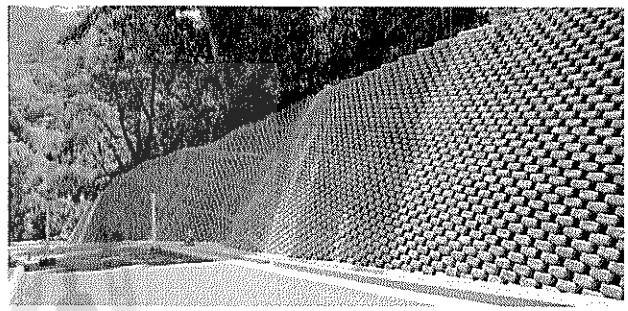


5. Wire mesh

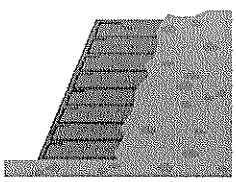
6. Pre-cast Concrete

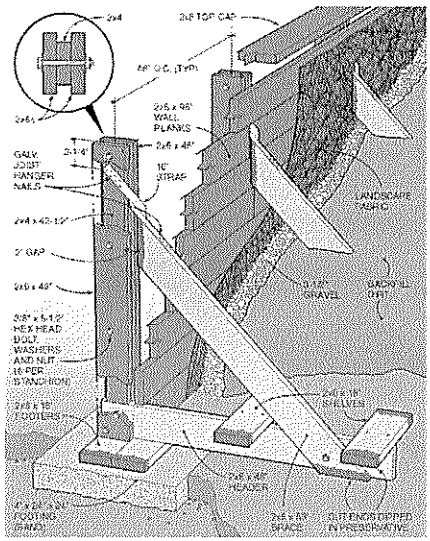




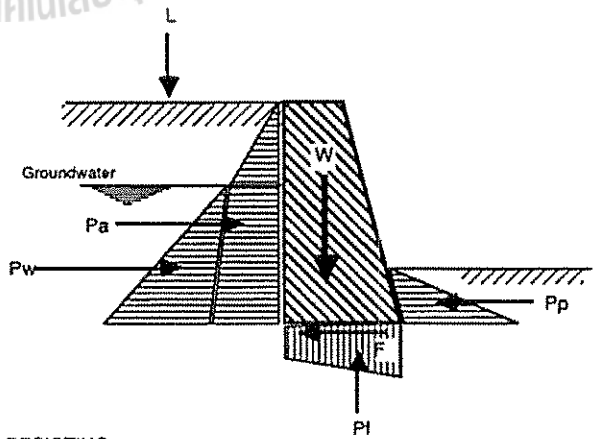


7. Retaining Wall





FORCES ON RETAINING STRUCTURES



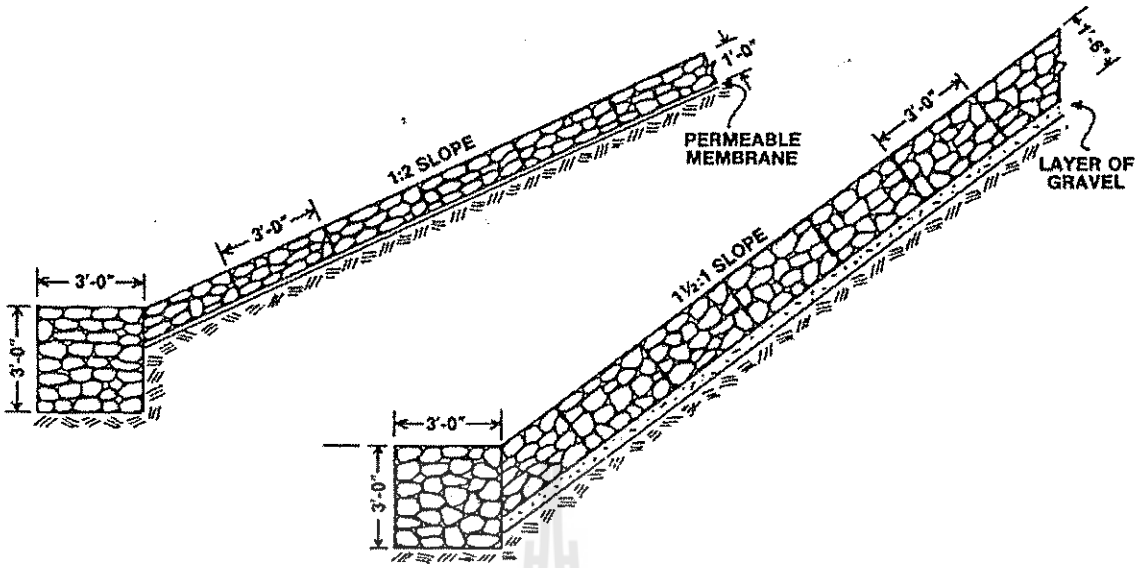
RESISTING

WATER PRESSURE (Pw)
PASSIVE SOIL PRESSURE (Pp)
SLIDING FRICTION (F)
FOUNDATION PRESSURE (Pl)

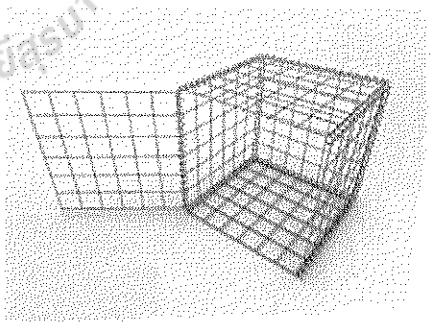
DRIVING FORCES

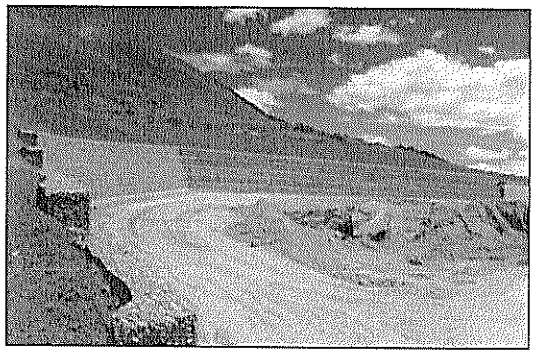
WATER PRESSURE (Pw)
ACTIVE SOIL PRESSURE (Pa)
WEIGHT (W)
SURCHARGE LOAD (L)

8. Gabion



8. Gabion





Drainage

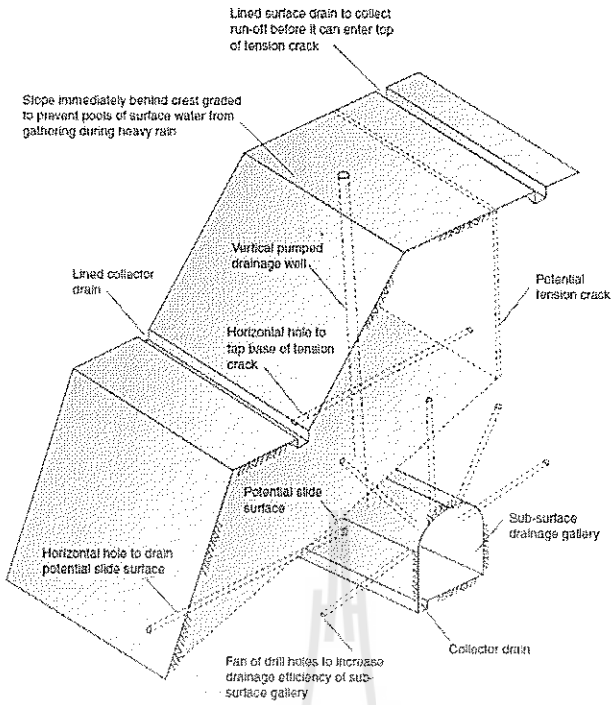


Figure 12.16 Slope drainage methods.

Stabilization by rock removal

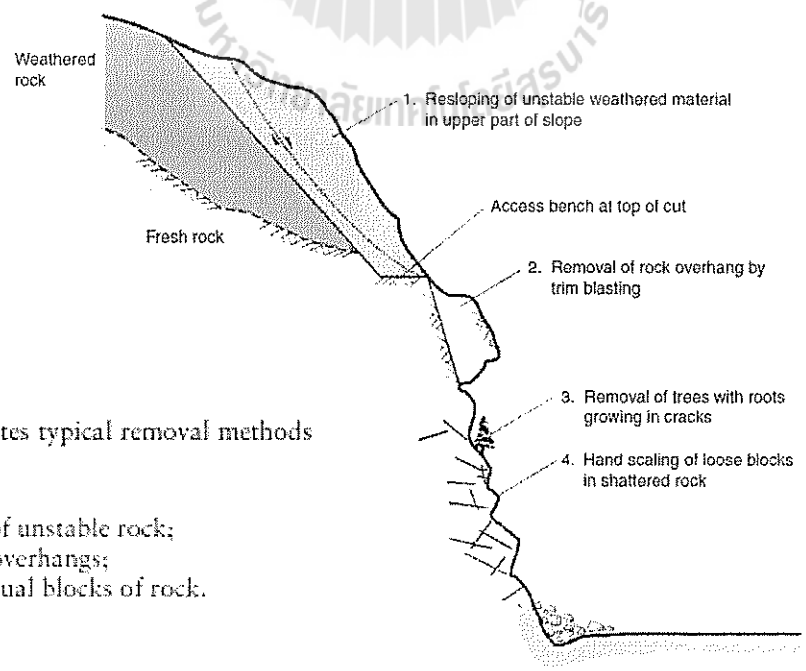
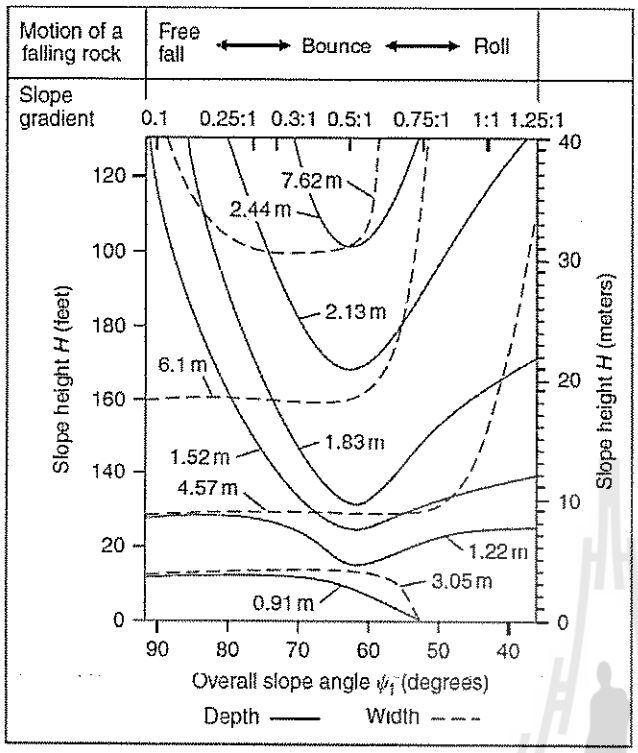


Figure 12.17 illustrates typical removal methods including

- resloping zones of unstable rock;
- trim blasting of overhangs;
- scaling of individual blocks of rock.

Figure 12.17 Rock removal methods for slope stabilization (TRB, 1996).

Ditches



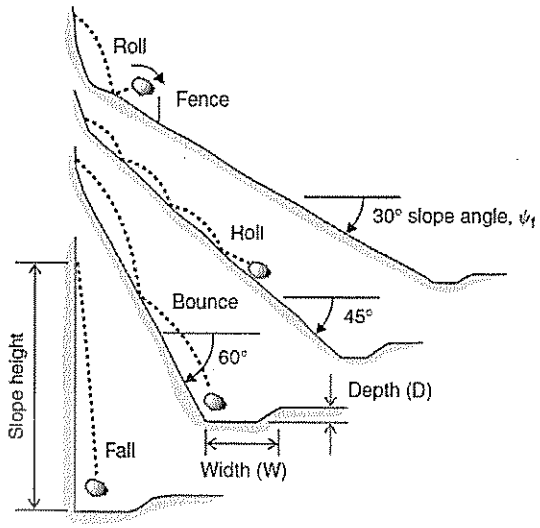
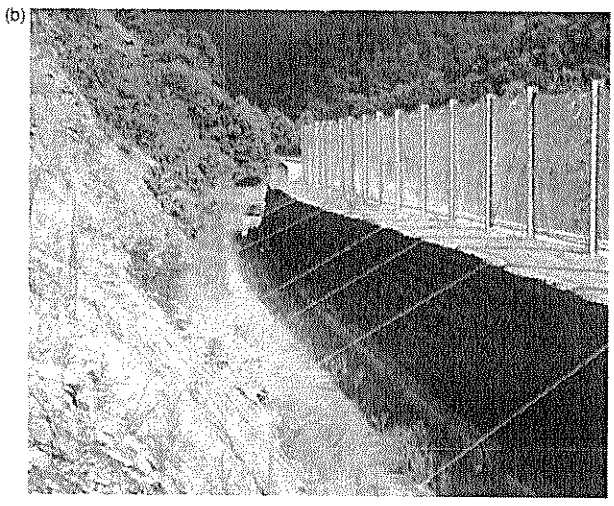


Figure 12.21 Ditch design chart for rock fall catchment (Ritchie, 1963).

Barriers



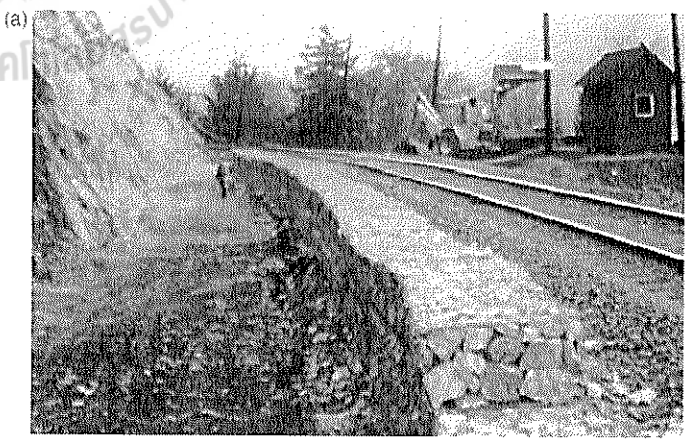


Figure 12.22 Rock fall containment structures: (a) rock catch ditch with 1.5 m high gabion along outer edge (Fraser River Canyon, British Columbia); (b) barrier constructed with MSE wall and wire rope fence on top of wall (Interstate 40 near Asheville, North Carolina) (Courtesy: North Carolina Department of Transportation).

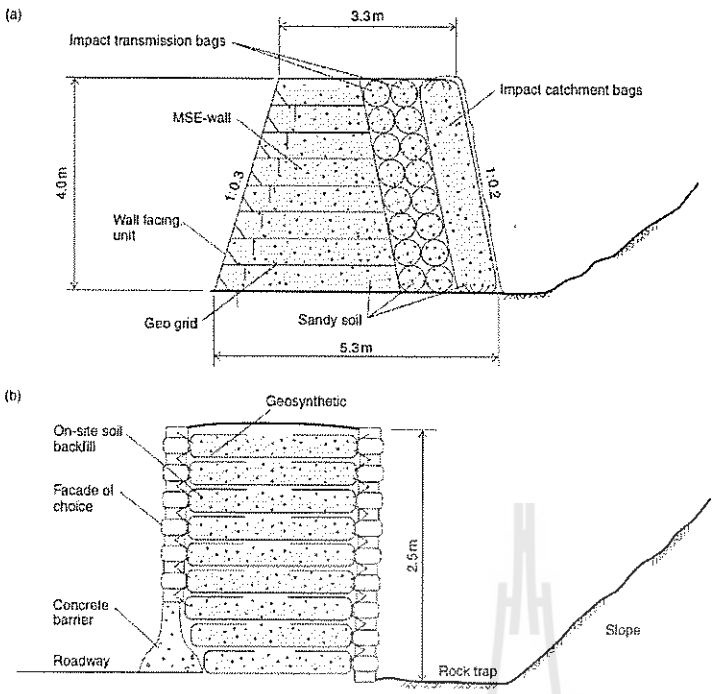


Figure 12.23 Rock fall barriers constructed with soil and geofabric, and a variety of facings: (a) a 4 m high Wall with impact energy capacity of 5000 kJ (Protec, 2002); (b) a 2.5 m high wall with energy capacity of 950 kJ (Barrett and White, 1991).

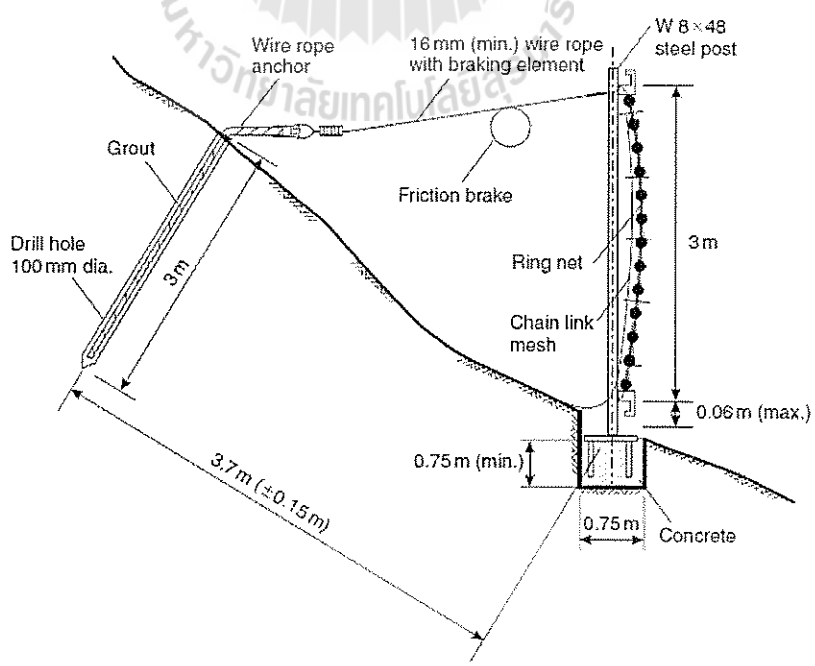


Figure 12.24 Geobrugg rock fall fence (TRB, 1996).

Design Parameters for Stabilization of Rock Slope

1. Slope failure from rock strength (Circular Failure)
   - Orientations and dip angle of slope face
   - Height of slope
   - Length of Slope
   - Unit weight of rock

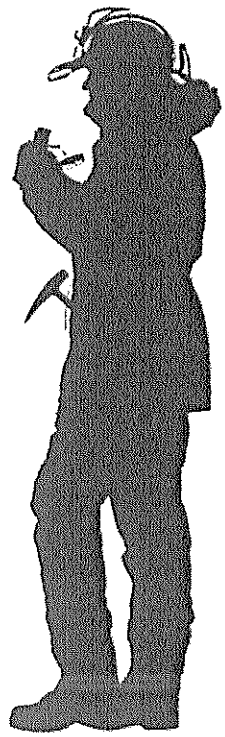
2. Slope failure from rock fracture (Plane, Wedge, and Toppling Failure)
   - Orientations and dip angle of slope face
   - Height of slope
   - Length of Slope
   - Unit weight of rock
   - Orientations and dip angle of failure surface
   - Joint spacing

Design Methodology and Criterion

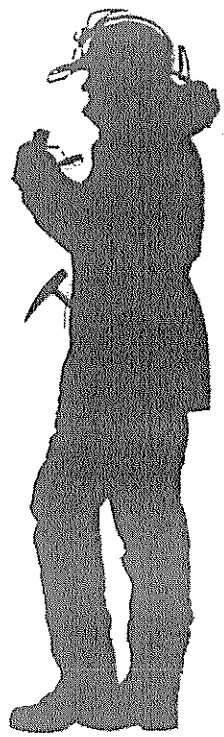
1. Stabilization Method
   - Rockbolt / Cablebolt
   - Rockbolt / Cablebolt + Wire Mesh
   - Rockbolt / Cablebolt + Wire Mesh + Shotcrete + Drainage
   - Spot of Rockbolt / Cablebolt
   - Drainage

2. Slope Modification

3. Combined Methods
   - Slope Modified + Rockbolt / Cablebolt
   - Slope Modified + Rockbolt / Cablebolt + Wire Mesh
   - Slope Modified + Rockbolt / Cablebolt + Wire Mesh + Drainage

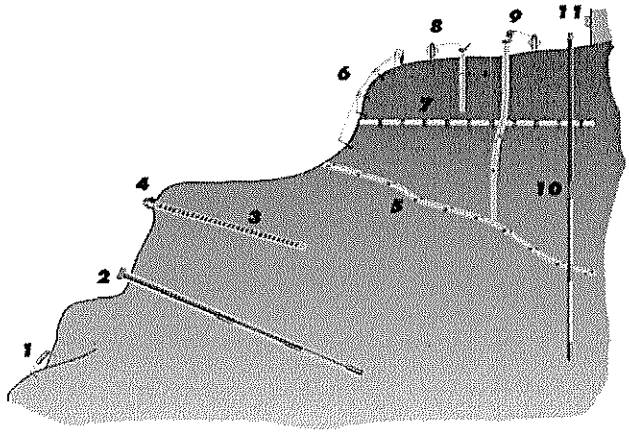


33



34

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



Slope Movement Monitoring

Prachya Tepnarong, Ph.D.
prachya@sut.ac.th

Objectives for Slope Monitoring

Typical measurement objectives

- To determine absolute lateral and vertical movements of a sliding surface.
- To determine the rate of sliding (accelerating or decelerating) and thus warn of impending dangers.
- To determine the depth and shape of the sliding surfaces.
- To determine the relative movements within a slope.
- To monitor groundwater levels and pore pressures so that analyses can be made.

Objectives for Slope Monitoring

overall objectives

- To maintain safe operational procedures for the protection of personnel and equipment.
- To provide advance notice of instability so that mine plans can be modified to minimize the impact of slope displacement.
- To provide geotechnical information for analyzing the slope failure mechanism, for designing appropriate remedial measures, and for conducting future redesign of the slope.

Instruments suitable for examining slope stability during excavation

Measurement	Suitable Instruments
Surface deformation	Surveying methods
	Crack gages
	Tiltmeters
	Multipoint liquid level gages
Subsurface deformation	Inclinometers
	Fixed borehole extensometers
	Slope extensometers
	Shear plane indicators
	Multiple deflectometers
	In-place inclinometers
	Combined piezometer–inclinometer system
	Acoustic emission monitoring
Groundwater pressure	Single piezometers
	Multipoint piezometers
	Combined piezometer–inclinometer system

Overview of routine and special monitoring

Application	Measurement
Routine monitoring	Surface deformation Groundwater pressure
Special applications	Subsurface deformation Load in rockbolts Temperature

Criteria for Selecting Site-Specific Instruments

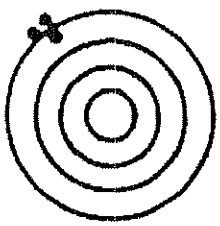
- Measure the obvious things first
- Simpler is better
- Precision costs money
- Redundancy is required
- Timely reporting is essential

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

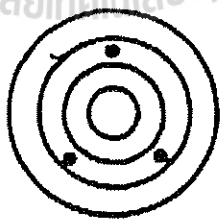
All instruments have certain requirements in common

- **Range**
- **Resolution**
- **Repeatability**
- **Accuracy**
- **Survivability**

Accuracy and Precision.



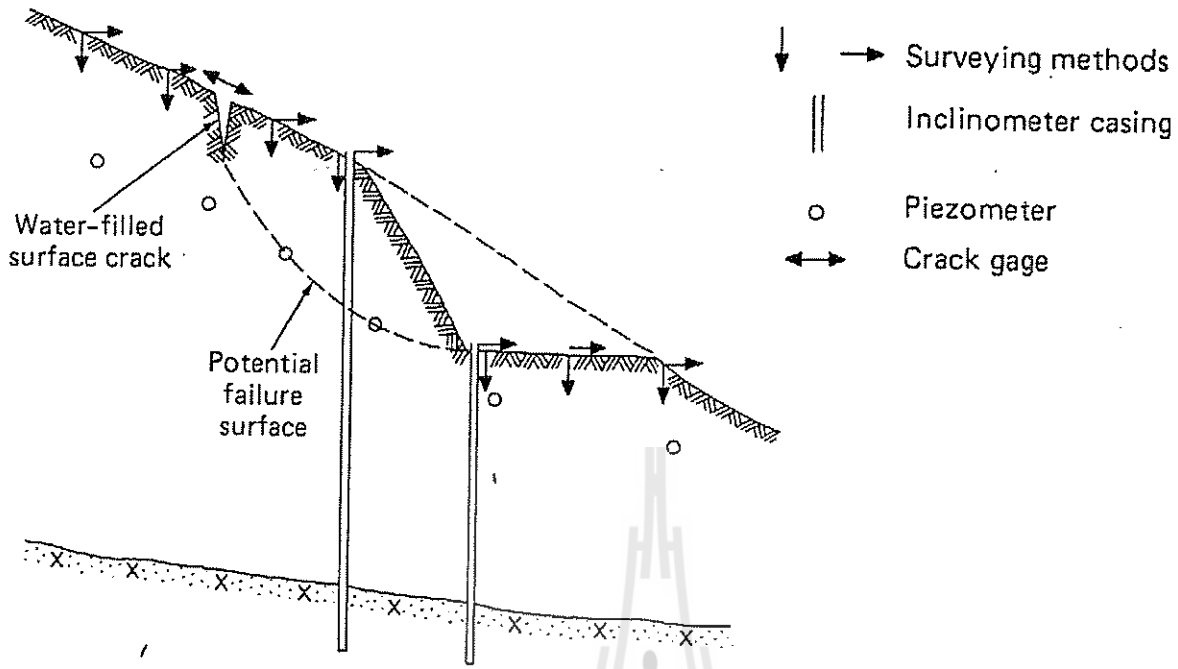
Precise but not accurate



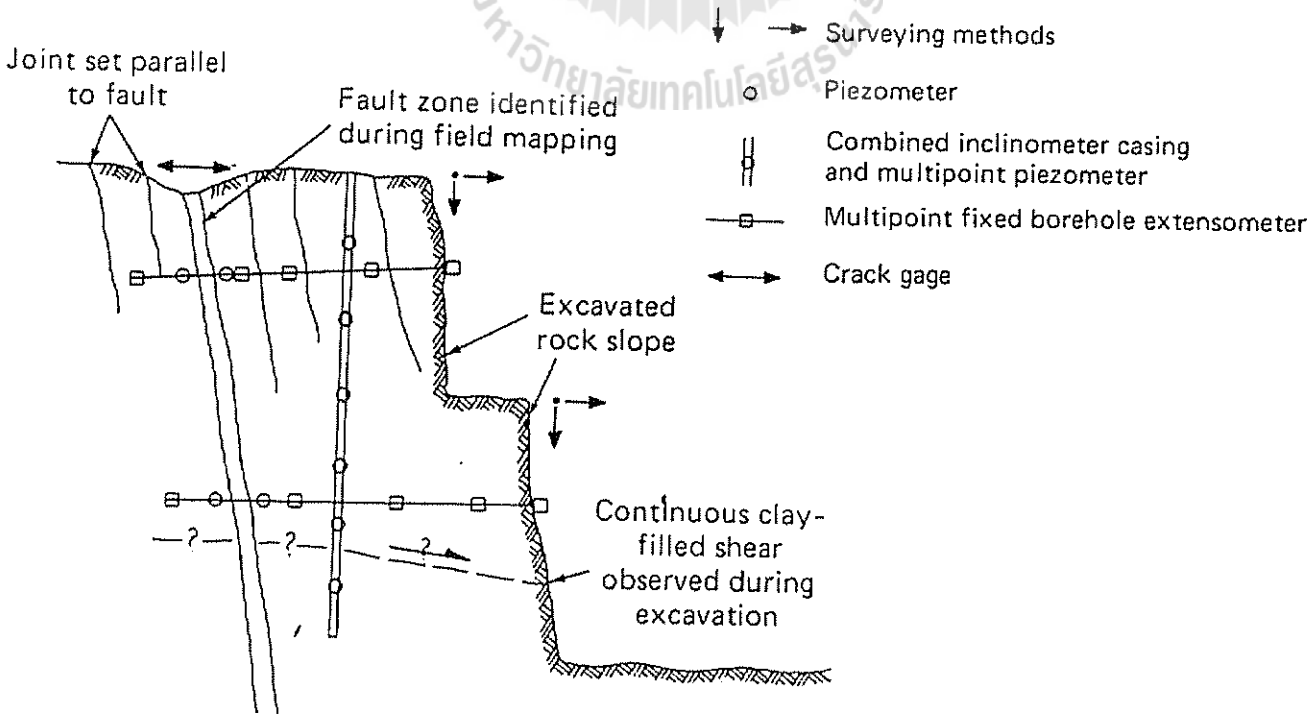
Not precise but average is accurate

Precise as well as accurate

Possible layout of instrumentation for monitoring an excavated slope in soil.



Possible layout of instrumentation for monitoring an excavated slope in rock.



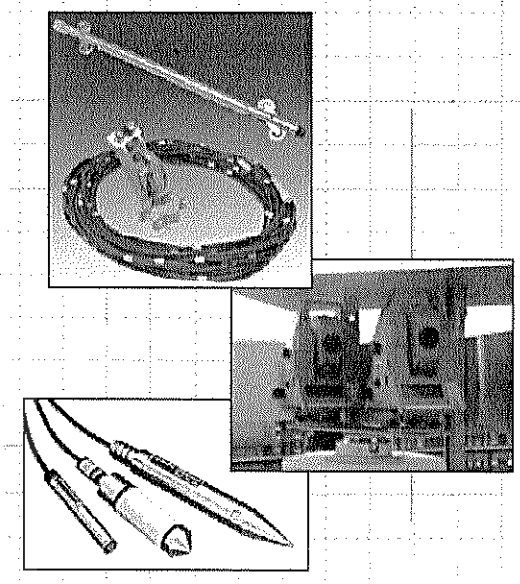
Instrumentation & Monitoring

The use of geotechnical instrumentation is not merely the selection of instruments but a comprehensive step-by-step engineering process beginning with a definition of the objective and ending with implementation of the data.

Engineering objectives typically encountered in soil and rock engineering projects have led to the design and commercial marketing of numerous instrument types, measuring for example:

decreasing reliability

- *temperature*
- *deformation*
- *groundwater/pore pressures*
- *total stress in soil and stress change in rock*



Surveying

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

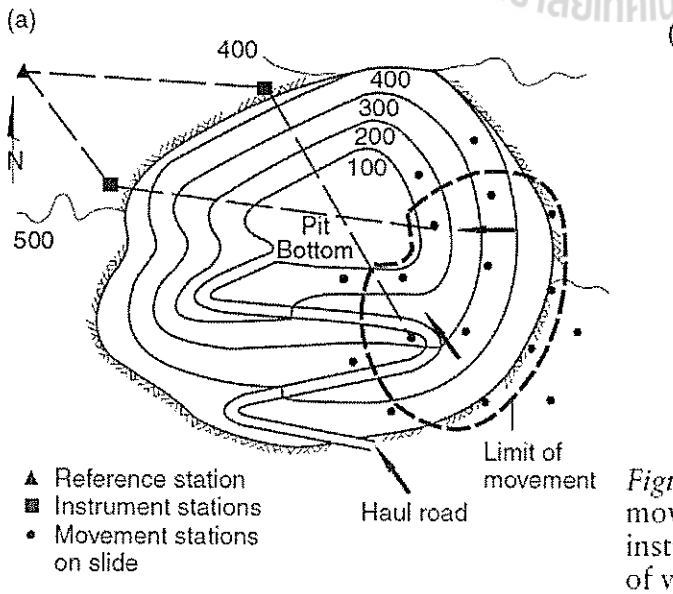
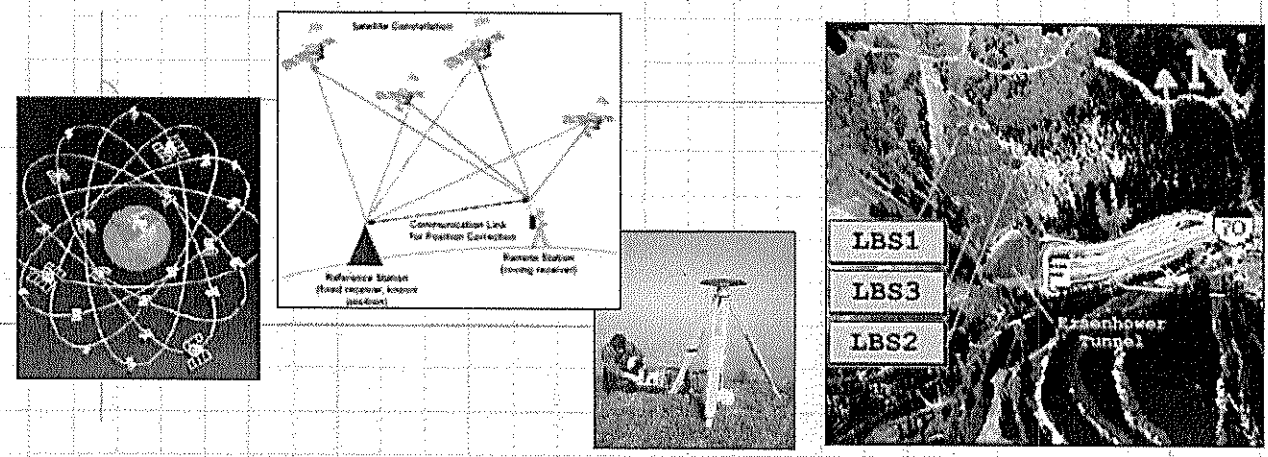


Figure 13.4 Survey system to remotely measure slope movement: (a) typical arrangement of reference, instrument and monitoring stations; (b) measurement of vertical angle and distance to determine vertical displacement (Wyllie and Munn, 1979).

Surface Measurements - DGPS



... satellite measurements and base-stations at known locations are used to provide simultaneous corrections and refinements to the computed locations of one or several differential global positioning system (DGPS) stations positioned on the slide body.

Advantages: automated, economical (especially over large areas).
Sensitivity: better than 1 cm in ideal conditions

Crack width monitors

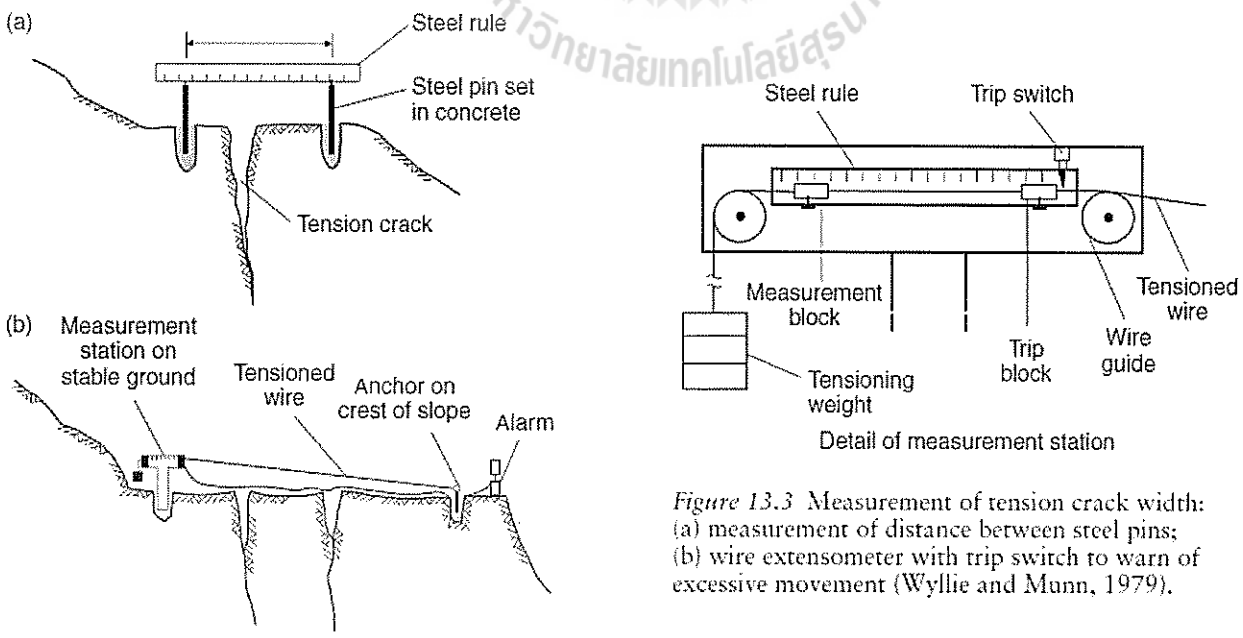
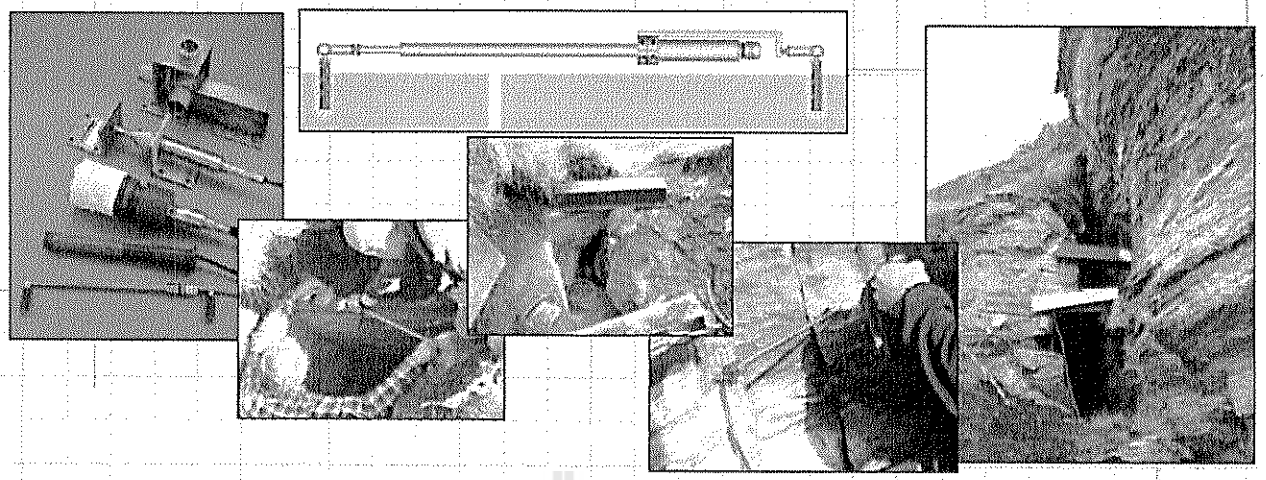


Figure 13.3 Measurement of tension crack width: (a) measurement of distance between steel pins; (b) wire extensometer with trip switch to warn of excessive movement (Wyllie and Munn, 1979).

Surface Measurements - Crackmeters



... used to measure and monitor the opening of surface fractures and tension cracks.

Advantages: simple, ideally suited for early warning systems.
Sensitivity: <0.01mm with 50-100 mm range

Subsurface Measurements - Inclinometers

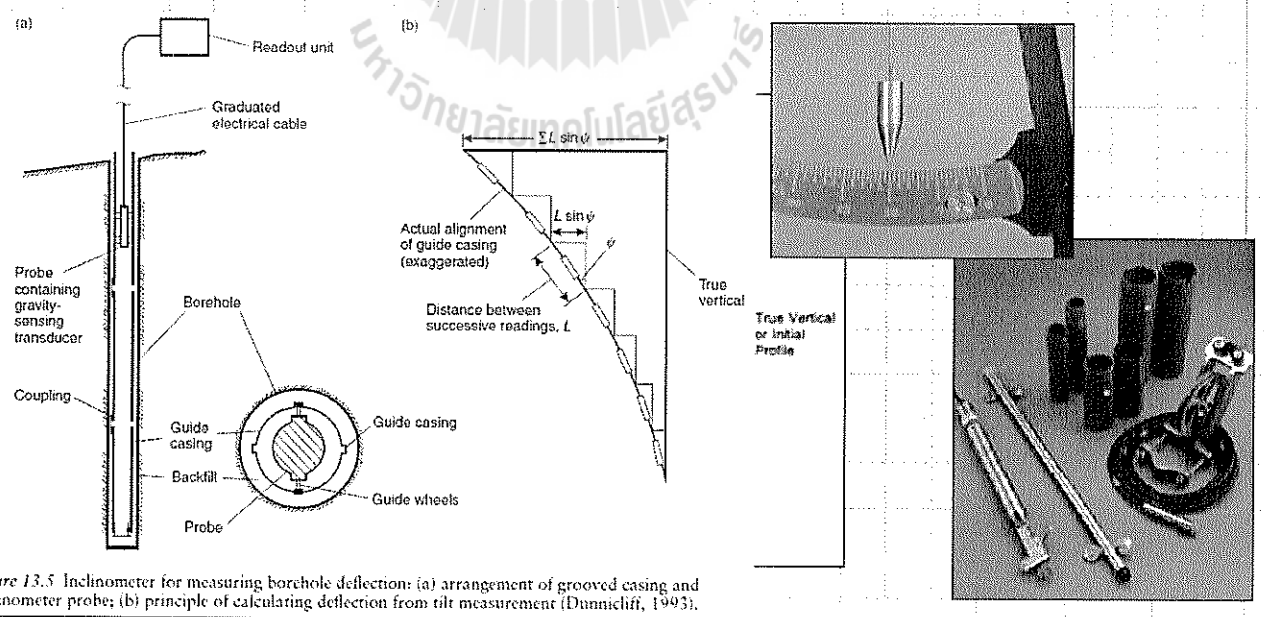
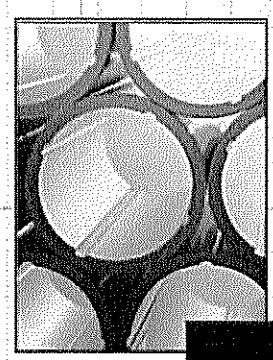
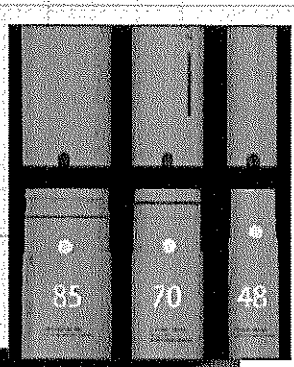


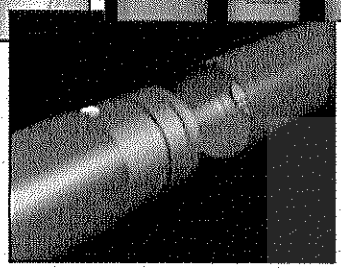
Figure 13.5 Inclinometer for measuring borehole deflection: (a) arrangement of grooved casing and inclinometer probe; (b) principle of calculating deflection from tilt measurement (Dunnicliff, 1993).

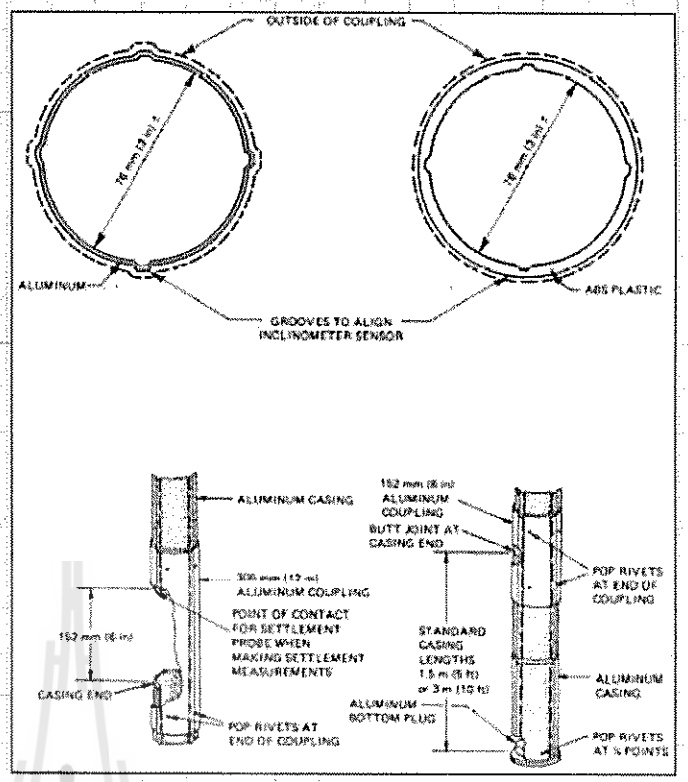
Advantages: can detect and monitor complex slope deformations and displacements along multiple shear planes.
Sensitivity: ±10 arc seconds (±0.05mm/m)

Inclinometer Casing

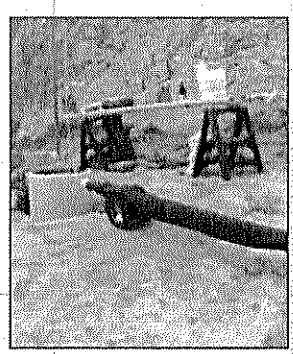


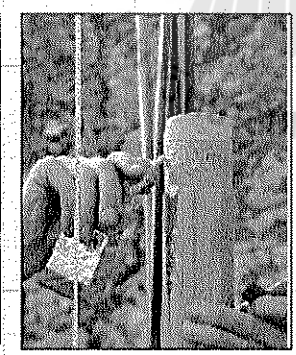


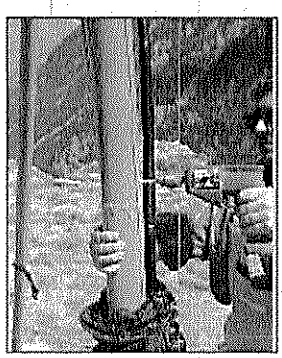


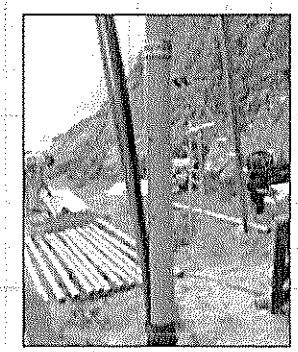


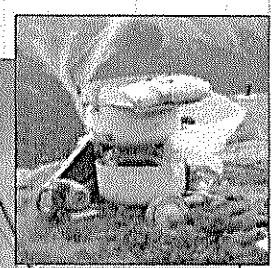
Inclinometer Installation



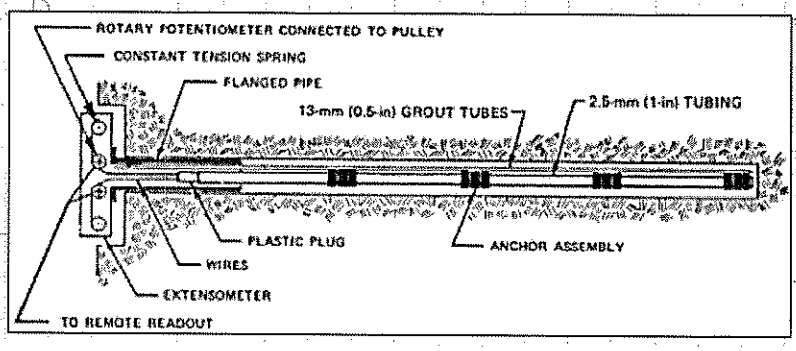


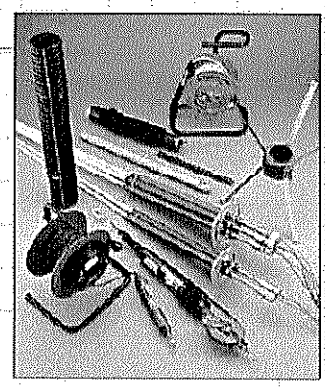






Subsurface Measurements - Extensometers

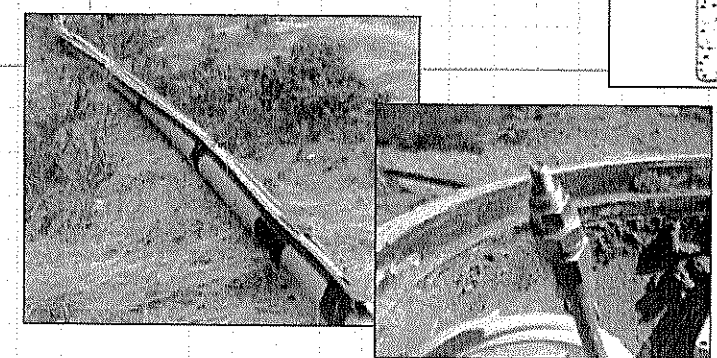


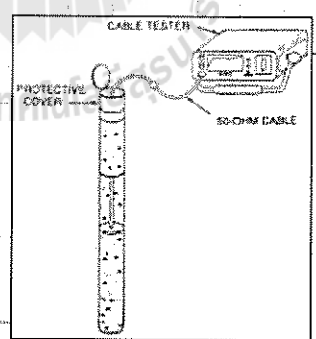


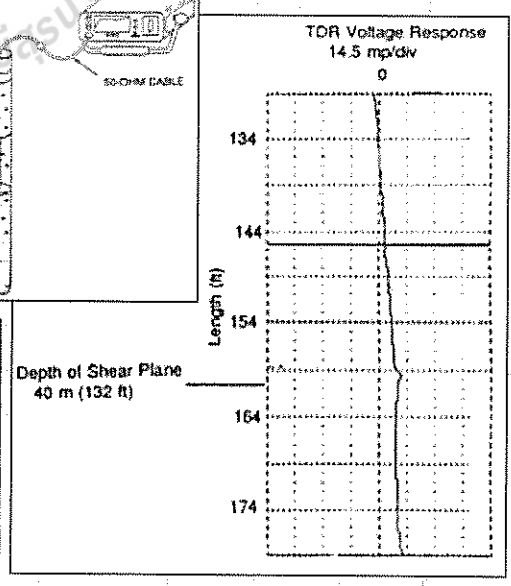
... extensometers measure the relative change in position between several fixed points.

