

การสัมมนา โดยสภาวิศวกร

การเปิดอุโมงค์ในหิน



ความสำคัญของข้อมูลทางธรณีวิทยา
ความเสี่ยงในการวิบัติ และ การปฏิบัติงานที่ปลอดภัย



โดย

รศ.ดร.พิษณุ บุญนวล

นายกสมาคมวิศวกรเหมืองแร่ไทย และ รองประธานสภาการเหมืองแร่



รศ.ดร.พิษณุ บุญนวล

Dr.Pitsanu Bunnaul, Assoc.Prof.
B.Eng.Mining (Chula), M.E. Mining (U.S.W),
Ph.D Mineral Processing (Penn State)

ประวัติการทำงาน

ตำแหน่ง:

- 1) นายกสมาคมวิศวกรเหมืองแร่ไทย
- 2) รองประธานกรรมการสภาการเหมืองแร่

อดีต : รองศาสตราจารย์ สายาวิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



รศ.ดร.พิษณุ บุญนวล นายกสมาคมวิศวกรเหมืองแร่ไทย
และ รองประธานสภาการเหมืองแร่

การเปิดอุโมงค์ในหิน



เทคนิค: Drill and Blast
TBM



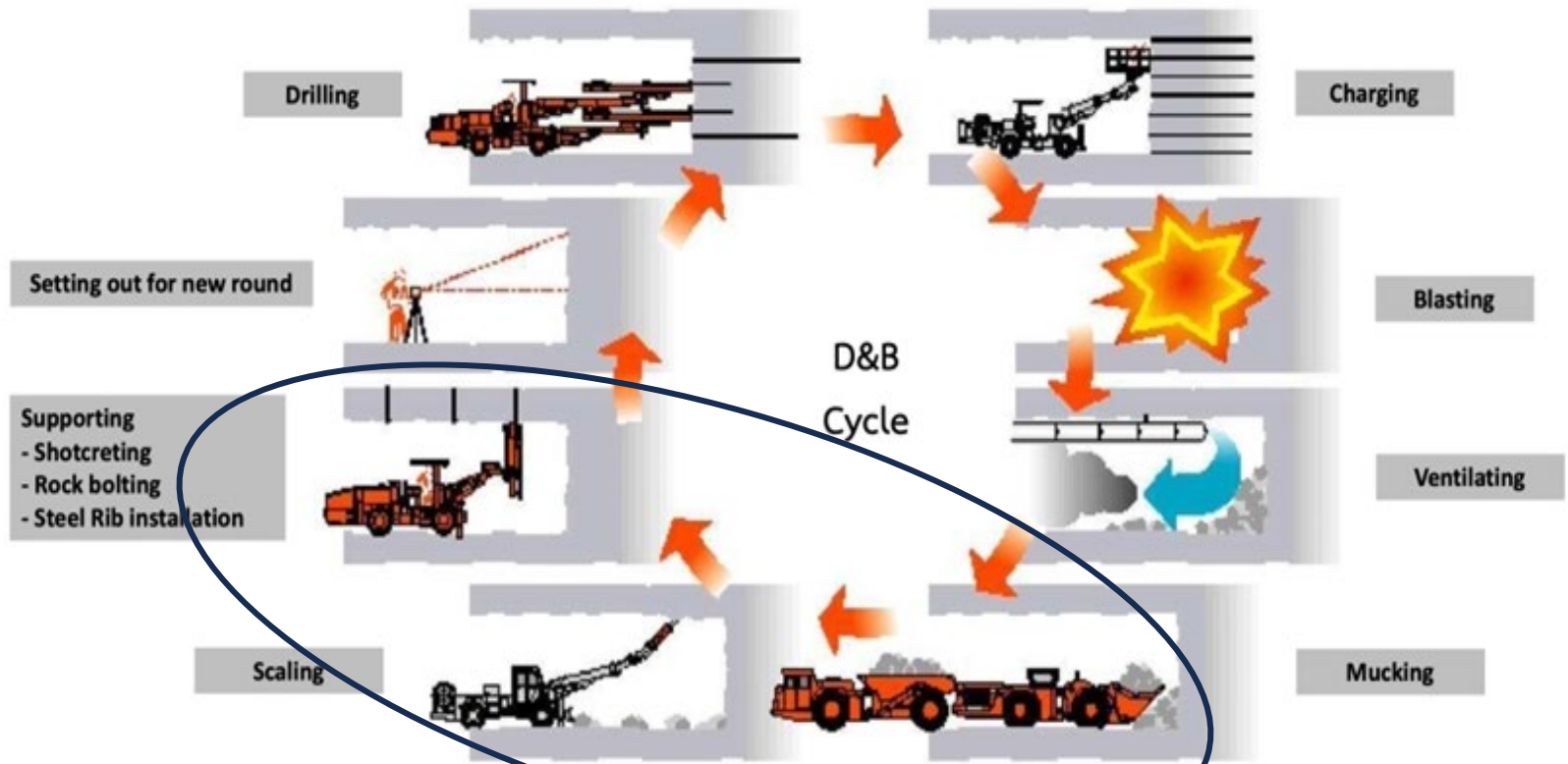
รศ.ดร.พิษณุ บุญนวด นายกสมาคมวิศวกรเหมืองแร่ไทย
และ รองประธานสภาการเหมืองแร่