Advantages: simple to install, inexpensive, can measure larger slope displacements than inclinometers.
Accuracy: ±0.01 mm/m

Subsurface Measurements - TDR





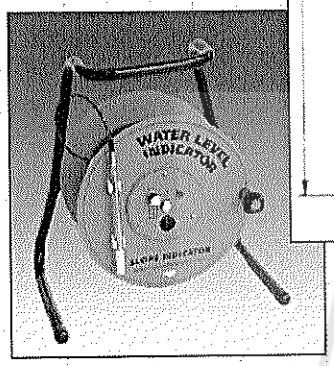


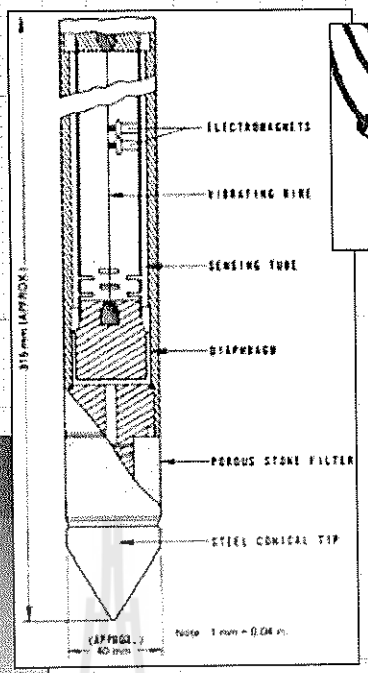
Dowding & Huang (1994)

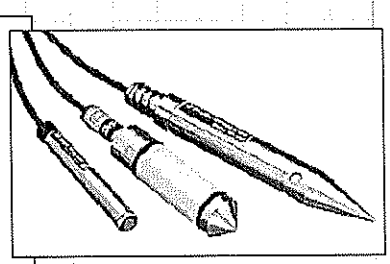
Time Domain Reflectometry (TDR) - *uses characteristics of returned electrical pulses to determine the amount of strain, or the existence of a rupture, in a coaxial cable.*

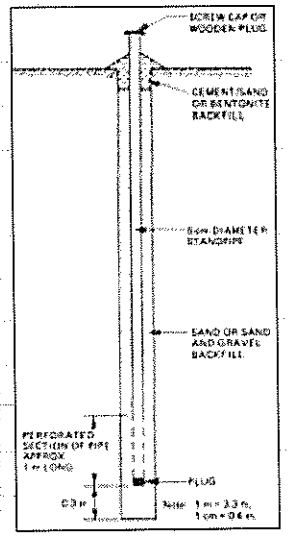
Borehole Piezometers

Vibrating wire piezometers consist of a diaphragm, which when deflected by pore pressures,can be measured by an electrical transducer. These have the advantage of a negligible time lag and being extremely sensitive.

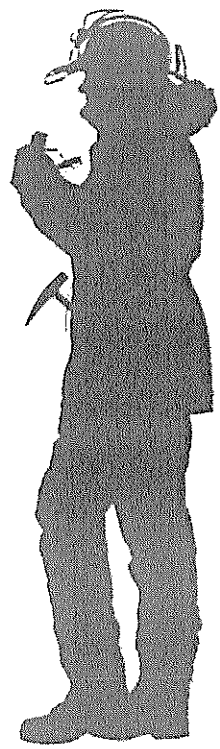






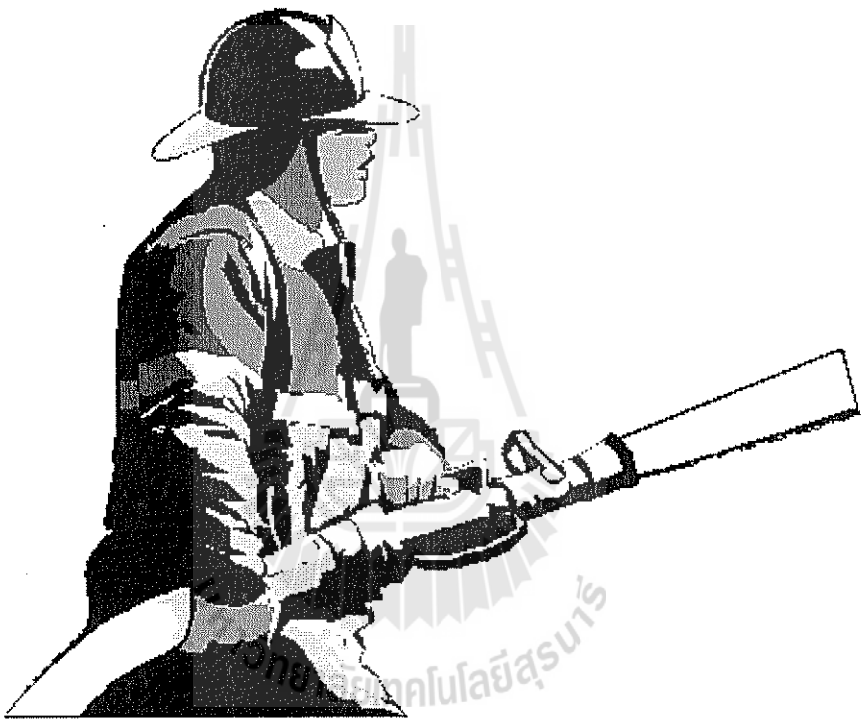


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



เอกสารประกอบการเรียนการสอน

รายวิชา 618 344 การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม (INDUSTRIAL SAFETY MANAGEMENT)



จัดทำโดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรพรรณ วัชรวิทูร

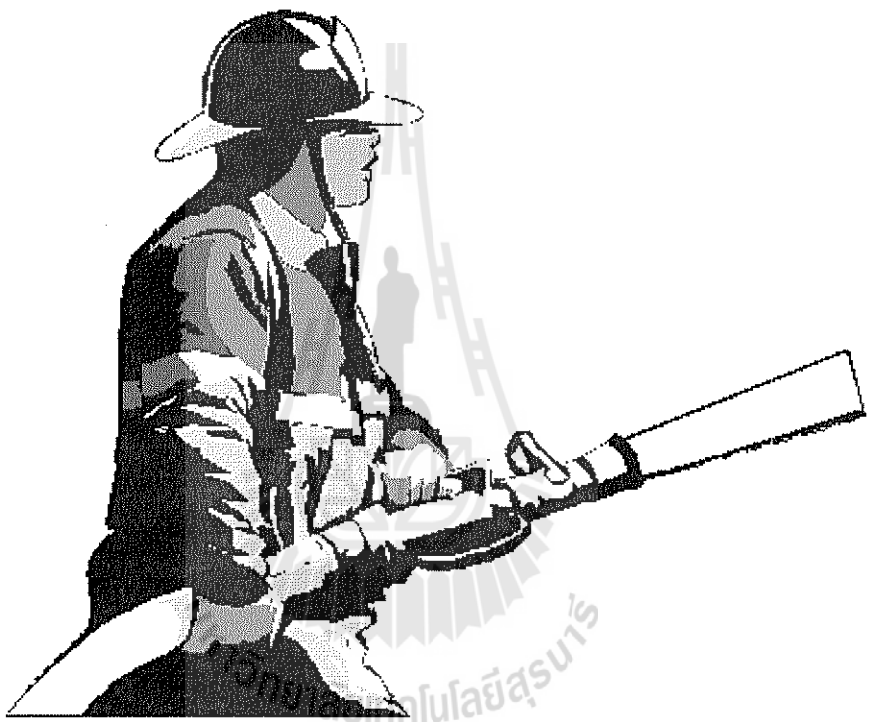
สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พ.ศ.๒๕๕๗

เอกสารประกอบการเรียนการสอน

รายวิชา 618 344 การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม (INDUSTRIAL SAFETY MANAGEMENT)



จัดทำโดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรพรรณ วัชรวิทูร

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พ.ศ.๒๕๕๗

คำนำ

คู่มือการเรียนรายวิชาเล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อประกอบการเรียน สำหรับรายวิชา 618344 การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม (INDUSTRIAL SAFETY MANAGEMENT) ของนักศึกษาสาธารณสุขศาสตร์ชั้นปีที่ 3 หลักสูตร วท.บ. สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย โดยเนื้อหาในคู่มือการเรียนรายวิชาเล่มนี้ จะประกอบด้วย 6 หัวข้อ คือ วิวัฒนาการบริหารงานความปลอดภัยสมัยใหม่ การบริหารจัดความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม การตรวจความปลอดภัย การสอบสวนและการรายงานอุบัติเหตุ เทคนิคการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย และหลักการฝึกอบรมเพื่อความปลอดภัย

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือการเรียนรายวิชาเล่มนี้ จะมีส่วนช่วยผู้ที่สนใจสามารถใช้ประกอบการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรพรรณ วัชรวิทูร

18 เมษายน 2557

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
รายละเอียดคู่มือการเรียนรายวิชา	ง
สรุปเนื้อหารายวิชา	
บทที่ 1 วิวัฒนาการการบริหารงานความปลอดภัยสมัยใหม่	1
เรื่องที่ 1 บทนำ	1
เรื่องที่ 2 สาเหตุและผลของการสูญเสีย	2
เรื่องที่ 3 การบริหารงานในการควบคุมความสูญเสีย	4
สรุปประจำบทที่ 1	5
คำถามประจำบทที่ 1	6
บทที่ 2 การบริหารจัดการความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม	7
เรื่องที่ 1 นโยบายความปลอดภัย	7
เรื่องที่ 2 การจัดองค์กรความปลอดภัย	8
เรื่องที่ 3 หน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยของหน่วยงานและบุคคลในสถานประกอบการ	10
เรื่องที่ 4 การกำหนดแผนงาน โครงการ และกิจกรรมความปลอดภัย	14
เรื่องที่ 5 การควบคุมกำกับการแผนงาน ความปลอดภัย	17
ตัวอย่างการประเมินผลความสำเร็จของโครงการในงานอุตสาหกรรมรายงานการดำเนินกิจกรรมความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน บริษัท ABCD จำกัด ประจำเดือน	19
ตัวอย่างการวางแผนงานการบริหารความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม	21
สรุปประจำบทที่ 2	26
คำถามประจำบทที่ 2	27
บทที่ 3 การตรวจความปลอดภัย	28
เรื่องที่ 1 การตรวจความปลอดภัย	28
เรื่องที่ 2 การตรวจสอบระบบความปลอดภัย	33
ตัวอย่างแบบตรวจความปลอดภัย	35
สรุปประจำบทที่ 3	39
คำถามประจำบทที่ 3	40

บทที่ 4 การสอบสวน การวิเคราะห์และการรายงานอุบัติเหตุ 41
เรื่องที่ 1 การสอบสวนอุบัติเหตุ 41
เรื่องที่ 2 การวิเคราะห์อุบัติเหตุ 43
เรื่องที่ 3 การรายงานอุบัติเหตุ 43
ตัวอย่างการวิเคราะห์อุบัติเหตุตามรายงานอุบัติเหตุ 48
ตัวอย่างแบบฟอร์มการรายงานอุบัติเหตุและการเจ็บป่วย อาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 49
สรุปประจำบทที่ 4 51
คำถามประจำบทที่ 4 52

บทที่ 5 เทคนิคการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย 53
เรื่องที่ 1 เทคนิคการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย 53
เรื่องที่ 2 การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย (Job Safety Analysis :JSA) 53
เรื่องที่ 3 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) 60
แบบฟอร์มการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย (JSA) 65
สรุปประจำบทที่ 5 66
คำถามประจำบทที่ 5 67

บทที่ 6 หลักการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย 68
เรื่องที่ 1 โครงการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย 68
เรื่องที่ 2 การวางแผนและเทคนิคการฝึกอบรมความปลอดภัย 70
เรื่องที่ 3 การจัดโครงการฝึกอบรมความปลอดภัย 72
ตัวอย่างโครงการและหลักสูตรการฝึกอบรมความปลอดภัย 75
สรุปประจำบทที่ 6 81
คำถามประจำบทที่ 6 82

สรุปเนื้อหารายวิชา การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม 83
แหล่งวิทยาการ 84

การเรียนรายวิชา การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม

รหัสวิชา	618344
ชื่อวิชา (ภาษาไทย)	การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม
(ภาษาอังกฤษ)	INDUSTRAIL SAFETY MANAGEMENT
จำนวนหน่วยกิต (ภาคทฤษฎี)	2 หน่วยกิต
(ภาคปฏิบัติ)	1 หน่วย
สำนักวิชา	แพทยศาสตร์
สาขาวิชา	อาชีวอนามัยและความปลอดภัย
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาการบริหารจัดการความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม การตรวจความปลอดภัย การสอบสวนและการรายงานอุบัติเหตุ เทคนิคในการตรวจความปลอดภัยวิธีต่างๆ เช่น การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย การกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยในการทำงาน การส่งเสริมสุขภาพและความปลอดภัย หลักการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย การเตรียมแผนฉุกเฉิน การจัดทำและการประเมินแผนงานและกิจกรรมด้านความปลอดภัย

แนวคิด

(1) การเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในวิวัฒนาการของการบริหารงานความปลอดภัยสมัยใหม่จะทำให้มีความเข้าใจในแนวคิดของการบริหารความปลอดภัยมากขึ้น รวมทั้งต้องทราบถึงสาเหตุ ผลกระทบและการควบคุมความสูญเสียที่เกิดขึ้น เพื่อให้การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพ

(2) วิธีการในการบริหารจัดการความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรมประกอบไปด้วย การวางแผน การจัดองค์การ การจัดบุคลากร การเป็นผู้นำและการควบคุม เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของความปลอดภัยที่กำหนดขึ้น โดยความร่วมมือของพนักงานและใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

(3) การตรวจความปลอดภัยและการตรวจสอบระบบความปลอดภัยเป็นวิธีการหนึ่งในการดำเนินงานทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยเพื่อเป็นการค้นหาปัญหาที่เป็นสิ่งคุกคามต่อสุขภาพอนามัย และความปลอดภัย

(4) การสอบสวนอุบัติเหตุเป็นวิธีการประเมินเพื่อให้ได้มาซึ่งสาเหตุของอุบัติเหตุ หรือประเมินจากปัจจัยที่เป็นสิ่งคุกคามสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยของคนทำงาน ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อทำการป้องกันควบคุมและการรายงานอุบัติเหตุตามลำดับ

(5) การวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย เป็นวิธีการวิเคราะห์อย่างมีระบบในเรื่องวิธีการทำงานหรือกระบวนการผลิต ว่าในแต่ละองค์ประกอบของงานหรือแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต มีปัจจัยใดที่จะทำให้เกิดอันตรายและหาวิธีการในการป้องกัน

(6) โครงการฝึกอบรมความปลอดภัยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้ผู้รับการอบรมมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการทำงานได้อย่างปลอดภัยและรู้จักวิธีการป้องกันอุบัติเหตุและรักษาสุขภาพเบื้องต้นได้

(7) เหตุฉุกเฉินเป็นเหตุการณ์ไม่สามารถควบคุมได้ในทันทีทันใด ทำให้เกิดการบาดเจ็บและเสียชีวิต รวมทั้งก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและทำลายสิ่งแวดล้อมภายนอกสถานประกอบการ จึงจำเป็นต้องวางแผนรับเหตุฉุกเฉินเพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ

1) ความหมาย วัตถุประสงค์ ความเป็นมา ขอบเขตและความสำคัญของการศึกษาการบริหาร จัดการความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม
2) ความสำคัญ หลักการและวิธีการ
    - ตรวจความปลอดภัยและเทคนิค
    - การสอบสวนและการรายงานอุบัติเหตุ
    - การดำเนินการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย
    - การจัดทำและการประเมินแผนงานด้านความปลอดภัย

2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถ
    1) อธิบายถึงความสำคัญและประยุกต์ใช้การบริหารจัดการความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม
    2) ออกแบบตรวจความปลอดภัยและดำเนินการตรวจความปลอดภัยโดยใช้เทคนิคการตรวจความปลอดภัยได้
    3) สอบสวนและทำรายงานอุบัติเหตุได้ จากกรณีตัวอย่างที่จำลองสถานการณ์ขึ้น
    4) เขียนโครงการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยได้
    5) จัดทำและการประเมินแผนงานด้านความปลอดภัยได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

วิวัฒนาการการบริหารงานความปลอดภัยสมัยใหม่

แผนการเรียนประจำบทที่ 1

วิชา 618344 การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม หน่วยกิต 3(2-3-4)
(Industrial safety management)

ชื่อบทเรียน วิวัฒนาการการบริหารงานความปลอดภัยสมัยใหม่

หัวเรื่อง

1. บทนำ
2. สาเหตุและผลของการสูญเสีย
3. การบริหารงานในการควบคุมความสูญเสีย

แนวคิด

1. การบริหารความปลอดภัย เป็นสาขาวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญยิ่ง การเรียนรู้ให้เข้าใจเรื่องราวในปัจจุบันนั้น จะต้องอาศัยการเปรียบเทียบกับเรื่องในอดีต ดังนั้นความมุ่งหมายของบทเรียนนี้ จึงมุ่งเน้นเพื่อช่วยเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในวิวัฒนาการของการบริหารงานความปลอดภัย

2. คน เครื่องมือ วัสดุและสภาพแวดล้อม (P-E-M-E) เป็นส่วนย่อยของระบบหลัก 4 ประการ ซึ่งจะต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม เพื่อการควบคุมความปลอดภัย คุณภาพ ผลผลิตและค่าใช้จ่ายอย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนย่อยทั้ง 4 ประการนี้ เป็นแหล่งใหญ่ของความเสียหาย รวมทั้งเป็นแหล่งการควบคุมที่สำคัญด้วยเช่นกัน และยากที่จะพบว่าความเสียหายจากอุบัติเหตุเกิดจากสาเหตุเพียงสาเหตุเดียว อุบัติเหตุส่วนใหญ่เกี่ยวกับการกระทำและสภาพการณ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน

3. การเข้ามามีบทบาทของนักบริหารมืออาชีพ หมายถึง การได้มีส่วนในการทำทั้งกิจกรรมและหน้าที่ของนักบริหาร ในการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและลดความสูญเสีย ตลอดจนการวางแผนงาน (Planning) การจัดการ (Organizating) การเป็นผู้นำ (Leading) และการควบคุมดูแล (Controlling)

วัตถุประสงค์

-วัตถุประสงค์ทั่วไป เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ แนวคิดของการบริหารงานความปลอดภัยสมัยใหม่

-วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถ : อธิบายนิยาม และองค์ประกอบการบริหารงานความปลอดภัยสมัยใหม่อย่างถูกต้อง

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. ศึกษาคู่มือการเรียนรายวิชา บทที่ 1
2. ศึกษาต้นแบบสื่อประกอบการเรียนการสอน (โฮมเพจรายวิชา)
3. ทำคำถามประเมินผลหลังเรียน
4. ศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งวิทยาการที่แนะนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

วิวัฒนาการการบริหารงานความปลอดภัยสมัยใหม่

1. บทนำ

เป็นความจริงที่ว่า การบริหารความปลอดภัย เป็นสาขาวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญยิ่ง การเรียนรู้ให้เข้าใจเรื่องราวในปัจจุบันนั้น จะต้องอาศัยการเปรียบเทียบกับเรื่องในอดีต ดังนั้นความมุ่งหมายของบทเรียนนี้ จึงมุ่งเน้นเพื่อช่วยเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจดังกล่าว

วิวัฒนาการของการบริหารงานความปลอดภัย แบ่งออกได้เป็น 3 ประเด็น ดังนี้ คือ

1. วิวัฒนาการทางกฎหมาย

ระบบทางด้านกฎหมายสามารถที่จะก่อให้เกิดผลกระทบในแง่ดีเกี่ยวกับการบริหารงานด้านความปลอดภัยและสุขภาพของพนักงานอย่างมีนัยสำคัญ ดังตัวอย่างเช่น กฎการชดเชยแรงงาน เป็นต้น ประวัติศาสตร์ได้แสดงให้เราเห็นว่า เมื่อใดก็ตามที่ผู้จัดการไม่ตระหนักหรือไม่ให้ความสำคัญทางด้านมนุษยธรรมและสิ่งแวดล้อมแล้ว มักจะได้รับการต่อต้านหรือมีปฏิกิริยาจากกลุ่มคนและถูกแทรกแซงโดยกฎหมาย ดังนั้น สิ่งที่ท้าทายในการไขไปสู่ความถูกต้องคือ ภาวะการเป็นผู้นำในการบริหารงานด้านความปลอดภัย ซึ่งจะสำเร็จได้ง่ายกว่าการที่มีกฎข้อบังคับหรือกฎหมายที่ทางรัฐบาลกำหนด

2. วิวัฒนาการของกิจกรรมในการดำเนินงานด้านความปลอดภัย

มีปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินในของผู้บริหารสมัยใหม่เกี่ยวกับความปลอดภัยและอาชีวอนามัย นอกเหนือจากกฎหมายที่ใช้ในท้องถิ่น ปัจจัยเหล่านั้น ได้แก่

- สหภาพ : จะมุ่งเน้นและมีกิจกรรมในด้านความปลอดภัยและสุขภาพเป็นหลัก
- ผู้บริโภค : มีการสนใจ และเอาใจใส่ในแง่การคุ้มครองผู้บริโภคมากขึ้น
- ศาล : จากทัศนคติเกี่ยวกับการคุ้มครองผู้บริโภคมีผลทำให้ศาลต้องรับผิดชอบในการตัดสินคดีความมากขึ้น
- เทคโนโลยี : เนื่องจากมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น จึงมีศักยภาพที่อาจจะก่อให้เกิดปัญหาทางด้านความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยมากขึ้น และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าแต่ก่อน
- การเปลี่ยนแปลงแรงงาน : สถานที่ทำงานเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก มีกฎระเบียบ ซึ่งต้องมีการกำหนดให้มีการจ้างงานอย่างชัดเจน
- กฎหมาย : มุ่งเน้นด้านความปลอดภัย, อาชีวอนามัย, การชดเชยแรงงาน, สารเคมีอันตรายและการควบคุมภาวะสิ่งแวดล้อม
- เงินเฟ้อ : จะมีผลกระทบในแง่ค่าใช้จ่าย เช่น ค่าประกันสุขภาพ, ประกันอัคคีภัย, ประกันสังคมและการซ่อมบำรุงต่างๆ เป็นต้น
- การวิจัยทางการแพทย์ : ทำให้มีความรู้อย่างกว้างขวางและตระหนักมากขึ้นถึงอันตรายจากสภาพแวดล้อมใหม่ๆ
- พลังงาน : มีความต้องการใช้แหล่งพลังงานใหม่ ประสิทธิภาพสูงสุด

3. วิวัฒนาการของแนวคิดในการบริหาร

ในศตวรรษนี้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านการบริหารงานความปลอดภัยอย่างมากมาย ช่วงต้นศตวรรษที่ 20 มีการเปลี่ยนแปลงจากการใช้ "แรงงาน" อย่างเดียว แล้วกลับมาให้ความสนใจด้านความปลอดภัย มีการป้องกันการบาดเจ็บ การควบคุมความสูญเสียทั่วทั้งองค์กร และนำไปสู่การบริหารงานด้านความปลอดภัยสมัยใหม่ ซึ่งคำนึงถึง 4 ประเด็นหลัก คือ ความปลอดภัย คุณภาพ ผลผลิตและค่าใช้จ่าย

การผสมผสานงานด้านความปลอดภัยเข้าในระบบการบริหารอย่างมืออาชีพ ได้เริ่มขึ้นอย่างจริงจังในช่วงกลางศตวรรษที่ 20 (ปี ค.ศ. 1940-1960) ซึ่งดำเนินไปอย่างช้าๆ แต่มั่นคง ผู้นำในทางด้านนี้เริ่มที่จะกระจ่างและเห็นภาพของงาน

ด้าน "ความปลอดภัย" มากขึ้นและพยายามค้นหาวิธีการเพื่อดำเนินการให้สำเร็จ ทำให้ในช่วงนี้เกิดการเคลื่อนไหวของการเปลี่ยนแปลงแนวคิดจากป้องกันการบาดเจ็บ ไปสู่การป้องกันอุบัติเหตุ

2. สาเหตุและผลของการสูญเสีย

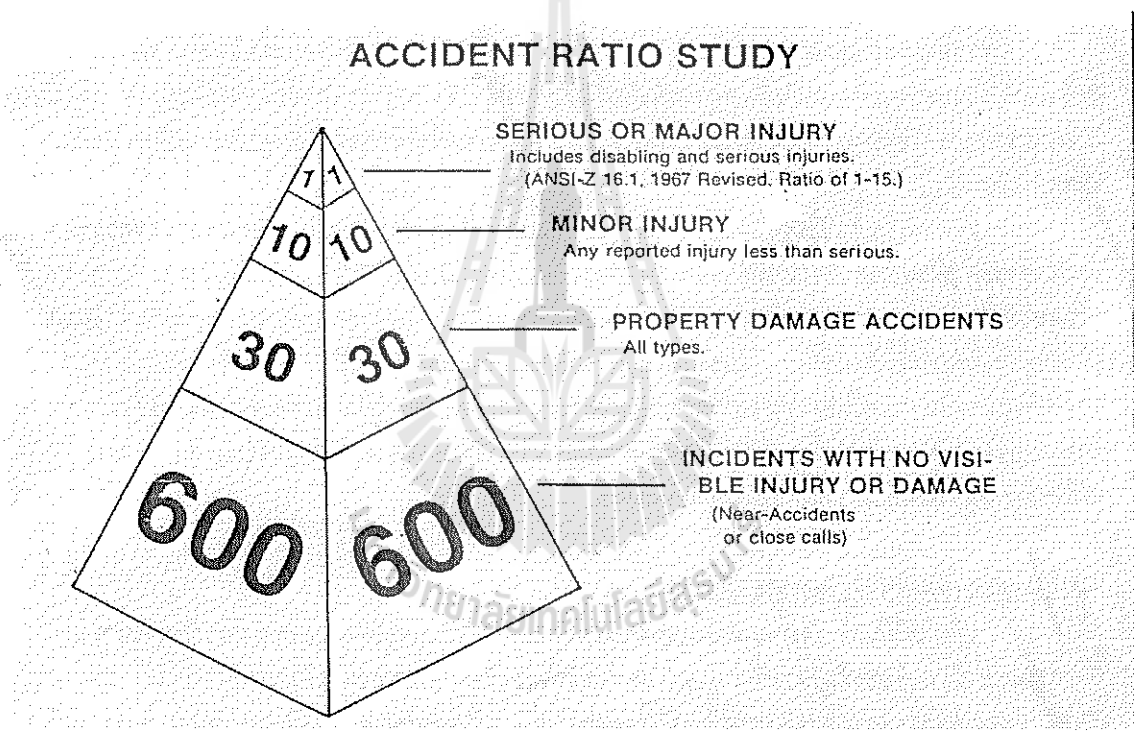
คำจำกัดความ

ความปลอดภัย คือ การควบคุมความเสียหายที่เกิดจากอุบัติเหตุและการควบคุมการทำหน้าที่ในระบบการจัดการ

อุบัติเหตุ ตามนิยามใหม่ คือ เหตุอันไม่พึงปรารถนา ซึ่งผลก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้คน ทำลายทรัพย์สินและสร้างความเสียหายให้กับกระบวนการ โดยมากเป็นผลมาจากการสัมผัสกับสารหรือแหล่งของพลังงานที่มีค่าเหนือขีดจำกัดพื้นฐานความทนทานของร่างกายหรือโครงสร้าง

เหตุการณ์ผิดปกติ (Incident) คือ เหตุการณ์ซึ่งหากมีการเปลี่ยนสภาวะจากเดิมเพียงเล็กน้อย ก็อาจเป็นผลให้เกิดอันตรายกับผู้คน ทำลายทรัพย์สินหรือสร้างความเสียหายให้กับกระบวนการผลิต สำหรับความหมายกว้างๆ ในการควบคุมความเสียหาย หมายถึงเหตุการณ์ซึ่งอาจจะหรือเป็นผลให้เกิดความเสียหายได้

การศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัย



การอ้างอิงถึงอัตราส่วน 1-10-30-600 ตามรูปที่ 1 เป็นผลการศึกษาอัตราส่วนการเกิดอุบัติเหตุ

1 = การบาดเจ็บสาหัส หรืออาการรุนแรงถึงขั้นพิการ

10 = การบาดเจ็บไม่รุนแรง

30 = อุบัติเหตุที่ทำให้ทรัพย์สินเสียหายทุกประเภท

600 = เหตุการณ์ที่ไม่เกิดการบาดเจ็บหรือความเสียหายใดๆ (เหตุการณ์ที่เกือบกลายเป็นอุบัติเหตุ)

ความสัมพันธ์ของอัตราส่วน 1-10-30-600 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การบาดเจ็บร้ายแรงเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นน้อยครั้ง ในขณะที่เหตุการณ์ที่ไม่รุนแรงมากนักจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้บ่อยครั้งกว่า จึงจำเป็นต้องดำเนินการเพื่อป้องกันไม่ให้ความสูญเสียร้ายแรงเกิดขึ้นได้ โดยที่การดำเนินการเหล่านั้นจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อใช้กับเหตุการณ์และอุบัติเหตุเล็กๆ น้อยๆ แต่มีศักยภาพสูงในการสร้างความเสียหายโดยตรง

หนทาง 3 ประการ ต่อไปนี้เป็นวิธีการในการควบคุมความเสียหายจากอุบัติเหตุให้ได้ผลดี

1. พัฒนาโครงการให้เพียงพอ ให้มั่นใจว่าระบบการจัดการ มีการประสานกับกิจกรรมต่างๆ ของโครงการอย่างเพียงพอ
2. ตั้งมาตรฐานของโครงการอย่างเพียงพอ กำหนดให้ชัดเจนว่าผู้ใดต้องรับผิดชอบอะไรบ้างและเมื่อใด เพื่อการควบคุมความสูญเสีย ให้มั่นใจว่ามาตรฐานดังกล่าวสูงพอ ครอบคลุมและชัดเจนพอ
3. ดูแลให้มีการปฏิบัติตามมาตรฐาน สื่อสาร ให้ความรู้ จูงใจและชักนำให้มีการกระทำที่เหมาะสม

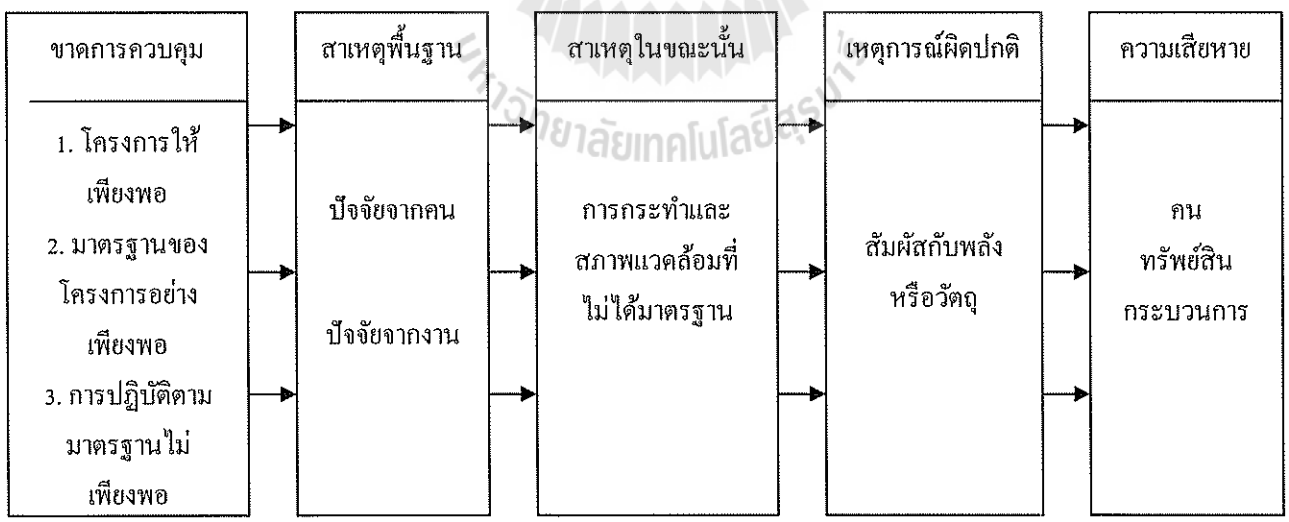
สาเหตุของความสูญเสีย

คน เครื่องมือ วัสดุและสภาพแวดล้อม (P-E-M-E) เป็นส่วนย่อยของระบบหลัก 4 ประการ ซึ่งจะต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม เพื่อการควบคุมความปลอดภัย คุณภาพ ผลผลิตและค่าใช้จ่ายอย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนย่อยทั้ง 4 ประการนี้ เป็นแหล่งใหญ่ของความเสียหาย รวมทั้งเป็นแหล่งการควบคุมที่สำคัญด้วยเช่นกัน

ยากที่จะพบว่าความเสียหายจากอุบัติเหตุเกิดจากสาเหตุเพียงสาเหตุเดียว อุบัติเหตุส่วนใหญ่เกี่ยวกับการกระทำและสภาพการณ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน และสิ่งต่อไปนี้เป็นเพียงเครื่องแสดงอาการเท่านั้น

1. สาเหตุพื้นฐาน มีทั้งสาเหตุจากบุคคล และจากงาน ซึ่งเป็นสาเหตุหรือเปิดโอกาสให้เกิดการกระทำและสภาพการณ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน
2. เบื้องหลังความบกพร่องเหล่านี้ คือ ความบกพร่องของระบบการจัดการ
3. สาเหตุดังกล่าวมีอยู่ 3 ระดับ คือ
   ก. สาเหตุในขณะนั้น
   ข. สาเหตุพื้นฐาน
   ค. ขาดปัจจัยในการควบคุมการจัดการ

แนวคิดใหม่และประสบการณ์ในการวินิจฉัยสาเหตุของความเสียหายจากการเกิดอุบัติเหตุ ได้สะท้อนไว้ในแบบจำลองสาเหตุของความเสียหายและการเกิดอุบัติการณ์ต่อเนื่องแบบลูกโซ่



รูปที่ 2 แบบจำลองสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายของ ILCI

แบบจำลองสาเหตุการเกิดความเสียหายรุ่นใหม่ ได้สะท้อนแนวคิดเกี่ยวกับ

1. แนวคิดว่าด้วยสาเหตุร่วมกัน
2. ปฏิสัมพันธ์ในแนวตรงระหว่างสาเหตุและผลกระทบ
3. โอกาสต่างๆ เพื่อการควบคุม (การสัมผัสก่อนเกิดเหตุการณ์ การสัมผัสกับเหตุการณ์และการสัมผัสหลังเกิดเหตุการณ์)

3. การบริหารงานในการควบคุมความสูญเสีย

การเข้ามามีบทบาทของนักบริหารมืออาชีพ หมายถึง การได้มีส่วนในการทำทั้งกิจกรรมและหน้าที่ของนักบริหาร ในการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและลดความสูญเสีย ตลอดจนการวางแผนงาน (Planning) การจัดการ (Organizating) การเป็นผู้นำ (Leading) และการควบคุมดูแล (Controlling) เพื่อก่อให้เกิด

1. การค้นหาความสูญเสียต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น
2. การประเมินความเสี่ยงต่างๆ ที่ตรวจพบในแต่ละอย่าง
3. การจัดทำแผนงานและโปรแกรมในการควบคุม
4. การจัดการให้มีการดำเนินงานตามแผน การควบคุมให้ได้ตามแผน และโปรแกรมที่วางไว้
5. ติดตามและปรับปรุงแก้ไขการดำเนินการทั้งหมดที่กล่าวมา

เป้าหมายหลักของเรื่องความปลอดภัย คือ การควบคุมความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุ แต่เนื้อแท้ของระบบควบคุมการบริหารที่ใช้กันทั่วโลก สรุปไว้เป็น I-S-M-E-C

I – Identification เป็นการค้นหางานที่จะต้องทำว่ามีอะไร แล้วกำหนดโปรแกรมแต่ละเรื่อง และกิจกรรมที่จะต้องทำเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้

S – Standards จัดสร้างมาตรฐานในการทำงานขึ้นมา โดยสามารถกำหนดวิธีการทำและผลที่จะได้รับจากการประเมิน

M – Measurement วัดประสิทธิภาพในการทำงานจากสิ่งที่บันทึกไว้ และจากรายงานความก้าวหน้าของงาน หรือจากรายงานความเสร็จสมบูรณ์ของงาน

E- Evaluation ประเมินประสิทธิภาพการทำงานจากผลที่วัดได้ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ตั้งไว้

C – Commendation and Correction ทำการตรวจสอบและปรับปรุงทั้งวิธีการและผลที่จะได้รับ โดยมีการยกย่องชมเชยถ้าผลของประสิทธิภาพในการทำงานได้ตามมาตรฐานและควรแก้ไขปรับปรุงแบบสร้างสรรค์เมื่อผลของประสิทธิภาพการทำงานต่ำกว่ามาตรฐาน

กฎของการบริหาร คือ สิ่งที่กล่าวไว้สั้นๆ แต่ให้ความหมายอย่างดีในเฉพาะเรื่อง กฎสำคัญที่ใช้ในการนำโปรแกรมการบริหารความปลอดภัยและการควบคุมความสูญเสียมาใช้งาน มีดังนี้

1. กฎของการต่อต้านการเปลี่ยนแปลง (Principle of Resistance to Change)
2. กฎของการมองไปข้างหน้า (Principle of Future Characteristic)
3. กฎของความเป็นจริงพื้นฐาน (Principle of Definition)
4. กฎของการมีส่วนร่วม (Principle of Participation)
5. กฎของการติดต่อสื่อสารกัน (Principle of Communication)
6. กฎของการตอบสนอง (Principle of Reciprocated Interest)
7. กฎของการยอมรับ (Principle of Recognition)
8. กฎของหลายสาเหตุ (Principle of multiple Cause)
9. กฎของสิ่งวิกฤตบางอย่าง (Principle of The Critical Few)
10. กฎของจุดแห่งการควบคุม (Principle of Point of Control)
11. กฎของการดำเนินการตามลำดับความสำคัญ (Principle of Operating Priority)
12. กฎของผลการบริหาร (Principle of Management Result)

สรุปประจำบทที่ 1

1. วิวัฒนาการของการบริหารงานความปลอดภัย แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ วิวัฒนาการทางกฎหมาย วิวัฒนาการของกิจกรรมในการดำเนินงานด้านความปลอดภัย และ วิวัฒนาการของ แนวคิดในการบริหาร

2. คน เครื่องมือ วัสดุและสภาพแวดล้อม (P-E-M-E) เป็นแหล่งใหญ่ของความเสียหายรวมทั้งเป็นแหล่งการควบคุมที่สำคัญด้วยเช่นกัน และพบว่าอุบัติเหตุส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับ การกระทำที่ไม่ปลอดภัยและสภาพการณ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน

3. เป้าหมายหลักของเรื่องความปลอดภัย คือ การควบคุมความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุ แต่เนื้อแท้ของระบบควบคุมการบริหารที่ใช้กันทั่วโลก สรุปไว้เป็น I-S-M-E-C คือ Identification, Standards, Measurement, Evaluation, Commendation and Correction

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำถามประจำบทที่ 1

1. ให้คำจำกัดความต่อไปนี้
   1) ความปลอดภัย
   2) อุบัติเหตุ
   3) เหตุการณ์ผิดปกติ
2. ให้บอกองค์ประกอบของระบบซึ่งสามารถที่จะนำไปสู่สาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนา
3. จาก ACCIDENT RATIO STUDY จงอธิบายความสัมพันธ์ของอัตราส่วน 1-10-30-600
4. จงยกตัวอย่างปัจจัยที่สำคัญในการดำเนินงานด้านความปลอดภัยสมัยใหม่
5. จงบอกแนวคิดของการควบคุมความสูญเสียจากอุบัติเหตุด้วยระบบบริหาร

แนวคำตอบประจำบทที่ 1

1. 1) ความปลอดภัย คือ การควบคุมความเสียหายที่เกิดจากอุบัติเหตุและการควบคุมการทำหน้าที่ในระบบการจัดการ

   2) อุบัติเหตุ คือ เหตุอันไม่พึงปรารถนา ซึ่งผลก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้คน ทำลายทรัพย์สินและสร้างความเสียหายให้กับกระบวนการ

   3) เหตุการณ์ผิดปกติ (Incident) คือ เหตุการณ์ซึ่งหากมีการเปลี่ยนสภาวะจากเดิมเพียงเล็กน้อย ก็อาจเป็นผลให้เกิดอันตรายกับผู้คน ทำลายทรัพย์สินหรือสร้างความเสียหายให้กับกระบวนการผลิต

2. คน(People) เครื่องมือ (Equipment) วัสดุ (Material) และสภาพแวดล้อม (Environment)

3. การบาดเจ็บร้ายแรงเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นน้อยครั้ง ในขณะที่เหตุการณ์ที่ไม่รุนแรงมากนักจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้บ่อยครั้งกว่า จึงจำเป็นต้องดำเนินการเพื่อป้องกันไม่ให้ความสูญเสียร้ายแรงเกิดขึ้นได้

4. สหภาพ ผู้บริโภค ศาล เทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงแรงงาน กฎหมาย เงินเฟ้อ การวิจัยทางการแพทย์ พลังงาน

5. แนวคิดของการควบคุมความสูญเสียจากอุบัติเหตุด้วยระบบบริหารที่ใช้กันทั่วโลก สรุปไว้เป็น I-S-M-E-C

   I – Identification เป็นการค้นหางานที่จะต้องทำว่ามีอะไร

   S – Standards จัดสร้างมาตรฐานในการทำงานขึ้นมา

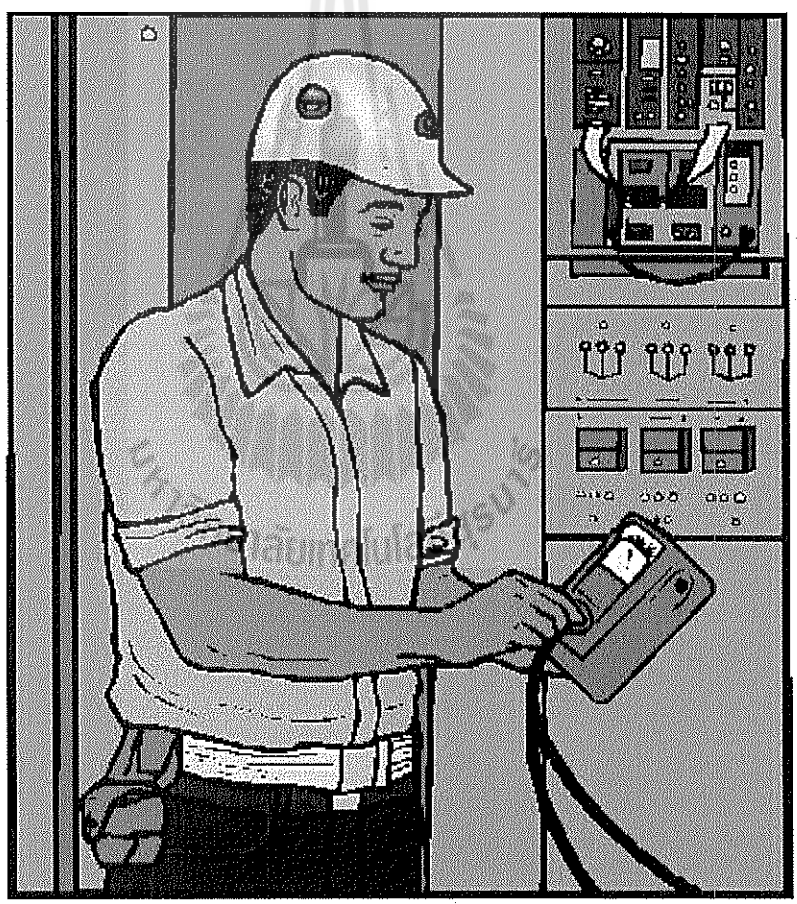
   M – Measurement วัดประสิทธิภาพในการทำงาน

   E- Evaluation ประเมินประสิทธิภาพการทำงานจากผลที่วัดได้

   C – Commendation and Correction ทำการตรวจสอบและปรับปรุง

บทที่ 2

การบริหารจัดการความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม



แผนการเรียนประจำบทที่ 2

วิชา 618344 การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม หน่วยกิต 3(2-3-4)
(Industrial safety management)

ชื่อบทเรียน การบริหารจัดการความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม

หัวเรื่อง

1. นโยบายความปลอดภัย
2. การจัดองค์กรความปลอดภัย
3. หน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยของหน่วยงานและบุคคลในสถานประกอบการ
4. การกำหนดแผนงาน โครงการ และกิจกรรมความปลอดภัย
5. การควบคุมกำกับการแผนงาน ความปลอดภัย

แนวคิด

การบริหารความปลอดภัย หมายถึง กรรมวิธีเกี่ยวกับ การวางแผนงาน (Planning) การจัดองค์การ (Organizing) การจัดบุคลากร (Staffing) การเป็นผู้นำ (Leading) การควบคุม (Controlling) เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของความปลอดภัยที่กำหนดขึ้น โดยความร่วมมือของพนักงานและใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์

-วัตถุประสงค์ทั่วไป เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ นโยบายความปลอดภัย การจัดองค์การความปลอดภัย หน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยของหน่วยงานและบุคคลในสถานประกอบการ การกำหนดแผนงานโครงการและกิจกรรมความปลอดภัย การควบคุมกำกับการแผนงานความปลอดภัย

-วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถ:

1. อธิบายนโยบายความปลอดภัยในสถานประกอบการได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายเหตุผลการตั้งองค์การความปลอดภัยและรูปแบบการจัดตั้งองค์การความปลอดภัยในสถานประกอบการ ได้ครบถ้วนและถูกต้อง
3. อธิบายถึงหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยของหน่วยงานต่างๆและบุคคลระดับต่างๆในสถานประกอบการได้อย่างถูกต้อง
4. อธิบายการกำหนดแผนงาน การจัดทำโครงการและกิจกรรมความปลอดภัยที่เหมาะสมกับสถานประกอบการแต่ละแห่งได้อย่างถูกต้อง
5. อธิบายการควบคุมกำกับการแผนงานความปลอดภัยในสถานประกอบการได้

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. ศึกษาคู่มือการเรียนรายวิชา บทที่ 2
2. ศึกษาต้นแบบสื่อประกอบการเรียนการสอน (โฮมเพจรายวิชา)
3. ทำคำถามประเมินผลหลังเรียน
4. ศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งวิทยาการที่แนะนำ

บทที่ 2

การบริหารจัดการความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม

1. นโยบายความปลอดภัย

1.1 แนวคิดการบริหารความปลอดภัย

การบริหารความปลอดภัย หมายถึง กรรมวิธีเกี่ยวกับการวางแผน (PLANNING) การจัดองค์การ (ORGANIZING) การจัดบุคลากร (STAFFING) การเป็นผู้นำ (LEADING) การควบคุม (CONTROLLING)เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของความปลอดภัยที่กำหนดขึ้น โดยความร่วมมือของพนักงานและใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ปฏิบัติ หมายถึง การควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงาน การกำหนดให้มีหน่วยงานปฏิบัติและวิธีการดำเนินงาน เพื่อลด / ขจัด สภาพเสี่ยงต่อการบาดเจ็บและโรคจากการทำงาน โดยระดมความรู้จากภายในและภายนอก พร้อมทั้งกำหนดหน้าที่รับผิดชอบให้ทุกหน่วยงาน ทุกระดับชั้น ภายในสถานประกอบการเข้าใจชัดแจ้งปฏิบัติได้

การบริหารความปลอดภัยที่ดี มีลักษณะ

1. มีการปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย เป็นระบบอย่างต่อเนื่อง
2. เสริมสร้างความปลอดภัยให้เข้าสู่กระบวนการผลิต
3. มีวิธีการจูงใจพนักงาน ให้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมด้านความปลอดภัย
4. มีการปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัย ตามข้อกำหนดของกฎหมาย

แนวคิดพื้นฐานของการบริหารความปลอดภัย ที่สำคัญมี 6 ประการ คือ

1. ผลการผลิตปลอดภัย (SAFE PRODUCTION) หมายถึง การคำนึงทั้งผลิตและความปลอดภัย (ผลผลิตที่ได้ปราศจากการบาดเจ็บ / ความสูญเสีย)
2. การป้องกันที่ต้นเหตุ (PREVENTION AT SOURCE) หมายถึง การป้องกันที่การกระทำ / สภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย
3. ขอบเขตการดำเนินงาน (UNIQUE AND SPECIALISED ACTIVITY RELATED TO SAFETY) หมายถึง มุ่งที่จะแก้ไข / กำหนดกิจกรรมความปลอดภัยให้ครอบคลุม
4. การคาดการณ์ถึงความเป็นไปได้ของการเกิดอุบัติเหตุอันตราย (POSSIBILITY OF HAZARD PREDICTION)
5. การแก้ไขที่เหตุอื่น เมื่อพบว่าไม่สามารถแก้ไขที่ตัวบุคคลได้
6. แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ไขสาเหตุจากอาการหรือสิ่งที่เกิดขึ้น

ควรใช้ผสมผสานทั้ง 6 ข้อ เพื่อให้ได้ทั้งผลผลิตและความปลอดภัยควบคู่กันไป

1.2 ความสำคัญของนโยบายความปลอดภัย

1. แสดงความจริงใจของนายจ้างที่เห็นความสำคัญ และมีภาระที่ต้องดูแลความปลอดภัยให้พนักงาน
2. เห็นภาพพจน์การปฏิบัติงานด้านความปลอดภัย
3. ทำให้พนักงานทุกคนทุกระดับให้ความสำคัญและทราบภาระหน้าที่ที่ต้องปฏิบัติตาม *ซึ่งเป็นแรงจูงใจในความร่วมมือที่สำคัญยิ่งในการบริหารความปลอดภัย*

นโยบายความปลอดภัยต้องมีคุณลักษณะ 6 ประการ

1. เป็นลายลักษณ์อักษร แจ้งให้ทุกคนทราบและปรับปรุงให้ทันสมัยเสมอ
2. กำหนดภาระเรื่องความปลอดภัย ครอบคลุมทุกประเภทของงาน
3. กำหนดให้ทุกคนมีหน้าที่รับผิดชอบ และให้ความร่วมมือในกิจกรรม
4. กำหนดกิจกรรมหลักที่สำคัญไว้ เช่นการอบรม การตรวจความปลอดภัย
5. กำหนดให้มีคณะกรรมการความปลอดภัย
6. กำหนดให้มีการติดตามประเมินผลให้เป็นไปตามนโยบาย

1.3 หลักการกำหนดนโยบายความปลอดภัยมี 7 ประการ

1. ข้อกำหนดของกฎหมายและมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวกับความปลอดภัยที่ต้องจัดทำ มีขั้นตอน ดังนี้

วิเคราะห์เจตนารมณ์ / ข้อกำหนดของกฎหมายความปลอดภัย

↓

ประเมินว่ามีภาระหน้าที่ที่ต้องปฏิบัติตามกฎหมาย

↓

พัฒนาและกำหนดมาตรฐานความปลอดภัย

↓

กำหนดวัตถุประสงค์และเนื้อหาของนโยบาย

2. การสร้างความร่วมมือในการปฏิบัติงานความปลอดภัยของพนักงานทุกระดับ (เป็นหัวใจสำคัญของการดำเนินงานความปลอดภัย)

- วิเคราะห์ทัศนคติและความร่วมมือของพนักงานทุกระดับ
- วิเคราะห์ความจำเป็นในการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย
- ศึกษาวิธีการที่ใช้ในการสื่อข้อความ เพื่อส่งเสริมความปลอดภัย
- ศึกษาวิธีการปรึกษาหารือที่จะทำให้เกิดความร่วมมือระหว่างบริหารและฝ่ายลูกจ้าง

3. พิจารณากระบวนการผลิตและวิธีปฏิบัติ

- ทราบปัญหาความไม่ปลอดภัยของแต่ละงานในกระบวนการผลิต และเลือกใช้วิธีที่เหมาะสม
- รู้ถึงอุบัติเหตุอันตรายที่เกิดจากการทำงาน
- ทราบถึงอันตรายจากการนำกระบวนการผลิตแบบใหม่มาใช้
- ทราบถึงวิธีการแก้ไขป้องกัน

4. เลือกกลวิธีที่เหมาะสมในการเสริมสร้างความปลอดภัยให้เกิดขึ้นในที่ทำงาน

5. การสร้างความสัมพันธ์ / ความพอใจของลูกค้า ต่อความปลอดภัยของผลผลิต

6. กำหนดจุดยืนด้านความปลอดภัยในตลาดการค้า

7. การกำหนดข้อตกลงด้านความปลอดภัยให้กับผู้รับเหมาต้องปฏิบัติ

2. การจัดองค์การความปลอดภัย

2.1 แนวคิดการจัดองค์กรความปลอดภัย

องค์กร คือ กลุ่มคนที่รวมกันเพื่อประกอบกิจการโดยมีความรับผิดชอบร่วมกัน และปฏิบัติตามแผนที่กำหนดขึ้น

องค์กรความปลอดภัย หมายถึง หน่วยงานความปลอดภัยและคณะกรรมการความปลอดภัยที่จัดตั้งขึ้นในสถานประกอบการ

กฎพื้นฐานของการจัดตั้งหน่วยงานความปลอดภัย กล่าวว่า งานความปลอดภัยเป็นสายงานบังคับบัญชา (LINE)

สายงานบังคับบัญชา (LINE FUNCTIONS) หมายถึง การทำงานในลักษณะที่เกี่ยวกับการตัดสินใจ เป็นส่วนสำคัญ ของสถานประกอบการจะขาดเสียมิได้

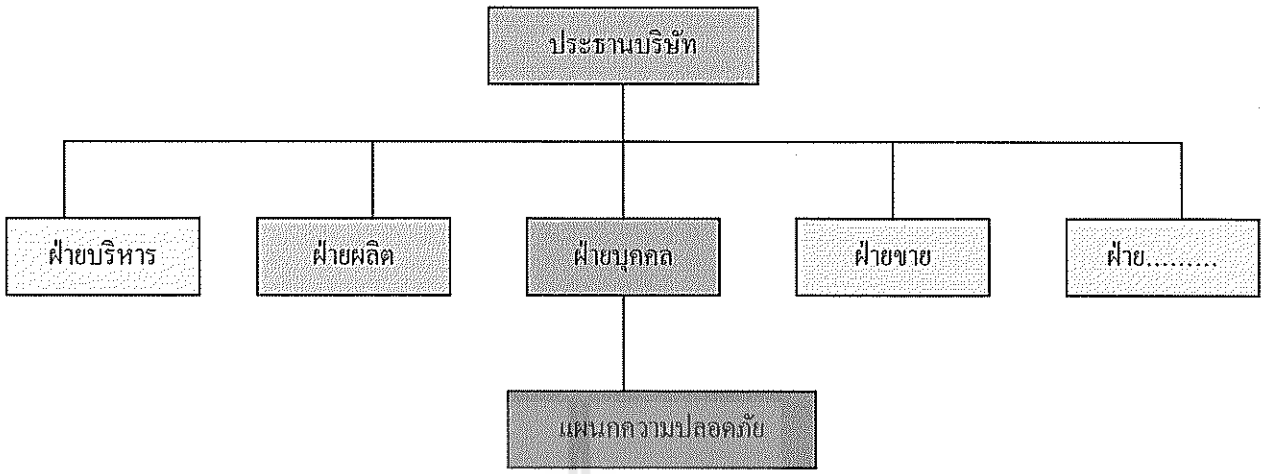
สายงานช่วย (STAFF FUNCTION) หมายถึง การทำงานในลักษณะการให้การช่วยเหลือ สนับสนุน วางแผน บริการ และอำนวยความสะดวกให้กับสายงานบังคับบัญชา

2.2 รูปแบบของหน่วยงานความปลอดภัย มี 2 รูปแบบ

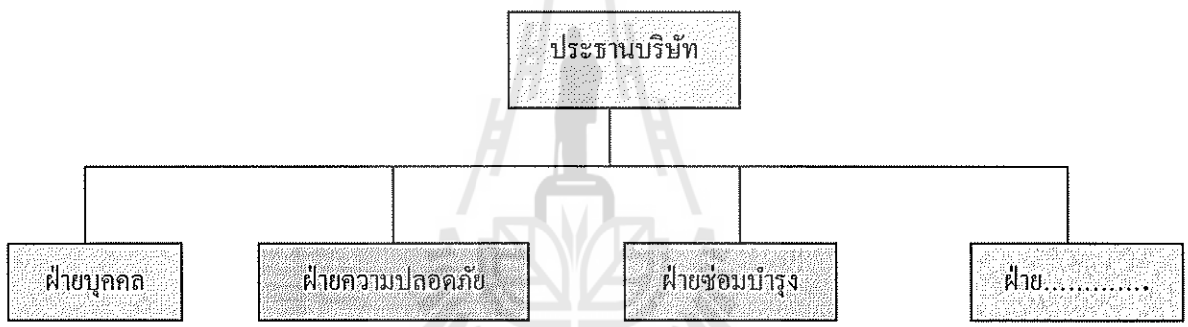
1. สายงานบังคับบัญชา เช่น ฝ่ายความปลอดภัย สำนักความปลอดภัย ส่วน / แผนก / งานความปลอดภัย

ตัวอย่างรูปแบบ

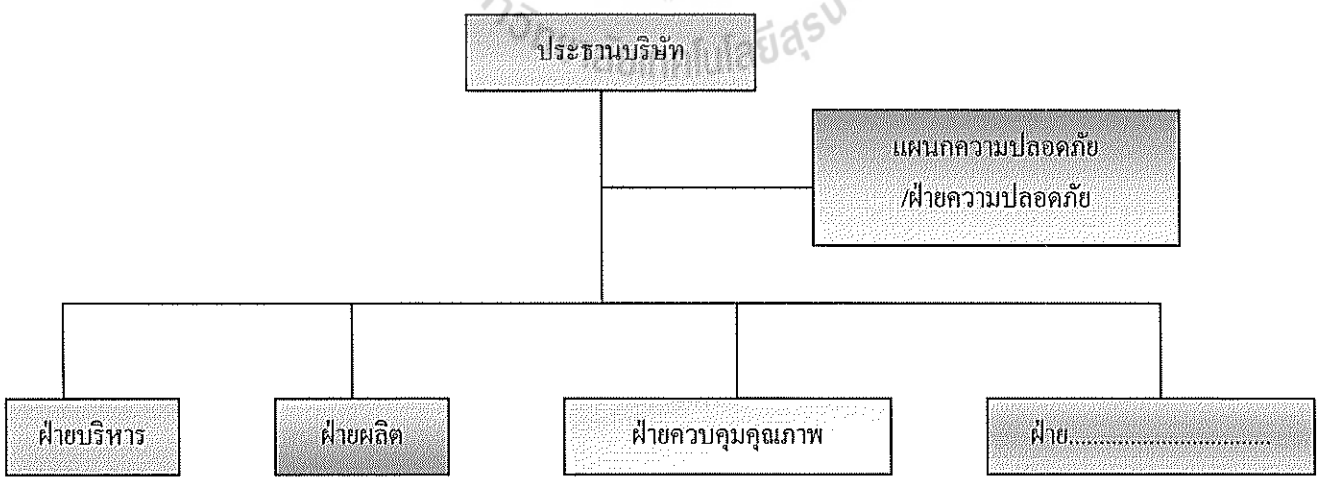
1.1 หน่วยงานความปลอดภัยฝากไว้กับฝ่ายบุคคล



รูปแบบ 1.2 หน่วยงานความปลอดภัยระดับฝ่าย / สำนักงานขึ้นกับผู้บริหารระดับสูงสุด



รูปแบบ 2 สายงานช่วย



การจัดวางตำแหน่งและระดับของหน่วยงานความปลอดภัยขึ้นอยู่กับ

1. ขนาดของสถานประกอบการ:

- ปริมาณงานความปลอดภัย
- จำนวนลูกจ้าง

2. ประเภท / ชนิด ของสถานประกอบการ: ความเสี่ยงของสถานประกอบการ

3. ทัศนคติของนายจ้างและผู้บริหาร: เป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการกำหนดตำแหน่ง / ระดับ

2.3 องค์ประกอบและรูปแบบของคณะกรรมการความปลอดภัย

1. คณะกรรมการความปลอดภัย: เกิดความร่วมมือและเป็น**วิธีที่ดีที่สุด** ในการป้องกันอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับลูกจ้างทุกระดับ วัตถุประสงค์ เป็นสายงานช่วย เพื่อกระตุ้นให้ทุกคนตระหนักถึงความสำคัญของความปลอดภัย และสร้างความร่วมมือระหว่างนายจ้างและลูกจ้าง
2. ขนาดของสถานประกอบการตามกฎหมายกำหนด และมีการประชุม อย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง โดยมีการจดบันทึกและจัดทำรายงานการประชุมเก็บไว้

3. หน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยของหน่วยงานและบุคคลในสถานประกอบการ

3.1 ความสำคัญของหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัย

เพื่อให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการป้องกันอุบัติเหตุอันตราย และจะได้มีการประสานงานกันด้วยดีระหว่างหน่วย งานที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้**บรรลุตามวัตถุประสงค์ของนโยบายความปลอดภัย**

ประโยชน์ / ผลดี ในการกำหนดหน้าที่รับผิดชอบ มี 7 ประการ

1. มีการปฏิบัติงานประจำควบคู่ไปกับหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัย
2. มีผู้รับผิดชอบดำเนินตามกฎหมาย
3. เกิดการประสานงานกันระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและการป้องกันแก้ไข
4. เกิดความชัดเจนในการประเมินว่า ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบนั้น ควรได้รับการฝึกอบรมในเรื่องใดบ้าง
5. ทำให้ทุกคนตระหนักถึงความสำคัญในหน้าที่รับผิดชอบ
6. ประโยชน์ในการคัดเลือกคนใหม่ / โยกย้ายคนให้เหมาะสมกับงานเพื่อความปลอดภัย
7. กรณีเกิดปัญหาด้านความปลอดภัย ง่ายที่จะแจ้งให้คนที่มีหน้าที่รับผิดชอบทราบและตัดสินใจได้ทันที

วิธีการกำหนดหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัย

1. ยึดตามนโยบายความปลอดภัย
2. พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่ด้านความปลอดภัย กับหน้าที่รับผิดชอบของงานประจำ
3. มีการกระจายอำนาจหน้าที่ไปยังหน่วยงาน / บุคคล

3.2 บทบาทหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยของหน่วยงาน

- สายงานบังคับบัญชา
- สายงานช่วย

หน่วยงานต่างๆมีหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยเกี่ยวเนื่องโยงใยและมีผลกระทบต่อกัน การกำหนดหน้าที่รับผิดชอบไว้ควบคู่กับงานประจำ จะทำให้ไม่ละเลยหรือมองข้ามความปลอดภัย ผลกระทบที่สำคัญๆกำหนดอยู่ในตารางเปรียบเทียบที่แสดงให้เข้าใจถึงหน้าที่รับผิดชอบในงานประจำของหน่วยงานต่างๆ หน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับความปลอดภัย ผลกระทบกรณีที่ไม่กำหนดหน้าที่รับผิดชอบและข้อมูลที่ฝ่ายบริหารควรรับทราบ

หน้าที่รับผิดชอบของสายงานช่วย เพื่อ ช่วยเหลือพัฒนางาน และสร้างความร่วมมือระหว่างนายจ้างกับลูกจ้าง เช่น

<u>คณะกรรมการความปลอดภัย</u> มีหน้าที่

- กำหนดเป้าหมาย / แผนงาน ให้สอดคล้องกับนโยบาย
- ศึกษาสภาพการทำงานและการปฏิบัติที่ไม่ปลอดภัย เพื่อปรับปรุงแก้ไข
- เสนอแนะ ฝึกอบรมพนักงานทุกระดับ
- ส่งเสริมสนับสนุนกิจกรรมกิจกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- จูงใจพนักงานให้มีทัศนคติและจิตสำนึก
- ทำคู่มือ ระเบียบข้อบังคับ
- กำหนดแผนป้องกันและระงับอัคคีภัย
- พิจารณาข้อเสนอแนะจากทุกฝ่าย
- ติดตามผลการดำเนินงาน

<u>คณะอนุกรรมการความปลอดภัย</u> มีหน้าที่

- ประยุกต์นโยบาย เพื่อกำหนดเป็นกิจกรรม เสนอต่อคณะกรรมการความปลอดภัย
- พัฒนาทัศนคติเกี่ยวกับความปลอดภัยให้เต็มใจปฏิบัติตาม
- ศึกษาสภาพการทำงานที่เสี่ยง เพื่อดำเนินการแก้ไข
- ปรับปรุงแก้ไขวิธีปฏิบัติงาน
- ดูแลให้มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล
- อบรมความปลอดภัยแก่พนักงาน
- เสนอแนะให้มีการจัดทำคู่มือ / ระเบียบข้อบังคับต่อคณะกรรมการความปลอดภัย
- วิเคราะห์สาเหตุของการประสบอันตรายอย่างละเอียด เพื่อทำการป้องกันเหตุนั้น
- ตั้งคณะกรรมการเพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานของคณะอนุกรรมการ
- ติดตามผลการดำเนินงาน เพื่อเสนอต่อคณะกรรมการความปลอดภัยและผู้ที่เกี่ยวข้อง

3.3 บทบาทหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยของผู้ที่เกี่ยวข้อง

- ผู้บริหารระดับสูง และระดับกลาง
- หัวหน้างานชั้นต้น
- พนักงานทั่วไป
- เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน

ผู้บริหารระดับสูงและระดับกลางเป็นระดับที่แนะนำส่งเสริมและสนับสนุน ควบคุมจูงใจให้มีการปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัยส่วนผู้บังคับบังคับบัญชาระดับปฏิบัติการหรือหัวหน้างานชั้นต้น เป็นผู้ที่ควบคุมปฏิบัติงานมีความใกล้ชิดกับผู้ปฏิบัติงานมากที่สุดหากเข้าใจต่อนโยบายและหน้าที่รับผิดชอบจะนำไปสู่การป้องกันอุบัติเหตุอันตรายและเกิดความปลอดภัยขึ้น เช่น

<u>หน้าที่รับผิดชอบของผู้บริหารระดับสูง และระดับกลาง</u>

- รับผิดชอบความปลอดภัยของพนักงานทุกคน
- กำหนดให้พนักงานระดับบริหารทุกระดับ มีส่วนรับผิดชอบความปลอดภัยของพนักงานทุกคน
- รับทราบ และสั่งการตามนโยบาย / คณะกรรมการความปลอดภัย
- จัดสรรงบประมาณในการดำเนินกิจกรรมความปลอดภัย
- ร่วมในโครงการ / กิจกรรมความปลอดภัย
- จัดให้มีคู่มือ หรือ กฎระเบียบความปลอดภัย
- จัดให้มีการจัดทำรายงานอุบัติเหตุ และประเมินความสูญเสีย
- เป็นผู้นำ กระตุ้นส่งเสริมและติดตามผลการดำเนินงาน

<u>หน้าที่รับผิดชอบของหัวหน้างานชั้นต้น</u>

- รับผิดชอบความปลอดภัยของผู้ใต้บังคับบัญชาทุกคน
- ดูแลสภาพแวดล้อมในการทำงานให้เหมาะสม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- อบรมและสอนงานรวมทั้งจัดเวลาเพื่อกระตุ้นส่งเสริมให้มีความปลอดภัยแก่พนักงานผู้ใต้บังคับบัญชา
- ตรวจสอบการปฏิบัติงานและควบคุมดูแลให้มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล
- ร่วมมือกับคณะกรรมการความปลอดภัย / คณะอนุกรรมการความปลอดภัย
- ช่วยเหลือผู้บาดเจ็บให้ได้รับการปฐมพยาบาล / รักษาพยาบาล
- สอบสวน บันทึกรายงานอุบัติเหตุ และข้อเสนอแนะในการป้องกันแก้ไขไม่ให้เกิดอุบัติเหตุซ้ำขึ้นอีก เสนอต่อเลขานุการคณะกรรมการความปลอดภัย
- เสนอแนะการป้องกันแก้ไขในจุดที่ไม่ปลอดภัย

<u>หน้าที่รับผิดชอบของพนักงานทั่วไป</u>

- คำนึงถึงความปลอดภัย ทั้งของตนเองและผู้อื่น
- รายงานสภาพที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ต่อ ผู้บังคับบัญชา / ผู้เกี่ยวข้อง
- เอาใจใส่ สนใจ และปฏิบัติตามกฎระเบียบความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด
- เสนอแนะ / ให้ข้อคิดเห็นในการปรับปรุงสภาพการทำงานและลดการสูญเสียจากการทำงานต่อผู้บังคับบัญชา / ผู้เกี่ยวข้อง
- ไม่เสี่ยงต่อการทำงานที่ไม่ปลอดภัย / งานที่ยังไม่เข้าใจ ทั้งนี้ให้รายงานหัวหน้างานเพื่อตัดสินใจต่อไป

หน้าที่รับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย มี 2 ประการ คือ ตามกฎหมายและโดยทั่วไป

<u>หน้าที่รับผิดชอบตามกฎหมายของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย</u>

- ดูแลให้มีการปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานของลูกจ้าง
- ให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานแก่นายจ้างและลูกจ้าง
- ควบคุมดูแลการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยให้ถูกวิธี และให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้
- ตรวจตรา สภาพการทำงาน และการปฏิบัติงานของลูกจ้าง แล้วรายงานนายจ้างให้ปรับปรุงแก้ไข เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน
- บันทึกจัดทำรายงานและสอบสวนเกี่ยวกับอุบัติเหตุและโรคซึ่งเกิดเกี่ยวเนื่องกับการทำงาน
- ส่งเสริมสนับสนุนให้มีกิจกรรม เกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงาน

<u>หน้าที่ความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยโดยทั่วไป</u>

- กำหนดแผนงาน กิจกรรมความปลอดภัยเสนอต่อคณะกรรมการความปลอดภัย
- ดำเนินการ / ประสานงานให้เกิดกิจกรรมตามแผน และประเมินผลต่อคณะกรรมการความปลอดภัยและผู้ที่เกี่ยวข้อง
- ให้คำปรึกษา แนะนำด้านความปลอดภัยและป้องกันอุบัติเหตุแก่ฝ่ายบริหาร ผู้จัดการโรงงาน ผู้จัดการฝ่าย หัวหน้าแผนก หัวหน้างานและลูกจ้าง โดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวกับหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวกับความปลอดภัย เช่น การคัดเลือกและจัดพนักงานให้เหมาะกับงาน การจัดซื้อเครื่องมือเครื่องจักร
- เผยแพร่ข่าวสารและเอกสารความปลอดภัย และตรวจตราสภาพการทำงานและการกระทำที่ไม่ปลอดภัย
- จัด / ให้ความร่วมมือในการฝึกอบรมการป้องกันอุบัติเหตุอันตรายแก่พนักงานทุกระดับ เน้นเรื่อง การสร้างจิตสำนึกและทัศนคติ วิธีการปฏิบัติงาน การป้องกันและระงับอัคคีภัย การปฐมพยาบาล เทคนิคการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยต่างๆ
- ประสานงานกับหน่วยราชการต่างๆ เพื่อทราบความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีและกฎหมายใหม่ เพื่อปรับให้ถูกต้องเหมาะสม
- กำหนดมาตรฐานความปลอดภัย ให้ความเห็นชอบสำหรับอุปกรณ์ความปลอดภัย และอุปกรณ์อื่นๆที่เกี่ยวกับความปลอดภัย
- ทดสอบ / ดำเนินการตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะทำงานได้อย่างปลอดภัย รวมทั้งจัดทำประวัติและสถิติการใช้งาน

- ควบคุมการปฏิบัติงานที่อาจเกิดอันตรายและการทำงานของผู้รับเหมา
- กำหนดแผนปฏิบัติและฝึกปฏิบัติเพื่อป้องกันและระงับภัย กรณีฉุกเฉินต่างๆ เช่น อัคคีภัย วินาศภัย เป็นต้น
- จัดระบบรายงานและการสอบสวนอุบัติเหตุ การบาดเจ็บ มีส่วนร่วมในการสอบสวน รวบรวมรายงานอุบัติเหตุ เพื่อแก้ไข / นำเสนอต่อไป
- จัดทำรายงานการดำเนินงาน (จป. 3) รายงานการบาดเจ็บ (จป. 4) และรายงานตามข้อกำหนดของกฎหมายต่างๆ
- สรุปผลการดำเนินงานจัดทำและรายงานสถิติการประสบอันตรายและสถานการณ์ด้านความปลอดภัยทุกเดือน

ตัวอย่าง รูปแบบบทบาทหน้าที่รับผิดชอบของผู้ที่เกี่ยวข้องในกิจกรรมความปลอดภัย

นโยบายกำหนดว่า "จะจัดให้มีการประเมินค้นหาสาเหตุของอุบัติเหตุอันตรายที่เกี่ยวกับโรงงานเครื่องมือเครื่องจักรและวัตถุดิบที่ใช้เพื่อนำมาแก้ไข"

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ แผนงานจึงกำหนดว่าจะต้องทำกิจกรรมในเรื่อง การตรวจตราค้นหาสาเหตุของอุบัติเหตุอันตรายโดยจัดทำ ระบบการตรวจสอบความปลอดภัย (SAFETY AUDIT) และการตรวจความปลอดภัย (SAFETY INSPECTION) ตามตารางงานที่กำหนด

การดำเนินงาน ผู้เกี่ยวข้องหน้าที่รับผิดชอบ เช่น

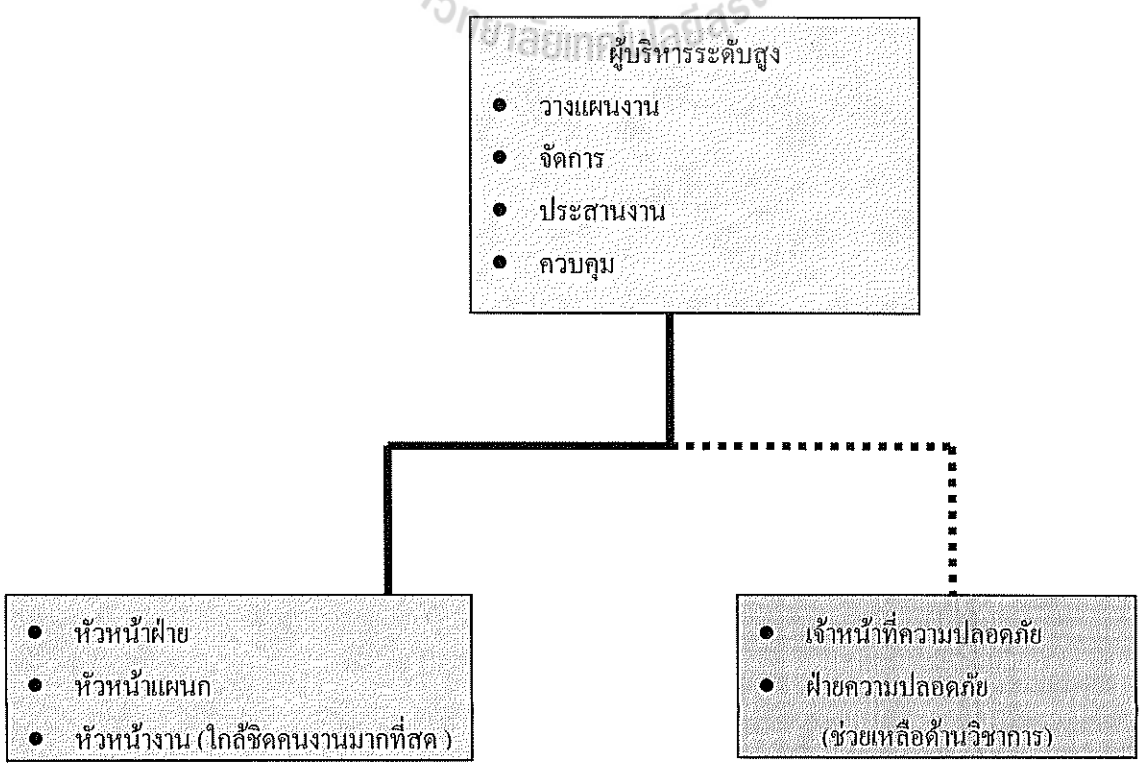
- ผู้บริหารระดับสูงและคณะกรรมการบริหาร หน้าที่ให้ความเห็นชอบและสนับสนุนให้มีกิจกรรม
- ผู้บริหารระดับกลางและหัวหน้างานชั้นต้น หน้าที่ให้ความร่วมมือ
- เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย เป็นตัวหลักในการกำหนดวิธีการตรวจ โดยแบ่งหน้าที่ให้หัวหน้างานและผู้ปฏิบัติงานมีส่วนร่วมในการตรวจ เสนอแนะไปที่คณะกรรมการความปลอดภัย
- คณะกรรมการความปลอดภัย หน้าที่ เสนอแนะให้ผู้บริหารที่มีอำนาจในการตัดสินใจสั่งการต่อไป รวมทั้งติดตามผลและจัดทำรายงานผลการดำเนินงานความปลอดภัย

สิ่งสำคัญเรื่องบทบาทหน้าที่รับผิดชอบ คือการที่ได้กำหนดหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยอย่างชัดแจ้ง เพื่อการดำเนินงาน / กิจกรรมมีการตรวจสอบ เฝ้าระวังและทบทวนอยู่เสมอ ควรมอบอำนาจหน้าที่ให้ปฏิบัติงานได้

3.4 การมอบอำนาจหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัย

การมอบอำนาจ หมายถึง การที่ผู้บังคับบัญชาโอนอำนาจส่วนหนึ่งให้กับผู้ใต้บังคับบัญชา แต่ต้องรับผิดชอบผลที่เกิดขึ้น

อำนาจ หมายถึง อำนาจที่ให้เพื่อสามารถทำงานได้สำเร็จ



หลักการ การมอบหมายอำนาจ มี 7 ประการ

1. กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ
2. เลือกผู้ที่จะมอบหมายอำนาจ ต้องเป็นผู้นำที่ดี / มนุษยสัมพันธ์ดี
3. ผู้ที่ได้รับมอบอำนาจ ต้องมีอำนาจในการตัดสินใจ
4. อธิบายรายละเอียดทั้งหมดเกี่ยวกับนโยบาย มาตรการ หน้าที่รับผิดชอบ และการรายงานผลงานด้านความปลอดภัยให้ผู้รับมอบทราบ
5. ส่งเสริมให้มีการพบปะเป็นประจำ ระหว่างผู้รับและผู้มอบอำนาจ
6. กำหนดความสำเร็จของความปลอดภัยไว้เป็นระยะๆ เพื่อจะได้มีการตรวจสอบงาน
7. เมื่อเกิดความสำเร็จแล้วควรมอบอำนาจให้มากขึ้น **เพื่อ** มอบอำนาจให้เด็ดขาดในเรื่องนั้น

ประโยชน์ของการมอบอำนาจ

ผู้บังคับบัญชา	ผู้ใต้บังคับบัญชา
• งานลดลงแต่ได้ผลงานมากขึ้น	• เกิดความพยายามทำงานจนเต็มความสามารถ
• คลายความเครียด	• เป็นการสร้างคน
• มีเวลาทำงานเรื่องอื่นมากขึ้น	• เกิดความรักงาน
• ผู้ใต้บังคับบัญชาให้ความเคารพนับถือ	• งานไม่หยุดชะงัก เมื่อผู้บังคับบัญชาไม่อยู่
	• เป็นการสร้างเสริมให้เกิดจิตสำนึกและความรับผิดชอบด้านความปลอดภัยมากขึ้น

4. การกำหนดแผนงาน โครงการ และกิจกรรมความปลอดภัย

4.1 องค์ประกอบในการกำหนดโครงการความปลอดภัย มี 9 ประการ

1. เรื่องความปลอดภัยของโครงสร้าง อาคาร เครื่องจักร เครื่องมือ
   1.1 รายละเอียดของสถานประกอบการ
   - ทำเล ที่ตั้ง
   - โครงสร้างอาคาร
   - ทิศทางลม
   - การระบายอากาศและของเสีย
   - ความสามารถในการรับน้ำหนักของอาคาร
   - การออกแบบการติดตั้งเครื่องจักร และการบำรุงรักษา ฯลฯ

   1.2 กิจกรรมที่จำเป็นต้องทำตามกฎหมาย เช่น การตรวจหม้อไอน้ำ เครื่องจักร เครื่องมือ ไฟฟ้า ฯลฯ

   1.3 ปัญหาและอุปสรรค
   - ปัญหาที่เกิดจากโครงสร้าง อาคาร เครื่องจักร เครื่องมือ
   - กิจกรรมเกี่ยวกับการตรวจค้นหาอันตราย ตารางการบำรุงรักษา
2. ความปลอดภัยเกี่ยวกับต้นกำเนิดพลังงานต่างๆที่ใช้ แหล่งกำเนิดพลังงานต่างๆ เช่น หม้อไอน้ำ มอเตอร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ฯลฯ โดยต้องทราบ
   - ประวัติการใช้งาน
   - มาตรฐานที่ต้องปฏิบัติ
   - การออกแบบ
   - การซ่อมบำรุง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- การบันทึกรายงาน

3. ความปลอดภัยเกี่ยวกับวัตถุดิบที่ใช้

3.1 การทดสอบวัตถุดิบ

- ทางเคมี ทางฟิสิกส์
- การใช้ การเก็บรักษา การเคลื่อนย้าย
- วิธีขจัดสิ่งปฏิกูล / วัตถุดิบเหลือใช้

3.2 ลักษณะเฉพาะของวัตถุดิบ มีข้อกำหนดเป็นเฉพาะ เช่น สารก่อให้เกิดมะเร็ง สารพิษร้ายแรง และสารกัมมันตภาพรังสี ฯลฯ

4. ความปลอดภัยที่เกี่ยวกับลูกจ้าง

4.1 สภาพการทำงานของลูกจ้างออกแบบเหมาะสมกับลักษณะของร่างกาย เพื่อการทำงานสะดวกสบายไม่เครียด

4.2 มีการวิเคราะห์งานของลูกจ้าง เพื่อกำหนดแผนงาน

4.3 จุดอันตราย / ความเสี่ยงสูง ต้องวิเคราะห์หรือเฝ้าระวังโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อขจัดหรือควบคุม

4.4 การป้องกันอันตรายให้กับแขกที่มาเยี่ยม

4.5 ระบบการให้คำปรึกษาแนะนำ การสอนงาน

5. ความปลอดภัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในการทำงาน เช่น สารเคมี ความร้อน แสง เสียง

- มีการควบคุม
- การป้องกันแก้ไข กรณีเกิดวินาศภัย
- มีการสื่อข้อความหรือการอบรมให้ทราบถึงอันตรายและมีคู่มือปฏิบัติงาน

6. ความปลอดภัยเกี่ยวกับระบบควบคุมอันตราย

- ตามกฎหมาย
- ลูกจ้างทราบหน้าที่รับผิดชอบและมีการปรับปรุงแก้ไข

7. ปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันอันตราย ถูกต้องตามมาตรฐาน การซ่อมบำรุงและเปลี่ยนทดแทนเมื่อเสื่อมเสีย

8. ข้อมูลและแหล่งข้อมูลที่ใช้

- ตามกฎหมาย มาตรฐาน ข้อมูลทางวิชาการ
- ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมหรือประชาชน

9. การป้องกันวินาศภัย

- มีแผนการป้องกันวินาศภัยในเหตุการณ์ต่างๆ
- มีการตรวจสอบและทดสอบปฏิบัติ

4.2 กิจกรรมด้านความปลอดภัยในสถานประกอบการ

<u>กิจกรรมด้านความปลอดภัยขั้นต่ำ 6 ประการตามกฎหมาย คือ</u>

1. การควบคุมดูแลลูกจ้างให้ปฏิบัติงานตามกฎความปลอดภัยโดย หัวหน้างานและผู้ที่เกี่ยวข้อง
2. ให้คำปรึกษาแนะนำอบรมแก่พนักงานทุกระดับ
3. จัดหา ควบคุมการใช้และการซ่อมบำรุง เครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคล
4. ตรวจแก้ไขสภาพงานและการกระทำที่ไม่ปลอดภัย
5. จัดระบบบันทึกรายงาน สอบสวนสาเหตุของอุบัติเหตุและโรคจากการทำงานพร้อมจัดทำสถิติ
6. ส่งเสริมสนับสนุนกิจกรรมและกระตุ้นจิตสำนึก เช่น การแข่งขันลดอุบัติเหตุในแต่ละแผนก ฯลฯ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>กิจกรรมโดยทั่วไปด้านความปลอดภัย มี 20 ข้อ</u>

1. กำหนดนโยบายด้านความปลอดภัย
2. จัดตั้งคณะกรรมการความปลอดภัยและหน่วยงานความปลอดภัย
3. ค้นหาปัญหาอุบัติเหตุอันตรายและความสูญเสียที่ซ่อนตัวอยู่
4. กำหนดวัตถุประสงค์ แผนงาน มาตรฐาน และหน้าที่รับผิดชอบของทุกคน
5. กำหนดกฎระเบียบแห่งความปลอดภัยและคู่มือ
6. จัดให้มีการปฐมพยาบาล
7. จัดให้มีการตรวจร่างกายลูกจ้างก่อนเข้าทำงานและการตรวจร่างกายเป็นครั้งคราว
8. การคัดเลือกลูกจ้างหรือเปลี่ยนงานเน้นเรื่องความปลอดภัย
9. จัดให้มีการฝึกอบรมและสื่อความที่ถูกต้อง

4.3 การกำหนดแผนงานความปลอดภัย

<u>การวางแผนงาน</u> คือ การเตรียมการสำหรับปฏิบัติ เป็นกระบวนการหนึ่งในการบริหาร โดยกำหนดวัตถุประสงค์และวิธีการดำเนินงานไว้ล่วงหน้าเพื่อปฏิบัติงานให้สำเร็จลุล่วงไปตามนั้น กระบวนการบริหารเกี่ยวกับการวางแผนงานประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติตามแผน และขั้นตรวจสอบปรับปรุงแผน

<u>วิธีการดำเนินการเกี่ยวกับการวางแผน มี 3 ขั้น</u> คือ

1. กำหนดเป้าหมาย หรือวัตถุประสงค์และมีการตรวจสอบดังนี้
   1.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของสถานประกอบการ
   1.2 สามารถปฏิบัติได้และได้รับความร่วมมือจากพนักงานระดับต่างๆ
   1.3 เหมาะสมกับเวลาและโอกาส และไม่ขัดต่อกฎหมาย
2. ศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์เกี่ยวกับความปลอดภัยโดยละเอียด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนปฏิบัติให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด รวมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตและในปัจจุบันเพื่อสามารถคาดการณ์อนาคต รวมทั้งปัจจัยที่สำคัญในการดำเนินการ เช่น คน เครื่องมือ วัสดุ และงบประมาณ ฯลฯ
3. ลงมือกำหนดแผน เมื่อทราบเป้าหมาย ข้อเท็จจริงต่างๆ และวิเคราะห์สถานการณ์ด้านความปลอดภัยแล้ว โดยมีการพิจารณาลำดับความสำคัญเกี่ยวกับเรื่องความเสี่ยงภัยและความสูญเสีย

   การกำหนดแผนแยกเป็น 2 ขั้นตอน

   3.1 กำหนดปัจจัยต่างๆที่ต้องใช้

   3.2 กำหนดวิธีการที่ใช้ปฏิบัติ

   ขณะวางแผนควรใช้คำถามต่างๆเหล่านี้ช่วย เช่น

   - วัตถุประสงค์ / เป้าหมายที่กำหนดไว้คืออะไร
   - สถานการณ์ความปลอดภัยที่เป็นอยู่ เป็นอย่างไร
   - ต้องทำอะไรบ้าง จึงจะบรรลุเป้าหมายดังกล่าว
   - ใช้ปัจจัยอะไร เท่าใด เป็นต้นว่า
     - ใช้คนเท่าใด และมีคุณสมบัติอย่างไร
     - จะใช้เครื่องมือหรือวัสดุอะไรบ้าง จำนวนเท่าไร
     - ใช้เวลาเท่าใด เริ่มเมื่อใด และเสร็จสิ้นเมื่อใด
     - จะลงมือปฏิบัติการที่ไหน ให้ใครทำ เมื่อใด
     - จะใช้วิธีการอย่างไร เช่น การจัดระบบในการปฏิบัติงาน การตรวจสอบ และการควบคุมงาน เป็นต้น ซึ่งควรจัดให้ง่ายและสะดวกแก่การปฏิบัติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การไม่กำหนดแผนงานความปลอดภัย ทำให้เกิดความผิดพลาดในการดำเนินงาน หรือต้องสิ้นเปลืองคน เวลาและงบประมาณ ไม่ประหยัดเท่าที่ควร