การเปิดอุโมงค์ในหินด้วยวิธี Drill and Blast



วงจรของการทำงานอุโมงค์ในหินด้วยวิธี Drill and blast



การออกแบบรอบงานที่จะมีความปลอดภัย ไม่มีความเสี่ยงในการวิบัตินั้น เบื้องต้น

ต้องมีข้อมูลทางธรณีวิทยาเป็นตัวนำ

การเปิดอุโมงค์ในหินด้วยวิธี Drill and Blast



ข้อมูลทางธรณีวิทยานำมาใช้กับงานออกแบบขั้นตอนไหนบ้าง??

1. งานออกแบบการเจาะและระเบิด

2. เทคนิคและขั้นตอนการค้ำยัน

ต้องค้ำยันล่วงหน้าหรือไม่ (Forepoling)

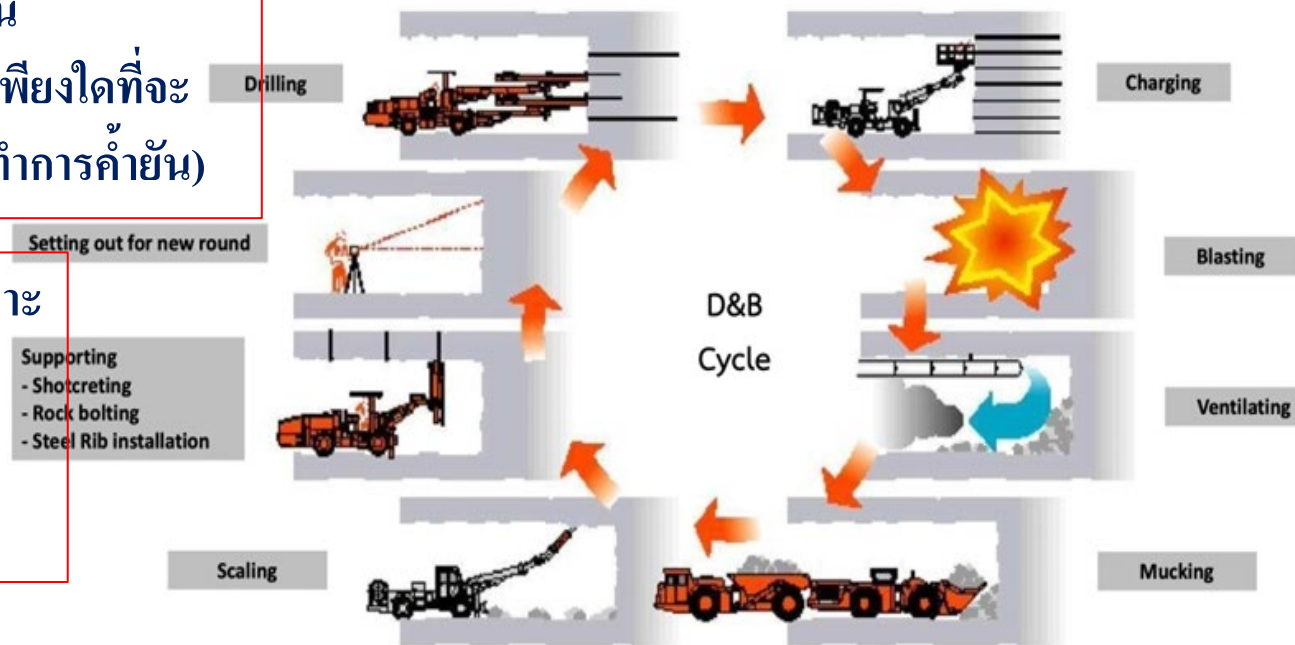
เลือก Support type (Class)

จะตักขนก่อน หรือ ค้ำยันก่อน

(มีเวลา Stand-up time นานเพียงใดที่จะทำงานได้โดยปลอดภัยโดยที่ยังไม่ทำการค้ำยัน)

3. การตัดสินใจกำหนดให้มีการเจาะนำ (Probe drill) เพื่อตรวจสอบล่วงหน้าถึงปัญหาโพรงถ้ำหรือปัญหาน้ำ)

การได้มาซึ่งข้อมูลทางธรณีวิทยา
ก) ได้จากข้อมูลที่เจ้าของงานใช้ในการออกแบบ
ข) สำรวจเพิ่มเติม
ค) ข้อมูล Update ที่หน้างาน



การเปิดอุโมงค์ในหินด้วยวิธี Drill and Blast



ข้อมูลทางธรณีวิทยา

ชนิดของหิน (Limestone Granite Marble Sandstone Siltstone Metamorphic)

Degree of weathering

ซึมน้ำ ทึบน้ำ มีโพรงถ้ำ (แห้ง หรือมีน้ำ)

ธรณีโครงสร้าง

Fault, Folding, Joint, Crack, Degree of disturbance (หินชำรุดน้อย)

Rock Mass Rating RMR (Classification)

นักธรณีวิทยามีความรู้ในเรื่อง RMR ซึ่งจะเป็นตัวกำหนด Class และวิธีการค้ำยัน

ตัวอย่างการกำหนด Class และวิธีการค้ำยัน ตาม RMR

Table 4.5: 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 <i>RMR</i> : 81-100	Full face, 3 m advance	Generally no support required except spot bolting		
II – Good rock <i>RMR</i> : 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 <i>RMR</i> : 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 <i>RMR</i> : 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 <i>RMR</i> : < 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