<u>การกำหนดแผนงานความปลอดภัย แล้วดำเนินงานมีประสิทธิภาพ</u>มีลักษณะดังนี้

1. ผู้บริหารระดับสูงสุดให้ความสำคัญ / มีส่วนร่วมในแผนงาน
2. ฝ่ายบริหารงานความปลอดภัยมีการจัดแบ่งงานตามแผนเหมาะสม
3. กำหนดรายละเอียดของแผนงาน เช่น วิธีการค้นหา ประเมิน และควบคุมอันตรายจากสภาพการทำงาน
4. การคัดเลือกบุคคลที่มีประสิทธิภาพในการรับผิดชอบแผนงาน
5. จัดให้มีการประชุม ซักซ้อม การปฏิบัติงานตามแผน เพื่อไม่ให้เกิดความซ้ำซ้อน ไม่ให้ความร่วมมือหรือความขัดแย้ง
6. กำหนดให้หัวหน้างานชั้นต้น ชั้นกลาง มีหน้าที่ ในการติดตามดูแลการปฏิบัติตามแผน และต้องรายงานผลต่อผู้บังคับบัญชาอย่างสม่ำเสมอ
7. จัดให้มีการอบรมผู้ปฏิบัติงานตามแผน เพื่อปฏิบัติได้ถูกต้อง
8. ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องให้การสนับสนุนอย่างเหมาะสม
9. ผู้จัดการในสายงานบังคับบัญชาและสายงานช่วยทราบหน้าที่รับผิดชอบและมีการกำหนดวิธีการประเมินหน้าที่รับผิดชอบของงาน
10. จัดระบบเฝ้าระวัง / ตรวจสอบการปฏิบัติหน้าที่ทั้งเรื่องของบุคคล และการประสานงาน
11. สนับสนุนด้านทรัพยากรการบริหารให้ปฏิบัติหน้าที่รับผิดชอบได้เหมาะสม เช่น ให้เวลา เงิน บุคลากร

5. การควบคุมกำกับการแผนงานความปลอดภัย

5.1 ความสำคัญของการควบคุมกำกับการแผนงานความปลอดภัย เป็นหน้าที่สำคัญของผู้บริหาร เพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงไปตามแผนงานที่กำหนดไว้ และให้เกิดการประสานงานอย่างมีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน

การควบคุมงาน หมายถึง การดำเนินงานที่จะปรับงานนั้นเข้ากับมาตรฐานของงานที่กำหนดไว้โดยอาศัยการรายงานเป็นเครื่องมือ กระบวนการควบคุมงานความปลอดภัยมี 5 ประการ

<u>กระบวนการควบคุมงานความปลอดภัย มี 5 ประการ</u>

1. กำหนดเป้าหมายของงานให้ชัดเจน
2. กำหนดมาตรฐานและการควบคุมในการปฏิบัติงาน
3. การวัดผลการปฏิบัติงาน
   - ปริมาณงานที่ผลิตหรือทำได้
   - เวลาที่ใช้สำหรับการทำงาน
   - คุณภาพของงาน
   - ค่าใช้จ่าย
4. การเปรียบเทียบ และวิเคราะห์แผนงานที่วางไว้กับผลปฏิบัติงานจริง โดยคำนึงปัจจัยที่มีอิทธิพล
5. ดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้อง โดยพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดเพื่อดำเนินการให้ถูกต้อง อาจต้องแก้ไขมาตรฐาน วัตถุประสงค์ หรือวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับการควบคุมใหม่

5.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแผนงานความปลอดภัย

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับปรุงแผนที่เกิดจากอิทธิพลภายนอกและภายใน และการหาปัจจัย ดังกล่าวจาก การคาดการณ์ล่วงหน้าและจากการตรวจสอบความบกพร่องของงาน

<u>อิทธิพลจากภายนอก</u>

1. การปรับแผน หรือมาตรฐานที่กำลังดำเนินการอยู่เนื่องจากมีกฎหมายใหม่หรือสิ่งที่รัฐกำหนดให้ต้องจัดทำในระหว่างนั้น
2. มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีใหม่ทำให้ต้องปรับแผน
3. ความไม่ปลอดภัยของผลผลิตที่ออกสู่ตลาดเกิดการโต้แย้ง
4. การเพิ่มเงินประกันภัย / ค่าทดแทนที่ไม่ดูแลความปลอดภัยในบางเรื่องที่ประสบอุบัติเหตุกันมาก
5. บริษัทที่รับประกันภัยขอให้ป้องกันแก้ไขในบ้างเรื่องที่ไม่ได้กำหนดไว้ในแผน เป็นต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อิทธิพลจากภายใน

1. อัตราการบาดเจ็บ และเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน
2. ความเสียหาย / ความสูญเสียที่เกิดเนื่องจากการทำงาน
3. ผลการตรวจสอบระบบความปลอดภัย พบปัญหาที่ร้ายแรงต้องรีบดำเนินการ
4. ผลการวิเคราะห์ปัญหา แนวโน้มของสถิติอุบัติเหตุอันตราย
5. ผลจากการสอบสวนสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุอันตราย เป็นต้น

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับปรุงแผน เป็นข้อมูลที่ได้จาก

- การคาดการณ์ล่วงหน้า :เป็นเรื่องของการคาดหวังอาจมีหรือไม่มีเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นก็ได้ เช่น
  - กฎหมายใหม่ที่อาจมีผลกระทบต่อมาตรฐานการทำงาน
  - มีการค้นพบข้อมูลทางวิชาการใหม่ๆเกี่ยวกับความปลอดภัยที่กำลังดำเนินการอยู่ ซึ่งอาจเกิดผลเสียหากไม่ปรับปรุงแผน
  - การตรวจสอบระบบความปลอดภัยแล้วพบว่ามีอุปสรรค เช่น ขาดงบประมาณหรือกำลังคนในการดำเนินงาน
- การตรวจสอบความบกพร่องของงาน : เป็นการตรวจสอบการปฏิบัติหน้าที่ตามแผน และตรวจสอบผลงานหรือผลที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามมาตรฐานและวัตถุประสงค์ ซึ่งจะพบปัญหาได้ง่ายกว่า เช่น
  - ประเมินสภาวะที่เกี่ยวกับการขาดงานเนื่องจากสภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย
  - มีงานที่เสียหาย หรือทำซ้ำใหม่มาก
  - การปฏิบัติงานตามหน้าที่และงบประมาณที่ใช้ไม่เหมาะสม
  - สภาวะแรงงานสัมพันธ์ของลูกจ้างไม่ดี
  - มีค่าใช้จ่ายพิเศษมาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตัวอย่างการประเมินผลความสำเร็จของโครงการในงานอุตสาหกรรม

รายงานการดำเนินกิจกรรมความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน

บริษัท ABCD จำกัด ประจำเดือน

กิจกรรมตามแผนงาน	เป้าหมาย กิจกรรมตามแผนงาน	ผลการดำเนินกิจกรรม		ปัญหาที่ไม่สามารถดำเนินงานได้ตามแผน
		ดำเนินได้ ตามแผน(งาน)	ยังไม่ได้ ดำเนินการ(งาน)	
1. การประชุมคณะกรรมการความปลอดภัยฯ	1 เดือน/ครั้ง	✓		
2. ตรวจความปลอดภัยโดย	1 เดือน/ครั้ง	✓		
*- อนุกรรมการ			✓	
- หัวหน้างาน		✓		
- จป.		✓		
3. จุลสาร SAFETY NEWS	1 เดือน/ครั้ง	✓		
4. เสียงตามสาย	3 ครั้ง/สัปดาห์	✓		
*5. อบรมการปฐมพยาบาล	1 เดือน(ก.พ.)		✓	
6. ปรับปรุงแผนป้องกันและระงับอัคคีภัย	1 เดือน(ก.พ.)	✓		
7. ยานยนต์				
7.1 ประชุมคณะอนุกรรมการ	2 ครั้ง/เดือน	✓		
7.2 ตรวจสภาพยานยนต์	2 ครั้ง/เดือน	✓		
7.3 การทดสอบผู้ผ่านการทดสอบใช้ยานยนต์	1 เดือน(ก.พ.)		✓	วิทยากรจากสำนักความปลอดภัยไม่มีโปรแกรมว่าง
7.4 ตรวจสมุดยานยนต์	เดือนละครั้ง	✓		
8. สำรวจตรวจสอบอุปกรณ์ดับเพลิง	2 ครั้ง/เดือน	✓		
9. ฝึกซ้อมและประเมินผลตามแผน	1 ครั้ง/เดือน	✓		
10. ซ้อมระงับแอมโมเนีย	3 เดือน/ครั้ง		✓	

กิจกรรมตามแผนงาน	เป้าหมายกิจกรรมตามแผนงาน	ผลการดำเนินกิจกรรม		ปัญหาที่ไม่สามารถดำเนินงานได้ตามแผน
		ดำเนินได้ตามแผน(งาน)	ยังไม่ได้ดำเนินการ(งาน)	
11. การตรวจ OVER LOAD สายไฟ	2 ครั้ง/ปี(ม.ค.)		✓	การเช็คสายไฟต้องให้โรงงานหยุดการผลิตหลายวัน
12. ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้	1 ครั้ง/เดือน	✓		
13. ตรวจวัดแอมโมเนีย	1 เดือน/ครั้ง	✓		
14. ตรวจวัด COD ของน้ำ	1 เดือน/ครั้ง	✓		
*15. ประกวด 5ส. หอพัก	1 ครั้ง (ก.พ.)		✓	
16. อบรมพนักงานใหม่ 5ส.	ทุกเสาร์		✓	ไม่มีพนักงานที่เข้าใหม่ช่วงม.ค.-ก.พ.
17. สนับสนุนหัวหน้าพื้นที่	ตลอด			
18. รายงานการตรวจหม้อไอน้ำ	1 ครั้ง	✓		

ตัวอย่างการวางแผนงานการบริหารความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม

ลำดับที่	งาน	เป้าหมาย 5 ปี (ครอบคลุมทุกงาน)	2542	2543	2544	2545	2546
1	การจัดด้านความปลอดภัย	มีนโยบาย เป้าหมาย แผนงาน งบประมาณด้านความปลอดภัย มีการประชุมของคณะกรรมการความปลอดภัยและมีการประเมินผลตามโครงการ	*มีนโยบาย เป้าหมาย แผนงาน งบประมาณ *ประชุมคณะกรรมการความปลอดภัย	*มีนโยบาย เป้าหมาย แผนงาน งบประมาณ *ประชุมคณะกรรมการความปลอดภัย	*มีนโยบาย เป้าหมาย แผนงาน งบประมาณ *ประชุมคณะกรรมการฯทุกเดือน *ประเมินผลตามโครงการ	*มีนโยบาย เป้าหมาย แผนงาน งบประมาณ *ประชุมคณะกรรมการฯทุกเดือน *ประเมินผลตามโครงการ	*มีนโยบาย เป้าหมาย แผนงาน งบประมาณ *ประชุมคณะกรรมการฯทุกเดือน *ประเมินผลตามโครงการ
2	การปฏิบัติตามกฎหมายความปลอดภัยหรือกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง - กฎหมายความปลอดภัยในการทำงาน - กฎหมายคุ้มครองแรงงาน	ครอบคลุมตามกฎหมายทุกฉบับที่เกี่ยวข้อง	ครอบคลุมตามกฎหมายทุกฉบับที่เกี่ยวข้อง	ครอบคลุมตามกฎหมายทุกฉบับที่เกี่ยวข้อง	ครอบคลุมตามกฎหมายทุกฉบับที่เกี่ยวข้อง	ครอบคลุมตามกฎหมายทุกฉบับที่เกี่ยวข้อง	ครอบคลุมตามกฎหมายทุกฉบับที่เกี่ยวข้อง
3	การควบคุมทางวิศวกรรม	มีมาตรฐานในการซื้อเครื่องจักร อุปกรณ์ทุกชนิด	กำหนดนโยบายร่างมาตรฐานในการจัดซื้ออุปกรณ์ ความปลอดภัยต่างๆ	มีมาตรฐานในการจัดซื้อและเริ่มนำเรื่องความปลอดภัยเข้ามาในส่วนของการออกแบบในการติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ	มีการทบทวนนโยบาย มีมาตรฐานในการจัดซื้อและเริ่มนำเรื่องความปลอดภัยเข้ามาในส่วนของการออกแบบในการติดตั้งเครื่องจักร	มีมาตรฐานในการจัดซื้อและเริ่มนำเรื่องความปลอดภัยเข้ามาในส่วนของการออกแบบในการติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ	มีมาตรฐานในการจัดซื้อและเริ่มนำเรื่องความปลอดภัยเข้ามาในส่วนของการออกแบบในการติดตั้งเครื่องจักร

ลำดับที่	งาน	เป้าหมาย 5 ปี (ครอบคลุมทุกงาน)	2542	2543	2544	2545	2546
4	การคัดเลือกลูกจ้างใหม่ การเปลี่ยนงาน การทดสอบและการบรรจุงานเพื่อความปลอดภัย	พนักงานทุกคน - รายเดือน - รายวัน	พนักงานรายเดือนทุกคน	พนักงานรายเดือนทุกคน พนักงานรายวันทุกคน	พนักงานรายเดือนทุกคน พนักงานรายวันทุกคน	พนักงานรายเดือนทุกคน พนักงานรายวันทุกคน	พนักงานรายเดือนทุกคน พนักงานรายวันทุกคน
5	การตรวจความปลอดภัย - หัวหน้างาน - พนักงาน - เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย - การประเมิน คปภ. โดยคณะกรรมการ คปภ. ของโรงงาน	มีการใช้แบบตรวจสอบความปลอดภัยและทบทวนปรับปรุงแก้ไขโดย - หัวหน้างาน ทุกสัปดาห์ - พนักงานทุกสัปดาห์ - จป. ทุกคน ทุกวัน	หัวหน้างานทุกเดือน จป.ทุกสัปดาห์ พนักงานทุกเดือน	หัวหน้างานทุกสัปดาห์ จป.ทุกวัน พนักงานทุกสัปดาห์	หัวหน้างานทุกสัปดาห์ จป.ทุกวัน พนักงานทุกสัปดาห์	หัวหน้างานทุกสัปดาห์ จป.ทุกวัน พนักงานทุกสัปดาห์	หัวหน้างานทุกสัปดาห์ จป.ทุกวัน พนักงานทุกสัปดาห์
6	การตรวจวัดสภาพแวดล้อมในการทำงาน ทั้งบริเวณที่ทำงานและตัวผู้ปฏิบัติงาน รวมทั้งบริเวณนอกโรงงานด้วย	8 ตามความเสี่ยงของแต่ละหน่วยงาน	7	7	8	8	8
7	จัดทำมาตรฐานการทำงาน มาตรฐานการทำงานในห้องเย็น มาตรฐานการทำงานกับเครื่องบด มาตรฐานการทำงานกับ FORKLIFE	50 งาน ตามความเสี่ยงให้ครอบคลุมทุกงาน	20	30	40	50	50

ลำดับที่	งาน	เป้าหมาย 5 ปี (ครอบคลุมทุกงาน)	2542	2543	2544	2545	2546
	มาตรฐานการทำงานกับเครื่องเชื่อม มาตรฐานการทำงานกับเครื่องเจียร มาตรฐานการทำงานกับหม้อนึ่งมาตรฐานการทำงานกับสารเคมีมาตรฐานการทำงานกับ BOLIER มาตรฐานการทำงานในถังไซโล มาตรฐานการทำงานกับไฟฟ้าฯลฯ						
8	ทบทวนหรือกำหนดกฎระเบียบมาตรการความปลอดภัยให้ครอบคลุมทุกงานรวมทั้งผู้รับเหมา	30 ตามความเสี่ยงให้ครอบคลุมทุกงาน	20	30	30	30	30
9	ระบบการขออนุญาตทำงานอันตราย HOT WORK PERMIT COLD WORK PERMIT งานขุด	5 ครอบคลุมตามความเสี่ยงของแต่ละหน่วยงานและมีการทบทวนทุกปี	5	5	5	5	58

ลำดับที่	งาน	เป้าหมาย 5 ปี (ครอบคลุมทุกงาน)	2542	2543	2544	2545	2546
10	การทำงานบนที่สูง ปฐมนิเทศ—พนักงาน หัวหน้างาน—ผู้บริหาร อื่นๆ เช่น ความปลอดภัยในงานต่างๆ	20 เรื่อง - พนักงาน - หัวหน้างาน ผู้บริหารทุกคน	20 - พนักงาน - หัวหน้างาน - พนักงานอย่างน้อย 20 %	20 - ผู้บริหาร - หัวหน้างาน - พนักงานอย่างน้อย 100 % จัดทำหลักสูตร มาตรฐานสำหรับ พนักงานแต่ละระดับ	20 - ผู้บริหาร - หัวหน้างาน - พนักงาน จัดทำหลักสูตร มาตรฐานสำหรับ พนักงานแต่ละระดับ พนักงานใหม่ที่เข้ามา ทุกคน ต้องผ่านการปฐมนิเทศ และพนักงานเก่า ทบทวนความรู้ พนักงานทุกระดับทุก 2 ปี และให้มีการอบรม หลักสูตรความปลอดภัย อื่น	20 - ผู้บริหาร - หัวหน้างาน - พนักงาน จัดทำหลักสูตร มาตรฐานสำหรับ พนักงานแต่ละ ระดับ พนักงานใหม่ที่ เข้ามาทุกคน ต้องผ่านการ ปฐมนิเทศและ พนักงานเก่า ทบทวนความรู้ พนักงานทุกระดับ ทุก 2 ปี และให้มี การอบรม หลักสูตรความ ปลอดภัยอื่น	20 - ผู้บริหาร - หัวหน้างาน - พนักงาน จัดทำหลักสูตร มาตรฐานสำหรับ พนักงานแต่ละ ระดับ พนักงานใหม่ที่เข้า มาทุกคน ต้องผ่านการ ปฐมนิเทศและ พนักงานเก่า ทบทวนความรู้ พนักงานทุกระดับ ทุก 2 ปี และให้มี การอบรมหลักสูตร ความปลอดภัยอื่น

ลำดับที่	งาน	เป้าหมาย 5 ปี (ครอบคลุมทุกงาน)	2542	2543	2544	2545	2546
11	การสอนงานเพื่อความปลอดภัยและทบทวนมาตรฐานการทำงาน เนื้อหาการสอนงาน	50 งาน	20 นำมาตรฐานการทำงานมาสอนงาน	30 นำมาตรฐานการทำงานมาสอนงานประเมินผลการปฏิบัติงานของพนักงาน	40 นำมาตรฐานการทำงานมาสอนงานประเมินผลการปฏิบัติงานของพนักงาน ประเมินเนื้อหาวิธีการสอนงาน	50 นำมาตรฐานการทำงานมาสอนงาน ประเมินผลการปฏิบัติงานของพนักงาน ประเมินเนื้อหาวิธีการสอนงาน	50 นำมาตรฐานการทำงานมาสอนงาน ประเมินผลการปฏิบัติงานของพนักงาน ประเมินเนื้อหาวิธีการสอนงาน

สรุปประจำบทที่ 2

การบริหารความปลอดภัยของสถานประกอบการจะสามารถลดหรือขจัดสภาพที่เสี่ยงต่อการบาดเจ็บ หรือโรคที่เกิดจากการทำงาน เพื่อความปลอดภัยในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานทุกระดับอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความคิดพื้นฐานของผู้บริหารที่จะให้การสนับสนุน นโยบายความปลอดภัยของแต่ละสถานประกอบการ ไม่จำเป็นต้องเหมือนกันจะแตกต่างกันออกไปตามขนาด และประเภทของสถานประกอบการ หลักการกำหนดนโยบายความปลอดภัย จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบ และสิ่งที่มีผลกระทบต่อนโยบาย หลักการกำหนดนโยบายความปลอดภัยที่สำคัญ มี 7 ประการ ที่ผู้บริหารต้องนำไปกำหนดนโยบาย

องค์การความปลอดภัยประกอบด้วยกลุ่มคนที่รวมกัน เพื่อดำเนินการด้านความปลอดภัยโดยมีความรับผิดชอบร่วมกันในสายงานที่กำหนด ซึ่งแบ่งออกเป็นหน่วยงานความปลอดภัยและคณะกรรมการความปลอดภัย หน่วยงานความปลอดภัยมีการจัดตั้งหลายรูปแบบแล้วแต่ความเหมาะสมของสถานประกอบการ หากหน่วยงานดังกล่าวไม่อยู่ในระดับที่ถูกต้องและไม่มีอิสระ จะไม่มีประสิทธิภาพในการทำงานเท่าที่ควร คณะกรรมการความปลอดภัยเป็นรูปแบบของการดำเนินงานร่วมกันของผู้ที่เกี่ยวข้องที่จัดว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดของความร่วมมือ คณะกรรมการความปลอดภัยมีหลายรูปแบบแล้วแต่ขนาดและประเภทของสถานประกอบการ และอาจแบ่งย่อยหน้าที่รับผิดชอบต่อไปอีกหลายระดับชั้น

การกำหนดหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัย เพื่อให้ทุกคนทราบถึงหน้าที่ของตนเกี่ยวกับความปลอดภัย และมีส่วนร่วมในกิจกรรมเพื่อให้เกิดการประสานงานในการปฏิบัติงานให้บรรลุตามวัตถุประสงค์นโยบายความปลอดภัย หน่วยงานภายในสถานประกอบการนอกจากมีหน้าที่รับผิดชอบในงานประจำแล้ว จะต้องมีหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยควบคู่กันไปด้วย การกำหนดหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานและผู้บริหารทุกระดับในสถานประกอบการจะทำให้ทราบหน้าที่ความรับผิดชอบของตน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการประสานงานด้านความปลอดภัยในการทำงาน การมอบอำนาจหน้าที่รับผิดชอบ นอกจากเป็นการแบ่งเบาภาระแล้ว ยังทำให้เกิดความภูมิใจกับผู้ที่ได้รับมอบอำนาจ การมอบอำนาจหน้าที่ด้านความปลอดภัยในสถานประกอบการมี 7 ประการ ซึ่งก่อให้เกิดผลดีในการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัย

การกำหนดโครงการด้านความปลอดภัยจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่สำคัญ 9 ประการ ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อความปลอดภัยในการทำงาน และเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่จะตามมา กิจกรรมความปลอดภัยในสถานประกอบการ มีทั้งกิจกรรมขั้นต่ำ 6 ประการและกิจกรรมทั่วไป ปัจจัยสำคัญเพื่อให้การดำเนินงานความปลอดภัยบรรลุความสำเร็จขึ้นกับ ความจริงใจของผู้บริหาร ความร่วมมือจากทุกฝ่าย และการประยุกต์ใช้วิธีการในกิจกรรมต่างๆที่เหมาะสม แผนงานความปลอดภัยเสมือนกับแนวทาง หรือทิศทางในการทำงานด้านความปลอดภัยในสถานประกอบการ แผนงานความปลอดภัยประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ การวางแผน ขั้นปฏิบัติตามแผน และขั้นตรวจสอบปรับปรุงแผน

การควบคุมกำกับงานความปลอดภัยมีกระบวนการที่สำคัญ 5 ประการ และเป็นหน้าที่อันสำคัญของผู้บริหาร เพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงไปตามที่กำหนดไว้ และให้เกิดการประสานงานอย่างมีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับปรุงแผนงานความปลอดภัย มีทั้งปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน การปรับปรุงแก้ไขแผนงานต้องอาศัยข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ล่วงหน้า และข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบความบกพร่องของงาน

คำถามประจำบทที่ 2

1. จงอธิบายคุณลักษณะที่ดีของนโยบายความปลอดภัย
2. หน่วยงานความปลอดภัยมีกี่รูแบบ อะไรบ้าง
3. ให้บอกหน้าที่ความรับผิดชอบตามกฎหมายของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับวิชาชีพ
4. ให้บอกองค์ประกอบของกระบวนการบริหารเกี่ยวกับการวางแผน
5. อธิบายความสำคัญของการควบคุมกำกับการแผนงานความปลอดภัย

แนวคำตอบประจำบทที่ 2

1.นโยบายความปลอดภัยต้องมีคุณลักษณะ 6 ประการ

1.เป็นลายลักษณ์อักษร แจ้งให้ทุกคนทราบและปรับปรุงให้ทันสมัยเสมอ

2.กำหนดภาระเรื่องความปลอดภัย ครอบคลุมทุกประเภทของงาน

3.กำหนดให้ทุกคนมีหน้าที่รับผิดชอบ และให้ความร่วมมือในกิจกรรม

4.กำหนดกิจกรรมหลักที่สำคัญไว้ เช่นการอบรม การตรวจความปลอดภัย

5.กำหนดให้มีคณะกรรมการความปลอดภัย

6.กำหนดให้มีการติดตามประเมินผลให้เป็นไปตามนโยบาย

2. รูปแบบของหน่วยงานความปลอดภัย มี 2 รูปแบบ

1.สายงานบังคับบัญชา เช่น ฝ่ายความปลอดภัย สำนักความปลอดภัย ส่วน / แผนก / งานความปลอดภัย

2.สายงานช่วย เช่น แผนก / หน่วย / สำนักงาน ขึ้นตรงกับผู้บริหารสูงสุด

3.หน้าที่รับผิดชอบตามกฎหมายของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย

1. ดูแลให้มีการปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานของลูกจ้าง

2.ให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานแก่นายจ้างและลูกจ้าง

3.ควบคุมดูแลการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยให้ถูกวิธี และให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้

4.ตรวจตรา สภาพการทำงาน และการปฏิบัติงานของลูกจ้าง แล้วรายงานนายจ้างให้ปรับปรุงแก้ไข เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน

5.บันทึกจัดทำรายงานและสอบสวนเกี่ยวกับอุบัติเหตุและโรคซึ่งเกิดเกี่ยวเนื่องกับการทำงาน

6.ส่งเสริมสนับสนุนให้มีกิจกรรม เกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงาน

4. กระบวนการบริหารเกี่ยวกับการวางแผนงาน ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติตามแผน ขั้นตรวจสอบปรับปรุงแผน

5. ความสำคัญของการควบคุมกำกับการแผนงานความปลอดภัย เป็นหน้าที่สำคัญของผู้บริหาร เพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงไปตามแผนงานที่กำหนดไว้ และให้เกิดการประสานงานอย่างมีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน

แผนการเรียนประจำบทที่ 3

วิชา 618344 การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม หน่วยกิต 3(2-3-4)
(Industrial safety management)

ชื่อบทเรียน การตรวจความปลอดภัย

หัวเรื่อง

1. การตรวจความปลอดภัย
2. การตรวจสอบระบบความปลอดภัย

แนวคิด

1. การตรวจความปลอดภัย (SAFETY INSPECTION) เป็นการค้นหาสาเหตุของอุบัติเหตุอันตรายและการประเมินความจำเป็น เพื่อ กำหนดมาตรการป้องกันก่อนที่อุบัติเหตุและการบาดเจ็บจะเกิดขึ้น
2. การตรวจสอบความปลอดภัย (SAFETY AUDITS) เป็นการตรวจสอบมาตรฐานของกิจกรรมด้านความปลอดภัยในการทำงาน สำหรับการตรวจสอบความปลอดภัยทั้งระบบหรือทุกเรื่องด้านความปลอดภัย เรียกว่า การตรวจสอบระบบความปลอดภัย

วัตถุประสงค์

-วัตถุประสงค์ทั่วไป เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ การตรวจความปลอดภัยและการตรวจสอบระบบความปลอดภัย

-วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถ :

1. อธิบายการตรวจความปลอดภัยและการตรวจสอบระบบความปลอดภัยในการทำงานได้อย่างถูกต้อง
2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการตรวจความปลอดภัยและการตรวจสอบระบบความปลอดภัยในการทำงานได้

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. ศึกษาคู่มือการเรียนรายวิชา บทที่ 3
2. ศึกษาต้นแบบสื่อประกอบการเรียนการสอน (โฮมเพจรายวิชา)
3. ทำคำถามประเมินผลหลังเรียน
4. ศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งวิทยาการที่แนะนำ

บทที่3

การตรวจความปลอดภัย และการตรวจสอบระบบความปลอดภัย

1. การตรวจความปลอดภัย

การตรวจความปลอดภัย (SAFETY INSPECTION) หมายถึง การค้นหาสาเหตุของอุบัติเหตุอันตรายและการประเมินความจำเป็น **เพื่อ** กำหนดมาตรการป้องกันก่อนที่อุบัติเหตุและการบาดเจ็บจะเกิดขึ้น

วัตถุประสงค์ของการตรวจความปลอดภัย คือ

1. ช่วยค้นหาอันตรายและปัญหาต่างๆทั่วไป

การค้นหาอันตรายและปัญหาต่างๆ โดยใช้การตรวจความปลอดภัยนั้นสามารถกระทำได้กว้างมาก โดยเฉพาะอันตรายหรือปัญหาต่างๆ ที่อยู่ในสถานประกอบการที่จะส่งผลกระทบหรือเป็นต้นเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ

2. ช่วยค้นหาอันตรายที่เกิดจากการกระทำของบุคลากรภายในสถานประกอบการ

ในการเกิดอุบัติเหตุในสถานประกอบการต่างๆ จากการวิเคราะห์และสถิติในอดีตที่ผ่านมา พบว่าต้นเหตุหรือสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ ร้อยละ 80 มาจากการกระทำของบุคคล ฉะนั้น การตรวจความปลอดภัยจะช่วยให้สถานประกอบการค้นหาพฤติกรรมและการกระทำที่จะก่อให้เกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุจากพนักงานในสถานประกอบการด้วย

3. ช่วยค้นหาอันตรายที่เกิดจากอุปกรณ์เครื่องมือ เครื่องจักรที่ชำรุด

ต้นเหตุของการเกิดอุบัติเหตุหรืออันตรายในสถานประกอบการนั้น ส่วนหนึ่งมาจากอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรที่มีอยู่ในสถานที่ทำงานชำรุด ไม่พร้อมที่จะใช้งาน สภาพแบบนี้จะหมดไป เมื่อใช้การตรวจความปลอดภัยในการค้นหาสภาพต่างๆ ดังกล่าวในสถานประกอบการ

4. ช่วยค้นหาอันตรายหรืออุบัติเหตุจากวัสดุ

ในการผลิตภายในสถานประกอบการจะมีวัสดุหรือวัตถุดิบที่จะต้องใช้ซึ่ง ขึ้นอยู่กับแต่ละกระบวนการผลิตของสถานประกอบการนั้น โดยวัสดุหรือวัตถุดิบต่างๆ บางชนิดมีอันตราย หากเก็บรักษาหรือควบคุมสถานที่จัดเก็บไม่ดี ไม่ถูกต้อง อันตรายจะเกิดขึ้นได้ การควบคุมอันตรายดังกล่าว สามารถใช้การตรวจความปลอดภัยช่วยค้นหาได้

5. ช่วยค้นหาอันตรายหรืออุบัติเหตุที่มาจากสภาพแวดล้อมที่ไม่ได้มาตรฐาน

สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมหรือต่ำกว่ามาตรฐานจะเป็นต้นเหตุที่ทำให้ เกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุ ฉะนั้นการค้นหาสภาพดังกล่าวโดยใช้การตรวจความปลอดภัยจะช่วยให้สถานประกอบการหาทางป้องกันแก้ไขได้ล่วงหน้าซึ่งจะช่วยให้สภาพแวดล้อมดีขึ้น

6. ช่วยค้นหาต้นเหตุของอันตรายหรืออุบัติเหตุที่มาจากการขาดระบบบริหารจัดการ

การตรวจความปลอดภัยนั้นในบางกรณี หากมีการนำผลการตรวจมาวิเคราะห์อย่างละเอียด จะช่วยให้สถานประกอบการนั้นๆ ทราบถึงสาเหตุหลักๆที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุและอันตรายได้ โดยเฉพาะการขาดระบบการควบคุมหรือการบริหารจัดการ เช่น การควบคุมทางด้านสุขอนามัย ฯลฯ

7. ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดผลการบริหารจัดการด้านความปลอดภัยของสถานประกอบการ

ผู้บริหารสามารถนำข้อมูลจากผลการตรวจความปลอดภัยมาวัดผลการดำเนินการในด้านความปลอดภัยของสถานประกอบการ ว่ามาตรการหรือระบบที่มีอยู่ มีความเพียงพอเหมาะสมและมีการดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยการวัดผลนั้นสามารถดูได้จากหลายๆ สิ่งด้วยกัน เช่น

- ผลการตรวจการปฏิบัติงานของหน่วยงาน
- ผลการตรวจดูอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรต่างๆ
- ผลการตรวจวัสดุ วัตถุดิบ
- ผลการตรวจสภาพพื้นที่หรือสภาพแวดล้อมโดยทั่วไป

การตรวจความปลอดภัยเป็นกลไกหรือเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยสถานประกอบการในการค้นหาสภาพที่ต่ำกว่ามาตรฐานหรือต้นเหตุที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ และหากสามารถใช้ได้อย่างต่อเนื่องและควบคุมให้มีประสิทธิภาพแล้ว สถานประกอบการต่างๆ จะมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

ความสำคัญของการตรวจความปลอดภัย มีหลายประการ คือ

1. แสดงออกถึงความห่วงใยต่อพนักงานจากฝ่ายบริหารเป็นการสร้างความเข้าใจและความสัมพันธ์อันดีต่อกัน
2. ช่วยลดความเสี่ยงภัยและความสูญเสียในการทำงาน ช่วยให้สถานที่ทำงานสะอาด เป็นระเบียบเรียบร้อย ปฏิบัติงานได้สะดวกรวดเร็วไม่มีสิ่งกีดขวาง ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น
3. ทำให้ใกล้ชิดกับผู้ปฏิบัติงานซึ่งจะได้ทราบปัญหาและข้อเสนอแนะของลูกจ้างในการป้องกันแก้ไข และจะเกิดความร่วมมือจากลูกจ้าง ซึ่งลูกจ้างจะพอใจมากกว่าการปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ที่ตนเองไม่มีส่วนร่วมด้วย
4. เพื่อเป็นการสอนงานด้านความปลอดภัย เมื่อพบว่ามีการปฏิบัติงานที่ไม่ถูกต้อง โดยการแนะนำสอนงานขณะทำการตรวจ
5. เพื่อประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ที่มีหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยว่าสามารถปฏิบัติได้ตามมาตรฐานหรือโครงการที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด
6. เพื่อหาข้อบกพร่องและกระตุ้นให้คงความปลอดภัยไว้
7. เพื่อกระตุ้นหน้าที่รับผิดชอบของผู้ที่เกี่ยวข้องในเรื่องความปลอดภัยที่ได้กำหนดไว้ให้มีการปฏิบัติอย่างจริงจัง
8. เพื่อตรวจความปลอดภัยของเครื่องจักร เครื่องมือใหม่และการติดตั้งให้ปลอดภัยต่อลูกจ้าง และทรัพย์สินของสถานประกอบการ
9. เพื่อป้องกันภัยต่างๆที่อาจเกิดขึ้นต่อหัวหน้างาน พนักงาน และทรัพย์สินของสถานประกอบการ
10. เพื่อเสนอแนวคิดในการปรับปรุงแก้ไขให้กับหน่วยงานต่างๆ ในการป้องกันแก้ไขอุบัติเหตุอันตรายในพื้นที่รับผิดชอบของตน

หลักการตรวจความปลอดภัยมี 3 ประการ คือ

1. การคาดการณ์หรือความรู้หรือความสามารถในการคาดการณ์ว่ามีสาเหตุอะไรบ้างที่อาจนำไปสู่อุบัติเหตุอันตราย

สาเหตุของอุบัติเหตุอันตรายกับการตรวจความปลอดภัย มี 2 ประการ

1. สาเหตุก่อนเกิดอุบัติเหตุอันตราย
   - เหตุการณ์ที่คาดไม่ถึง
   - การกระทำที่ไม่ปลอดภัยหรือสภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย
     - ✓ สภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย (ด้านฟิสิกส์ ด้านเคมี ด้านชีวภาพ ด้านเออร์กอนอมิคส์ ด้านจิตใจ ด้านสิ่งที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บ)
     - ✓ การกระทำที่ไม่ปลอดภัย (ประมาทเลินเล่อ ชอบทำงานเสี่ยง ทำงานลัดขั้นตอน ฯลฯ)
   - ใกล้จะเกิดอุบัติเหตุอันตราย
2. สาเหตุหลังการเกิดอุบัติเหตุอันตราย
   - บาดเจ็บเล็กน้อย
   - บาดเจ็บร้ายแรง
   - ตาย

การจัดลำดับความสำคัญของปัญหา

1. โอกาสการเกิดอุบัติเหตุอันตราย เป็นการวิเคราะห์สาเหตุที่ตรวจพบว่ามีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุอันตรายมากน้อยเพียงใด ชนิดไหน และมีความถี่มากน้อยระดับใด

2. ระยะเวลาที่พนักงานสัมผัสต่อสิ่งที่อาจเกิดอุบัติเหตุอันตราย เป็นการเปรียบเทียบระยะเวลาที่พนักงานสัมผัสต่อสิ่งที่อาจเกิดอุบัติเหตุอันตรายกับชั่วโมงการทำงานโดยปกติของพนักงาน

3. ความร้ายแรงหรือผลเสียหายที่อาจเกิดขึ้น เป็นการคาดการณ์ว่าถ้าเกิดเหตุขึ้นจะเกิดผลร้ายแรงเพียงใด เช่น ทรัพย์สินเสียหาย บาดเจ็บ พิการ ตาย

4. ความยากง่ายในการตรวจหาสาเหตุ เวลาและค่าใช้จ่าย

5. ความผิดพลาดของบุคคล ในการทำให้เกิดอุบัติเหตุ

6.การเห็นคุณค่าหรือประโยชน์ คำนึงถึงทัศนคติหรือการเห็นความสำคัญของฝ่ายบริหาร ที่ต้องการให้ลูกจ้างปลอดภัยมากน้อยเพียงใด

2. **การประเมิน** โดยจะนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานความปลอดภัย หรือกฎหมายความปลอดภัยในเรื่องนั้นๆ แล้วนำมาวิเคราะห์ความร้ายแรงตามหลักการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา
3. **การควบคุม** หมายถึง ความสามารถในการให้คำแนะนำแก้ไขส่งไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยหลักของการควบคุมควรจะควบคุมที่ต้นเหตุของปัญหา หรือทางผ่าน หรือที่ตัวลูกจ้างโดยลำดับ

ระดับและลักษณะของการตรวจความปลอดภัย

1. **การตรวจความปลอดภัยโดยหัวหน้างาน** มีความสำคัญมากเพราะเป็นผู้ที่ควบคุมการปฏิบัติงานของลูกจ้างอย่างใกล้ชิด และเป็นผู้ที่เข้าใจสภาพการทำงานตลอดจนอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นในหน่วยงานของตนเป็นอย่างดี
   - ✓ กรณีที่เป็นสถานประกอบการขนาดใหญ่ และมีการแบ่งสายงานมาก หัวหน้างาน ควรกำหนดจุดหรือส่วนงานที่จะทำการตรวจหมุนเวียนในหน่วยงาน
   - ✓ กรณีที่เป็นโรงงานขนาดเล็ก หัวหน้างานอาจตรวจได้ทุกแห่ง การตรวจควรกระทำอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง

<u>เรื่องที่ควรตรวจโดยหัวหน้างาน</u>

1. เครื่องจักรเครื่องมืออยู่ในสภาพที่ปลอดภัยต่อการใช้งาน
2. เครื่องป้องกันอันตรายเครื่องจักร เครื่องหมายสัญญาณต่างๆ อยู่ในสภาพที่ดี ตำแหน่งที่เหมาะสม
3. สภาพการทำงานโดยทั่วไป และการกระทำของลูกจ้าง
4. ช่องทางเดิน ช่องทางการทำงานมีสิ่งกีดขวางหรือไม่
5. ความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยในการจัดวางสิ่งของ
6. ลูกจ้างปฏิบัติตามกฎระเบียบความปลอดภัยหรือไม่

เมื่อตรวจพบข้อบกพร่องควรตักเตือน หากไม่เชื่อฟังควรเตือนเป็นลายลักษณ์อักษร

2. **การตรวจความปลอดภัยโดยผู้ปฏิบัติงาน (พนักงาน)**

<u>เรื่องที่ควรตรวจโดยผู้ปฏิบัติงาน</u>

1. ความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยในที่ทำงาน
2. ความบกพร่องไม่ปลอดภัยของเครื่องมือ เครื่องจักร และสภาพแวดล้อมในการทำงาน
3. ความสูญเสียที่เกิดจากการทำงาน
4. การกระทำของผู้อื่นที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้

ควรมีการจัดทำแบบตรวจความปลอดภัยเป็นประจำวันให้พนักงานใช้ เมื่อพบสภาพที่ไม่ปลอดภัยให้รีบรายงานโดยตรงต่อหัวหน้างาน

3. **การตรวจความปลอดภัยโดยทีมงานหรือคณะกรรมการตรวจความปลอดภัย**

เพื่อทำหน้าที่ตรวจความปลอดภัยตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ โดยวิธีนี้จะมีพนักงานหลายคนหมุนเวียนร่วม

ในการตรวจ เป็นการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในเรื่องความปลอดภัย และควรมีการประชาสัมพันธ์ให้ทุกคนทราบเกี่ยวกับโครงการนี้ *แต่ไม่ควรบอกวันเวลาที่ทำการตรวจเพื่อให้ทุกหน่วยงานมีความพร้อมตื่นตัวอยู่เสมอ* และผลการตรวจต้องจัดทำเป็นรายงานพร้อมข้อเสนอแนะ สิ่งที่ต้องระวัง คือ ความขัดแย้งหรือมนุษยสัมพันธ์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งหัวหน้าส่วนงานต่างๆ

4. **การตรวจโดยนายจ้าง ผู้จัดการโรงงาน หรือผู้จัดการบริษัท**

เป็นหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงและควรเป็นผู้จัดให้มีระบบการตรวจความปลอดภัยอย่างเป็นระบบ

5. **การตรวจความปลอดภัยโดยคณะกรรมการความปลอดภัย**

เป็นลักษณะการตรวจเยี่ยมเพื่อกระตุ้น พัฒนา และติดตามงานด้านความปลอดภัย

6. **การตรวจโดยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย**

เป็นหน้าที่ประการหนึ่งตามประกาศกระทรวงแรงงาน เรื่องความปลอดภัยในการทำงานของลูกจ้าง ซึ่งเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยอาจเป็นผู้ประสานงานให้กับพนักงานทุกคนมีส่วนร่วมในการตรวจหรือหาผู้เชี่ยวชาญมาทำการตรวจในบางเรื่อง เช่น หม้อไอน้ำ ปั้นจั่น

<u>เรื่องที่ควรตรวจโดยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน</u>

1. ตามประกาศกระทรวงแรงงาน ฉบับต่างๆที่สถานประกอบการเกี่ยวข้อง
2. ตามพระราชบัญญัติโรงงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง
3. ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ฯลฯ

โดยปกติต้องทำการตรวจอย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 – 2 ครั้ง

- ✓ กรณีที่เป็นสถานประกอบการขนาดใหญ่ และมีการแบ่งสายงานมาก ควรกำหนดจุดหรือส่วนงานที่จะทำการตรวจหมุนเวียนในหน่วยงาน
- ✓ กรณีที่เป็นโรงงานขนาดเล็ก อาจตรวจได้ทุกแห่ง การตรวจควรกระทำอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง
- ✓ กรณีที่มีการทำงานติดตั้ง รื้อถอน ก่อสร้างงานอันตรายบางประเภท หรืองานที่ผู้รับเหมามาดำเนินการภายในบริเวณสถานประกอบการ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยจะต้องทำการตรวจความปลอดภัยทุกครั้ง

ประเภทและวิธีการที่ใช้ในการตรวจความปลอดภัย

พิจารณาจากขอบเขตและลักษณะงานที่จะตรวจ ความจำเป็นในการดำเนินงานและหน้าที่รับผิดชอบของผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบ่งได้ เป็น 4 ประเภท ตามความถี่ของการตรวจ หรือช่วงเวลาของการตรวจ คือ

1. **การตรวจปกติเป็นประจำ** คือ การตรวจที่มีกำหนดการตรวจเป็นประจำ แต่ละครั้งมีระยะห่างกันสั้นๆ เช่น

- การตรวจความปลอดภัยก่อนทำงาน ของลูกจ้างหรือหัวหน้างานทุกวัน
- การตรวจโดยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทุกวัน

2. **การตรวจเป็นระยะๆตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้แน่นอน** หมายถึง การตรวจที่กำหนดตารางการตรวจหรือระยะเวลาตรวจในแผนการตรวจ เช่น ทุกสัปดาห์ ตรวจทุก 3 เดือน หรือตรวจทุก 6 เดือน ซึ่งจะเป็นการตรวจที่นานกว่าการตรวจปกติเป็นประจำ เช่น

- การตรวจความปลอดภัยโรงงาน โดยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย หรือคณะกรรมการความปลอดภัย
- การตรวจความปลอดภัย เครื่องจักร เครื่องมือต่างๆ เช่น หม้อไอน้ำ เครน ลิฟต์ ไฟฟ้า เครื่องดับเพลิง สารเคมี

3. **การตรวจเป็นครั้งคราวที่ไม่กำหนดช่วงเวลาไว้แน่นอน** หมายถึง การตรวจความปลอดภัยโดยไม่ได้ประกาศหรือแจ้งให้ทราบ รวมทั้งไม่ได้กำหนดเวลาที่จะตรวจ เพื่อกระตุ้นให้หัวหน้างานและพนักงานสนใจในการค้นหาและแก้ไขสภาพการทำงานก่อนที่เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยจะตรวจพบ

4. **การตรวจพิเศษ** หมายถึง เป็นการตรวจในโอกาสพิเศษต่างๆ เช่น การตรวจการติดตั้งเครื่องจักร เครื่องมือใหม่ การตรวจการก่อสร้างอาคาร หรือการรื้อถอนทำลาย การตรวจในช่วงรณรงค์สัปดาห์ป้องกันอัคคีภัย

วิธีการตรวจความปลอดภัย

1. **การสำรวจ** หมายถึง การเดินตรวจตราความปลอดภัยโดยการสังเกตหรือโดยการตรวจตามแบบตรวจความปลอดภัยที่กำหนดขึ้น การตรวจแบบนี้มักใช้แบบที่แปรผลได้ทันทีหรือใช้เครื่องมือตรวจชนิดอ่านค่าได้ทันที เช่น เครื่องวัดแสง เครื่องวัดเสียงหรือเครื่องมือวัดสารเคมีบางชนิด ฯลฯ
2. **การสุ่มตัวอย่าง** หมายถึง การเลือกสำรวจจุดที่สงสัยว่าเป็นอันตราย เช่นการทดสอบสารเคมี ฯลฯ
3. **การวิเคราะห์วิจัย** หมายถึง การตรวจความปลอดภัยที่เจาะลึกลงไปในรายละเอียดถึงสาเหตุของอุบัติเหตุอันตรายมากกว่าการสำรวจหรือสุ่มตัวอย่าง เช่น การวิจัยระดับความดังของเสียงที่จะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน การศึกษาผลกระทบของสภาพแวดล้อมในการทำงาน ฯลฯ
4. **การตรวจเยี่ยม** หมายถึง การตรวจเพื่อดูความก้าวหน้าของงาน กระตุ้นความร่วมมือและรับทราบปัญหาข้อขัดข้องต่างๆ มักเป็นวิธีที่ผู้บริหารหรือคณะกรรมการความปลอดภัยใช้