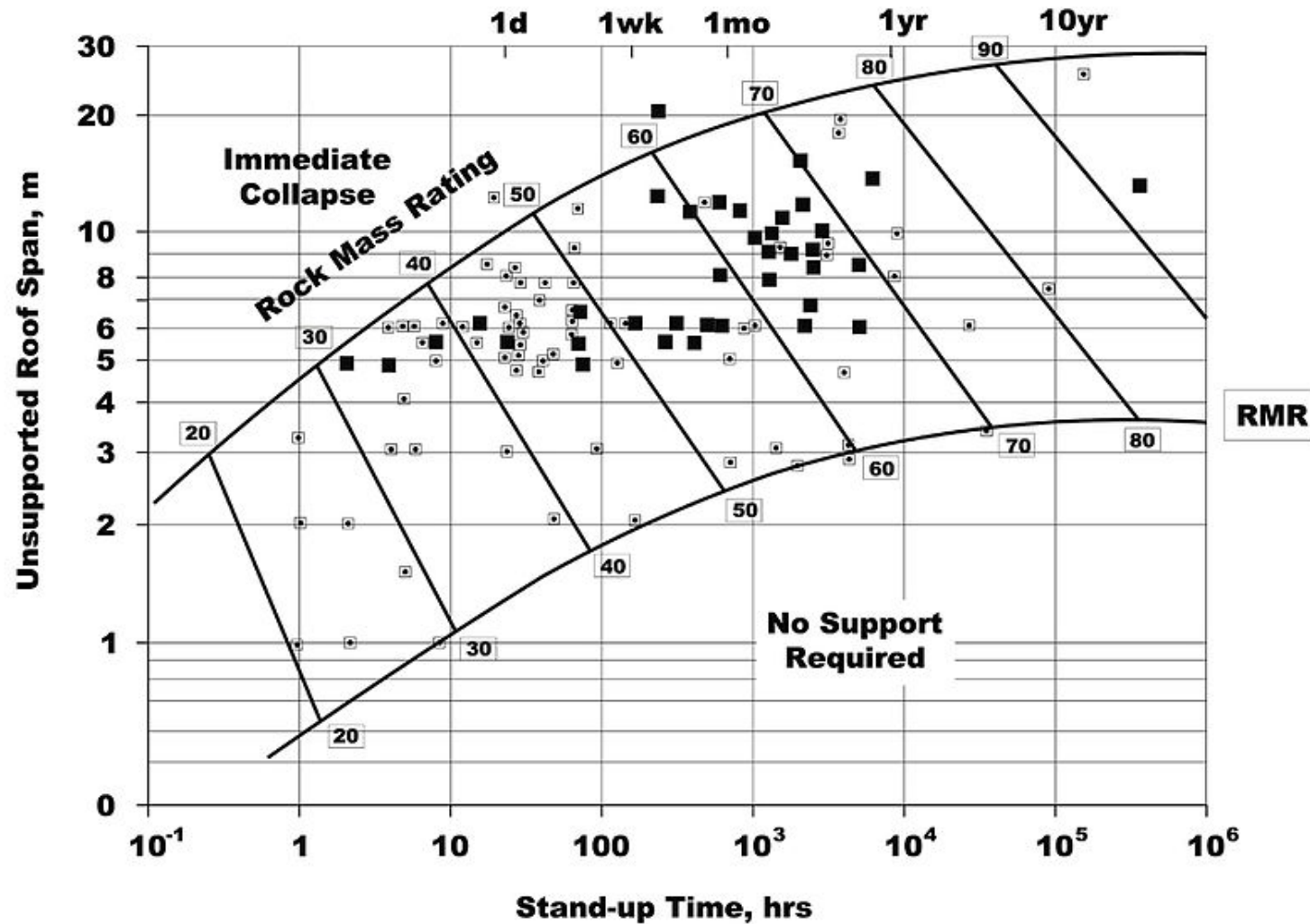
Top Heading and Benching

ระเบิดส่วนบนก่อนตามรูปแบบระเบิดอุโมงค์ทั่วไป แล้ว
ระเบิดส่วนล่างได้ง่ายขึ้นแบบ Bench blasting



ปากกระดิ่ง สปป ลาว

รศ.ดร. พิษณุ บุญนวล นายกสมาคมวิศวกรเหมืองแร่ไทย และ รองประธานสภาวิศวกรเหมืองแร่



ระยะเวลาที่ชั้นหินค้ำยันตัวเองอยู่ได้เมื่อมีช่องเปิดขนาดต่าง ๆ
 ตามคะแนนการจัดลำดับของหิน (RMR)^[8]

ตัวอย่างการกำหนด Class และวิธีการค้ำยัน ตาม RMR

หินคุณภาพดี มั่นคง

RMR สูง

การค้ำยัน หรือการเสริมความแข็งแรงของช่องเปิด

		Support class	Round length	Shotcrete	Wire mesh	Steel set	Rock bolt	Augmented measures
IIIA		RMR 61-80 (good rock)	Up to 3 m	100-mm thick	required	not required	6 to 7 sets (L=4 m; 2.7 m x 1.5 m spacing)	-
IIIB		RMR 41-60 (fair rock)	Up to 2 m	150-mm thick	required	not required	6 to 7 sets (L=4 m; 2.7 m x 1.0 m spacing)	-
IV		RMR 21-40 (poor rock)	Up to 1.5 m	200-mm thick	required	required	6 to 7 sets (L=4 m; 2.7 m x 1.5 m spacing)	-
VA		RMR <20 (very poor rock)	Up to 1 m	250-mm thick	required	required	8 to 9 sets (L=4 m; 2.0 m x 0.7 m spacing)	-
VB-1		RMR <15 (very poor rock) or in low cover zone	Up to 1 m	250-mm thick	required	required	not required	Pipe forepoling (when required)