แนวทางในการตรวจเครื่องจักร ไฟฟ้า สารเคมี สภาพแวดล้อม และการกระทำที่ไม่ปลอดภัย

1. **การตรวจเครื่องจักร** ข้อสังเกตในการตรวจหาสาเหตุของอุบัติเหตุอันตรายจาก
   1.1 **การสัมผัส** เป็นการตรวจว่ามีส่วนใดส่วนหนึ่งสัมผัสกับสิ่งที่อาจเกิดอันตราย เช่น ส่วนหมุนของเครื่องจักร
   1.2 **การชนกระแทก** เป็นการตรวจว่ามีโอกาส เหวี่ยง ชน หรือกระแทกถูกผู้ปฏิบัติงาน
   1.3 **การติดอยู่ระหว่างจุดอันตราย** เป็นการตรวจดูว่ามีโอกาสที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย เข้าไปติดอยู่ระหว่างจุดอันตรายของเครื่องจักร เช่น จุดหนีบ จุดตัด จุดกระแทก จุดเฉือนฯลฯ เช่นการทำงานกับเครื่องปั๊มโลหะ
   1.4 **การหลุดกระเด็นของเศษวัสดุและเครื่องจักร** เป็นการตรวจอันตรายที่เกิดจาก เศษโลหะ เศษไม้ หรือวัสดุที่กระเด็นออกมาในขณะทำงาน เช่น งานกลึง งานแต่งผิวโลหะ สายพานต่างๆ ฯลฯ
2. **การตรวจไฟฟ้า** ข้อสังเกต

   <u>2.1 การตรวจไฟฟ้า</u>

   2.1.1 การตรวจขนาดของสายไฟ (พื้นที่หน้าตัด) ว่าเป็นไปตามมาตรฐานในประกาศกระทรวงแรงงานฯ เรื่องความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้า

   2.1.2 ตรวจดูการเดินสายไฟฟ้ากับมาตรฐานที่กำหนดในกฎหมาย

   2.1.3 ตรวจความเหมาะสมของสายไฟกับการใช้งาน เช่น อุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ให้ใช้สายไฟฟ้าชนิดสายอ่อน

   2.1.4 ตรวจดูสภาพสายไฟฟ้าว่าชำรุดเก่าหรือใช้งานมานาน

   2.1.5 ตรวจการใช้สายไฟฟ้าที่วางบนพื้น ว่ามีที่ครอบป้องกันการเหยียบ ทับ หรือวางอยู่บนพื้นเปียก

   2.1.6 ตรวจการป้องกันกรณีใช้สายเปลือย

   2.1.7 ตรวจสายไฟฟ้าที่กีดขวางการทำงานของเครื่องจักรหรือการจราจร

   <u>2.2 การตรวจอุปกรณ์ไฟฟ้า และไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องมือ เครื่องใช้</u>

   2.2.1 ตรวจขนาดและความเหมาะสมของฟิวส์ที่ใช้มีการต่อลวดทองแดงแทนฟิวส์หรือไม่

   2.2.2 แผงหรือตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า มีการต่อสายดินหรือไม่

   2.2.3 ตรวจการแตกชำรุดของปลั๊กไฟ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

   2.2.4 ตรวจดูเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้าว่ามีสายดินหรือมีการต่อสายดินถูกต้องหรือไม่

   2.2.5 ตรวจดูว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ เช่น สวิตช์ ฟิวส์ เบรกเกอร์ ได้มาตรฐานหรือไม่

   2.2.6 การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าใกล้ก๊าซหรือสารไวไฟหรือไม่

   2.2.7 ตรวจการป้องกันสายไฟฟ้าแรงสูงและหม้อแปลงไฟฟ้า
3. **การตรวจสารเคมี** เป็นการสังเกตหรือประเมินอันตรายเบื้องต้น กรณีที่ต้องการทราบผลต้องใช้เครื่องมือตรวจวัดสารเคมีโดยเฉพาะ สิ่งที่ควรสังเกต คือ

3.1 พบเห็นฝุ่นหรือควันฟุ้งกระจายในบริเวณที่ทำงาน มีระบบระบายอากาศไม่เหมาะสม

3.2 ตาหรือผิวหนังระคายเคือง หรือมีกลิ่นฉุน

3.3 สารเคมีหก หล่น และพบการเคลื่อนย้ายที่ไม่ปลอดภัย

3.4 มีการร้องเรียนหรือพบว่าลูกจ้างมีอาการเกี่ยวข้องกับสารเคมีที่ทำงานอยู่

3.5 ลูกจ้างไม่ใช้หรือไม่มีเครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคล หรือมีแต่ไม่เหมาะสม

4. **การตรวจสภาพแวดล้อมในการทำงาน** ทางด้านกายภาพ เช่น แสง เสียง ความร้อน การสั่นสะเทือนฯลฯการตรวจที่จะให้ผลแน่นอนต้องใช้เครื่องมือในการตรวจวัด ข้อสังเกตในการตรวจ คือ

4.1 ลูกจ้างที่ทำงานอยู่มีอาการผิดปกติทางร่างกายเกี่ยวเนื่องจากสาเหตุของสภาพแวดล้อม

4.2 ลูกจ้างไม่ใช้ หรือไม่มีเครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคล หรือมีแต่ไม่เหมาะสม

4.3 พบว่าต้นกำเนิดของปัญหาสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัยเกิดจากเครื่องมือ เครื่องจักรที่ไม่ได้มาตรฐาน หรือขาดการซ่อมบำรุง หรือไม่มีการควบคุมให้ปลอดภัย

5. **การตรวจการกระทำที่ไม่ปลอดภัย** ซึ่งมีทั้งแสดงออกให้เห็นได้และซ่อนเร้นอยู่ในตัวพร้อมที่จะแสดงออกตามสภาพและโอกาสต่างๆกัน ข้อสังเกตในการตรวจ คือ

1. แต่งกายไม่เหมาะสม หรือไม่ปลอดภัย เช่น เสื้อผ้าหลวม/คับ สกปรก ขาดรุ่งริ่ง ฯลฯ

2. มีพฤติกรรมหรือการกระทำโดยทั่วไปไม่ปลอดภัย เช่น ประมาท ใจลอย ฯลฯ

3. ขาดความรู้เกี่ยวกับกฎระเบียบความปลอดภัย ฯลฯ

แบบตรวจความปลอดภัยและการประเมินผล

1. **แบบตรวจความปลอดภัยโดยทั่วไป :** เป็นแบบตรวจที่ผู้สร้างแบบคาดหมายว่า สภาพการทำงานโดยทั่วไปน่าจะมีเรื่องที่เหมือนๆกัน หรือเป็นเรื่องทั่วไปที่คาดว่าจะมีอยู่ในสถานประกอบการต่างๆ เช่น ความสะอาด การป้องกันอัคคีภัย เครื่องจักร เครื่องมือไฟฟ้า สภาพแวดล้อม ฯลฯ โดยผู้ตรวจต้องมีมาตรฐานเปรียบเทียบในแต่ละหัวข้อที่กำหนดไว้ ดังตัวอย่าง
2. **แบบตรวจความปลอดภัยที่ไม่ระบุรายการตรวจไว้โดยละเอียด :** เป็นแบบตรวจที่ผู้สร้างแบบคาดหมายว่า ผู้ตรวจมีความรู้และประสบการณ์สามารถระบุรายละเอียดของสภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย หรือการกระทำที่ไม่ปลอดภัยได้ โดยไม่ต้องกำหนดรายละเอียดไว้ให้ บางครั้งอาจทำคู่มือ แนวทางหรือคำอธิบายในการตรวจไว้ให้ โดยผู้ตรวจต้องระบุสภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย หรือวิธีการทำงานที่ไม่ปลอดภัย จากนั้นให้นำมาเรียงลำดับความสำคัญของปัญหา แล้วเสนอความเห็นในการป้องกันแก้ไขในเรื่องๆ ดังตัวอย่าง
3. **แบบตรวจที่นำไปประยุกต์ขึ้นใช้เองตามความเหมาะสม :** เป็นแบบตรวจที่สถานประกอบการหรือผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องสร้างขึ้นใช้เองโดยอาศัยแบบตรวจทั่วไป ประสบการณ์หรือการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยซึ่งจะมีรูปแบบที่ไม่แน่นอนแล้วแต่ชนิดหรือประเภทของสถานประกอบการนั้น

2. การตรวจสอบระบบความปลอดภัย

การตรวจสอบความปลอดภัย (SAFETY AUDITS) เป็นการตรวจสอบมาตรฐานของกิจกรรมด้านความปลอดภัยในการทำงาน สำหรับการตรวจสอบความปลอดภัยทั้งระบบหรือทุกเรื่องด้านความปลอดภัย เรียกว่า การตรวจสอบระบบความปลอดภัย

ความแตกต่างของการตรวจสอบความปลอดภัยกับการตรวจความปลอดภัย : การตรวจความปลอดภัยเป็นการตรวจสภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัยและวิธีการทำงานหรือการกระทำที่ไม่ปลอดภัยว่าสาเหตุของอุบัติเหตุอันตรายคืออะไรได้บ้าง โดยเจาะลึกลงไปในรายละเอียดของแต่ละเรื่อง เช่น เครื่องจักรไม่ปลอดภัยเพราะไม่มีฝาครอบสายพาน แต่การตรวจสอบความปลอดภัย คือการตรวจสอบประสิทธิภาพของกิจกรรมความปลอดภัยต่างๆ เช่น การอบรม การส่งเสริม การสอบสวนอุบัติเหตุอันตราย รวมทั้งการตรวจความปลอดภัยด้วย

ประโยชน์ของการตรวจสอบความปลอดภัย มี 3 ประการ คือ

1. ทำให้ทราบผลสำเร็จในการดำเนินการ
2. ทราบระบบความปลอดภัยทั้งระบบที่ควรดำเนินการ และเพื่อการเปรียบเทียบก่อน หลัง การดำเนินงานด้านความปลอดภัย
3. เฝ้าระวังความก้าวหน้า หรือการเปลี่ยนแปลงในการดำเนินการเพื่อหาข้อบกพร่อง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

หลักในการตรวจสอบระบบความปลอดภัย

การตรวจสอบระบบความปลอดภัย เน้นในเรื่องการควบคุมอันตรายเพื่อลดความสูญเสีย โดยหลักที่ใช้ประเมินในการตรวจสอบระบบความปลอดภัยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันส่วนมากจะคล้ายๆกันจะแตกต่างกันที่วิธีการให้คะแนนหัวข้อหลักเหล่านั้น ได้แก่

1. องค์การและการบริหารความปลอดภัย ซึ่งจะมีเรื่องตรวจสอบเกี่ยวกับองค์การความปลอดภัย นโยบาย หน้าที่รับผิดชอบ การมีส่วนร่วม เป็นต้น
2. การควบคุมอุบัติเหตุอันตราย ซึ่งจะมีเรื่องการควบคุมเครื่องจักร เครื่องมือ ภาวะแวดล้อม การใช้เครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เป็นต้น
3. การอบรมจูงใจ ซึ่งจะมีเรื่องการอบรม การรณรงค์ต่างๆ การตรวจความปลอดภัย การประชุม เป็นต้น
4. การสอบสวนอุบัติเหตุ และการวิเคราะห์สาเหตุ ซึ่งจะมีเรื่องการสอบสวนการวิเคราะห์หาสาเหตุ การจัดทำสถิติ เป็นต้น
5. ความปลอดภัยนอกงาน ซึ่งจะมีเรื่องการบริหารงานในเรื่องนั้น การหาสาเหตุ การสอบสวนอุบัติเหตุอันตราย เป็นต้น

เกณฑ์ประเมินผลการตรวจสอบระบบความปลอดภัย คือ มาตรฐานของกิจกรรมความปลอดภัยที่กำหนดไว้เป็นระดับหรือช่วงต่างๆ เช่น ไม่ดี พอใช้ ดี ดีมาก และในช่วงดังกล่าวจะมีการกำหนดคุณลักษณะไว้ว่า ดีมากน้อยเพียงใดที่จะเข้าเกณฑ์นี้ เช่น การตรวจสอบประสิทธิภาพของการตรวจความปลอดภัย ถ้าอยู่ในการเกณฑ์

- ไม่ดี หมายถึง ไม่มีการตรวจความปลอดภัยในสถานประกอบการ
- พอใช้ หมายถึง มีการตรวจที่มอบหมายด้วยวาจาให้หัวหน้างานดูแล หรือเป็นการตรวจของบุคคลภายนอก
- ดี หมายถึง การตรวจที่มอบหมายหน้าที่ไว้เป็นลายลักษณ์อักษร มีความถี่ของการตรวจมากและมีการติดตามผลการตรวจอย่างมีประสิทธิภาพ
- ดีมาก หมายถึง การดำเนินการในเกณฑ์ที่ดีสามารถวัดผลสำเร็จของการตรวจได้ เช่น ลดอุบัติเหตุและความสูญเสียได้ และผู้บริหารติดตามผลการดำเนินการหรือการแก้ไขอย่างจริงจัง

ตัวอย่างแบบตรวจความปลอดภัย

พื้นที่: ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ	ผู้ตรวจ :นักศึกษาสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย กลุ่มที่ 6	วันที่ตรวจ : 12 พฤศจิกายน 2546	เวลา : 13.00 น. – 16.00 น.
ประเภทการตรวจ : (✓) เบื้องต้น ( ) ติดตามครั้งที่.....	ผู้บริหารรับทราบผลการตรวจ :	ตำแหน่ง :	

ผู้ตรวจ						ผู้รับผิดชอบ				หมายเหตุ
หัวข้อการตรวจ	ผลการตรวจ	ระดับอันตราย				ลักษณะที่ต่ำกว่ามาตรฐาน	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง / ข้อเสนอแนะ	ผู้แก้ไข	วันที่แก้ไข	
		1	2	3	4					
1.พื้นที่การทำงาน										
1.1 ช่องทางเดินมีความกว้างไม่น้อยกว่า 50 cm.	✓					-	-	-	-	
1.2 ความสะอาดของพื้นที่การทำงาน คือ ไม่มีฝุ่น ไม่มีเศษชิ้นงาน	×		×			-มีฝุ่นและเศษชิ้นโลหะหลงเหลืออยู่	-ความสะอาดของพื้นที่การทำงานควรมีการทำความสะอาดพื้นที่การทำงานทุกครั้งหลังทำงานเสร็จ และควรจัดทำตารางในการทำความสะอาดในแต่ละวันให้ชัดเจนว่าจะทำความสะอาดในช่วงเวลาใด และควรจัดให้มีการทำความสะอาดอย่างน้อย 2 ครั้งในวันที่มีการทำปฏิบัติการ	นายวรรณชัย จิตรา	ภายใน 3-5 วัน	พบในบริเวณ หล่อโลหะ และเจียรเหล็ก
1.3 เครื่องมืออุปกรณ์ มีการจัดเก็บตามหลัก 5 ส.	×	×				-มีอุปกรณ์บางชิ้นวางกีดขวางการทำงาน	- การเก็บเครื่องมืออุปกรณ์ ที่ใช้ในการทำปฏิบัติการ เช่น หมวกนิรภัย ครีมจับเหล็ก ถุงมือควรเก็บให้เข้าที่เรียบร้อยเหมือนเดิม หลังการใช้งานทุกครั้งเพื่อความเป็นระเบียบของเครื่องมืออุปกรณ์ ไม่ให้กีดขวางการปฏิบัติงาน และสะดวกในการใช้งานในครั้งต่อไป	นายวรรณชัย จิตรา	ภายใน 1 สัปดาห์	บริเวณงานหล่อโลหะ

หมายเหตุ ; ✓ = ผ่านการตรวจ

× = ไม่ผ่านการตรวจ

พื้นที่: ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ	ผู้ตรวจ :นักศึกษาสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย กลุ่มที่ 6	วันที่ตรวจ : 12 พฤศจิกายน 2546	เวลา : 13.00 น. – 16.00 น.

ประเภทการตรวจ : (✓) เบื้องต้น ( ) ติดตามครั้งที่.....	ผู้บริหารรับทราบผลการตรวจ :	ตำแหน่ง :

ผู้ตรวจ						ผู้รับผิดชอบ				หมายเหตุ
หัวข้อการตรวจ	ผลการตรวจ	ระดับอันตราย				ลักษะที่ต่ำกว่ามาตรฐาน	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง / ข้อเสนอแนะ	ผู้แก้ไข	วันที่แก้ไข	
		1	2	3	4					
1.4มีการจัดวางตำแหน่งของเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้มีระยะห่างกันไม่น้อยกว่า 10.80 มตร	✓					-	-	-	-	
2.สภาพแวดล้อมในการทำงาน										
2.1 ความร้อนในสิ่งแวดล้อมไม่เกิน 45 °C	✓					-	-	-	-	
2.2 ความสว่างในการทำงานขัดผิวโลหะไม่น้อยกว่า 300 Lux ความสว่างในการทำงานโดยทั่วไปไม่น้อยกว่า 200 Lux ความสว่างบริเวณช่องทางเดินไม่น้อยกว่า 20 Lux	✓					-	-	-	-	
2.3 เสียงจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ ไม่เกิน 90 dB(A) ที่ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง	✓					-	-	-	-	
2.4 ไม่มีฝุ่น ไอ ละอองแก๊สฟุ้งกระจายในบรรยากาศ	✓					-	-	-	-	
3.การกระทำที่ไม่ปลอดภัย										
3.1 ท่าทางการทำงานถูกต้อง เหมาะสมตามลักษณะงาน	✓					-	-	-	-	
3.2 มีการแต่งกายตามระเบียบข้อบังคับ อย่างถูกต้องเหมาะสมตามลักษณะการปฏิบัติงาน	✓					-	-	-	-	
3.3 การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล มีการใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และสวม	✗			✗		-ผู้ทำปฏิบัติการส่วนใหญ่จะไม่สวมใส่หมวกนิรภัยตลอดเวลาที่ทำปฏิบัติการ และมีการสวมใส่ที่ไม่ถูกวิธี	- ควรอธิบายให้ผู้ทำปฏิบัติการทราบถึงความสำคัญในการใส่หมวกนิรภัย และอันตรายที่เกิดขึ้นหากไม่มีการสวมใส่หมวกนิรภัย หรือสวมใส่ไม่ถูกวิธี	อาจารย์ หรือเจ้าหน้าที่ที่มีหน้าที่ควบคุมในปฏิบัติการนั้นๆ	ควรแก้ไขทันทีที่พบเห็นการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้อง	

หมายเหตุ ; ✓ = ผ่านการตรวจ

✗ = ไม่ผ่านการตรวจ

พื้นที่: ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ	ผู้ตรวจ :นักศึกษาสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย กลุ่มที่ 6	วันที่ตรวจ : 12 พฤศจิกายน 2546	เวลา : 13.00 น. – 16.00 น.
ประเภทการตรวจ : (✓) เบื้องต้น ( ) ติดตามครั้งที่.....	ผู้บริหารรับทราบผลการตรวจ :	ตำแหน่ง :	

ผู้ตรวจ						ผู้รับผิดชอบ				หมายเหตุ
หัวข้อการตรวจ	ผลการตรวจ	ระดับอันตราย				ลักษณะที่ต่ำกว่ามาตรฐาน	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง / ข้อเสนอแนะ	ผู้แก้ไข	วันที่แก้ไข	
		1	2	3	4					
4.เครื่องมือเครื่องจักร						-	-	-	-	
4.1 มีตารางการบำรุงรักษา และมีการซ่อมเครื่องจักรเครื่องมือทุก 1 เดือน	✓					-	-	-	-	
4.2 มีอุปกรณ์ป้องกัน (Guard) เครื่องจักรที่เป็นอันตราย	✓					-	-	-	-	
4.3 ความสะดวก และความสมบูรณ์ในเครื่องจักรทุกเครื่อง	✓									
5.ระบบไฟฟ้า						-	-			
5.1 ขนาดของสายไฟ (พื้นที่หน้าตัด) เป็นไปตามมาตรฐาน / แรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 600 โวลท์	✓					-	-			
5.2 การเดินสายไฟฟ้า มีสารติดตั้งสายดิน ความสูง > 50 cm. จากพื้นของปลั๊กไฟ ตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด	✓									
5.3 สภาพของสายไฟฟ้าว่า ชำรุดเก่าหรือใช้งานมานาน	✗			✗		-สภาพสายไฟและปลั๊กไฟค่อนข้างเก่า และมีไฟฟ้ารั่วบ่อยครั้ง	- ควรทำการตรวจสภาพของสายไฟ เพื่อหาจุดที่มีไฟฟ้ารั่ว แล้วทำการแก้ไขทันที หรือมีตารางการตรวจสภาพของสายไฟทุกๆ 1 เดือน	นายวรรณชัย จิตรา	ภายใน 2 สัปดาห์	บริเวณเครื่องเจียรโลหะ, เครื่องขัดหยาบ ,เครื่องขัดโลหะ, ห้องขัดผิว 1
5.4 การใช้สายไฟฟ้าที่วางบนพื้น ว่ามีที่ครอบป้องกันการเหยียบทับ หรือวางอยู่บนพื้นเปียก	✓					-	-	-	-	-
5.5 มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า	✗			✗		-ไม่มีอุปกรณ์ตัดไฟฟ้าอัตโนมัติในบางจุดที่อาจเกิดไฟฟ้ารั่ว	- เครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า การติดตั้งควรมีระบบตัดไฟฟ้าอัตโนมัติ ตามที่ได้กำหนดไว้ในกฎหมาย (ปมท. ไฟฟ้า ข้อ 48 (1) (4) ,ข้อ 62)	นายวรรณชัย จิตรา	ภายใน 3-5 วัน	บริเวณห้องขัดผิว 1
5.6 สายไฟที่กีดขวางการทำงานของเครื่องจักร หรือการจราจร	✓									

หมายเหตุ ; ✓ = ผ่านการตรวจ

✗ = ไม่ผ่านการตรวจ

พื้นที่: ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ	ผู้ตรวจ :นักศึกษาสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย กลุ่มที่ 6	วันที่ตรวจ : 12 พฤศจิกายน 2546	เวลา : 13.00 น. – 16.00 น.

ประเภทการตรวจ : (✓) เบื้องต้น ( ) ติดตามครั้งที่..... ผู้บริหารรับทราบผลการตรวจ : ตำแหน่ง :

ผู้ตรวจ						ผู้รับผิดชอบ				หมายเหตุ
หัวข้อการตรวจ	ผลการตรวจ	ระดับอันตราย				ลักษณะที่ต่ำกว่ามาตรฐาน	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง / ข้อเสนอแนะ	ผู้แก้ไข	วันที่แก้ไข	
		1	2	3	4					
6. ระบบป้องกันอัคคีภัย										ในการตรวจสภาพความปลอดภัยของอุปกรณ์ดับเพลิง เช่น ถังดับเพลิงไม่สามารถทำการตรวจความปลอดภัยได้ เนื่องจากมีการติดตั้ง เครื่องจักรที่เพิ่งนำมาใหม่ และกำลังทำการจัดวางเครื่องจักร และเครื่องดับเพลิง ดังนั้นการตรวจความปลอดภัยเกี่ยวกับระบบป้องกันอัคคีภัยจึงเป็นการตรวจในส่วนของสายดับเพลิงที่ติดตั้งไว้อยู่แล้วเท่านั้น
6.1จำนวนเครื่องดับเพลิง อุปกรณ์ดับเพลิงและการติดตั้งในสภาพงานลักษณะเบาต้องมีชนิดของเครื่องดับเพลิง 4 A ในพื้นที่ 1050 m^2 1 เครื่อง	-					-	-	-	-	
6.2ความสะดวกในการหยิบใช้อุปกรณ์ดับไฟ เช่น สายน้ำดับเพลิง ถังดับเพลิงไม่มีสิ่งกีดขวาง	✓					-	-	-	-	
6.3ป้ายบอกตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ดับเพลิงมีความชัดเจนสังเกตเห็นได้ง่าย	×				×	-ไม่มีป้ายบอกตำแหน่งที่ตั้งของที่เก็บสายดับเพลิงอย่างชัดเจน	-ควรมีการจักทำป้ายบอกตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ดับเพลิง และนำไปติดตั้งไว้ในบริเวณที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย เพื่อความสะดวกในการนำอุปกรณ์มาใช้งาน	นายวรรณชัย จิตรา	ควรมีการแก้ไขอย่างเร่งด่วน ไม่ควรเกิน 1 เดือน	
6.4 มีการตรวจสอบสภาพเครื่องดับเพลิงทุกๆ 1 เดือน และอุปกรณ์ดับเพลิงอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้อย่างทันท่วงที	✓									

หมายเหตุ ; ✓ = ผ่านการตรวจ

× = ไม่ผ่านการตรวจ

สรุปประจำบทที่ 3

การตรวจความปลอดภัยเป็นวิธีป้องกันอุบัติเหตุอันตราย โดยการเข้าไปตรวจค้นหาสาเหตุจากสภาพการทำงานและวิธีการทำงานที่ไม่ปลอดภัย แล้วหาวิธีในการป้องกันและแก้ไข หลักการตรวจความปลอดภัยที่ดีต้องรู้หรือคาดการณ์ในสิ่งที่อาจนำไปสู่อุบัติเหตุอันตราย มีการประเมินว่าสิ่งนั้นเป็นอันตรายหรือมีความรุนแรงเพียงใดและควบคุมเป็น คือ สามารถแก้ไขหรือให้คำแนะนำได้ การตรวจความปลอดภัยเป็นหน้าที่ของทุกคน ทั้งสายงานปฏิบัติและสายงานช่วย จะแตกต่างกันไปตามภาระหน้าที่ที่เกี่ยวกับความปลอดภัย การตรวจความปลอดภัยโดยทั่วไปแบ่งเป็น 4 ประเภท คือการตรวจปกติเป็นประจำ การตรวจเป็นระยะๆตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้แน่นอนและการตรวจพิเศษ วิธีการตรวจที่ใช้มีหลายวิธี คือ การสำรวจ การสุ่มตัวอย่าง การวิเคราะห์วิจัย และการตรวจเยี่ยม แนวทางในการตรวจเครื่องจักร ไฟฟ้า สารเคมี สภาพแวดล้อมและการกระทำที่ไม่ปลอดภัยประกอบด้วยการตรวจการประเมินสิ่งที่พบเห็นว่าเป็นอันตรายหรือไม่ มีอะไรเป็นสาเหตุได้บ้าง แล้วเปรียบเทียบมาตรฐานความปลอดภัยของเรื่องนั้น ซึ่งอาจใช้การสังเกตแล้ววินิจฉัยได้เลยหรือต้องใช้เครื่องมือวัดเพื่อวิเคราะห์ผลจึงจะทราบสาเหตุได้ แบบตรวจความปลอดภัยเป็นแนวทางที่ช่วยให้การตรวจความปลอดภัยสะดวกและรวดเร็วแก่ผู้ตรวจ มีหลายรูปแบบ คือ แบบตรวจความปลอดภัยโดยทั่วไป แบบตรวจความปลอดภัยที่ไม่ระบุรายการตรวจไว้โดยละเอียด และแบบที่ประยุกต์ใช้เฉพาะงานที่มีอยู่

การตรวจสอบความปลอดภัย คือ การตรวจสอบมาตรฐานของกิจกรรมความปลอดภัยที่ปฏิบัติได้ เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกิจกรรมนั้น การตรวจสอบระบบความปลอดภัยเป็นการตรวจสอบทุกกิจกรรมในระบบความปลอดภัย เพื่อค้นหาข้อบกพร่องของการดำเนินงานหรือวัดผลการดำเนินงาน การตรวจสอบระบบความปลอดภัยมีหลายรูปแบบ ซึ่งในการวัดผล เนื้อหาที่ใช้วัดมีทั้งรายละเอียดน้อยและรายละเอียดมาก เนื้อหาหลักที่เป็นส่วนสำคัญในการตรวจสอบระบบความปลอดภัย คือ เรื่ององค์การและการบริหารความปลอดภัย เรื่องการควบคุมอันตรายหรือการดำเนินงาน เรื่องการอบรมและการจูงใจ เรื่องการสอบสวนอุบัติเหตุและการวิเคราะห์สาเหตุ และเรื่องความปลอดภัยนอกงาน เกณฑ์ประเมินผลการตรวจสอบระบบความปลอดภัยเป็นการวัดผลการปฏิบัติงาน โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานในการประเมินเพื่อชี้ว่ากิจกรรมด้านความปลอดภัยที่ทำอยู่นั้นดีมากน้อยเพียงใด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำถามประจำบทที่ 3

1. จงบอกวัตถุประสงค์ของการตรวจความปลอดภัย
2. ผู้รับผิดชอบการตรวจความปลอดภัยได้แก่ใครบ้าง
3. จงอธิบายหลักในการตรวจสอบระบบความปลอดภัย
4. จงบอกประโยชน์ของการตรวจสอบความปลอดภัย
5. จงเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการตรวจความปลอดภัยและการตรวจสอบระบบความปลอดภัย

แนวคำตอบประจำบทที่ 3

1) วัตถุประสงค์ของการตรวจความปลอดภัย ประกอบด้วย

1. ช่วยค้นหาอันตรายและปัญหาต่างๆทั่วไป
2. ช่วยค้นหาอันตรายที่เกิดจากการกระทำของบุคลากรภายในสถานประกอบการ
3. ช่วยค้นหาอันตรายที่เกิดจากอุปกรณ์เครื่องมือ เครื่องจักรที่ชำรุด
4. ช่วยค้นหาอันตรายหรืออุบัติเหตุจากวัสดุ
5. ช่วยค้นหาอันตรายหรืออุบัติเหตุที่มาจากสภาพแวดล้อมที่ไม่ได้มาตรฐาน
6. ช่วยค้นหาต้นเหตุของอันตรายหรืออุบัติเหตุที่มาจากการขาดระบบบริหารจัดการ
7. ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดผลการบริหารจัดการด้านความปลอดภัยของสถานประกอบการ

2) เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย ผู้บริหารหรือผู้จัดการโรงงาน ผู้ควบคุมงานหรือหัวหน้าคนงาน วิศวกรโรงงานหรือฝ่ายบำรุงรักษา ผู้ปฏิบัติงานหรือพนักงาน คณะกรรมการความปลอดภัยฯ

3) การตรวจสอบระบบความปลอดภัย เน้นในเรื่องการควบคุมอันตรายเพื่อลดความสูญเสีย โดยหลักที่ใช้ประเมินในการตรวจสอบระบบความปลอดภัยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันส่วนมากจะคล้ายๆกันจะแตกต่างกันที่วิธีการให้คะแนนหัวข้อหลักเหล่านั้น ได้แก่

1. องค์การและการบริหารความปลอดภัย
2. การควบคุมอุบัติเหตุอันตราย
3. การอบรมจูงใจ
4. การสอบสวนอุบัติเหตุ และการวิเคราะห์สาเหตุ
5. ความปลอดภัยนอกงาน

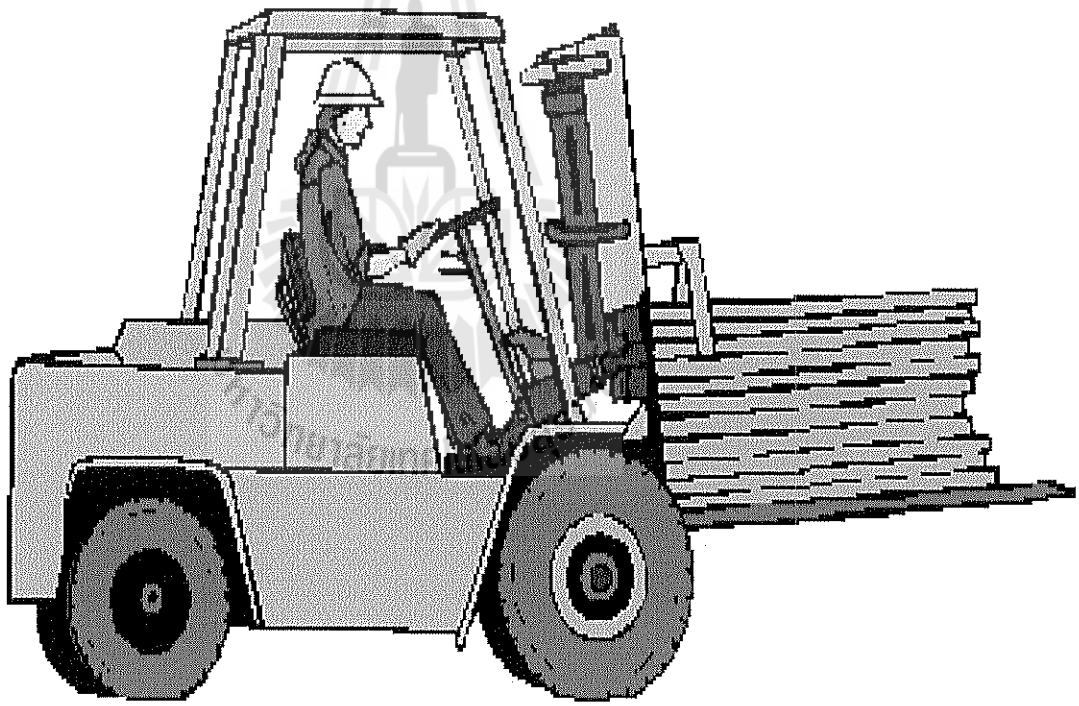
4) ประโยชน์ของการตรวจสอบความปลอดภัย มีดังนี้

1. ทำให้ทราบผลสำเร็จในการดำเนินการ
2. ทราบระบบความปลอดภัยทั้งระบบที่ควรดำเนินการ และเพื่อการเปรียบเทียบก่อน – หลัง การดำเนินงานด้านความปลอดภัย
3. เฝ้าระวังความก้าวหน้า หรือการเปลี่ยนแปลงในการดำเนินการเพื่อหาข้อบกพร่อง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

5) การตรวจความปลอดภัยเป็นการตรวจสภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัยและวิธีการทำงานหรือการกระทำที่ไม่ปลอดภัยว่าสาเหตุของอุบัติเหตุอันตรายคืออะไรได้บ้าง โดยเจาะลึกลงไปในรายละเอียดของแต่ละเรื่อง เช่น เครื่องจักรไม่ปลอดภัยเพราะไม่มีฝาครอบสายพาน แต่**การตรวจสอบความปลอดภัย** คือการตรวจสอบประสิทธิภาพของกิจกรรมความปลอดภัยต่างๆ เช่น การอบรม การส่งเสริม การสอบสวนอุบัติเหตุอันตราย รวมทั้งการตรวจความปลอดภัยด้วย

บทที่ 4

การสอบสวน การวิเคราะห์และการรายงานอุบัติเหตุ



แผนการเรียนประจำบทที่ 4

วิชา 618344 การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม หน่วยกิต 3(2-3-4)
(Industrial safety management)

ชื่อบทเรียน การสอบสวน การวิเคราะห์และการรายงานอุบัติเหตุ

หัวเรื่อง

1. การสอบสวนอุบัติเหตุ
2. การวิเคราะห์อุบัติเหตุ
3. การรายงานอุบัติเหตุ

แนวคิด

1. การสอบสวนอุบัติเหตุ เป็นวิธีการประเมินเพื่อให้ได้มาซึ่งสาเหตุของอุบัติเหตุหรือประเมินจากปัจจัยที่เป็นสิ่งคุกคามสุขภาพอนามัย และความปลอดภัยของคนทำงาน
2. การวิเคราะห์อุบัติเหตุ เป็นวิธีการหนึ่งในการป้องกันควบคุมสิ่งคุกคามสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยของคนทำงาน โดยทำการวิเคราะห์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริง โดยศึกษาวิเคราะห์ในรายละเอียดเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ เพื่อดำเนินการป้องกันควบคุมต่อไป
3. การรายงานอุบัติเหตุเป็นการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวกับการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อนำไปสู่การค้นหาสาเหตุและการวางแผนป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น

วัตถุประสงค์

-วัตถุประสงค์ทั่วไป เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ การสอบสวนอุบัติเหตุ การวิเคราะห์อุบัติเหตุ และการบันทึกรายงานและการประเมินการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ

-วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษา สามารถ :

1. อธิบายการสืบสวนสอบสวนอุบัติเหตุได้อย่างถูกต้อง
2. วิเคราะห์สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุได้
3. บันทึกและประเมินการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุได้อย่างถูกต้อง

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. ศึกษาคู่มือการเรียนรายวิชา บทที่ 4
2. ศึกษาต้นแบบสื่อประกอบการเรียนการสอน (โฮมเพจรายวิชา)
3. ทำคำถามประเมินผลหลังเรียน
4. ศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งวิทยาการที่แนะนำ

บทที่ 4

การสอบสวน การวิเคราะห์ การรายงาน

1. การสอบสวนอุบัติเหตุ

1. ข้อเตือนใจ 3 ประการในการสอบสวนอุบัติเหตุ

1. อุบัติเหตุส่วนมากเกิดจาก การกระทำที่ไม่ปลอดภัย (UNSAFEACT) และสภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย (UNSAFE CONDITION)
2. จุดมุ่งหมายการสอบสวนอุบัติเหตุเพื่อป้องกันอุบัติเหตุคล้าย ๆ กัน มิให้เกิดขึ้นอีก
3. จรรยาบรรณการสอบสวนอุบัติเหตุไม่ใช่เป็นการจับผิดหรือมุ่งตำหนิติเตียนผู้กระทำผิด

2. วัตถุประสงค์ในการสวบสวนอุบัติเหตุ

1. หาสาเหตุของอุบัติเหตุ เพื่อว่าอุบัติเหตุที่มีลักษณะคล้าย ๆ กันจะสามารถป้องกันได้
2. ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงขบวนการผลิตหรือวิธีการปฏิบัติงานของคนที่ทำให้เกิดความผิดพลาด ซึ่งนำไปสู่การเกิดการเกิดอุบัติเหตุ
3. ประชาสัมพันธ์ถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับคนงาน ซึ่งเป็นการสร้างความสนใจในการป้องกันอุบัติเหตุร่วมกัน
4. พิจารณาค้นหาความจริง โดยอาศัยบรรทัดฐานของกฎหมาย

3. อุบัติเหตุ 4 ประเภทที่ต้องทำการสอบสวน

ประเภท 1 อุบัติเหตุที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บ พิการ ทุพพลภาพ ตาย เช่น ลื่นหกล้มศีรษะฟาดพื้นทำให้เป็นอัมพาต

ประเภท 2 อุบัติเหตุที่ได้รับการบาดเจ็บเล็กน้อย (ต้องการเพียงขั้นปฐมพยาบาล) เช่น ลื่นหกล้ม หัวเข่าข้างซ้ายแตกต้องห้ามเลือดและทำแผล

ประเภท 3 อุบัติเหตุที่มีอุปกรณ์ เครื่องจักร วัตถุดิบหรือทรัพย์สินเสียหาย เช่น ลื่นล้มชนเก้าอี้ไปกระแทกกระจกในสำนักงานแตก

ประเภท 4 อุบัติเหตุที่เกือบจะมีการบาดเจ็บหรือภาวะใกล้จะเกิดการบาดเจ็บ (NEAR INJURY ACCIDENT) เช่น ลื่น แต่ไม่ล้มและไม่มีการบาดเจ็บหรือทรัพย์สินเสียหาย

4. หลักการวิธีการดำเนินการสอบสวน

หลักการสอบสวนอุบัติเหตุ

1. สอบสวนและสอบถามทันทีที่อุบัติเหตุเกิดขึ้น
2. ตรวจสอบและสังเกตสภาพความเป็นจริง
3. ตัดสินใจใช้ประสบการณ์จากการสอบสวนและการวิเคราะห์อุบัติเหตุในอดีตที่ผ่านมา

บุคลากรทำหน้าที่สอบสวนอุบัติเหตุ

การกำหนดบุคลากร ผู้ทำหน้าที่ในการสอบสวนอุบัติเหตุ ขึ้นอยู่กับ ลักษณะของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นว่ารุนแรงมาก-น้อยเพียงใด ต้องการเทคนิควิชาการในระดับใดมาทำการสอบสวนอุบัติเหตุ

5. ผู้ทำหน้าที่สอบสวนอุบัติเหตุ

1. ผู้ควบคุมงานหรือหัวหน้างาน (SUPERVISOR OR FOREMAN)

- เป็นผู้รายงานอุบัติเหตุทุกรายที่เกิดขึ้นทันที ตามตัวอย่างแบบรายงานอุบัติเหตุ กรณีเป็นอุบัติเหตุที่ไม่ซับซ้อน
- เป็นผู้ที่เหมาะสมที่สุดในการสอบสวนอุบัติเหตุ เพราะเป็นผู้ที่อยู่ใกล้ชิดเหตุการณ์มากที่สุด และทำงานคลุกคลีกับพนักงาน รู้จักวิธีการทำงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ และที่สำคัญที่สุด คือเป็นผู้ที่ต้องนำมาตรการในการป้องกันแก้ไขลงสู่การปฏิบัติ

2. เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย (จป.) หรือวิศวกรความปลอดภัย (SAFETY OFFICER OR SAFETY ENGINEER) ทำหน้าที่

- ตรวจสอบ พิสูจน์และรายงานอุบัติเหตุ หรือรายงานการสอบสวนที่หัวหน้างานเสนอมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- สอบสวนอุบัติเหตุสำคัญที่ซับซ้อน ต้องใช้เทคนิควิชาการในการสอบสวน
- วิเคราะห์ วิจัยเพื่อค้นหาความจริงและป้องกันอุบัติเหตุ
- รายงานเสนอต่อคณะกรรมการความปลอดภัย

3. คณะกรรมการความปลอดภัย ทำหน้าที่ สอบสวนอุบัติเหตุกรณีสำคัญจริง ๆ เช่น กรณีมีการบาดเจ็บร้ายแรงหรือทรัพย์สินเสียหาย
4. คณะกรรมการสอบสวนพิเศษ ซึ่งถูกแต่งตั้งขึ้น กรณีที่เกิดเหตุการณ์ที่ต้องใช้วิชาการในการพิจารณา ซึ่งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ชำนาญการเฉพาะแขนงสาขาวิชา เช่น กรณีที่คนงานทำงานในอุโมงค์เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก เป็นต้น

6. ขั้นตอนต่าง ๆ ในการดำเนินการสอบสวนอุบัติเหตุ

1. ผู้ควบคุมงานหรือหัวหน้างานได้รับแจ้งการเกิดอุบัติเหตุขึ้น
2. ผู้ควบคุมงานหรือหัวหน้างานแจ้งให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย ผู้จัดการโรงงาน คณะกรรมการความปลอดภัยให้ทราบถึงการเกิดอุบัติเหตุ
3. ผู้ทำการสอบสวนอุบัติเหตุรีบไปยังสถานที่เกิดอุบัติเหตุ
4. ผู้ควบคุมงานหรือหัวหน้างานทำบันทึกรายงานอุบัติเหตุ
5. ส่งรายงานไปยังหัวหน้างานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องกับสถานการณ์จริงอีกครั้ง
6. หลังตรวจสอบแล้วส่งสำเนาไปยังเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย และผู้จัดการโรงงาน
7. เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยพิจารณารายงานสอบสวนอุบัติเหตุและเสนอวิธีการแก้ไขข้อบกพร่องไปยังผู้ควบคุมงานหรือหัวหน้างาน เพื่อดำเนินงานต่อไป และแจ้งให้ผู้จัดการโรงงานและคณะกรรมการความปลอดภัยทราบ

7. หลักวิธีการสอบสวน

1. **ไป** สถานที่เกิดอุบัติเหตุทันทีที่ได้รับแจ้ง
2. **พูด** หรือสอบถามกับผู้บาดเจ็บและพยาน โดยค้นหาความจริง
3. **ฟัง** ผู้ที่อยู่รอบเหตุการณ์ สนทนาหรือวิจารณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้น (ข้อมูลจากการฟังควรนำมาประกอบการพิจารณาด้วยความรอบคอบ)
4. **ส่งเสริม** ให้ผู้อยู่ในเหตุการณ์ออกความเห็นและเสนอแนะวิธีป้องกันอุบัติเหตุ
5. **ศึกษาสาเหตุ** ที่เป็นไปได้ (UNSAFE ACT หรือ UNSAFE CONDITION)
6. **ประชุม** ปรึกษากับผู้ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการแก้ปัญหา
7. **เขียน** รายงานตามแบบฟอร์ม
8. **ติดตามผล** เพื่อให้แน่ใจว่าสภาพไม่ปลอดภัยได้ถูกแก้ไขแล้ว
9. **ประชาสัมพันธ์** ให้ทราบทั่วกัน เพื่อผลในการป้องกันอุบัติเหตุต่อไป

8. คำถามหลัก 6 คำถาม ที่ควรต้องตอบในการสอบสวนอุบัติเหตุ

WHO ใครเป็นผู้ได้รับบาดเจ็บ (บุคคล)

WHERE อุบัติเหตุเกิดขึ้นได้ที่ใด (สถานที่ แผนก)

WHEN อุบัติเหตุเกิดเมื่อไร (เวลา)

WHY ทำไมอุบัติเหตุจึงเกิดขึ้น (สาเหตุ)

WHAT เหตุการณ์อะไรเกิดขึ้น (ลำดับเหตุการณ์)

HOW จะสามารถป้องกันอุบัติเหตุคล้าย ๆ กันมิให้เกิดขึ้นซ้ำได้อย่างไร

2. การวิเคราะห์อุบัติเหตุ

1. วัตถุประสงค์การวิเคราะห์อุบัติเหตุ
   - เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดการเกิดอุบัติเหตุ (บุคคล สถานที่ เวลา วัสดุ เครื่องมือ เครื่องจักร)
   - เพื่อทราบถึงลักษณะ ปัญหา ขนาดความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุ ในเขตของโรงงานต่าง ๆ
   - เพื่อชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นที่ต้องมีเจ้าหน้าที่ปลอดภัยและชีวอนามัยตรวจตราดูแลสภาพการทำงานให้ปลอดภัยอยู่เสมอ
   - เพื่อให้ทราบถึงการปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัยของบุคคล ซึ่งจำเป็นต้องเอาใจใส่เป็นพิเศษ
   - เปิดเผยให้เห็นวิธีการทำงานต่าง ๆ ในโรงงานที่ไม่ได้ผล เช่น การออกแบบไม่ถูกต้อง อันมีส่วนก่อให้เกิดอุบัติเหตุ
   - เพื่อบรรจุบุคคลได้เหมาะสมกับงาน
   - เป็นการประเมินผลความก้าวหน้าของการจัดกิจกรรมเพื่อความปลอดภัย
2. ผู้ที่ทำหน้าที่วิเคราะห์อุบัติเหตุ
   - หัวหน้างาน วิศวกร ร่วมกัน จป. / คณะกรรมการความปลอดภัย

สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการวิเคราะห์อุบัติเหตุ

1. รายละเอียดของการสอบสวนอุบัติเหตุครบถ้วน
2. ครอบคลุมบุคคลที่เกี่ยวข้อง หรืออยู่ในเหตุการณ์ทุกคน
3. รู้จักวิธีการทำงานหรือระบบการทำงานดี
4. รู้จักเครื่องมือ เครื่องจักร ตลอดจนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำงาน

3. เทคนิคการบันทึกรายงานอุบัติเหตุ

1. ทำไมจึงต้องมีการบันทึกข้อมูล
   - เพื่อรวบรวมสถิติอุบัติเหตุและข้อมูลอื่น ๆ เกี่ยวกับการเกิดอุบัติเหตุ เช่น การวิเคราะห์อุบัติเหตุ การสอบสวนอุบัติเหตุ การจ่ายเงินค่าทดแทน
   - เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนป้องกันอุบัติเหตุ
2. มีหลักการบันทึกข้อมูลอย่างไร
   - ต้องบันทึกและรายงานอุบัติเหตุทุกครั้ง ถึงแม้อุบัติเหตุนั้นจะไม่มีผู้ได้รับบาดเจ็บ
   - การบันทึกและรายงานต้องมีการวิเคราะห์สถานการณ์มีการสอบสวนถึงสาเหตุและมีข้อเสนอแนะแนวทางในการป้องกันหรือแก้ไข
   - การบันทึกและรายงานจะต้องรวบรวมและวิเคราะห์ให้เป็นระบบข้อมูลที่นำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนป้องกันอุบัติเหตุหรือประโยชน์อื่น ๆ ได้
3. รายละเอียดที่ต้องบันทึกลงในรายงานอุบัติเหตุมีอะไรบ้าง
   - รายละเอียดเกี่ยวกับผู้บาดเจ็บ
   - ผลของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น
   - ความเสียหายการสูญเสียหรือค่าใช้จ่ายต่าง ๆ
   - รายละเอียดเกี่ยวกับการเกิดอุบัติเหตุ
   - การวิเคราะห์ถึงสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ
   - ข้อเสนอแนะและแนวทางในการป้องกันแก้ไข

แบบบันทึกรายงาน มีหลายแบบขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายและผู้ทำหน้าที่บันทึกรายงานการบาดเจ็บ

1. แบบรายงานการปฐมพยาบาล
2. แบบรายงานอุบัติเหตุของหัวหน้างาน หรือผู้ควบคุมงาน

3. แบบสรุปรายงานการบาดเจ็บ และการเจ็บป่วยของลูกจ้าง ช่วยให้หัวหน้างานหรือผู้ควบคุมงานทราบถึงอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับคนงานแต่ละคน

หัวข้อที่ใช้วิเคราะห์เพื่อค้นหาความจริงในการเกิดอุบัติเหตุ

1. ธรรมชาติหรือลักษณะของการบาดเจ็บ (Nature Of Injury)

ต้องระบุลักษณะที่บาดเจ็บ หรือบาดแผลที่ได้รับ เช่น : -

- ถูกตัด - ถูกเจาะ - ถูกบาด - ถูกกระแทก
- หัก - ไหม้ - แผลถลอก - เครียด
- เคล็ด ขัด ยอก - ล้า

2. ส่วนที่ร่างกายได้รับบาดเจ็บ (Part of Body) ต้องระบุชื่ออวัยวะของร่างกายที่ได้รับบาดเจ็บจากการเกิดอุบัติเหตุ โดยละเอียดและครอบคลุมครบความจริงที่ได้รับ เช่น

- นิ้วมือ - มือ - ข้อมือ - ต้นแขน - ศีรษะ
- ใบหน้า - ตา - หู - จมูก - ปาก
- ฟัน - ลำตัว - หลัง - ไหล่ - ก้น
- หน้าอก - สะโพก - เอว - ต้นขา - เข่า
- ข้อเท้า - เท้า - นิ้วเท้า

3. แหล่งหรือต้นตอที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บ (Source of Injury) หมายถึง วัสดุสิ่งของ หรือร่างกาย ที่เคลื่อนไหวซึ่งมีผลทำให้ได้รับบาดเจ็บโดยตรง (ข้อ 1) การพิจารณาว่า สิ่งใดจะเป็นต้นตอที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บทำได้ดังนี้

ก. วัตถุหยุดนิ่งกับเคลื่อนที่ เลือกวัตถุที่เคลื่อนที่

ข. สิ่งของเคลื่อนที่ทั้งคู่หรือหยุดนิ่งทั้งคู่ เลือกสิ่งที่ร่างกายกระทบหรือสัมผัสหลังสุด

ค. ร่างกายได้รับบาดเจ็บเพียง เคล็ด ขัด ยอก จากการยกของแล้วปิด ก็เขียนว่าเกิดจาก "การเคลื่อนไหวของร่างกาย"

4. ชนิดของอุบัติเหตุ (Accident Type) พิจารณาจากผู้ได้รับบาดเจ็บว่าได้สัมผัสวัตถุหรือสิ่งของในลักษณะใด แล้วทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นมา เช่น

1. ถูกดึงหรือถูกหนีบ
2. วัสดุหรือสิ่งของกระเด็นมาถูก
3. เดินชนหรือกระแทก วัสดุหรือเครื่องจักร
4. ตกจากที่สูง
5. สิ้นหกล้ม
6. ทำงานเกินความสามารถ
7. สัมผัสความร้อน
8. สัมผัสสารเคมี
9. สัมผัสไฟฟ้า

5. สภาพที่เป็นอันตราย (Hazardous Condition) หมายถึง สภาพแวดล้อมที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ สภาพที่เป็นอันตรายจะสัมพันธ์กับชนิดของอุบัติเหตุ (ข้อ 4) และตัวการที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ (ข้อ 6) สภาพที่เป็นอันตรายได้แก่ ไม่มีการ์ด / มีการ์ดแต่ไม่ถูกต้องหรือไม่เพียงพอ / เครื่องมือ เครื่องจักร ขบวนการผลิต ออกแบบมาไม่ปลอดภัยหรือสร้างไม่ถูกต้อง / แสงสว่างไม่เพียงพอ / การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ / เครื่องแต่งกายที่ไม่เพียงพอ / การจัดเก็บสิ่งของที่ไม่ดี เช่น แออัด / อื่น ๆ

6. สิ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ (Agency of Accident) หมายถึงส่วนประกอบ อุปกรณ์ วัสดุ สิ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ อาจจะเป็นสิ่งเดียวกับต้นตอที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บ (ข้อ 3) ก็ได้ หรือคนละสิ่งกันก็ได้ สิ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ ได้แก่

- เครื่องจักร - เครื่องมือ - แผ่นเหล็ก - ยานพาหนะ
- Conveyer - Crane - ปั้นจั่น - รอก
- Hoist - พื้น - บันได - ลิฟต์
- สารเคมี - ทางลาด - อุปกรณ์ไฟฟ้า - หม้อไอน้ำ
- ภาชนะความดัน - วัสดุที่เคลื่อนย้าย - อาคาร (ประตู หน้าต่าง ผนัง)

7. ส่วนของสิ่งของหรือตัวการที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ (Agency of Accident Part)

กรณีที่สิ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ (ข้อ 6) มีส่วนประกอบที่เป็นอันตรายแล้วก่อให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นก็ใช้ส่วนประกอบนั้นเป็นส่วนของสิ่งของที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ เช่น พนักงานใช้สว่าน เจาะเหล็ก เกิด อุบัติเหตุดอกสว่านแทงมือ กรณีนี้

สว่าน เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ

ดอกสว่าน เป็นส่วนของตัวการที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ

นั่นแสดงว่า (ข้อ 7) เป็นส่วนประกอบของ (ข้อ 6) ที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุนั่นเอง

8. การกระทำที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Act)

หมายถึง การกระทำที่ไม่ปลอดภัยของพนักงานแล้วก่อให้เกิดอุบัติเหตุแก่ตนเองหรือผู้อื่น เช่น มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล แต่ไม่สวม / ทำงานฝ่าฝืนกฎ ระเบียบ / ใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ชำรุด / ยกของหนักเกินความสามารถ / ใช้ท่าทางที่ไม่ปลอดภัย ซ่อม ขณะเครื่องกล เครื่องจักรกำลังทำงานอยู่ ฯลฯ การกระทำที่ไม่ปลอดภัยเหล่านี้เป็นสาเหตุหรือมีส่วนสนับสนุนทำให้เกิดเหตุการณ์ดัง (ข้อ 4)

9. ปัจจัยอื่นที่สนับสนุน (contributing Factors) ได้แก่ อายุ / เพศ / ลักษณะงาน / ความบกพร่องของสุขภาพร่างกาย / การขาดการเรียนรู้เกี่ยวกับอันตราย และอื่น ๆ

การประเมินค่าทางสถิติการบาดเจ็บในการทำงาน

(1) วัตถุประสงค์การประเมินค่าทางสถิติการบาดเจ็บในการทำงาน

1.1 เพื่อประเมินการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นในแต่ละแผนก แต่ละฝ่ายหรือแต่ละหน่วยงาน หรือโรงงานหากแผนก ฝ่าย หรือหน่วยใดมีอัตราการบาดเจ็บสูงกว่าปกติ ก็เป็นหน้าที่ฝ่ายบริหารหรือฝ่ายความปลอดภัยจะต้องหาทางพิจารณาป้องกัน

1.2 เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างหน่วยงานต่อหน่วยงาน โรงงานต่อโรงงานหรือบริษัทต่อบริษัท

1.3 เพื่อประเมินผลการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นในช่วงต่าง ๆ เช่น ในแต่ละเดือนหรือแต่ละปี

1.4 เพื่อใช้เป็นข้อมูลขั้นพื้นฐาน ในการวางแผนโครงการป้องกันอุบัติเหตุในโรงงานหรือใช้ในการแข่งขันการประกวดความปลอดภัย ในโครงการป้องกันอุบัติเหตุต่าง ๆ

(2) วิธีการคำนวณการประเมินค่าการบาดเจ็บ

สถาบันมาตรฐานความปลอดภัยสหรัฐอเมริกา (American National Standard Institute) โดยกำหนดวิธีการประเมินผลโดยวิธีการคำนวณจาก

2.1 อัตราความพี่การบาดเจ็บ (Injury Frequency Rate = I.F.R)

การคำนวณอัตราความถี่ของการบาดเจ็บ คำนวณจากจำนวนรายของพนักงานที่ได้รับบาดเจ็บ เนื่องจากการทำงานในช่วงระยะเวลาหนึ่งต่อชั่วโมงการทำงาน 1,000,000 ชม.

สูตร $I.F.R = \frac{N}{MH} \times 1{,}000{,}000$

N = จำนวนรายผู้ที่ได้รับบาดเจ็บในหน่วยงาน

(Number of injured workers)

MH = จำนวนชั่วโมงการทำงานทั้งสิ้นของคนงานในหน่วยงานนั้น

(Total workers man hours)

2.2 อัตราความรุนแรงของการบาดเจ็บ (Injury Severity Rate = I.S.R.)

การคำนวณอัตราความรุนแรงของการบาดเจ็บ คำนวณจากจำนวนวันทั้งหมดที่คนงานต้อง หยุดงานเพื่อรักษาพยาบาลจนกว่าจะกลับไปทำงานใหม่ได้ ต่อชั่วโมงการทำงาน 1,000,000 ชั่วโมง

สูตร $I.S.R = \frac{DL}{MH} \times 1{,}000{,}000$

DL = จำนวนวันที่หยุดงานหรือสูญเสียไปเนื่องจากการเกิดการบาดเจ็บ

(Number of days lost)

MH = จำนวนชั่วโมงการทำงานทั้งสิ้นของคนงานในหน่วยงานนั้น

(Total workers man hours)

2.3 ความรุนแรงโดยเฉลี่ยของการบาดเจ็บ (Average severity index = A.S.I)

ความรุนแรงโดยเฉลี่ยของการบาดเจ็บเป็นการคำนวณเพื่อหาจำนวนวันโดยเฉลี่ยที่พนักงานหยุดงานหรือขาดคนไปต่อผู้บาดเจ็บหรือผู้ประสบอันตรายจำนวน 1 ราย

สูตร A.S.I. $= \frac{DL}{N}$

หรือ A.S.I $= \frac{I.S.R}{I.F.R}$

2.4 ดัชนีการบาดเจ็บพิการ (Disabling injury index = D.I.I.)

การคำนวณดัชนีการบาดเจ็บพิการเพื่อเป็นการช่วยพิจารณาตัดสินความรุนแรงของปัญหา โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความถี่การบาดเจ็บและอัตราความรุนแรงของการบาดเจ็บรวมออกมาเป็นดัชนีเดียวกัน

สูตร D.I.I $= \frac{I.F.R \times I.S.R}{1,000}$

ในกรณีที่คนทำงานได้รับบาดเจ็บและมีการสูญเสียอวัยวะบางส่วนในการคำนวณความรุนแรงของการบาดเจ็บจะต้องคิดถึงวันที่ต้องสูญเสียไปเนื่องจากไม่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามปกติได้

ตัวอย่างการประเมินค่าสถิติการบาดเจ็บในการทำงาน

ตัวอย่างที่ 1 จากสถิติ 2525 บริษัทแห่งหนึ่งมีคนงาน 100 คน ทำงานอาทิตย์ละ 40 ชั่วโมง นับตั้งแต่เดือนมกราคมถึงสิ้นสุดเดือนมิถุนายน รวม 6 เดือน มีคนงานบาดเจ็บ 10 คน และสูญเสียเวลาทำงานไป 115 วัน (1 ปี มี 52 สัปดาห์)

จงคำนวณหาอัตราความถี่ของการบาดเจ็บและอัตราความสาหัสของการบาดเจ็บ

วิธีทำ อัตราความถี่ของการบาดเจ็บ (I.F.R.) $= \frac{N}{MH} \times 1,000,000$

$= \frac{10 \times 1,000,000}{100 \times 40 \times 26} = 96$

อัตราความรุนแรงของการบาดเจ็บ (I.S.R) $= \frac{DL}{MH} \times 1,000,000$

$= \frac{115 \times 1,000,000}{100 \times 40 \times 26} = 1,105$

จากการคำนวณพบว่าบริษัทแห่งนี้มีผู้ได้รับบาดเจ็บประมาณ 96 รายต่อชั่วโมง การทำงาน 1 ล้านชั่วโมง และมีวันหยุดงานหรือวันที่สูญเสียไป 1,105 วันต่อชั่วโมงการทำงาน 1 ล้านชั่วโมง

หากพนักงานที่บาดเจ็บหนึ่งคน (ในจำนวน 10 คน) นี้ซึ่งสูญเสียเวลาการทำงานไป 15 วัน สมมติว่าพนักงานคนนี้ถูกตัดนิ้วไป 3 นิ้วในมือข้างเดียวกัน ถามว่าบริษัทนี้จะมีอัตราความรุนแรงของการบาดเจ็บเท่ากับเท่าไร

วิธีทำ พนักงาน 9 คน ที่ได้รับการบาดเจ็บสูญเสียเวลาไป 115-15 = 100 วัน

พนักงานที่ถูกตัดนิ้ว 3 นิ้ว ในมือข้างเดียวกันคิดเวลาสูญเสียไป 1200 วัน

รวมเวลาที่พนักงานเสียเวลาทำงานไปทั้งหมด 1,200 + 100 = 1,300 วัน

อัตราความรุนแรงของการบาดเจ็บ $= \frac{1,300 \times 1,000,000}{100 \times 40 \times 26} = 12,500$

จากการคำนวณแสดงผลทุก ๆ 1 ล้านชั่วโมงการทำงานจะมีการหยุดงาน 12,500 วัน

หมายเหตุ กรณีที่พนักงานได้รับบาดเจ็บสูญเสียอวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่งพิการ ทุพพลภาพหรือถึงแก่ชีวิตให้คิดเฉพาะค่าเวลาที่เสียไปตามมาตรฐาน (1,200 วัน) แต่ไม่ต้องรวมเวลาที่พนักงานต้องหยุดลงจริง (15 วัน) ตามตัวอย่าง

SAFE – T – SCORE

สูตร $$\text{SAFE} - \text{T} - \text{SCORE} = \frac{\text{Injury Frequency Rate (now)} - \text{Injury Frequency Rate (oast)}}{\sqrt{\frac{\text{Injury Frequency Rate (oast)}}{\text{Million workor} - \text{hours (now}}}}$$

$$= \frac{\text{I.F.R.(now)} - \text{I.F.R(past)}}{\sqrt{\frac{\text{I.F.R.(Past)}}{\text{million wor ker} - \text{hours (now}}}}$$

ค่าของ STS เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย ซึ่งผลการคำนวณตามสูตรออกมาจะมีความหมาย ดังนี้

1. ถ้า STS อยู่ระหว่าง + 2.00 และ –2.00 แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ไม่ได้ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการ RANDOM FLUCTUATION
2. ถ้า STS มีค่าตั้งแต่ + 2.00 ขึ้นไป แสดงว่า ข้อมูลสถิติหรืออัตราการประสบอันตรายในปัจจุบันเลวกว่าอดีตที่ผ่านมา ซึ่งหมายถึงว่ามีอะไรบางสิ่งบางอย่างผิดปกติเกิดขึ้น
3. ถ้า STS มีค่าตั้งแต่ -2.00 ลงไป แสดงว่าข้อมูลสถิติหรืออัตราการประสบอันตรายในปัจจุบันดีกว่าในอดีตที่ผ่านมาอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งถือว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดี

ตัวอย่าง จงเปรียบเทียบอัตราการบาดเจ็บ (injury Frequency Rate = I.F.R) ที่เกิดขึ้นใน แผนก ก และ ข

ปี เดือน	ข้อมูล	แผน ก	แผนก ข
ปีที่แล้ว	อุบัติเหตุ	10 ราย	1,000 ราย
		10×1,000,000	1,000×1,000,000
		10,000	1,000,000
	จำนวนชั่วโมงการทำงานทั้งสิ้นของคนงาน	10,000 ราย	1,000,000 ราย
	I.F.R	1,000	1,000
ปีนี้	อุบัติเหตุ	15 ราย	1,100 ราย
		15×1,000,000	1,100×1,000,000
		10,000	1,000,000
	จำนวนชั่วโมงการทำงานทั้งสิ้นของคนงาน	10,000 ราย	1,000,000 ราย
	I.F.R	1,500	1,100
	I.F.R. ที่เกิดขึ้น		

แปรผล

จากสูตร Safe – T - SCORE

$$STS = \frac{I.F.R.(now) - I.F.R.(past)}{\sqrt{\frac{I.F.R.(past)}{Million\ \ worker - hours\ (now)}}}$$

ตัวอย่างการวิเคราะห์อุบัติเหตุตามรายงานอุบัติเหตุ

ตัวอย่างที่ 1 ชายคนหนึ่งทำงานเลื่อยไม้โดยใช้เครื่องจักร เอื้อมมือข้ามใบเลื่อยวงเดือนซึ่งกำลังหมุน เพื่อหยิบเศษไม้อีกชิ้นหนึ่ง มือของเขาสัมผัสเข้ากับแผ่นใบเลื่อย ซึ่งไม่มีเครื่องป้องกันอันตรายและนิ้วหัวแม่มือถูกเลื่อยตัด อาการร้ายแรง

การวิเคราะห์

(1) ธรรมชาติหรือลักษณะของการบาดเจ็บ	- นิ้วถูกตัด
(2) ส่วนของร่างกาย	- นิ้วหัวแม่มือ
(3) แหล่งหรือต้นตอที่ทำให้เกิดบาดเจ็บ	- เลื่อยวงเดือน
(4) ประเภทหรือชนิดของอุบัติเหตุ	- กระทบหรือชน
(5) สภาพที่เป็นอันตราย	- ไม่มีเครื่องป้องกัน
(6) ตัวการหรือสิ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ	- เลื่อยวงเดือน
(7) ส่วนของตัวการหรือสิ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ	- ใบเลื่อย
(8) การกระทำที่ไม่ปลอดภัย	- ทำความสะอาดเครื่องจักรในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงาน

ตัวอย่างแบบบันทึกการวิเคราะห์อุบัติเหตุ

การวิเคราะห์อุบัติเหตุ

โรงงาน.....แผนก.....

อันดับ	หัวข้อการวิเคราะห์	รายที่.....	รายที่.....	รายที่.....	รายที่.....
1.	ลักษณะการบาดเจ็บ				
2.	ส่วนของร่างกาย				
3.	ต้นเหตุการบาดเจ็บ				
4.	ประเภทอุบัติเหตุ				
5.	สภาพที่เป็นอันตราย				
6.	ตัวการที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ				
7.	ส่วนของตัวการที่เกิดอุบัติเหตุ				
8.	การกระทำที่ไม่ปลอดภัย				
9.	ปัจจัยเอื้ออำนวยอื่น ๆ				

ลงชื่อ.....ผู้ทำการวิเคราะห์

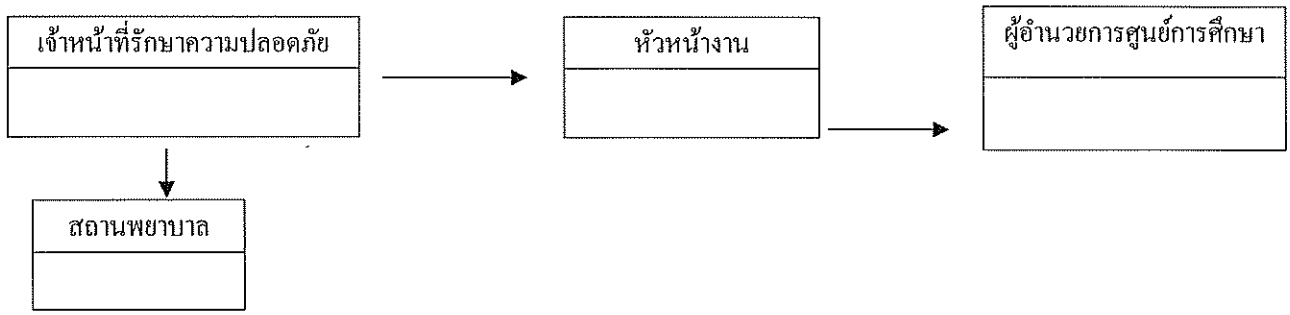
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบฟอร์มการรายงานอุบัติเหตุและการเจ็บป่วย

อาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายงานการเกิดอุบัติเหตุและการเจ็บป่วย



1. ผู้ที่ได้รับบาด/เจ็บป่วย

ชื่อพนักงาน	เลขประจำตัวประชาชน		ตำแหน่ง
แผนก	อายุ	เพศ	ระยะเวลาที่ทำงาน
วันที่เขียนรายงาน		เวลางาน ☐ เช้า ☐ บ่าย ☐ กลางคืน	
ผลของอุบัติเหตุ/เจ็บป่วย ☐ ทรัพย์สินเสียหาย ☐ ได้รับบาดเจ็บ ☐ ไม่มีทรัพย์สินเสียหาย ☐ ไม่ได้รับบาดเจ็บ		ความรุนแรงของอุบัติเหตุ/เจ็บป่วย ☐ หยุดงาน_____วัน ☐ รักษาพยาบาล ☐ ปฐมพยาบาล ☐ เสียชีวิต	

2.รายละเอียดของเหตุการณ์

สถานที่เกิดอุบัติเหตุ	วันที่เกิดอุบัติเหตุ/เจ็บป่วย	เวลาที่เกิดอุบัติเหตุ/เจ็บป่วย
ชนิดของอุบัติเหตุ/เจ็บป่วย (ดูหน้า 2)	ปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ/เจ็บป่วย (ดูหน้า 2)	
ขณะเกิดอุบัติเหตุ/เจ็บป่วย (ดูหน้า 2)	ส่วนของร่างกายที่ได้รับบาดเจ็บ(ดูหน้า 2)	
ชื่อพยานผู้เห็นเหตุการณ์	ลักษณะของการบาดเจ็บ(ดูหน้า 2)	
รายละเอียดขณะเกิดอุบัติเหตุ	รูปภาพประกอบ	

ชื่อผู้รายงาน_____(ผู้ที่ได้รับอุบัติเหตุ/ เจ็บป่วย, รปภ.,หัวหน้างาน)

3. มาตรการป้องกัน

สาเหตุของอุบัติเหตุ (ดูหน้า 2)	มาตรการการแก้ไขเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ
ระยะเวลาในการแก้ไข	
ผู้รับผิดชอบในการแก้ไข	

ชนิดของอุบัติเหตุ/เจ็บป่วย

1. ชนกับ..... 2. ถูกชนโดย.....3. .....ตกใส่ 4. .....ล้มทับ 5. สัมผัสกับกระแสไฟฟ้า 6. ถูกบาดโดย.....7. ถูกหนีบโดย.....8. ไฟไหม้ 9. อื่นๆ.....

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บ/เจ็บป่วย

1. อุปกรณ์ไฟฟ้า 2. แก้ว,อุปกรณ์แก้ว 3. พื้น 4. เฟอร์นิเจอร์ เช่น โต๊ะ, เก้าอี้ 5. สิ่งแวดล้อม เช่น เสียง, แสง, ความร้อน 6. หีบห่อพัสดุ เช่น กล่อง แฟ้ม 7. บันได 8. ตู้เก็บเอกสาร 9. อุปกรณ์ทำความสะอาด 10. อุปกรณ์สำนักงาน เช่น กรรไกร, ที่เย็บกระดาษ 11. ผนังกั้นห้องชั่วคราว 12 อุปกรณ์ขนย้าย 13. อื่นๆ.....

ขณะเกิดอุบัติเหตุ/เจ็บป่วย กำลังปฏิบัติงาน

1.จัด,วาง 2.ความสะอาด 3.ส่งของ 4. ขน, เคลื่อนย้าย 5. ทำงานสำนักงาน 6. เดินในสำนักงาน 7. ตรวจสอบ 8. ซ่อมแซม 9. อื่นๆ .....

ส่วนของร่างกายที่ได้บาดเจ็บ

1. ศีรษะ 2.ใบหน้า 3.ตา 4.หู 5.คอ 6.ไหล่ 7.แขน,ข้อศอก 8.มือ,ข้อมือ 9.นิ้วมือ 10.หลัง 11.หน้าอก 12.เอว 13.ท้อง14. สะโพก 15.ขา,เข่า1 6.เท้า,ข้อเท้า 17.นิ้วเท้า 18.บาดเจ็บหลายส่วน19อื่น.....

ลักษณะของการบาดเจ็บ

1.ถูกบาด 2. เคล็ด,ยอก 3.กระแทก 4.หนีบ 5.กระดูกหัก 6.แผลถูกบาด 7.แผลฉลอก 8.แผลไฟไหม้ 9.ข้อเคลื่อน 10.ถูกกระแสไฟฟ้าช็อต 11. โรคผิวหนังจากการทำงาน 12.มีอาการหลายอย่าง 12.อื่น.....

สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ

การกระทำที่ไม่ปลอดภัย	สภาพการที่ไม่ปลอดภัย
1. ใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม 2. ใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ชำรุด 3. มีการเก็บหรือกองเอกสารไม่เหมาะสม 4. ปฏิบัติงานในขณะที่อุปกรณ์หรือเครื่องมือไม่เหมาะสม 5. ปฏิบัติงานในขณะที่อยู่ในตำแหน่งหรือท่าทางที่ไม่ปลอดภัย 6. ทำการดัดแปลงหรือแก้ไขอย่างไม่เหมาะสม 7. ยก, เคลื่อนย้าย หรือส่งด้วยวิธีที่ไม่ปลอดภัย 8. ทำความสะอาดในขณะที่อุปกรณ์หรือเครื่องมือทำงาน 9. ปฏิบัติงานโดยใช้อวัยวะที่ไม่เหมาะสม 10. หยอกล้อหรือเล่นขณะที่ปฏิบัติงาน 11. อื่นๆ.....	1. วางหรือจัดเก็บไม่เหมาะสม 2. ไม่ปิดป้ายชื่อเครื่องมือหรืออุปกรณ์ให้ชัดเจน 3. อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ไม่เหมาะสม 4. อุปกรณ์หรือเครื่องมือชำรุด 5. ไม่มีการหุ้มฉนวนป้องกันไฟฟ้า 6. ไม่มีการต่อสายดิน(ไฟฟ้า) 7. สถานที่ปฏิบัติงานไม่เหมาะสม, ไม่เพียงพอ 8. ทางเดินทางหนีไฟไม่เพียงพอ 9. เครื่องแต่งกายไม่เหมาะสม 10. สภาพและสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม(แสงสว่าง) 11. การระบายอากาศไม่เหมาะสม 12. อื่นๆ.....

สรุปประจำบทที่ 4

1. การสอบสวนอุบัติเหตุเป็นหัวใจสำคัญของการป้องกันอุบัติเหตุ ผลจากการสอบสวนสามารถนำไปวางมาตรการในการป้องกันอุบัติเหตุ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 4 ประการ อุบัติเหตุที่ต้องสอบสวนมีลักษณะดังนี้ คือ อุบัติเหตุที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บถึงขั้นพิการหรือตาย อุบัติเหตุที่มีการบาดเจ็บเล็กน้อย อุบัติเหตุที่ทำให้อุปกรณ์หรือทรัพย์สินเสียหาย และอุบัติเหตุที่เกือบจะทำให้เกิดการบาดเจ็บหรือมีอาการใกล้จะบาดเจ็บ หลักการและวิธีการสอบสวนอุบัติเหตุ ประกอบด้วยหลักการสอบสวนของบุคลากรผู้ทำหน้าที่สอบสวนขั้นตอนต่าง ๆ และเทคนิคในการสอบสวนเพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างถูกต้องและได้ข้อเท็จจริง
2. การวิเคราะห์อุบัติเหตุเป็นการรวบรวมข้อมูลจากข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับอุบัติเหตุและการบาดเจ็บ แล้วนำมาวิเคราะห์ให้เป็นระบบเพื่อนำมาใช้ในการป้องกันอุบัติเหตุได้อย่างถูกต้อง หลักวิธีการวิเคราะห์อุบัติเหตุที่ดีจะก่อให้เกิดประสิทธิผลในการป้องกันอุบัติเหตุ ประกอบด้วยรายการการวิเคราะห์อุบัติเหตุ คำถามหลักในการวิเคราะห์อุบัติเหตุ และรายละเอียดในการวิเคราะห์อุบัติเหตุแต่ละหัวข้อซึ่ง สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบบันทึกการวิเคราะห์อุบัติเหตุที่เหมาะสม
3. การบันทึกรายงานอุบัติเหตุเป็นการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นเพื่อค้นหาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งนำไปสู่การจัดทำมาตรการวางแผนป้องกันอุบัติเหตุในการทำงานต่อไป วิธีการบันทึกรายงานอุบัติเหตุ ประกอบด้วยหลักการบันทึกข้อมูล ซึ่งต้องตรงกับความเป็นจริงและปราศจากอคติ ทำให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้และสามารถนำไปวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีการประเมินค่าสถิติการบาดเจ็บในการทำงานเพื่อประเมินการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นในหน่วยงานหรือช่วงเวลาต่าง ๆ ว่ามีอัตราการบาดเจ็บมาก-น้อยกว่าปกติเพียงใด วิธีการประเมินค่าทางสถิติโดยใช้การคำนวณค่าการบาดเจ็บของสถาบันมาตรฐานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา และการประยุกต์ใช้หลักเซฟ ที สกอร์ ในการเปรียบเทียบอัตราความถี่การบาดเจ็บ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำถามประจำบทที่ 4

1. จงบอกวัตถุประสงค์ของการสอบสวนอุบัติเหตุ
2. จงวิเคราะห์อุบัติเหตุต่อไปนี้

อุบัติเหตุรายที่ 1

รถยกคันหนึ่ง วิ่งไปชนกองไม้ที่วางระเกะระกะที่ทางเดิน ทำให้รถยกเสียหลักออกจากเส้นทางไปชน (Struck) คนคุมเครื่องจักร ซึ่งกำลังปฏิบัติงานอยู่ ปรากฏว่าเขาถูกชนขาหัก (Fracture) ตรงบริเวณข้อเท้าและเข่า

อุบัติเหตุรายที่ 2

คนงานคนหนึ่งมีหน้าที่ทำความสะอาดตัวตึกโรงแรมมีชื่อแห่งหนึ่ง เมื่อได้เวลาอาหารกลางวัน แทนที่คนงานนั้นจะลงมาตามขั้นบันไดตามปกติ ด้วยความหิวมากเขาจึงกระโดดลงมาบนพื้นข้างล่างผลปรากฏว่า ข้อเท้าเคล็ดยอก (sprain) เดินไม่ได้หลายวัน

3. จงบอกหลักการบันทึกรายงานอุบัติเหตุ

แนวคำตอบประจำบทที่ 4

1) วัตถุประสงค์ของการสอบสวนอุบัติเหตุ ประกอบด้วย
   1. หาสาเหตุของอุบัติเหตุ เพื่อว่าอุบัติเหตุที่มีลักษณะคล้าย ๆ กันจะสามารถป้องกันได้
   2. ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงขบวนการผลิตหรือวิธีการปฏิบัติงานของคนที่ทำให้เกิดความผิดพลาด ซึ่งนำไปสู่การเกิดการเกิดอุบัติเหตุ
   3. ประชาสัมพันธ์ถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับคนงาน ซึ่งเป็นการสร้างความสนใจในการป้องกันอุบัติเหตุร่วมกัน
   4. พิจารณาค้นหาความจริง โดยอาศัยบรรทัดฐานของกฎหมาย

2) ตารางแสดงการวิเคราะห์อุบัติเหตุ

อันดับ	หัวข้อการวิเคราะห์	รายที่...1..	รายที่...2..
1.	ลักษณะการบาดเจ็บ	ขาหัก	ข้อเท้าเคล็ด
2.	ส่วนของร่างกาย	ข้อเท้าและเข่า	ข้อเท้า
3.	ต้นเหตุการบาดเจ็บ	รถยก	การเคลื่อนไหวของร่างกาย
4.	ประเภทอุบัติเหตุ	ชน	ตกจากที่สูง
5.	สภาพที่เป็นอันตราย	กองไม้ขวางทาง	ทำงานอยู่บนที่สูง
6.	ตัวการที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ	รถยก	การเคลื่อนไหวของร่างกาย
7.	ส่วนของตัวการที่เกิดอุบัติเหตุ	รถ	ความหิวและความประมาท
8.	การกระทำที่ไม่ปลอดภัย	-	ไม่ลงตามขั้นบันไดปกติ
9.	ปัจจัยเอื้ออำนวยอื่น ๆ	ลักษณะงานไม่ปลอดภัย	ความประมาท, โดดจากที่สูง

3) หลักการบันทึกรายงานอุบัติเหตุ มีดังนี้

- ต้องบันทึกและรายงานอุบัติเหตุทุกครั้ง ถึงแม้อุบัติเหตุนั้นจะไม่มีผู้ได้รับบาดเจ็บ
- การบันทึกและรายงานต้องมีการวิเคราะห์สถานการณ์มีการสอบสวนถึงสาเหตุและมีข้อเสนอแนะแนวทางในการป้องกันหรือแก้ไข
- การบันทึกและรายงานจะต้องรวบรวมและวิเคราะห์ให้เป็นระบบข้อมูลที่นำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนป้องกันอุบัติเหตุหรือประโยชน์อื่น ๆ ได้

บทที่ 5
เทคนิคการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย

แผนการเรียนประจำบทที่ 5

วิชา 618344 การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม หน่วยกิต 3(2-3-4)
(Industrial safety management)

ชื่อบทเรียน เทคนิคการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย

หัวเรื่อง

1. เทคนิคการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย
2. การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย (Job Safety Analysis :JSA)
3. การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)

แนวคิด

1. การวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย เป็นวิธีการวิเคราะห์อย่างมีระบบในเรื่องวิธีการทำงานหรือกระบวนการผลิต ว่าในแต่ละองค์ประกอบของงานหรือแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตมีปัจจัยใดที่จะทำให้เกิดอันตรายและหาวิธีการในการป้องกัน
2. การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยเป็นหนึ่งในเทคนิคที่ใช้ค้นหาอันตรายที่แฝงมากับการทำงาน ซึ่งจะนำมาใช้กำหนดแผนการปรับปรุงงานให้ปลอดภัยได้
3. การประเมินความเสี่ยงเป็นการค้นหาอันตรายจากสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ไม่เหมาะสม เพื่อนำมาพิจารณาว่าเป็นความเสี่ยงระดับใดจากความรุนแรงและโอกาสที่จะเกิดอันตราย

วัตถุประสงค์

-วัตถุประสงค์ทั่วไป เพื่อให้นักศึกษามีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย วิธีการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัยอื่นๆ เช่น การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย เป็นต้น

-วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษา สามารถ :

1. อธิบายความหมาย วัตถุประสงค์ และความสำคัญของการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัยได้
2. อธิบายปัจจัยสำคัญที่ควรพิจารณา ประโยชน์และรูปแบบของการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัยได้
3. ดำเนินการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยได้

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. ศึกษาคู่มือการเรียนรายวิชา บทที่ 5
2. ศึกษาต้นแบบสื่อประกอบการเรียนการสอน (โฮมเพจรายวิชา)
3. ทำคำถามประเมินผลหลังเรียน
4. ศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งวิทยาการที่แนะนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5

เทคนิคการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย

1. การวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย

การวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย หมายถึง วิธีการวิเคราะห์อย่างมีระบบในเรื่องวิธีการทำงานหรือกระบวนการผลิต ว่าในแต่ละองค์ประกอบของงานหรือแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตมีปัจจัยใดที่จะทำให้เกิดอันตรายและหาวิธีการในการป้องกัน

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย

1. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ หรือทำให้ทรัพย์สินเสียหาย เรียกสิ่งเหล่านั้นว่าอันตราย
2. เพื่อนำผลการวิเคราะห์มาใช้ในการปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือกระบวนการผลิตให้ถูกต้องปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานและทรัพย์สิน
3. เพื่อทราบวิธีการป้องกันควบคุมอันตรายหรืออุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นจากการทำงาน

ปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย

1. ผู้ทำการวิเคราะห์ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุด ซึ่งต้องมีความรู้ความเข้าใจอย่างดีในระบบงาน เช่น เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน วิศวกร หัวหน้างานและผู้ปฏิบัติงาน
2. วิธีการใช้ในการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย ขึ้นอยู่กับ

2.1 ต้องการข้อมูลในลักษณะใด

2.2 ลักษณะกระบวนการผลิต

2.3 เวลาและงบประมาณ

2.4 บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ

3. สิ่งที่จะทำการวิเคราะห์

3.1 ความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุ

3.2 ความรุนแรงของการบาดเจ็บ

3.3 การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต

ตัวอย่างการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย

1.การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย (JOB SAFETY ANALYSIS : JSA)

2. การวิเคราะห์แบบฟอล์ท ทรี (FAULT TREE ANALYSIS :FTA)

3. การวิเคราะห์แบบเฟเลีย โมด์ แอนด์ เอเฟคท์ (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS : FMEA)

2. การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย (Job Safety Analysis)

จะเห็นได้ว่าขบวนการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยเป็นกระบวนการหนึ่งที่ใช้ค้นหาอันตรายที่แฝงมากับการทำงาน ซึ่งจะนำมาใช้กำหนดแผนการปรับปรุงงานให้ปลอดภัยได้

1. ศึกษาและบันทึกขั้นตอนของงานเพื่อให้ทราบถึงอันตรายที่มีอยู่หรือแฝงอยู่ในงานนั้น
2. กำหนดแนวทางที่ดีที่สุดในการทำงาน เพื่อที่จะหลีกเลี่ยง, ลด, หรือขจัด รวมทั้งการป้องกัน, ควบคุมอันตรายนั้น

หน่วยงานที่ได้นำเอาวิธีการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างจริงจังแล้วจะช่วยให้การทำงานสำเร็จโดยรวดเร็วและราบรื่นลดการเกิดอุบัติเหตุ ขวัญของผู้ปฏิบัติงานดีขึ้นและส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นในที่สุด

การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยอาศัยหลัก 3 ประการ คือ

1. ตระหนักถึงอันตรายที่เกิดขึ้นจากการทำงาน
2. ประเมินผลของอันตรายนั้น
3. หามาตรการป้องกันหรือควบคุมอันตรายนั้น

ผู้ดำเนินการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย

ผู้ดำเนินการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย ควรจะเป็นผู้ที่เข้าใจ Process ของงานเป็นอย่างดี สามารถแยกแยะขั้นตอนของงานและทราบถึงอันตรายที่แฝงมากับขั้นตอนต่าง ๆ ได้ดี นอกจากนั้นแล้วยังทราบถึงขนาดความรุนแรงของอันตรายและวิธีการป้องกันอันตรายนั้น

พนักงานที่เกี่ยวข้องกับงานที่จะวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยนั้น พนักงานมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์เป็นอย่างมาก เป็นทั้งผู้ช่วยเหลือในการให้คำตอบในขั้นตอนต่าง ๆ หรือเป็นตัวอย่างสาธิตเพื่อวิจัยหาอันตรายที่แฝงมากับขั้นตอนการทำงาน ดังนั้นจึงควรจะได้ดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพนักงานดังนี้

1. ควรเลือกพนักงานที่มีประสบการณ์ในงานนั้น และเป็นผู้ที่ให้ความร่วมมืออย่างเต็มที่ ในการเฝ้าสังเกตการทำงาน
2. ควรชี้แจงให้พนักงานทราบถึงวัตถุประสงค์ว่าเป็นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงอันตรายเพื่อการขจัดและการควบคุมอันตรายนั้น มิใช่เป็นการเฝ้าสังเกตเพื่อจับผิดพนักงาน
3. ควรจะให้พนักงานได้มีส่วนร่วมในการวิเคราะห์งานทุกขั้นตอน นับตั้งแต่การทบทวนเกี่ยวกับขั้นตอนต่าง ๆ ของงาน การหารือเกี่ยวกับอันตรายที่แฝงอยู่ในงานนั้นและการเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไข

ขั้นตอนการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย

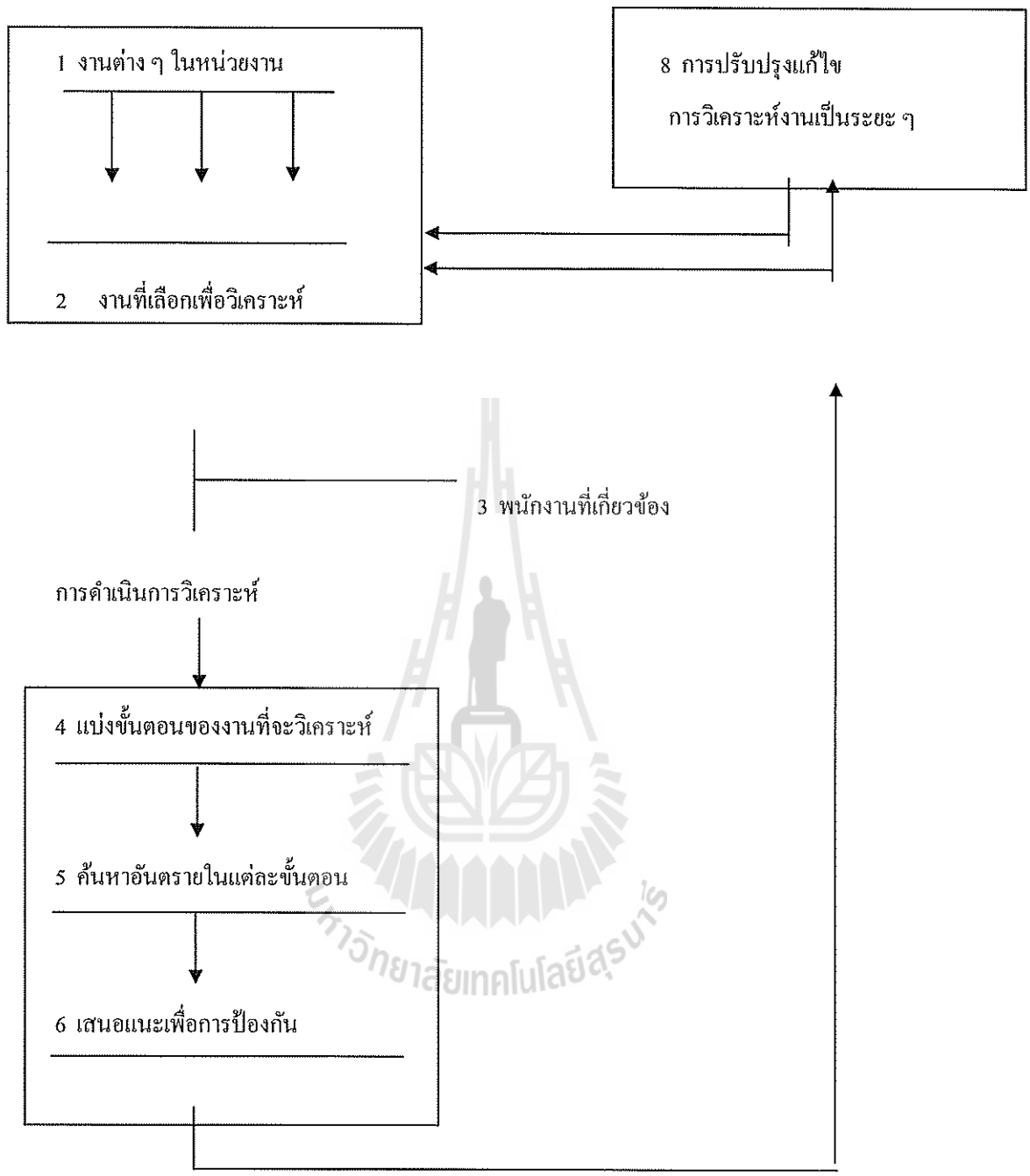
การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย มีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. เลือกงานที่จะวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย
2. การดำเนินการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย
   2.1 แยกงานที่จะวิเคราะห์ออกเป็นขั้นตอนย่อย
   2.2 ค้นหาอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน
   2.3 การเสนอแนะเพื่อป้องกันอันตรายและปรับปรุงแก้ไข
3. การปรับปรุงแก้ไขการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยเป็นระยะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แผนภูมิ