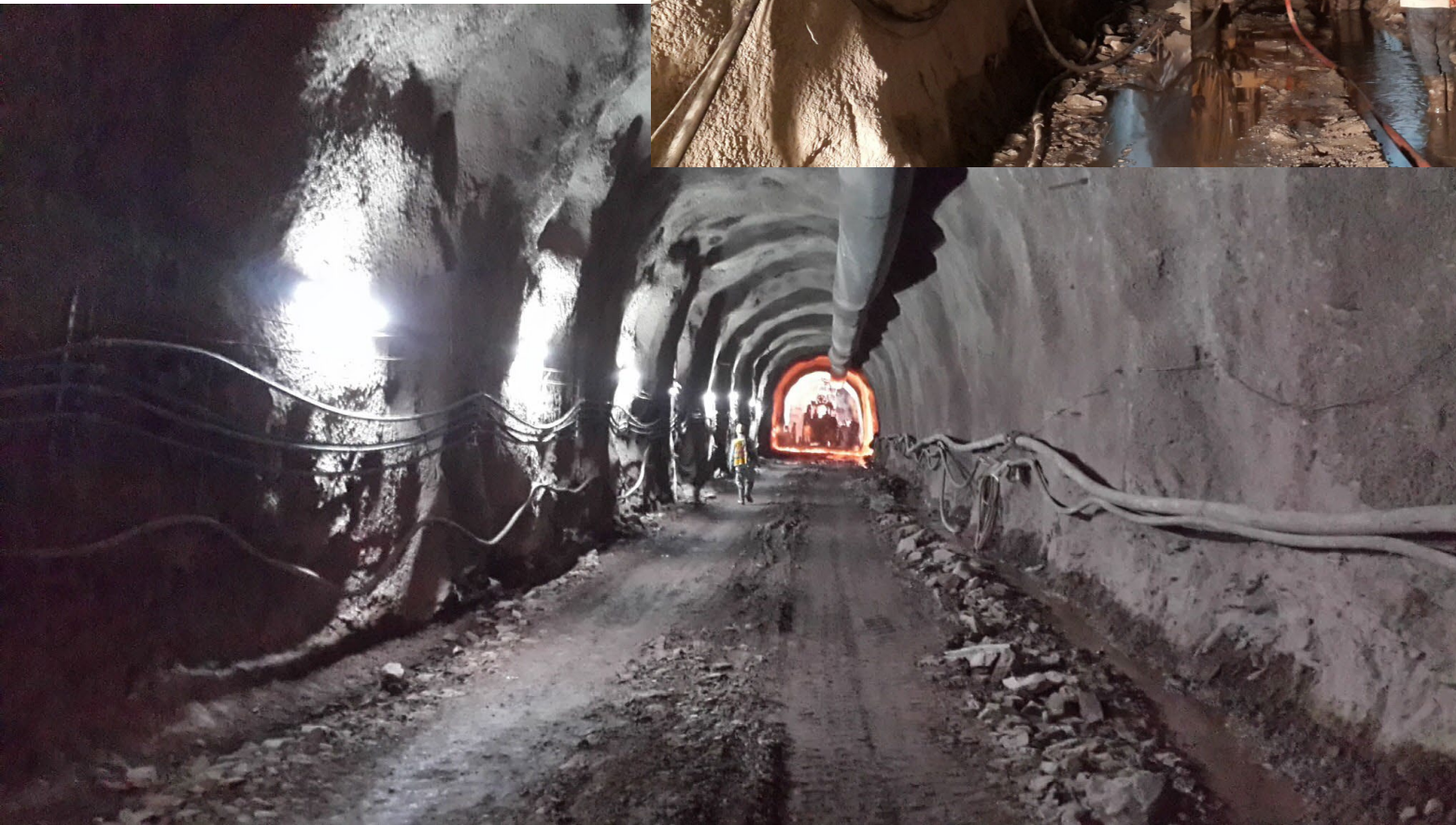
หินคุณภาพแย่มาก RMR ต่ำ
น่าเป็นห่วง



Shotcrete



รศ.ดร.พิษณุ บุญนวด นายกสมาคมวิศวกรเหมืองแร่ไทย และ รองประธานสภาการเหมืองแร่





04.07.2014 10:28



อุโมงค์งานสร้างเขื่อน





กพ 2018

รศ.ดร.พิษณุ บุญนวด นายกสมาคมวิศวกรเหมืองแร่ไทย และ รองประธานสภาการเหมืองแร่

Rock bolts



Rock bolts

กย 2020





เหมืองแร่สังกะสีที่แม่สอ

เป็นงานเหมืองใต้ดิน
แบบRoom-and-Pillar





งานเหมืองใต้ดิน แบบRoom-and-Pillar

รศ.ดร.พิชญ์ บุญนวล ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 20



Dawei; Myanmar



ทำงานออกมาดี ราบรื่น ปลอดภัย ทุกคนก็ Happy



อันตราย
ห้ามเข้า
ก่อนได้รับอนุญาต

ห้ามเข้า
ก่อนได้รับอนุญาต
ห้ามเข้า
ก่อนได้รับอนุญาต



ปลอดภัย + SAFETY FIRST
ONLY THE BEST WE DO AMP

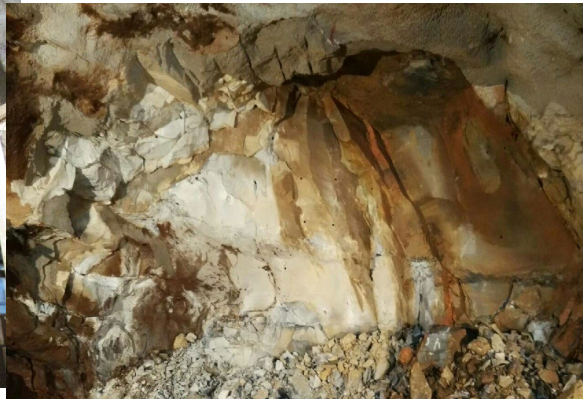
กรณีศึกษา



กรณีศึกษา: Toppling in Diversion Tunnel

ของนายช่างธีรภัทร์ สุขเกษม

โครงการอุโมงค์ผันน้ำโครงการเขื่อนไฟฟ้าน้ำเทิน 1 ขนาด
เส้นผ่านศูนย์กลางอุโมงค์ 12 เมตร ใน Sandstone



ลักษณะของชั้นหินก่อนทำการระเบิด
ลักษณะของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

ลักษณะการพังทลายของชั้นหินหลัง
การระเบิด

เป็นการเจาะอุโมงค์ผ่านชั้นหินในลักษณะ **Drive Against Dip** เมื่อดำเนินการขุดเจาะ
อุโมงค์ ถึง **Sta.0+** พบว่าชั้นหินบนหลังคา และบ่าด้านซ้ายมือขาดเสถียรภาพอย่างมาก
เนื่องจากมีชั้นดินเหนียวหนาประมาณ 10 ซม.แทรกระหว่าง **Bed** ของ **Sandstone**
ภายหลังจากระเบิด วิศวกรประจำหน้างานอุโมงค์ และนักธรณีวิทยาเห็นว่าค้ำยันที่ติดตั้งไว้
ไม่น่าจะรับน้ำหนักของชั้นหินได้ จึงยังไม่ทำการตักขนและให้ย้ายคน และเครื่องจักรออก
จากหน้าเฟส หลังจากระเบิดประมาณ 1 ชั่วโมง หินบนหลังคา และผนังได้ร่วงลงมา โดยวัด
ระยะตำแหน่งสูงสุดของชั้นหินที่ร่วงลงมาจากหลังคาขึ้นไป 10 เมตร