ขั้นตอนการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย



จากรายละเอียดแผนภูมิการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย เริ่มจาก

1. พิจารณาเลือกงานที่จะวิเคราะห์จากงานต่าง ๆ ในหน่วยงาน
2. งานที่ได้รับการเลือกเพื่อการวิเคราะห์มักเป็นงานที่มีอันตรายและความสำคัญสูงสุด
3. ควรจะชี้แจงและหารือกับพนักงานที่ทำงานนั้นให้เป็นที่เข้าใจแล้วจึง
4. แบ่งแยกงานที่จะวิเคราะห์ออกเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ต่อไป
5. ค้นหาอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน ขั้นต่อไปก็
6. เสนอแนะเพื่อการป้องกันอันตรายและปรับปรุงแก้ไขของแต่ละขั้นตอน

7. ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ และ
8. จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยเป็นระยะ เพื่อให้การวิเคราะห์นั้นมีประสิทธิภาพสูงสุด

การเลือกงานที่จะวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย

โดยปกติแล้วงานทุกงานควรจะได้รับการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย ไม่ว่างานนั้นจะเป็นงานพิเศษหรืองานประจำ แต่การที่จะเลือกเพื่อทำการวิเคราะห์นั้นจะต้องเป็นไปตามระดับอันตรายและความสำคัญของงานนั้น ในการจัดลำดับความสำคัญของงานต่าง ๆ ควรจะพิจารณาจากสถิติ , ข้อมูล และรายงานต่าง ๆ ของหน่วยงานดังเช่น

1. ความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุของงาน
2. ความพิการที่เกิดจากการทำงานในแต่ละงาน
3. ลักษณะของความรุนแรงที่แฝงอยู่ในงาน
4. งานใหม่ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือเปลี่ยนแปลงการใช้เครื่องมือชนิดใหม่

การดำเนินการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย

ก่อนที่จะเริ่มลงมือวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย ควรจะได้ทำการสำรวจสภาวะแวดล้อมของงานนั้น ๆ โดยใช้แบบฟอร์มสำรวจที่ประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. มีวัสดุเกะกะอยู่กับพื้นที่อาจทำให้พนักงานสะดุดลื่นล้มหรือไม่
2. แสงสว่างในบริเวณพื้นพอเพียงหรือไม่
3. มีอันตรายที่อาจเกิดจากไฟฟ้าในบริเวณนั้นหรือไม่
4. มีเครื่องมือ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ต้องซ่อมหรือไม่
5. มีเสียงดังในบริเวณงานที่เป็นอุปสรรคในการสนทนาหรือไม่
6. อาจมีการระเบิดในบริเวณนั้นหรือไม่
7. เครื่องป้องกันและผจญเพลิงมีพร้อมที่จะใช้ได้หรือไม่ และพนักงานได้รับการฝึกเพื่อใช้งานหรือไม่
8. เครื่องจักรกลที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายสิ่งของที่ได้รับการติดตั้งอุปกรณ์ที่จำเป็นหรือไม่ เช่น เบรก , ที่กั้นเหนือศีรษะ , ให้สัญญาณ, เสียงสัญญาณ
9. มีการทำเครื่องหมายชี้ทางออกฉุกเฉินหรือไม่
10. พนักงานได้รับการฝึกอบรมในการทำงานหรือไม่
11. พนักงานได้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันในการทำงานอย่างเหมาะสมหรือไม่
12. มีพนักงานบ่นปวดศีรษะ มีปัญหาการหายใจ วิงเวียนหรือได้รับกลิ่นฉุนหรือไม่
13. การระบายอากาศมีเพียงพอหรือไม่
14. มีการทดสอบ, ตรวจวัดว่ามีปริมาณออกซิเจน, ไอหรือก๊าซพิษหรือไม่

สิ่งที่กล่าวข้างต้นเป็นเพียงตัวอย่างเท่านั้น ในความเป็นจริงแล้วจะต้องมีสิ่งสำรวจเพิ่มเติมมากกว่านี้ ผลของการสำรวจจะเป็นข้อมูลประกอบในการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยต่อไป

การแยกงานออกเป็นขั้นตอนย่อย

โดยทั่วไปงานเกือบทุกงานสามารถแบ่งแยกออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้ ในการแบ่งแยกขั้นตอนนั้น อาจจะทำได้โดยการเฝ้าสังเกตจากการทำงานของพนักงาน แล้วทำรายการของขั้นตอนตามลำดับ ซึ่งจะต้องแน่ใจว่าได้ข้อมูลมากพอที่จะสามารถอธิบายกิจกรรมของแต่ละขั้นตอนของงานนั้น เมื่อแบ่งแยกขั้นตอนของแต่ละงานเสร็จแล้ว ควรได้ทบทวนขั้นตอนต่าง ๆ อีกครั้งหนึ่ง

ข้อควรระวังในการแบ่งแยกขั้นตอนนั้นคือ จะต้องไม่แบ่งจนละเอียดเกินไปหรือหยาบเกินไป จนทำให้พลาดอันตรายที่แฝงมาในแต่ละขั้นตอน

การค้นหาอันตรายที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของงาน

หลังจากที่ได้แบ่งแยกงานออกเป็นขั้นตอนย่อย ๆ แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะต้องพยายามตรวจสอบหรือค้นหาอันตรายที่แฝงอยู่ ที่อาจจะเกิดขึ้นของแต่ละขั้นตอน อันตรายที่แฝงเร้นมากับขั้นตอนการทำงาน อาจเกิดขึ้นจากงานนั้นโดยตรง เช่น ลื่น หกล้ม / ตกจากที่สูง / วัตถุตกใส่ / ถูกความร้อน / ถูกของมีคมตัดเฉือน / ถูกกระแทก, เฉี่ยวชน / ไฟฟ้าดูด / ถูกสารพิษ , สารเคมี / ขาดอากาศหายใจ / ไฟไหม้ , ระเบิด

นอกจากข้อมูลข้างต้นแล้ว ยังต้องพิจารณาต้นเหตุของอุบัติเหตุประกอบด้วย เพื่อให้การวิเคราะห์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เช่น

- อันตรายจากคนหรือกลุ่มคน
    - ทัศนคติของคนหรือกลุ่มคนเป็นอย่างไร
    - สภาวะทางร่างกายเหมาะสมหรือไม่
    - ความรู้ความชำนาญเป็นอย่างไร
    - ความพร้อมของกลุ่มเป็นอย่างไร
- เครื่องมือ , เครื่องจักร อุปกรณ์ , วัตถุดิบ
    - จำนวนมีเพียงพอหรือไม่
    - เหมาะสมหรือไม่
    - ชำรุดหรือไม่
- สิ่งแวดล้อมการทำงาน
    - มีอันตรายจากสิ่งแวดล้อมทางกายภาพหรือไม่
    - มีอันตรายจากสิ่งแวดล้อมทางเคมีหรือไม่
    - มีอันตรายจากสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพหรือไม่
- ขั้นตอนการทำงาน
    - การวางขั้นตอนการทำงานเหมาะสมหรือไม่
    - มีการลัดขั้นตอนหรือไม่

ข้อเสนอแนะในการป้องกันอันตรายและปรับปรุงแก้ไข

หลังจากที่ได้ทราบถึงอันตรายต่าง ๆ แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะต้องพยายามหาทางหรือมาตรการขจัดอันตราย เหล่านั้นให้หมดสิ้นไปโดย

1. กำหนดวิธีการทำงานใหม่ เช่น อาจมีการรวบรวมขั้นตอนบางขั้นตอนเข้าด้วยกันหรือเปลี่ยนลำดับขั้นตอนหรืออาจเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานใหม่ทั้งหมด ในการเปลี่ยนกระบวนการทำงานใหม่อาจจำเป็นต้องจัดการฝึกอบรมให้กับพนักงานด้วย
2. บางครั้งไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนวิธีการใหม่ แต่อาจจะต้องพิจารณาว่าจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมหรือการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ใหม่หรือเพิ่มฝาครอบที่เครื่องจักรจัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ทั้งนี้เพื่อขจัดและลดอันตราย ถ้าหากอันตรายยังไม่หมดไป ก็จะต้องพยายามลดความถี่การทำงานนั้นลง

การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอ

หลังจากที่ได้แนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อขจัดอันตรายจากการทำงานแล้ว การดำเนินการ แก้ไขปรับปรุงโดย

1. การดำเนินการแก้ไขในระยะสั้น
2. การดำเนินการแก้ไขในระยะยาว

การดำเนินการแก้ไขในระยะสั้น

เมื่อได้มาตรการแก้ไขอันตรายแฝงเร้นแล้ว จะเห็นได้ว่าในบางกรณีสามารถดำเนินการแก้ไขปรับปรุงขณะที่เริ่มการทำงานหรือขณะทำงานได้เลย เช่น การสอบงานความปลอดภัย, การตรวจสอบความปลอดภัยของงาน ฯลฯ เป็นต้น

การดำเนินการแก้ไขในระยะยาว

ปัญหาอันตรายแฝงเร้นหลายปัญหาที่ไม่อาจจะดำเนินการได้ในทันทีทันใด แต่ต้องอาศัยระยะเวลาเพื่อเตรียมการนานพอสมควร ในกรณีเช่นนี้จะต้องวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขในแต่ละเรื่องว่าจะแก้ไขอะไร แก้ไขอย่างไร จะเริ่มดำเนินการเพื่อการแก้ไขเมื่อไร จะนำไปใช้เมื่อไร ในการวิเคราะห์เช่นนี้จะทำให้ให้มีเวลาเตรียมการนานพอสมควร

ประโยชน์ของการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย

1. ผู้ควบคุมงานจะได้เรียนรู้งานที่เขาควบคุมมากขึ้น
2. ในขณะที่ได้มีการชักชวนให้พนักงานเข้าร่วมในการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยนั้น เชื่อว่าจะทำให้ทัศนคติและความรู้ของพนักงานในด้านความปลอดภัยดีขึ้น
3. เมื่อได้มีการวิเคราะห์ฯ งานแล้ว กระบวนการต่าง ๆ จะดีขึ้นและปลอดภัยมากขึ้นและสภาพแวดล้อมการทำงานก็จะได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นด้วย
4. ผลผลิตจากการวิเคราะห์งานฯ จะสามารถนำไปใช้ในการวางแผนงานด้านความปลอดภัยได้อย่างดี
5. สามารถนำเอาการวิเคราะห์งานฯ ไปใช้เป็นแนวทางในการฝึกอบรม พนักงานทั้งเก่าและใหม่ในด้านความปลอดภัยได้อย่างดี
6. การวิเคราะห์งานฯ จะสามารถช่วยปรับปรุงวิธีการทำงานให้ดีขึ้น การทำงานปลอดภัยมากขึ้น ลดค่าใช้จ่ายจากการเกิดอุบัติเหตุและผลผลิตเพิ่มมากขึ้น

การปรับปรุงแก้ไขในการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยเป็นระยะ

การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย จะสามารถลดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บจากการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นจะต้องมีการประเมินผลเพื่อการปรับปรุงแก้ไขการวิเคราะห์งานนั้นเป็นระยะ ๆ ซึ่งจะทำให้สามารถค้นหาข้อบกพร่องของการวิเคราะห์เดิมได้

ทุกครั้งที่มีการปรับปรุงแก้ไขในการวิเคราะห์งานฯ พนักงานควรได้รับการฝึกเพื่อปฏิบัติงานตามวิธีใหม่นั้น และจะต้องจัดหามาตรการต่าง ๆ ให้แก่พนักงานอย่างเหมาะสม

ถ้าหากเกิดอุบัติเหตุหรือการบาดเจ็บจากงานใดงานหนึ่ง จะต้องทำการประเมินผลและวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยทันที เพื่อที่จะหาทางป้องกันและแก้ไขว่าจะทำอย่างไร จำเป็นจะต้องเปลี่ยนกระบวนงานหรือไม่ และถ้าหากอุบัติเหตุนั้นเกิดจากพนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนด จะต้องมีการชี้แจงกับพนักงานทุกคนที่ทำงานนั้นในทันทีทันใด

มาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย (Safety Standard Operation Procedure : SSOP)

เมื่อทำการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยแล้ว สามารถนำมากำหนดเป็นมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ก่อนปฏิบัติงาน ขณะปฏิบัติงาน และหลังปฏิบัติงาน

ตัวอย่างการทำ JSA

งานที่วิเคราะห์ **การขัดแท่งเหล็กหล่อ**	
หน่วยงาน	โรงงาน
ผู้วิเคราะห์	วันที่

รูปขั้นตอนของงาน

ขั้นตอนที่ 1 **ขั้นตอนที่ 2** **ขั้นตอนที่ 3**

ขั้นตอนของงาน	**อันตรายที่จะเกิดขึ้น**	**มาตรการป้องกัน**	**SSOP**
1. เอื้อมมือไปหยิบแท่งเหล็กหล่อ	1.1 มือกระทบขอบกล่อง 1.2 มือถูกบาดจากผิวขรุขระของแท่งเหล็ก 1.3 แท่งเหล็กหล่นใส่เท้า	1. ให้สวมถุงมือและรองเท้าหัวเหล็ก	**ก่อนปฏิบัติงาน** 1.ตรวจสอบที่ยึดกล่องและยางขอบกล่องให้อยู่ในสภาพปกติ 2.ตรวจสอบการ์ดรอบล้อหินขัด 3.การ์ดป้องกันแท่งเหล็กหล่นใส่เท้าและฉากกั้นเศษโลหะให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน 4.สวมถุงมือหนัง รองเท้านิรภัยและแว่นตานิรภัย **ขณะปฏิบัติงาน** **5.เปิดสวิตซ์ล้อหินขัด ฟังเสียงว่ามีสิ่งผิดปกติหรือล้อหินแกว่งผิดปกติหรือไม่** **6.เอื้อมมือไปหยิบแท่งเหล็กหล่อและจับให้แน่น** **7.กดแท่งเหล็กหล่อบนล้อหินขัด ด้วยความระมัดระวังอย่าให้มือกระทบกับล้อหินขัด** หลังปฏิบัติการ 8.วางแท่งเหล็กหล่อที่ขัดเสร็จในกล่องซ้ายมือโดยให้แท่งเหล็กใส่เข้าไปอย่างน้อยครึ่งหนึ่งแล้วจึงปล่อย 9.เมื่อปฏิบัติงานเสร็จให้ปิดสวิตซ์ล้อหิน 10.ทำความสะอาดล้อหินและบริเวณข้างเคียง 11.ถอดถุงมือหนังและแว่นตานิรภัย มาทำความสะอาดแล้วเก็บไว้ในที่ที่จัดเตรียมไว้
2. กดแท่งเหล็กหล่อบนล้อหินขัด	2.1 มือกระทบล้อหินขัด 2.2 เศษโลหะกระเด็นเข้าตา 2.3 ล้อหินขัดแตก 2.4 แขนเสื้อถูกดึงเข้าล้อหินขัด	2.1 ติดตั้งการ์ดครอบล้อหินขัดให้มิดชิดมากขึ้น 2.2 ให้สวมแว่นตากันเศษโลหะ 2.3 ให้พนักงานสวมเสื้อแขนสั้น	
3. วางแท่งเหล็กหล่อในกล่องซ้ายมือ	3. มือกระทบขอบกล่อง	3. ทำกล่องให้เตี้ยลง	

3. การประเมินความเสี่ยง (RISK ASSESSMENT)

การประเมินความเสี่ยงเป็นการค้นหาอันตรายจากสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น การทำงานบนที่สูง มีเสียงดังมาก ทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตรายฟุ้งกระจาย อุปกรณ์หรือเครื่องมือชำรุด เป็นต้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะสามารถทำการประเมินความเสี่ยง ความรุนแรง โอกาสที่จะเกิดอันตราย เพื่อที่จะนำมาพิจารณาว่าเป็นความเสี่ยงระดับใด เช่น เป็นความเสี่ยงชนิดที่ยอมรับไม่ได้ เราต้องทำการควบคุมทันที ก่อนที่เราจะเริ่มทำงานนั้น

วัตถุประสงค์

1. ควบคุม กำกับ ดูแล การประกอบกิจการ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิต ทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อม
2. ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง
3. สร้างความตระหนักในด้านความปลอดภัยแก่ผู้ประกอบการ
4. ให้เกิดการทบทวนการดำเนินงานด้านความปลอดภัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อการป้องกันและควบคุมอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการโรงงาน และเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิต ทรัพย์ และสิ่งแวดล้อม ตลอดจนเป็นการสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริหารในการดำเนินงานของโรงงานที่จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางธุรกิจ และไม่ทำผิดกฎหมาย นอกเหนือจากนั้นโรงงานยังได้รับประโยชน์ต่อการบริหารงานด้านความปลอดภัย

การประเมินความเสี่ยง แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ (Qualitative Risk Assessment)

   อันประกอบด้วย กระบวนการบ่งชี้ความเป็นอันตราย (Hazard Identification)

2. การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative Risk Assessment)

   ประกอบด้วยกระบวนการดังต่อไปนี้

   2.1.1 การประเมินการตอบสนองต่อปริมาณ (Dose-Response Assessment)

   2.1.2 การประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure Assessment)

   2.1.3 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization)

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง

มาตรการป้องกันและควบคุมสาเหตุของการเกิดอันตราย (Control Measure)

1. การออกแบบ การสร้าง และการติดตั้ง เครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือ ตลอดจนการใช้วัสดุที่ได้ มาตรฐาน
2. การทำงานหรือการปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่ถูกต้อง
3. การซ่อมบำรุงเครื่องจักร อุปกรณ์ และเครื่องมือ
4. การทดสอบ ตรวจสอบ เครื่องจักร อุปกรณ์ และเครื่องมือ
5. การเปลี่ยนแปลงต่าง เช่น กระบวนการผลิต วัตถุดิบ เครื่องจักร
6. การฝึกอบรม (Training)
7. การตรวจประเมินความปลอดภัย (Safety Audit)
8. การปฏิบัติตามข้อกำหนด (Code of Practice)
9. และ/หรืออื่น ๆ

การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดจากการประกอบกิจการโรงงาน

1. ศึกษา ทบทวน รวบรวม การดำเนินงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นในโรงงานให้ครอบคลุม
   - พื้นที่
   - กิจกรรม
   - เครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ / ขั้นตอนการปฏิบัติงาน ฯลฯ

2. ชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification) เพื่อวิเคราะห์หาอันตรายอะไรบ้างที่แอบแฝงอยู่ อันตราย หมายถึง อุบัติเหตุ อุบัติภัย ร้ายแรง ความเสียหาย การบาดเจ็บ ฯลฯ
3. ประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) พิจารณาถึงโอกาสของการเกิดและความรุนแรงของอันตราย
4. จัดระดับความเสี่ยงจากอันตราย เพื่อป้องกัน (กำจัด) หรือควบคุม (ลด) ความเสี่ยงจากอันตรายให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Acceptable Level)
5. กำหนดแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management Program) เพื่อจัดหามาตรการความปลอดภัยในการป้องกัน (กำจัด) หรือควบคุม (ลด) ความเสี่ยง

การเริ่มขั้นตอนการทำงาน

1. จำแนกประเภทกิจกรรมของงาน

- จัดทำรายการงานอาชีพหรือหน้าที่ของตนเองและงานที่รับผิดชอบทั้งหมด (Job description) โดยแบ่งตามงานที่สำคัญ เช่น อาชีพช่างซ่อมบำรุง งานที่รับผิดชอบ คือ ซ่อมอุปกรณ์ไฟฟ้า, ตรวจสอบ
- จัดทำแบบรายการสำรวจประเมินสภาพแวดล้อมด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงาน โดยกำหนดรายการที่ต้องสำรวจให้ครอบคลุมสิ่งต่าง ๆ ดังนี้ (ตารางที่ 2)

- พื้นที่ เช่น ห้อง Lab, ทางหนีไฟ, warehouse
- กระบวนการผลิต เช่น ประกอบชิ้นส่วน
- อุปกรณ์ / เครื่องจักร เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ (ตู้อบ, เครื่องล้าง) , เครื่องมือกล (สว่าน, เลื่อย) , รถยก (Fork Lift)
- วัสดุ (Material) เช่น สารเคมี การจัดเก็บ การใช้

2. ชี้บ่งอันตราย (ตารางที่ 3)

เราจะต้องบอกได้ว่างานที่ทำอยู่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายอย่างไรได้บ้าง แล้วถ้าเกิดแล้วใครหรืออะไรจะได้รับอันตรายหรือเสียหายได้บ้าง แล้วแหล่งที่จะก่อให้เกิดอันตรายนั้นคืออะไร โดยพิจารณาจากคำถามเหล่านี้

- มีแหล่งกำเนิดของอันตรายหรือไม่ ?
  - แหล่งที่เป็นเครื่องจักร เช่น สว่าน , ปั่นจั่น , เครื่องล้าง , สายพาน, มอเตอร์
  - แหล่งที่เป็นวัสดุหรือสารเคมี เช่น IPA, Hexane, โลหะบัดกรี (Solder)
- ใครหรืออะไร เป็นผู้ได้รับอันตราย ?
  - ต่อคน เช่น บาดเจ็บ , เจ็บป่วย
  - ต่อเครื่องจักร เช่น เสียหาย ชำรุด ลดประสิทธิภาพการทำงาน
  - ต่อวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ เช่น ของเสีย
  - ต่อสิ่งแวดล้อม เช่น เสียงดัง ความร้อน อากาศเสีย ฝุ่น
- อันตรายจะเกิดขึ้นอย่างไร ?
  - ลื่น / ล้ม เช่น น้ำเปียกพื้น
  - ตกจากที่สูง เช่น ตกนั่งร้าน
  - ถูกกระแทก / ตี เช่น ค้อนกระแทกนิ้วมือ
  - ถูกหนีบ / ถูกบีบ เช่น สายพานส่งชิ้นงานหนีบ ฯลฯ

3. การประมาณระดับของเสี่ยง (ตารางที่ 4)

- ความรุนแรงของอันตราย ลักษณะความรุนแรง มี 3 ระดับ
  - ระดับความรุนแรงมาก เช่น ตาย, สูญเสียอวัยวะ, กระดูกหัก, ได้รับพิษ, บาดเจ็บหลายแห่ง, โรคมะเร็ง
  - ระดับความรุนแรงปานกลาง เช่น บาดแผลฉีกขาด, แผลไฟไหม้, ข้อเคล็ดอย่างรุนแรง, กระดูกร้าวเล็กน้อย, ผิวหนังอักเสบ, หูหนวก, ความผิดปกติของมือและแขน และมีทรัพย์สินเสียหายมากกว่า 5,000 บาท แต่ไม่เกิน 100,000 บาท

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- ระดับความรุนแรงน้อย เช่น การบาดเจ็บเล็ก ๆ น้อย ๆ การระคายเคืองตาจากฝุ่น, ผิวหนังคันหรือระคายเคือง, สิ่งรบกวนที่ทำให้เกิดความรำคาญ, ทำให้ไม่สบายเป็นครั้งคราว

ทั้งนี้ความรุนแรงขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ประเมินเอง แล้วแต่เห็นสมควร แต่ไม่ควรใช้ความอคติ (Bias) มากเกินไป

- โอกาสที่จะเกิดอันตราย มี 3 ระดับ
  - โอกาสมาก คือ เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นบ่อย
  - โอกาสปานกลาง คือ เป็นเหตุการณ์ที่นาน ๆ จะเกิดขึ้น
  - โอกาสน้อย คือ ยากที่จะเกิดขึ้น

ซึ่งสามารถใช้เกณฑ์ดังตารางต่อไปนี้ ในการกำหนดระดับของโอกาสที่จะเกิดขึ้นของอันตราย

ผลที่ได้จากการประมาณโอกาสคำนวณจากหลักสูตรดังนี้

$$\% \text{ โอกาสที่จะเกิดอันตราย} = \frac{\text{ผลรวมของ (คะแนนที่ได้ x น้ำหนักในแต่ละข้อ) x 100}}{\text{ผลรวมของ (คะแนนเต็ม x น้ำหนักในแต่ละข้อ)}}$$

หลังจากนั้นให้พิจารณาระดับของโอกาสที่จะเกิดตามความเหมาะสมขององค์กร โดยเปอร์เซ็นต์คือ

1. 0 – 33% ไม่น่าจะเกิด
2. 33 – 66 % เกิดขึ้นได้ยาก
3. 66 – 100 % มีโอกาสที่จะคิด

4. การตัดสินความเสี่ยง

การตัดสินความเสี่ยงจะพิจารณาโดยใช้ "ระดับความเสี่ยง" ของความรุนแรงและโอกาสที่จะเกิดของอันตรายดังตารางนี้

โอกาสที่จะเกิดอันตราย	ความรุนแรงของอันตราย		
	มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย
มีโอกาสมาก	ความเสี่ยงที่ไม่อาจยอมรับได้	ความเสี่ยงสูง	ความเสี่ยงปานกลาง
มีโอกาสปานกลาง	ความเสี่ยงสูง	ความเสี่ยงปานกลาง	ความเสี่ยงยอมรับได้
โอกาสน้อย	ความเสี่ยงปานกลาง	ความเสี่ยงยอมรับได้	ความเสี่ยงเล็กน้อย

5. เตรียมปฏิบัติงานควบคุมความเสี่ยง

ในการเริ่มต้นของการเตรียมแผนปฏิบัติงานควบคุม รวมทั้งความเร่งด่วน ซึ่งจะสัมพันธ์โดยตรงกับความเสี่ยงดังตารางต่อไปนี้

ระดับความเสี่ยง	การปฏิบัติและเวลาที่ใช้
ที่ไม่อาจยอมรับได้ (1)	งานจะเริ่มหรือดำเนินต่อไปไม่ได้จนกว่าจะลดความเสี่ยงลง ถ้าไม่สามารถลดความเสี่ยงลงได้ ถึงแม้จะใช้ความพยายามอย่างเต็มที่แล้วก็ตาม จะต้องหยุดการทำงานนั้น
สูง (2)	ต้องลดความเสี่ยงลงก่อนจึงจะเริ่มทำงานได้ ต้องจัดสรรทรัพยากรและมาตรการเพียงพอเพื่อลดความเสี่ยงนั้น เมื่อความเสี่ยงเกี่ยวข้องกับงานที่กำลังทำอยู่จะต้องทำการแก้ไขอย่างเร่งด่วน
ปานกลาง (3)	จะต้องใช้ความพยายามที่จะลดความเสี่ยง แต่ค่าใช้จ่ายในการป้องกันควรจะมีการพิจารณาอย่างรอบคอบและมีการจำกัดงบประมาณ จะต้องมีการลดความเสี่ยงภายในเวลาที่กำหนดด้วย

	เมื่อความเสี่ยงระดับปานกลางมีความสัมพันธ์กับการเกิดความเสียหายร้ายแรง ควรทำการประเมินเพิ่มเติม เพื่อหาค่าของความน่าจะเป็นของความเสียหายที่แม่นยำขึ้น เพื่อเป็นหลักการในการตัดสินความจำเป็น สำหรับมาตรการควบคุมว่าต้องมีการปรับปรุงหรือไม่
ยอมรับได้ (4)	ไม่ต้องมีการควบคุมเพิ่มเติม การพิจารณาความเสี่ยงอาจจะทำเมื่อเห็นว่า คุ้มค่าหรือการปรับปรุงไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น การติดตามตรวจสอบยังคงต้องทำเพื่อให้แน่ใจว่าการควบคุมยังคงมีอยู่
เล็กน้อย (5)	ไม่ต้องทำอะไร และไม่จำเป็นต้องมีการบันทึกเป็นเอกสาร

6. ทบทวนความเพียงพอของแผนปฏิบัติการ

ควรทบทวนแผนปฏิบัติการก่อนดำเนินการ โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1. การควบคุมที่ปรับปรุงใหม่นี้ทำให้ระดับความเสี่ยงลดลงจนยอมรับได้หรือไม่ ?
2. ผลที่ได้จากการปรับปรุงตามข้อ 1 นั้น ก่อให้เกิดอันตรายหรือไม่ ?
3. ได้เลือกวิธีการแก้ไขปัญหาที่คุ้มค่าหรือไม่ ?
4. มาตรการที่ใช้ควบคุมนั้นเป็นที่ยอมรับของผู้ปฏิบัติงานและสามารถนำไปปฏิบัติได้หรือไม่ ?
5. จะมีการนำมาตรการนี้ไปใช้และจะไม่ถูกละเลยเมื่อเผชิญกับภาวะต่าง ๆ หรือไม่ เช่น ถ้ามีงานเร่งด่วนก็อาจละเลยมาตรการที่ต้องปฏิบัตินั้น

รูปแบบการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)

ฝ่าย (Department) :

แผนก (Section) :

ผู้ทำการประเมิน (Author) :

วันที่ทำการประเมิน :

ตารางที่ 1 การรายงานอาชีพและรายงานการที่รับผิดชอบทั้งหมด

อาชีพ / ตำแหน่ง	งานที่รับผิดชอบ

ตารางที่ 2 รายการสำรวจประเมินสภาพแวดล้อมด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงาน

พื้นที่	รายละเอียดที่ตรวจสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3 การบ่งชี้อันตราย

งานที่รับผิดชอบ / ผลการสำรวจพื้นที่	แหล่งกำเนิดของอันตราย	ใคร (หรืออะไร) เป็นผู้ได้รับอันตรายหรือเสียหาย	อันตรายเกิดขึ้นได้อย่างไร

ตารางที่ 4 การประมาณระดับความเสี่ยง

งานที่รับผิดชอบ / ผลการสำรวจพื้นที่ :

แหล่งกำเนิดอันตราย	ระดับความรุนแรง			*โอกาสที่จะเกิดขึ้นของอันตราย*			ระดับความเสี่ยง
	มาก	ปานกลาง	น้อย	มาก	ปานกลาง	น้อย	

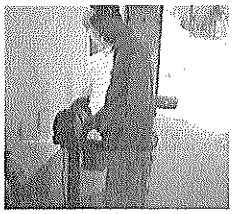
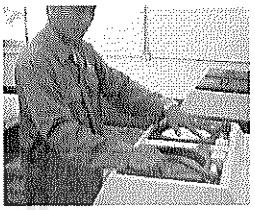
ตารางที่ 5 ทะเบียนความเสี่ยงตามลำดับความเสี่ยงมากไปน้อย

ลำดับที่	งานที่รับผิดชอบ/ผลการสำรวจพื้นที่	แหล่งกำเนิดอันตราย	ระดับความเสี่ยง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบฟอร์มการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย (JSA)

แบบฟอร์มงาน JSA

<table>
<tr><td colspan="4">งานที่วิเคราะห์ การขัดเตรียมผิวโลหะ</td></tr>
<tr><td colspan="2">หน่วยงาน ห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมโลหะการ</td><td colspan="2">อาคารเครื่องมือ 6</td></tr>
<tr><td colspan="2">ผู้วิเคราะห์ นักศึกษาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย</td><td colspan="2">วันที่ 3 ธันวาคม 2546</td></tr>
<tr><td colspan="4">รูปขั้นตอนของงาน</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td><td>  </td><td></td></tr>
<tr><td>ขั้นตอนการทำงานที่ 1</td><td>ขั้นตอนการทำงานที่ 2</td><td>ขั้นตอนการทำงานที่ 3</td><td>มาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานที่ปลอดภัย</td></tr>
<tr><td>ขั้นตอนของงาน</td><td>อันตรายที่จะเกิดขึ้น</td><td>มาตรการป้องกัน</td><td rowspan="7">ก่อนทำปฏิบัติการ
1. ตรวจสอบสภาพเครื่องตัด ,เครื่องเจียร,และ เครื่องขัดผิว ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
2. ตรวจสอบบริเวณพื้นที่การทำงานไม่ให้มีสิ่งกีดขวาง
3. สวมหน้ากากนิรภัยและแต่งกายให้รัดกุม
ขณะทำปฏิบัติการ
4. เปิดสวิตซ์ เครื่องตัด ,เครื่องเจียร ,และ เครื่องขัดผิว และฟังเสียงเครื่องจักรว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นหรือไม่
5. เอื้อมมือนำแท่งเหล็กไปวางไว้ในเครื่องตัดเหล็กและยึดเหล็กให้แน่นกับตัวเครื่อง
6. เจียรผิวโลหะโดยจับชิ้นงานให้แน่นอย่างระมัดระวัง
7. ขัดผิวโลหะโดยจับชิ้นงานโลหะให้แน่น
หลังการทำปฏิบัติการ
8. เก็บชิ้นงานให้เรียบร้อย
9.ปิดสวิตซ์เครื่องจักรทั้งหมดหลังจากทำงานเสร็จทุกครั้ง
10. ทำความสะอาดพื้นที่บริเวณทำงานให้สะอาดเรียบร้อย
11. ถอดหน้ากากนิรภัยและเก็บเข้าที่ให้เป็นระเบียบเรียบร้อย</td></tr>
<tr><td rowspan="5">2. นำชิ้นเหล็กที่ตัดแล้วมาเจียรหรือขัดผิวอย่างหยาบ</td><td>2.1 ประกายไฟกระเด็นถูกผิวหนัง
2.2 เศษโลหะกระเด็นเข้าตา</td><td>- สวมใส่หน้ากากนิรภัยทุกครั้งในการทำปฏิบัติการ</td></tr>
<tr><td>2.3 มือที่จับชิ้นเหล็กในการขัดผิวสัมผัสกับล้อหินขัด</td><td>-จัดให้มีที่จับชิ้นงานขณะที่ทำการขัด</td></tr>
<tr><td>2.4 ไฟฟ้ารั่วเนื่องจากสายไฟฟ้าเก่า</td><td>- ต่อสายดิน</td></tr>
<tr><td>2.5 สายพานเกี่ยวมือ
2.6 สายพานขาดกระเด็น</td><td>- ติดการ์ดป้องกัน</td></tr>
<tr><td>3. นำเหล็กจากข้อสองมาขัดเตรียมผิว</td><td>3.1 มือที่จับชิ้นเหล็กในการขัดผิวสัมผัสกับล้อหินขัด</td><td>1. มีน้ำหล่อที่ตัวเครื่องจักรเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นโลหะ</td></tr>
</table>

สรุปประจำบทที่ 5

1. **การวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย** เป็น วิธีการวิเคราะห์อย่างมีระบบในเรื่องวิธีการทำงานหรือกระบวนการผลิต ว่าในแต่ละองค์ประกอบของงานหรือแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตมีปัจจัยใดที่จะทำให้เกิดอันตรายและหาวิธีการในการป้องกัน โดยมี**วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย** เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ และสามารถนำผลการวิเคราะห์มาใช้ในการปรับปรุงวิธีการทำงาน รวมทั้งทราบวิธีการป้องกันควบคุมอันตรายหรืออุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นจากการทำงาน ปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย คือ ผู้ทำการวิเคราะห์ วิธีการใช้ในการวิเคราะห์ สิ่งที่จะทำการวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยเป็นขบวนการหนึ่งที่ใช้ค้นหาอันตรายที่แฝงมากับการทำงาน ซึ่งจะนำมาใช้กำหนดแผนการปรับปรุงงานให้ปลอดภัยได้ อาศัยหลัก 3 ประการ คือ ตระหนักถึงอันตรายที่เกิดขึ้นจากการทำงาน ประเมินผลของอันตรายนั้น และหามาตรการป้องกันหรือควบคุมอันตรายนั้น โดยมีขั้นตอน หลักๆ ดังนี้

1) เลือกงานที่จะวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย

2) การดำเนินการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย

2.1 แยกงานที่จะวิเคราะห์ออกเป็นขั้นตอนย่อย

2.2 ค้นหาอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน

2.3 การเสนอแนะเพื่อป้องกันอันตรายและปรับปรุงแก้ไข

3) การปรับปรุงแก้ไขการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยเป็นระยะ

3. การประเมินความเสี่ยงเป็นการค้นหาอันตรายจากสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ไม่เหมาะสม โดยสามารถทำการประเมินความเสี่ยง ความรุนแรง โอกาสที่จะเกิดอันตราย เพื่อที่จะนำมาพิจารณาว่าเป็นความเสี่ยงระดับใด โดยมี**วัตถุประสงค์ เพื่อ**ควบคุม กำกับ ดูแล การประกอบกิจการ ให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิต ทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อม ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง สร้างความตระหนักในด้านความปลอดภัยแก่ผู้ประกอบการ ให้เกิดการทบทวนการดำเนินงานด้านความปลอดภัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำถามประจำบทที่ 5

1. อธิบายความหมายของการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย
2. จงบอกวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย
3. จงอธิบายเทคนิคหลักในการเลือกงานที่จะวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย
4. จงบอกขั้นตอนการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย
5. บอกวัตถุประสงค์ของการประเมินความเสี่ยง

แนวคำตอบประจำบทที่ 5

1. วิธีการวิเคราะห์อย่างมีระบบในเรื่องวิธีการทำงานหรือกระบวนการผลิต ว่าในแต่ละองค์ประกอบของงานหรือแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตมีปัจจัยใดที่จะทำให้เกิดอันตรายและหาวิธีการในการป้องกัน

2. วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย ประกอบด้วย

1)เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ หรือทำให้ทรัพย์สินเสียหาย เรียกสิ่งเหล่านั้นว่า อันตราย

2)เพื่อนำผลการวิเคราะห์มาใช้ในการปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือกระบวนการผลิตให้ถูกต้องปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานและทรัพย์สิน

3)เพื่อทราบวิธีการป้องกันควบคุมอันตรายหรืออุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นจากการทำงาน

3. งานทุกงานควรจะได้รับการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย ไม่ว่างานนั้นจะเป็นงานพิเศษหรืองานประจำ แต่การที่จะเลือกเพื่อทำการวิเคราะห์นั้นจะต้องเป็นไปตามระดับอันตรายและความสำคัญของงานนั้น ในการจัดลำดับความสำคัญของงานต่าง ๆ ควรจะพิจารณาจากสถิติ , ข้อมูล และรายงานต่าง ๆ ของหน่วยงาน

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย มีดังนี้

1) เลือกงานที่จะวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย

2)การดำเนินการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย

2.1แยกงานที่จะวิเคราะห์ออกเป็นขั้นตอนย่อย

2.2ค้นหาอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน

2.3การเสนอแนะเพื่อป้องกันอันตรายและปรับปรุงแก้ไข

3)การปรับปรุงแก้ไขการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยเป็นระยะ

5. วัตถุประสงค์ของการประเมินความเสี่ยง ประกอบด้วย

1)ควบคุม กำกับ ดูแล การประกอบกิจการ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิต ทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อม

2)ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง

3)สร้างความตระหนักในด้านความปลอดภัยแก่ผู้ประกอบการ

4)ให้เกิดการทบทวนการดำเนินงานด้านความปลอดภัย

บทที่ 6

หลักการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย

แผนการเรียนประจำบทที่ 6

วิชา 618344 การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม หน่วยกิต 3(2-3-4)
(Industrial safety management)

ชื่อบทเรียน หลักการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย

หัวเรื่อง

1. โครงการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย
2. การวางแผนและเทคนิคการฝึกอบรมความปลอดภัย
3. การจัดโครงการฝึกอบรมความปลอดภัย

แนวคิด

1. การฝึกอบรมหรือโครงการฝึกอบรมเป็นการจัดขึ้นโดยมีจุดมุ่งเน้นโดยเฉพาะ ทั้งนี้เพื่อเป็นการพัฒนาคนพัฒนางานเพื่อให้การทำงานนั้นๆ มีการประหยัดเกิดประโยชน์ มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด และเนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี จึงทำให้โครงการฝึกอบรมความปลอดภัยต้องมีการพัฒนาตามไปด้วย

2. การวางแผนและเทคนิคการฝึกอบรมความปลอดภัย มีส่วนช่วยให้การฝึกอบรมดำเนินไปด้วยดีและบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

3. โครงการฝึกอบรม จะช่วยให้สามารถดำเนินการฝึกอบรมได้อย่างเป็นระบบ ไม่สับสนล่าช้า เพราะผู้จัดการฝึกอบรม ผู้เข้ารับการฝึกอบรมและผู้ที่เกี่ยวข้องได้ทราบตรงกันว่า โครงการนี้มีวัตถุประสงค์และกำหนดการอย่างไร

วัตถุประสงค์

-วัตถุประสงค์ทั่วไป เพื่อให้นักศึกษามีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย

-วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษา สามารถ :

1. อธิบายความหมาย วัตถุประสงค์ ความสำคัญ ประเภท และเทคนิคของการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยได้
2. สามารถจัดโครงการฝึกอบรมความปลอดภัยและจัดหลักสูตรการฝึกอบรมความปลอดภัยได้

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. ศึกษาคู่มือการเรียนรายวิชา บทที่ 6
2. ศึกษาต้นแบบสื่อประกอบการเรียนการสอน (โฮมเพจรายวิชา)
3. ทำคำถามประเมินผลหลังเรียน
4. ศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งวิทยาการที่แนะนำ

บทที่6

หลักการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย

1. โครงการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย

การฝึกอบรมหรือโครงการฝึกอบรมเป็นการจัดขึ้นโดยมีจุดมุ่งเน้นโดยเฉพาะ ทั้งนี้เพื่อเป็นการพัฒนาคน พัฒนางานเพื่อให้การทำงานนั้นๆ มีการประหยัดเกิดประโยชน์ มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด และเนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี จึงทำให้โครงการฝึกอบรมความปลอดภัยต้องมีการพัฒนาตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหน่วยงานที่ประกอบธุรกิจที่จำเป็นต้องมีการแข่งขัน พยายามให้เกิดอุบัติเหตุจากการทำงานน้อยที่สุดหรือไม่เกิดเลย เพราะถ้าไม่มีโครงการนี้แล้วเท่ากับเป็นการหยุดนิ่งตามไม่ทันคู่แข่ง อาจนำไปสู่ความเสื่อมก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ และเกิดความไม่ปลอดภัยในการทำงานตามมาจนถึงขั้นประสบความหายนะได้ในที่สุด

วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมความปลอดภัย เพื่อที่จะให้ผู้รับการอบรมมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการทำงานได้อย่างปลอดภัยและรู้จักวิธีการป้องกันอุบัติเหตุและรักษาสุขภาพเบื้องต้นได้ ซึ่งแยกเป็น 2 ประเด็น

1.1 วัตถุประสงค์ของหน่วยงานหรือองค์กร

1. ป้องกันอุบัติเหตุและแนะนำวิธีการทำงานที่ปลอดภัย เพื่อนำไปใช้ปฏิบัติมิใช่เป็นการเรียนรู้เท่านั้น
2. แนะนำการปฏิบัติงานแก่ผู้ที่เข้าทำงานใหม่ให้รู้จักวิธีการทำงานด้านความปลอดภัยที่ถูกต้อง ไม่จำเป็นต้องมาลองผิดลองถูก
3. พัฒนาการปฏิบัติงานของผู้ทำงานเดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. ลดความสิ้นเปลืองอันอาจเกิดจากอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นซึ่งเท่ากับเป็นการลดทุนต้นทุน

1.2 วัตถุประสงค์ของบุคคล

1. ลดการเสี่ยงอันตรายในการทำงานและสามารถปรับปรุงสภาพการทำงานให้ดีขึ้น
2. ลดอัตราการลาออกโดยการสร้างความมั่นใจและพึงพอใจในการปฏิบัติงานที่ตนเองได้รับมอบหมาย
3. มีทัศนคติที่ถูกต้องและเข้าใจในนโยบาย ตลอดทั้งกระบวนการดำเนินงานของหน่วยงาน
4. พัฒนาด้านบุคลิกภาพ มนุษยสัมพันธ์และสร้างเสริมขวัญในการทำงาน
5. สร้างภาวการณ์เป็นผู้นำเพื่อให้รู้จักการตัดสินใจเพื่อความเจริญก้าวหน้าที่จะเลื่อนขั้น / ตำแหน่ง

การฝึกอบรมความปลอดภัย ช่วยให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานหรือลดอุบัติเหตุจากการทำงาน ควรทำเมื่อ

1.มีการรับบุคลากรเข้ามาปฏิบัติงานใหม่ / มอบหมายงานใหม่
2.มีการขยายโรงงานหรือมีการติดตั้งเครื่องจักร เครื่องมือใหม่
3.มีการปรับปรุงกฎระเบียบ วิธีการทำงานใหม่
4.ต้องการอบรมฟื้นฟูความรู้เดิมและเสริมส่วนขาดให้กับบุคลากรเดิม
5.เมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น หรือ เมื่อมีการร้องทุกข์เกิดขึ้น

ประเภทของการฝึกอบรมความปลอดภัย แยกได้เป็น 2 ประเภท

1. การฝึกอบรมก่อนเข้าทำงาน (PRE – SERVICE TRAINING) แบ่งเป็น 2 ลักษณะ

1.1 การปฐมนิเทศ (ORIENTATION) ซึ่งเป็นการอบรมที่มีระยะเวลาสั้นๆ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้

- สมาชิกได้รู้จักกับหน่วยงานว่ามีนโยบายอย่างไร
- มีการประสานงานกันแต่ละหน่วยแต่ละฝ่ายอย่างไร
- มีกฎระเบียบข้อบังคับอะไรบ้าง
- ขอบเขตหน้าที่รับผิดชอบ ความก้าวหน้าในตำแหน่งหน้าที่
- แนะนำบุคลากรที่มีในหน่วยงาน

1.2 การแนะนำ (INTRODUCTION TRAINING) เป็นการอบรมตำแหน่งหน้าที่หรือวิชาชีพใดวิชาชีพหนึ่งลึกลงไปโดยเฉพาะ เช่น ควบคุมหม้อไอน้ำ เป็นต้น

2. การฝึกอบรมเมื่อเข้าทำงานแล้ว (IN SERVICE TRAINING) ตามตำแหน่งหน้าที่การงานที่ตนจะต้องรับผิดชอบ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.1 การอบรมในขณะทำงาน (ON THE JOB TRAINING) เป็นการอบรมที่จัดขึ้นแบบไม่เป็นทางการ จัดขึ้นในขณะที่ผู้รับการอบรมทำงานตามปกติ มีจุดประสงค์ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้เสริมสร้างความรู้ ซึ่งอาจดำเนินงานเป็นกลุ่มหรือเป็นตัวบุคคล โดยผู้ที่มีความรู้ประสบการณ์มากกว่าเป็นผู้สอนให้ การสอนอาจเป็นการสาธิต บรรยาย อภิปราย การปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ การฝึกภาคสนาม ซึ่งแล้วแต่ความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระนั้น ปกติไม่กำหนดเวลาที่แน่นอน