ของนายช่างธีรภัทร์ สุขเกษม

ดำเนินการแก้ไขโดยการทำการค้ำยันอุโมงค์ก่อนถึงจุดที่พังลงมาเพิ่มเติม โดยการเจาะและติดตั้ง Rockbolt ขนาด 25 มม. ยาว 12 เมตร โดยเจาะให้ตั้งฉากกับ Bed ของหิน ติดต๋าย 2 ชั้น



พื้นที่คอนกรีตหนา 20 ซม. เมื่อค้ำยันในส่วนนี้เสร็จแล้ว จึงเริ่มทำการแก้ไขในจุดที่หินพังลงมาโดยการ Backfill Concrete โดยไม่ต้องสกัดหินที่พังลงมาออก



ทำการติดตั้งแบบเทคอนกรีตเต็มพื้นที่หน้าตัดอุโมงค์ และติดตั้งท่อสำหรับเทคอนกรีตในจุดที่สูงสุดของหลังกาที่พังลงมา ปริมาณคอนกรีตที่ใช้สำหรับ Backfill ทั้งหมด 2,500 ลูกบาศก์เมตร หลังจากนั้นจึงเริ่มทำการเจาะระเบิดเข้าไปใหม่

ระยะเวลาดำเนินการแก้ไข 1 เดือน

Completely Weathered Siltstone On Crown

โครงการอุโมงค์ผันน้ำโครงการเขื่อนไฟฟ้าน้ำเทิน 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอุโมงค์ 12 เมตร

ชนิดของหิน: **Siltstone**



ลักษณะของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

เป็นการเจาะอุโมงค์ผ่านชั้นหินในลักษณะ Drive Against Dip เมื่อดำเนินการขุดเจาะอุโมงค์ ถึง Sta.0+419.5 พบว่าชั้นหินบนหลังคา ขาดเสถียรภาพอย่างมาก เนื่องจากลักษณะหินเป็น Siltstone ผุและแตกเป็นบล็อก ภายหลังจากระเบิด วิศวกรประจำงานอุโมงค์และนักธรณีวิทยาเห็นว่าค้ำยันที่ติดตั้งไว้ไม่น่าจะรับน้ำหนักของชั้นหินได้ จึงให้ย้ายคน และเครื่องจักรออกจากหน้างาน ภายหลังจากระเบิดประมาณ 2 ชั่วโมง หินบนหลังคาร่วงลงมา โดยหินที่ร่วงลงมาเป็นช่วงที่อุโมงค์ได้ทำการค้ำยันเรียบร้อยแล้ว และห่างจากหน้าเฟสออกมาประมาณ 15 เมตร วัดระยะตำแหน่งสูงสุดของชั้นหินที่ร่วงลงมาจากหลังคาขึ้นไป 6 เมตร

- แนวทางการแก้ไข

- ดำเนินการแก้ไขโดยการทำการค้ำยันอุโมงค์ก่อนถึงจุดที่พังลงมาเพิ่มเติม โดยการเจาะและติดตั้ง Rockbolt ขนาด 25 มม . ยาว 12 เมตร โดยเจาะให้ตั้งฉากกับ Bed ของหิน ติดตาข่าย 2 ชั้นพ่นชอตกริตหนา 20 ซม.
- เมื่อค้ำยันในส่วนนี้เสร็จแล้ว จึงเริ่มทำการแก้ไขในจุดที่หินพังลงมาโดยการติดตั้งค้ำยันเพิ่มเติมในส่วนของหลังคาและบ่าของอุโมงค์ โดยเจาะและติดตั้ง Rockbolt ขนาด 25 มม . ยาว 12 เมตร ติดตาข่าย 2 ชั้นพ่นชอตกริตหนา 20 ซม.

- ระยะเวลาดำเนินการแก้ไข 7 วัน