2.2 การอบรมนอกการทำงาน (OFF THE JOB TRAINING) เป็นการจัดขึ้นอย่างเป็นทางการ มีเจ้าหน้าที่ดำเนินการจัด มีแผนการฝึกอบรมล่วงหน้าโดยกำหนดเป้าหมาย วัตถุประสงค์ วิธีการฝึกอบรม ระยะเวลา สถานที่ใช้ฝึกอบรม ค่าใช้จ่ายที่แน่นอน ฯลฯ ดังนั้นต้องมีการมอบหมายงานให้ผู้อื่นดูแลรับผิดชอบแทนระหว่างเข้ารับการการฝึกอบรมนั้น

หลักสูตรการอบรมความปลอดภัย จัดไว้สำหรับผู้มีหน้าที่ควบคุมดูแลความปลอดภัยและคนงานใหม่ที่เข้ามาทำงานในโรงงาน แบ่งเป็น 2 ระดับ

1. ระดับคนงานใหม่ ซึ่งอาจบรรจุไว้ขณะ / หลังปฐมนิเทศ เพื่อให้ตระหนักถึงการสร้างเจตคติและพฤติกรรมที่ดีในเรื่องความปลอดภัยควบคู่ไปกับการปฏิบัติงาน จำเป็นต้องสร้างจิตสำนึกในประเด็นสำคัญ ดังนี้

1. ผู้บริหารต้องให้ความสนใจอย่างจริงจังกับการป้องกันอุบัติเหตุ
2. อุบัติเหตุเป็นสิ่งที่อาจเกิดขึ้นได้แต่สามารถป้องกันได้
3. หน่วยงานต้องมีอุปกรณ์ป้องกันอุบัติภัยและมีสถานที่เก็บอุปกรณ์ที่ดี และผู้บริหารมีความเต็มใจที่จะนำวิธีป้องกันใหม่ๆมาใช้
4. พนักงานทุกคนมีสิทธิรายงานเรื่องความไม่ปลอดภัยที่เขาประสบในการทำงานให้หัวหน้างานทราบ หรืออาจวางมาตรการว่าหากพบเห็นสภาพที่ไม่ปลอดภัยแล้วไม่รายงานถือว่ามีความผิด
5. หน้าที่และความรับผิดชอบรวมทั้งวิธีการทำงานที่ถูกต้องปลอดภัย
6. ต้องทราบและปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยที่ทางสถานประกอบการกำหนดขึ้น

2. ระดับผู้ควบคุมดูแลความปลอดภัย

หน้าที่ของผู้ควบคุมดูแลความปลอดภัย

1. กำหนดวิธีการทำงาน เพื่อให้คนงานมีมาตรฐานการทำงาน
2. แสดงขั้นตอนในการทำงาน และวิธีการทำงานได้อย่างถูกต้อง เน้นถึงความปลอดภัยให้คนงานได้รับความรู้ทักษะในการทำงาน ทำให้ช่วยลดสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุได้
3. การมอบหมายงานให้คนงานทำ ต้องมั่นใจว่าคนงานนั้นสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยและเข้าใจถึงขั้นตอนของการทำงานได้เป็นอย่างดี
4. การควบคุมดูแลให้คนงานให้ทำงาน ต้องคอยสังเกตการทำงานหากพบว่ามีพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยต้องรีบแก้ไขทันที
5. การดูแลรักษาเครื่องมือและสถานที่ทำงาน เพื่อป้องกันอุบัติเหตุและปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน

วัตถุประสงค์ในการอบรมผู้ควบคุมดูแลความปลอดภัย **คือการช่วยให้ผู้ที่เข้ารับการอบรมได้รับสิ่งต่อไปนี้**

1. เข้าสู่โครงการป้องกันอุบัติเหตุของหน่วยงาน
2. มีฐานะเป็นคนสำคัญในการป้องกันอุบัติเหตุ
3. เข้าใจความรับผิดชอบของตนที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย
4. ทราบข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุของอุบัติเหตุและอันตรายต่อสุขภาพ รวมทั้งวิธีการป้องกัน
5. พิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้นในการป้องกันอุบัติเหตุและเพื่อพัฒนาข้อสรุปที่เป็นประสบการณ์ของตนเองและผู้อื่น
6. มีทักษะในกิจกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ และทำงานได้อย่างปลอดภัย

ตัวอย่างหลักสูตร 12 ชั่วโมง ของสภาความปลอดภัยแห่งชาติ (THE NATIONAL SAFETY COUNCIL)

ชั่วโมงที่1 ความปลอดภัยกับผู้ควบคุมงาน

ชั่วโมงที่2 รู้จักกับปัญหาอุบัติเหตุของท่าน

ชั่วโมงที่3 มนุษยสัมพันธ์

ชั่วโมงที่4 การธำรงรักษาความสนใจในความปลอดภัย

ชั่วโมงที่5 ความปลอดภัยเบื้องต้น

ชั่วโมงที่6 อนามัยในอุตสาหกรรม

ชั่วโมงที่7 เครื่องมือป้องกันส่วนบุคคล

ชั่วโมงที่8 การดูแลความสะอาดในโรงงานอุตสาหกรรม

ชั่วโมงที่9 การใช้และเก็บรักษาเครื่องมือ

ชั่วโมงที่10 การดูแลเครื่องจักรและอุปกรณ์จักรกล

ชั่วโมงที่11 เครื่องมือกลมือถือและที่พกพาไปได้

ชั่วโมงที่12 การป้องกันมิให้เพลิงไหม้

ทักษะที่ผู้ควบคุมดูแลความปลอดภัย ควรได้รับการอบรมเพิ่มเติมเป็นพิเศษ คือ การเสนอแนะวิธีการปฏิบัติงาน การควบคุมดูแลคนงานขณะทำงาน การวินิจฉัยสาเหตุของอุบัติเหตุ และการสร้างเสริมเจตคติในเรื่องความปลอดภัย

2. การวางแผนและเทคนิคการฝึกอบรมความปลอดภัย

มีส่วนช่วยให้การฝึกอบรมดำเนินไปด้วยดีและบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการวางแผน ได้แก่

2.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อหาความจำเป็นในการฝึกอบรม

2.2 กำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการฝึกอบรม

2.3 พิจารณาทางเลือกดำเนินการฝึกอบรมหลายๆทาง

2.4 กำหนดวิธีดำเนินการฝึกอบรมที่เหมาะสม

2.5 พิจารณาปัญหาอุปสรรคในการฝึกอบรมและแนวทางแก้ไข

2.6 กำหนดแนวทางในการประเมินผลการฝึกอบรม

2.7 จัดทำแผนการฝึกอบรม

เทคนิคการฝึกอบรมความปลอดภัยมี 13 วิธี

เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมความปลอดภัยตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม

1.การประชุมใหญ่ประจำปี (CONVENTION) เป็นการประชุมผู้ปฏิบัติ / ส่วนต่างๆของหน่วยงาน เพื่อพิจารณานโยบาย / แนวทางปฏิบัติในการส่งเสริมความปลอดภัย

ข้อดี สมาชิกได้พบปะ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น

ข้อจำกัด ต้องวางแผนและเตรียมการล่วงหน้า ผู้เข้าร่วมประชุมไม่ได้มีส่วนร่วมอย่างแข็งขัน และอาจมีการกระทบกระทั่งระหว่างกลุ่มที่มีความคิดเห็นแตกต่างกัน

เทคนิค คือ ต้องเตรียมสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกให้เพียงพอกับจำนวนผู้เข้าประชุม และควรจัดชั่วโมงไว้สำหรับการประชุมกลุ่มย่อย

2.การประชุมปรึกษาหารือ (CONFERENCE) เป็นการประชุมกลุ่มผู้เกี่ยวข้องเฉพาะกรณีที่มาปรึกษาอย่างเป็นทางการ

ข้อดี ผู้เข้าร่วมประชุมมีความสนใจสามารถส่งเสริมให้มีการพิจารณาร่วมกันแก้ไขปัญหาและอุปสรรค

ข้อจำกัด การประเมินผลของการประชุมทำได้ยาก

เทคนิค ต้องประชาสัมพันธ์และให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมาร่วมประชุมให้ได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.การสัมมนา(SEMINAR) เป็นการประชุมร่วมกันเพื่อศึกษาค้นคว้าในหัวข้อใดหัวข้อหนึ่งภายใต้การแนะนำของวิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อดี ผู้เข้ารับการอบรมมีความภูมิใจว่าตนมีส่วนร่วมในการทำให้เกิดความรู้ ไม่ต่อต้าน

ข้อจำกัด ผู้เข้าร่วมอาจไม่กล้าแสดงความคิดเห็น / อาจถูกชักนำความคิดจากวิทยากรประจำกลุ่ม

เทคนิค การคัดเลือกวิทยากรต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญและให้โอกาสผู้ร่วมสัมมนาแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่

4.การระดมความคิด(BRAINSTORMING) เป็นการประชุมที่เปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมประชุมแสดงความคิดเห็นในหัวข้อความปลอดภัยออกมาให้มากที่สุดโดยไม่คำนึงว่าความคิดเห็นนั้นถูก / ผิด

ข้อดี ผู้เข้ารับการอบรมสนใจแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ ทำให้ได้ความคิดมากมายในเวลาที่จำกัด สามารถพบทางแก้ปัญหา

ข้อจำกัด ความคิดเห็นที่เสนอออกมานั้นใช้ไม่ได้เสียเป็นส่วนใหญ่

เทคนิค ต้องจำกัดจำนวนผู้เข้ารับการอบรมเพื่อให้ทุกคนมีโอกาสแสดงความคิดเห็นและต้องบันทึกความคิดทุกความคิดต่อหน้าผู้เข้าอบรม

5.การบรรยาย (LECTURE) เป็นการเสนอเนื้อหาสาระหรือเจตคติต่างๆด้านความปลอดภัย โดยวิทยากรที่มีความรู้และประสบการณ์ในหัวข้อที่บรรยาย

ข้อดี ได้เนื้อหาสาระมากในเวลาอันจำกัด สามารถใช้กับผู้เข้ารับการอบรมจำนวนมากได้

ข้อจำกัด เป็นการสื่อสารทางเดียวอาจเกิดความเบื่อหน่าย

เทคนิค ควรเลือกวิทยากรที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องที่บรรยายและมีความสามารถในการสื่อสาร

6.การบรรยายหมู่ (SYMPOSIUM) เป็นการบรรยายโดยวิทยากรผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่สองถึงห้าคน มีพิธีการแนะนำผู้บรรยายและสรุปประเด็น

ข้อดี ได้ฟังความคิดเห็นหลายๆด้านช่วยให้เข้าใจเรื่องที่สลับซับซ้อนได้ชัดเจน และเห็นความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยกับส่วนรวมทั้งหมด

ข้อจำกัด เป็นพิธีการผู้เข้าอบรมไม่ค่อยมีส่วนร่วม และผู้บรรยายที่ต่างกันหลายทัศนะทำให้สรุปความคิดเห็นได้ยาก

เทคนิค ต้องจัดที่นั่งของวิทยากรให้ผู้ฟังสามารถมองเห็นและสามารถรับฟังได้ชัดเจน และควรแบ่งเวลาสั้นๆ ให้ผู้บรรยายได้แลกเปลี่ยนคำถามต่อกัน

7.การอภิปรายกลุ่ม (GROUP DISCUSSION) เป็นการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างไม่เป็นทางการระหว่างผู้เข้ารับการอบรมจำนวน 6 – 20 คน

ข้อดี ทุกคนมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่และเป็นประชาธิปไตย

ข้อจำกัด ใช้เวลามาก อาจเกิดกรณีการไม่ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

เทคนิค คัดเลือกบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการอภิปราย คือประธาน เลขานุการ ซึ่งเป็นผู้ที่รู้บทบาทหน้าที่ของตน มีทักษะในการทำงานและจิตใจเป็นประชาธิปไตย

8.การอภิปรายถกเถียง (BUZZ GROUP) เป็นการแบ่งกลุ่มย่อย 2 – 6 คน / กลุ่ม เพื่อพิจารณาประเด็นปัญหาความปลอดภัยโดยให้ทุกคนมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นในเวลาที่กำหนด

ข้อดี ทุกคนได้แสดงความคิดเห็น เป็นกันเอง

ข้อจำกัด มีเวลาจำกัดในการแสดงความคิดเห็น เสียงแต่ละกลุ่มอาจรบกวนกัน ความคิดได้อาจขัดแย้งนำมารวมกันยาก

เทคนิค เตรียมกระดาษดินสอแจกก่อนการประชุมกลุ่มย่อย

9.การสาธิต (DEMONSTRATION) เป็นการแสดงให้เห็นถึงวิธีการปฏิบัติจริงทางด้านความปลอดภัย

ข้อดี มีความเข้าใจมากกว่าการฟังอย่างเดียว ทบทวนการสาธิตซ้ำได้

ข้อจำกัด อุปกรณ์ที่ใช้สาธิตต้องมีจำนวนเพียงพอกับจำนวนผู้เข้ารับการอบรม

เทคนิค อาจใช้สื่อช่วยจับภาพอุปกรณ์ที่สาธิต เพื่อให้ผู้เข้าอบรมเห็นภาพชัดเจน และจัดจำนวนผู้เข้าอบรมให้เหมาะสมกับอุปกรณ์

10.การแสดงบทบาทสมมติ (ROLE PLAYING) เป็นการให้ผู้เข้าอบรมแสดงบทบาทในสถานการณ์ที่สมมติว่าเกิดอุบัติเหตุในการทำงานตามความเป็นจริงต่อหน้าคนอื่น โดยกำหนดโครงเรื่องให้

ข้อดี เร้าความสนใจและกระตุ้นการอภิปรายได้ดีมาก

ข้อจำกัด ผู้แสดงบางคนไม่ชอบแสดงหรือยึดตัวเองเป็นหลักมากไปจนไม่สามารถสวมบทบาทได้สำเร็จ

เทคนิค ผู้แสดงและผู้ชมต้องเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์ก่อน

11.การศึกษานอกสถานที่ (FIELD TTRIP) โดยไปเยี่ยมชมวัตถุ บุคคล หรือสถานที่อันน่าสนใจเพื่อศึกษาและสังเกต ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติด้านความปลอดภัย

ข้อดี ได้ประสบการณ์จริงและสร้างความสนใจ

ข้อจำกัด ยุ่งยากในการเตรียมการขอความร่วมมือจากหน่วยงานที่ไปศึกษาและต้องใช้งบประมาณมาก

เทคนิค ควรมีการแจ้งกำหนดการและบอกจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการไปดูงาน

12.กรณีศึกษา (CASE STUDY) เป็นการนำเอาเหตุการณ์ซึ่งได้รวบรวมไว้นำเสนอต่อทางผู้เข้าอบรม

ข้อดี ผู้เข้าอบรมเห็นว่าแต่ละปัญหามีทางแก้ไขให้เลือกหลายทางและเป็นการฝึกทักษะในการวิเคราะห์และแก้ปัญหา

ข้อจำกัด การสร้างกรณีศึกษาต้องใช้ผู้ชำนาญและใช้เวลามาก

เทคนิค ปัญหาและตัวกรณีศึกษาจะต้องเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ กลุ่มผู้เข้ารับการฝึกอบรมและเวลาในการฝึกอบรมด้วย

13.การประชุมเชิงปฏิบัติการ (WORKSHOP) เป็นการฝึกอบรมสำหรับผู้ที่อยู่ในสาขาเดียวกันมีความสนใจหรือมีปัญหาด้านความปลอดภัยร่วมกันมาประชุมเพื่อให้สมรรถภาพในการทำงานของแต่ละคนดีขึ้น

ข้อดี ได้รับความรู้ทางทฤษฎีและได้ประสบการณ์ตรงจากการฝึกปฏิบัติ ได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในเรื่องที่คล้ายคลึงกัน

ข้อจำกัด ต้องใช้เวลาและวัสดุ อุปกรณ์ในการฝึกอบรมมาก

เทคนิค ต้องจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ในการปฏิบัติให้พร้อม

3. การจัดโครงการฝึกอบรมความปลอดภัย

ขั้นตอน

1. การค้นหาความจำเป็นในการจัดการฝึกอบรมความปลอดภัย
2. การจัดโครงการฝึกอบรมความปลอดภัย
3. การดำเนินการฝึกอบรมความปลอดภัย
4. การประเมินผลการฝึกอบรมความปลอดภัย

1. ค้นหาความจำเป็นในการฝึกอบรม โดยหลักการจะทำการวิเคราะห์ 3 ด้านใหญ่ๆ ได้แก่

1.1 วิเคราะห์องค์กร ต้องวิเคราะห์ถึงเป้าหมายวัตถุประสงค์ แผนงาน กระบวนการบริหารงานบุคคล ฯลฯ

1.2 วิเคราะห์งาน เป็นขั้นตอนสำคัญต้องพิจารณาว่างานนั้นมีหน้าที่รับผิดชอบ ขั้นตอนและวิธีการทำงาน ใช้เครื่องมือเครื่องจักรประเภทใด พิจารณาถึงสภาพแวดล้อมของการทำงาน เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้รู้ว่างานแต่ละขั้นตอนจำเป็นต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานที่มีความรู้ ทักษะและเจตคติในระดับใดจึงบรรลุเป้าหมายขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดอุบัติเหตุน้อยที่สุดหรือไม่เกิดอุบัติเหตุในการทำงานเลย

1.3 วิเคราะห์ความรู้ ทักษะ และเจตคติของผู้ปฏิบัติงาน โดยวิเคราะห์ว่าผู้ปฏิบัติงานที่ทำงานเดิมและผู้ที่บรรจุใหม่มีความรู้ทักษะและเจตคติเกี่ยวกับความปลอดภัยอยู่ในระดับใดถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องกำหนดความจำเป็นในการฝึกอบรมขึ้นมา เพื่อแก้ปัญหาในการปฏิบัติงาน โดยการเพิ่มพูนความรู้ ทักษะให้บรรลุถึงเป้าหมายขององค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ

ดูแกน แลร์ด ให้แนวทางในการค้นหาและกำหนดความจำเป็นในการฝึกอบรมไว้ว่า น่าจะต้องกระทำในกรณีต่อไปนี้ มีการเลื่อนตำแหน่งใหม่

1. มีการย้าย โอน หรือหมุนเวียนการปฏิบัติงาน
2. เมื่อมีการประเมินผลการปฏิบัติงาน
3. เมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น
4. เมื่อปรากฏว่าคุณภาพของงานที่ออกมาไม่เป็นที่พอใจ
5. เมื่อมีการร้องทุกข์
6. เมื่อมีการบรรจุใหม่
7. มีการมอบหมายงานพิเศษเพิ่มขึ้น
8. เมื่อมีการวิพากษ์วิจารณ์การกำหนดรายละเอียดของหน้าที่และความรับผิดชอบ นั้นล้าสมัยและใช้ไม่ได้ผล
9. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต เครื่องมือ เครื่องจักรใหม่
10. เมื่อมีนโยบายใหม่ๆ
11. เมื่อมีการร้องขอและรายงาน
12. เมื่อมีการวางแผนอาชีพให้แก่เจ้าหน้าที่
13. เมื่อมีการบริการตามวัตถุประสงค์
14. เมื่อมีความต้องการให้ได้ผลผลิตใหม่
15. เมื่อมีแนวโน้มความผิดปกติเกิดขึ้น เช่น ค่าใช้จ่ายของโรงงานสูงกว่าปกติ / มีการลาออกของพนักงานมากกว่าปกติ เป็นต้น

โครงการฝึกอบรม จะช่วยให้สามารถดำเนินการฝึกอบรมได้อย่างเป็นระบบ ไม่สับสนล่าช้า เพราะผู้จัดการฝึกอบรม ผู้เข้ารับการฝึกอบรมและผู้ที่เกี่ยวข้องได้ทราบตรงกันว่า โครงการนี้มีวัตถุประสงค์และกำหนดการอย่างไร

คุณลักษณะของโครงการ

1. ตรงกับความจำเป็นในการฝึกอบรม สามารถแก้ไขปัญหาขององค์กรได้
2. มีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนและสอดคล้องกับความจำเป็นในการฝึกอบรม
3. มีความสอดคล้องกันระหว่างหลักการและเหตุผล วัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินงาน และการประเมินผล
4. ได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารและผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งในด้านงบประมาณและการดำเนินการ
5. มีกำหนดระยะเวลาการดำเนิน

โครงสร้างของโครงการ

1. **ชื่อโครงการฝึกอบรม** อาจกำหนดได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1.1 กำหนดตามชื่อหลักสูตรที่จัดฝึกอบรม เช่น การใช้ท่อหายใจ

1.2 กำหนดตามชื่อของกลุ่มผู้เข้ารับการฝึกอบรม เช่น การฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานใต้น้ำ

1.3 กำหนดรวมกันทั้งชื่อของหลักสูตรและกลุ่มผู้เข้ารับการฝึกอบรม เช่น การใช้เครื่องช่วยหายใจของนักประดาน้ำ

2. หลักการและเหตุผล เป็นการเขียนบรรยายถึงความเป็นมาและความจำเป็นที่ต้องจัดโครงการฝึกอบรมขึ้น

3. **วัตถุประสงค์** เป็นการระบุความคาดหวังซึ่งเป็นผลจากการฝึกอบรม โดยมากมักเขียนแยกเป็นข้อๆ โดยให้ครอบคลุมดังนี้

3.1 ควรชี้ให้เห็นถึงสิ่งที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมควรรู้หรือสามารถปฏิบัติได้เมื่อสิ้นสุดการฝึกอบรม

3.2 ควรจำกัดขอบเขตเนื้อหาของการฝึกอบรม

3.3 ควรมีความเฉพาะเจาะจง

3.4 ควรมีลักษณะกระตุ้นความคิดในแต่ละประเด็นหัวข้อ

4. **หลักสูตรหรือหัวข้อวิชาในการฝึกอบรม** เป็นการบอกขอบข่ายของเรื่องที่จะฝึกอบรม โดยกำหนดหัวข้อวิชาซึ่งจะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ และเวลาที่ใช้สำหรับหัวข้อนั้นๆ
5. **ระยะเวลาในการฝึกอบรม** ระบุช่วงเวลา
6. **สถานที่ฝึกอบรม** ระบุสถานที่ที่ใช้อบรม
7. **วิทยากร** ระบุชื่อ ตำแหน่งและหน่วยงานของวิทยากรผู้ให้การฝึกอบรม
8. **ผู้เข้ารับการฝึกอบรม** ระบุข้อมูลเกี่ยวกับผู้เข้ารับอบรมว่า เป็นใคร ตำแหน่ง หน่วยงาน
9. **วิธีการฝึกอบรม** ระบุวิธีการที่ใช้อบรม
10. **งบประมาณ** แจกแจงว่าโครงการอบรมต้องใช้จ่ายอะไรบ้าง เช่น ค่าตอบแทนวิทยากร ค่าที่พัก ค่าวัสดุและเบ็ดเตล็ด
11. **การประเมินผล** เป็นการระบุวิธีประเมินผลและเวลาที่จะประเมินตั้งแต่ก่อนฝึกอบรม ระหว่างฝึกอบรม และหลังการฝึกอบรมตามวัตถุประสงค์
12. **ผลที่คาดว่าจะได้รับ** ผลที่เกิดขึ้นจากการฝึกอบรมดูตามวัตถุประสงค์
13. **ผู้รับผิดชอบโครงการ** เป็นการระบุชื่อบุคคล / หน่วยงานที่รับผิดชอบโครงการ

การจัดหลักสูตรการฝึกอบรมความปลอดภัย

มีความหมายมากกว่าการกำหนดเรื่องที่จะฝึกอบรม เพราะหลักสูตรการฝึกอบรม หมายถึง ประสบการณ์ที่จะจัดให้แก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้วยบทเรียน วิธีการและเครื่องมือต่างๆ

ขั้นตอน

1. **กำหนดวัตถุประสงค์ของหลักสูตร** แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ วัตถุประสงค์ของหลักสูตร วัตถุประสงค์ของวิชา ควรเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่สังเกตได้และวัดได้
2. **กำหนดหัวข้อวิชา** ควรสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมาย สะท้อนให้เห็นถึงปัญหา ชัดเจนและเฉพาะเจาะจง
3. **จัดลำดับหัวข้อวิชา** ควรทำดังนี้

3.1 จัดหัวข้อวิชาจากง่ายไปหายาก

3.2 จัดหัวข้อวิชาที่เป็นพื้นฐาน เช่น แนวคิด ทฤษฎีไว้ตอนต้น

3.3 จักหัวข้อวิชาที่เป็นภาคปฏิบัติ ให้อยู่ต่อเนื่องจากทฤษฎี

3.4 จัดหัวข้อวิชาที่มีกิจกรรมซ้ำๆกันหลายชั่วโมงเช่น บรรยาย หรืออภิปรายอย่างเดียวให้กระจายไปอยู่ในวันต่างๆไม่รวมกัน

4. **กำหนดวิธีการฝึกอบรม** โดยพิจารณาถึงเทคนิคหรือวิธีการฝึกอบรมที่เหมาะสมกับหัวข้อวิชาที่จัดเรียงลำดับ
5. **กำหนดระยะเวลาและช่วงเวลาในการฝึกอบรม** แยก เป็น 2 ประเด็น คือ

5.1 **การกำหนดระยะเวลา** เป็นการพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของหลักสูตร หัวข้อวิชาของหลักสูตร และวิธีการฝึกอบรมว่าใช้ระยะเวลาในการฝึกอบรมและแบ่งเวลาในแต่ละหัวข้อเท่าใด นอกจากนี้ควรจัดเวลาสำหรับกิจกรรมสันทนาการไว้ด้วย เพื่อให้ผู้เข้าอบรมได้ทำความรู้จักทำให้กล้าแสดงออกในขณะฝึกอบรม

5.2 **การกำหนดช่วงเวลา** เป็นการกำหนดว่าหลักสูตรการฝึกอบรมเรื่องอะไร ควรจัดให้มีการฝึกอบรมเมื่อใดจึงเหมาะสม เช่น ไม่ควรจัดในเวลาที่มีเทศกาลต่าง เทศกาลปีใหม่

ควรมีการติดตามประเมินผล การใช้หลักสูตรการฝึกอบรม เพื่อจะได้นำผลการประเมินไปใช้ในการปรับปรุงหลักสูตรให้เหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไป

ตัวอย่างโครงการและหลักสูตรการฝึกอบรมความปลอดภัย

โครงการ สำนักงานก้าวหน้า ด้วยการพัฒนา 5ส

หลักการและเหตุผล

จากสภาพสังคมในปัจจุบัน ถือได้ว่ายุคนี้เป็นยุคซึ่งต้องมีการแข่งขันกันอย่างเข้มข้น การดำเนินงานต่าง ๆ ต้องมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล คนในบริษัทหรือหน่วยงานเองก็ต้องกระตือรือร้น และมีความคิดสร้างสรรค์ พยายามที่จะหาทางพัฒนากระบวนการทำงาน กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์และบริการให้ได้ผลอย่างดียิ่งขึ้นไปเรื่อย ๆ แต่การจะทำอย่างนี้ได้จะต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และเอื้ออำนวยต่อการทำงานและการสร้างสรรค์ความคิด 5ส จึงเป็นเครื่องมือพื้นฐานในการจัดสถานประกอบการหรือสำนักงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เป็นระเบียบ อันจะส่งผลให้พนักงานที่ทำงานอยู่ในสภาพแวดล้อมดังกล่าว เป็นผู้มีระเบียบไปด้วย โดยไม่มีกฎเกณฑ์หรือการบังคับใด ๆ จะมีประสิทธิผลเทียบเท่ากับการจัดทำ 5ส นี้

สภาพที่ทำงานที่เป็นระเบียบ มีความสะอาด เป็นสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยถูกสุขลักษณะ จะเอื้ออำนวยให้เกิดบรรยากาศที่ดีเหมาะแก่การทำงาน มีความพร้อมต่อการเพิ่มผลผลิตอย่างเต็มที่ ในทางตรงกันข้าม ถ้าสภาพแวดล้อมการทำงานที่ไม่เป็นระเบียบ วัสดุสิ่งของวางเกะกะ กระจัดกระจาย เครื่องจักร อุปกรณ์ติดตั้งไม่เป็นสัดส่วน กีดขวางทางเดิน พื้นที่ทำงานสกปรกรุงรัง แล้วโอกาสเกิดอุบัติเหตุจากการเดินชน หกล้ม หรือได้รับอันตรายต่าง ๆ ก็มีมากขึ้น บรรยากาศจะไม่เอื้ออำนวยต่อการทำงาน ความกระตือรือร้น ความสดชื่นแจ่มใสน้อยลง ย่อมจะส่งผลต่อการทำงานทั้งสิ้น

ดังนั้น ในส่วนของอาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จึงควรที่จะมีการจัดการอบรมตามโครงการ "สำนักงานก้าวหน้า ด้วยการพัฒนา 5ส" เพื่อก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมและบรรยากาศที่ดีในการทำงาน เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดอันตราย หรืออุบัติเหตุที่ไม่คาดคิดที่อาจเกิดขึ้นได้ และสร้างภาพพจน์ที่ดี ได้รับความเชื่อถือจากหน่วยงานอื่น รวมทั้งเป็นพื้นฐานในการนำสำนักงาน เข้าสู่ระบบบริหารงานคุณภาพและระบบบริหารสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานสากล

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้และความเข้าใจเรื่อง 5ส
2. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นของการจัดทำกิจกรรม 5ส ในสำนักงาน
3. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถนำความรู้เรื่อง 5ส ไปใช้ในสำนักงานได้
4. เพื่อลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้นในสำนักงานได้

เป้าหมาย

1. ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ความเข้าใจเรื่อง 5ส 75%
2. ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถนำความรู้เรื่อง 5ส ไปประยุกต์ใช้ในสำนักงานได้ 75%
3. อัตราการเกิดอุบัติเหตุหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้นในสำนักงานลดลง 50%
4. สำนักงานหรือหน่วยงานที่เข้าร่วมการอบรมได้รับมาตรฐานในการจัดทำกิจกรรม 5ส

หลักสูตร

- วัตถุประสงค์และความสำคัญในการจัดทำกิจกรรม 5ส ในสำนักงาน
- องค์ประกอบในการจัดทำกิจกรรม 5ส
- ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม 5ส ในสำนักงาน
- การจัดทำมาตรฐาน 5ส ในสำนักงาน
- ประโยชน์และผลลัพธ์ที่ได้ของการทำกิจกรรม 5ส

ระยะเวลาในการฝึกอบรม

ฝึกอบรมจำนวน 2 วัน ระหว่างวันที่ 16-17 มกราคม พ.ศ. 2557

สถานที่ฝึกอบรม

อาคารเรียนรวม ห้อง B1112 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

วิทยากร

1. คุณวิฑูรย์ สิมะโชคดี
   : ผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม
2. รศ.พูลพร แสงบางปลา
   : ผู้อำนวยการสถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ กรมโรงงานอุตสาหกรรม

ผู้เข้ารับการฝึกอบรม

1. พนักงานฝ่ายสหกิจศึกษาและพัฒนาอาชีพ
2. หัวหน้าฝ่ายหรือตัวแทนฝ่ายของแต่ละฝ่ายในส่วนของอาคารเรียนรวม
3. บุคคลที่สนใจ

รวมทั้งสิ้นจำนวน 30 คน

วิธีการฝึกอบรม

- บรรยาย
- ฝึกปฏิบัติ
- กรณีศึกษา (Case Study)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางการฝึกอบรมโครงการ สำนักงานก้าวหน้า ด้วยการพัฒนา 5ส
ณ ห้อง B1112 อาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ระหว่างวันที่ 16-17 มกราคม พ.ศ. 2557

วัน / เวลา	หัวข้อการฝึกอบรม	วิทยากร	หมายเหตุ
16 มกราคม 2557			
08.00-08.30 น.	ลงทะเบียน		
08.30-09.00 น.	พิธีกรกล่าวเรียนเชิญประธานกล่าวเปิดการฝึกอบรม		
09.00-09.15 น.	แนะนำวิทยากรในการฝึกอบรม		
09.15-10.40 น.	บรรยาย: 1. วัตถุประสงค์และความสำคัญในการจัดทำกิจกรรม 5ส ในสำนักงาน 2. องค์ประกอบในการจัดทำกิจกรรม 5ส	คุณวิฑูรย์ สิมะโชคดี รศ.พูลพร แสงบางปลา	ประเมินความรู้ก่อนเข้ารับการฝึกอบรม
10.40-10.50 น.	**พัก- รับประทานอาหารว่าง, เครื่องดื่ม**		
10.50-12.00 น.	บรรยาย: ประโยชน์และผลลัพธ์ที่ได้ของการทำกิจกรรม 5ส	คุณวิฑูรย์ สิมะโชคดี รศ.พูลพร แสงบางปลา	
12.00-13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน		
13.00-14.00 น.	บรรยาย: ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม 5ส ในสำนักงาน	คุณวิฑูรย์ สิมะโชคดี รศ.พูลพร แสงบางปลา	
14.00-14.10 น.	**พัก- รับประทานอาหารว่าง, เครื่องดื่ม**		
14.10-16.00 น.	กรณีศึกษา (Case Study)	คุณวิฑูรย์ สิมะโชคดี รศ.พูลพร แสงบางปลา	ประเมินความรู้หลังเข้ารับการฝึกอบรม
16.00-16.30 น.	สรุปกิจกรรมทั้งหมดของวันที่ 16 มกราคม 2547		

วัน / เวลา	หัวข้อการฝึกอบรม	วิทยากร	หมายเหตุ
17 มกราคม 2557 08.00-08.30 น. 08.30-10.20 น.	ลงทะเบียน บรรยาย: 1. ทบทวนการฝึกอบรมในส่วนของขั้นตอนการจัดทำ 5ส และกรณีศึกษาของวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2547 2. การจัดทำมาตรฐาน 5ส ในสำนักงาน	คุณวิฑูรย์ สิมะโชคดี รศ.พูลพร แสงบางปลา	ประเมินความรู้ก่อนเข้ารับการฝึกอบรม
10.20-10.30 น.	พัก- รับประทานอาหารว่าง,เครื่องดื่ม		
10.30-12.00 น.	บรรยาย: การจัดทำมาตรฐาน 5ส ในสำนักงาน (ต่อ)	คุณวิฑูรย์ สิมะโชคดี รศ.พูลพร แสงบางปลา	
12.00-13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน		
13.00-14.00 น.	การฝึกปฏิบัติการระดมความคิดในการดำเนินกิจกรรม 5ส ในบริเวณพื้นที่อาคารเรียนรวม	คุณวิฑูรย์ สิมะโชคดี รศ.พูลพร แสงบางปลา	แบ่งผู้เข้ารับการอบรมออกเป็นกลุ่มย่อย จำนวน 3 กลุ่ม
14.00-14.10 น.	พัก- รับประทานอาหารว่าง,เครื่องดื่ม		
14.10-16.00 น. 16.00-16.30 น.	นำเสนอผลงานจากการระดมความคิดการดำเนินกิจกรรม 5ส สรุปกิจกรรมทั้งหมดของวันที่ 17มกราคม 2547 และพิธีปิดกิจกรรมการฝึกอบรม	คุณวิฑูรย์ สิมะโชคดี รศ.พูลพร แสงบางปลา	ประเมินความรู้หลังเข้ารับการฝึกอบรม และการประเมินผลการดำเนินกิจกรรมการฝึกอบรม

งบประมาณการดำเนินการ

รายการ	งบประมาณ
1.ค่าตอบแทนวิทยากร (ภายนอก) (300บาท*6ชม.*2วัน*2คน)	7,200 บาท
2. ค่าพาหนะสำหรับวิทยากร 2 คนๆ ละ 500 บาท	1,000 บาท
3. ค่าที่พักวิทยากร (800บาท*2คืน*2คน)	3,200 บาท
4. ค่าอาหาร 4.1 ค่าอาหารว่าง (15บาท*30คน*2มื้อ*2วัน) 4.2 ค่าอาหารกลางวัน (30บาท*30คน*1มื้อ*2วัน)	 1,800 บาท 1,800 บาท
5. ค่าวัสดุ 5.1 ค่าเอกสารประกอบการอบรม 5.2 ค่าวัสดุอุปกรณ์สำนักงาน 5.3 ค่าอุปกรณ์ในการฝึกอบรม	 1,000 บาท 500 บาท 2,500 บาท
6. อื่น ๆ	1,000 บาท
รวม	**20,000 บาท**

การประเมินผล

ก่อนอบรม	ขณะอบรม	หลังอบรม
- ประเมินความรู้ก่อนเข้ารับการฝึกอบรม - การประเมินสภาพสำนักงานก่อนการอบรม	- สังเกตการเข้าร่วมกิจกรรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรม เช่น การซักถามความกระตือรือร้น เป็นต้น	- ประเมินความรู้หลังเข้ารับการฝึกอบรม - การประเมินสภาพสำนักงานหลังการอบรม - การประเมินผลการดำเนินกิจกรรมการฝึกอบรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้เข้ารับการอบรมมีความรู้ความเข้าใจในการจัดกิจกรรม 5ส
2. ผู้เข้ารับการอบรมตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นของการจัดทำกิจกรรม 5ส ในสำนักงาน
3. ผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำความรู้เรื่อง 5ส ไปประยุกต์ใช้ในสำนักงานได้
4. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานของสำนักงาน
5. สามารถลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุหรืออันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นในสำนักงานได้
6. สร้างภาพพจน์ที่ดีของหน่วยงานและได้รับความเชื่อถือจากหน่วยงานอื่นๆ
7. เป็นพื้นฐานในการนำสำนักงานเข้าสู่ระบบบริหารงานคุณภาพและระบบบริหารสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานสากล

ผู้รับผิดชอบโครงการ

1. ผู้อำนวยการศูนย์บริการการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2. หัวหน้าฝ่ายสหกิจศึกษาและพัฒนาอาชีพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สรุปประจำบทที่ 6

1. การฝึกอบรมความปลอดภัยเป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาคนที่เน้นเฉพาะด้านเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน วัตถุประสงค์และความจำเป็นของการฝึกอบรมคือ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและมีจิตสำนึกในเรื่องความปลอดภัย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น

2. การวางแผนในการฝึกอบรมความปลอดภัยที่ดีมีส่วนช่วยให้โครงการประสบความสำเร็จมี 7 ขั้นตอนที่สำคัญ เทคนิคในการฝึกอบรมมีมากมายหลายวิธีมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน การเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมกับรูปแบบที่ใช้ฝึกอบรมจะช่วยให้การฝึกอบรมมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. วิธีการจัดโครงการฝึกอบรมประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ซึ่งต้องคำนึงถึงลักษณะและโครงสร้างที่ดีของโครงการ การจัดหลักสูตรการฝึกอบรมความปลอดภัยมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำถามประจำบทที่ ๖

1. ประเภทการฝึกอบรมความปลอดภัยมีกี่ประเภท อะไรบ้าง
2. การฝึกอบรมความปลอดภัยควรทำเมื่อไร
3. จงบอกขั้นตอนการวางแผนและเทคนิคการฝึกอบรมความปลอดภัย
4. จงบอกขั้นตอนของการจัดทำโครงการฝึกอบรมเพื่อความปลอดภัย

แนวคำตอบประจำบทที่ ๖

1. การฝึกอบรมความปลอดภัยมี 2 ประเภท คือ **การฝึกอบรมก่อนเข้าทำงาน** (PRE – SERVICE TRAINING) แบ่งเป็น 2 ลักษณะ

   1.1 การปฐมนิเทศ (ORIENTATION)

   1.2 การแนะนำ (INTRODUCTION TRAINING)

   และการฝึกอบรมเมื่อเข้าทำงานแล้ว (IN SERVICE TRAINING) แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

   2.3 การอบรมในขณะทำงาน (ON THE JOB TRAINING

   3.2การอบรมนอกการทำงาน (OFF THE JOB TRAINING)

2. การฝึกอบรมความปลอดภัยควรทำเมื่อ

   1)มีการรับบุคลากรเข้ามาปฏิบัติงานใหม่ / มอบหมายงานใหม่

   2)มีการขยายโรงงานหรือมีการติดตั้งเครื่องจักร เครื่องมือใหม่

   3)มีการปรับปรุงกฎระเบียบ วิธีการทำงานใหม่

   4)ต้องการอบรมฟื้นฟูความรู้เดิมและเสริมส่วนขาดให้กับบุคลากรเดิม

   5)เมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น หรือ เมื่อมีการร้องทุกข์เกิดขึ้น

3. ขั้นตอนการวางแผนและเทคนิคการฝึกอบรมความปลอดภัย

   1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อหาความจำเป็นในการฝึกอบรม

   2)กำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการฝึกอบรม

   3)พิจารณาทางเลือกดำเนินการฝึกอบรมหลายๆทาง

   4)กำหนดวิธีดำเนินการฝึกอบรมที่เหมาะสม

   5)พิจารณาปัญหาอุปสรรคในการฝึกอบรมและแนวทางแก้ไข

   6)กำหนดแนวทางในการประเมินผลการฝึกอบรม

   7)จัดทำแผนการฝึกอบรม

4. ขั้นตอนของการจัดทำโครงการฝึกอบรมเพื่อความปลอดภัย

   1).การค้นหาความจำเป็นในการจัดการฝึกอบรมความปลอดภัย

   2)การจัดโครงการฝึกอบรมความปลอดภัย

   3)การดำเนินการฝึกอบรมความปลอดภัย

   4)การประเมินผลการฝึกอบรมความปลอดภัย

สรุปเนื้อหาวิชา การบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม

ในการบริหารจัดการความปลอดภัยนั้นจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิวัฒนาการของการบริหารงานความปลอดภัย เพื่อให้ทราบถึงแนวคิด ความเป็นมา และความสำคัญของการบริหารงานความปลอดภัยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และในการบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรมนั้นก็ยังมีหลายองค์ประกอบที่นำมาใช้ในการบริหารจัดการ ได้แก่ **การตรวจความปลอดภัย และการตรวจสอบระบบความปลอดภัย** ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบหลักของงานด้านความปลอดภัย เพื่อเป็นการค้นหาสาเหตุของอุบัติเหตุ อันตรายและกำหนดมาตรการป้องกันก่อนที่อุบัติเหตุและการบาดเจ็บจะเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังต้องมีการนำ**เทคนิคการวิเคราะห์ความปลอดภัย**เข้ามาในงานอุตสาหกรรม เพื่อให้มีการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบในเรื่องวิธีการทำงาน หรือกระบวนการผลิต ว่าในแต่ละองค์ประกอบของงานหรือแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตมีปัจจัยใดที่จะทำให้เกิดอันตรายและหาวิธีการในการป้องกัน เช่น เทคนิคการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย (JOB SAFETY ANALYSIS) และเทคนิคอื่นๆ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการบริหารงานความปลอดภัย และเมื่อมีอุบัติเหตุ อันตราย เกิดขึ้นแล้วก็ต้องสามารถ**สอบสวน วิเคราะห์** และ**ทำการรายงานอุบัติเหตุ**ได้ตามหลักวิชาการ อีกหนึ่งองค์ประกอบที่สำคัญในเรื่องการบริหารงานความปลอดภัย คือ **โครงการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย** ทั้งนี้เพื่อเป็นการพัฒนางาน ให้การทำงานนั้นๆมีการประหยัด มีประโยชน์ มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด และเพื่อเป็นการพัฒนาคนให้ทันกับเทคโนโลยีที่กำลังก้าวหน้า โดยมีวัตถุประสงค์การอบรม เพื่อที่จะให้ผู้รับการฝึกอบรมมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการทำงานได้อย่างปลอดภัยและรู้จักวิธีการป้องกันอุบัติเหตุ และรักษาสุขภาพในเบื้องต้นได้

ทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้เป็นองค์ประกอบของการบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะต้องไม่มีเพียงความรู้ ความเข้าใจเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังต้องนำความรู้ความสามารถที่ได้รับมานั้น ไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดี จึงจะเกิดประโยชน์สูงสุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แหล่งวิทยาการ

1. หนังสือ/บทความ

ตำรา

1) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.(2542). เอกสารการสอนชุดวิชา **การบริหารงานความปลอดภัย หน่วยที่ 1-8 และหน่วยที่ 9-15.** สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.พิมพ์ครั้งที่10. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

2) ชัยยุทธ ชวลิตนิธิกุล. **ความปลอดภัยในการทำงานสำหรับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน เล่ม1.** สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน : พิมพ์ครั้งที่1.

3) วิทยา อยู่สุข. (2544). **อาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม.** ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย.คณะสาธารณสุขศาสตร์ . มหาวิทยาลัยมหิดล : พิมพ์ครั้งที่2.

4) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.(2542). เอกสารการสอนชุดวิชา **การฝึกปฏิบัติงานอาชีว อนามัยความปลอดภัย และเออร์กอนอมิคส์ หน่วยที่ 1-8 และหน่วยที่ 9-15.**สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.พิมพ์ครั้งที่4.กรุงเทพ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

5) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.(2543). เอกสารการสอนชุดวิชา **หลักความปลอดภัยในการทำงาน หน่วยที่ 1-8 และหน่วยที่ 9-15.** สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.พิมพ์ครั้งที่10.กรุงเทพ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

6) Bird.**Managemant Guide to Loss Control.Georgia** : International Institute of Loss,1987

7) Schneid, Thomas D.Modern(2000). **safety and resource control management** . New York : A Wiley-Interscience publication.

เอกสารและ หนังสืออ้างอิง

1) Simon and Grimaldi. **Safety Managemen**t. Richard D. Irwin,Inc.,1972

2) Hale, Andrew R. , Baram, Michael S.(1998). **Safety management : the challenge of change.** Kidlington, Oxford, UK : Pergamon.

3) Della-Giustina, Daniel(1996).**Safety and environmental management.** New York : Van Nostrand Reinhold.

4) Charles D.Reese. **Occupational Health and Safety Management.** LEWIS PUBLISHERS; A CRC Press Company Boca Raton London New York Washington, D.C.

5) Richard W.Lack. **SAFETY, HEALTH , and ASSET PROTECTION Management Essentials.** LEWIS PUBLISHERS; A CRC Press Company Boca Raton London New York Washington, D.C.

6) HAROLD E. **SYSTEM SAFETY ENGINEERING AND MANAGEMENT.** ROLAND BRAIN MORIARTY.

2. สื่ออื่นๆ

สื่อประกอบการเรียนการสอน "โฮมเพจรายวิชาการบริหารงานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม"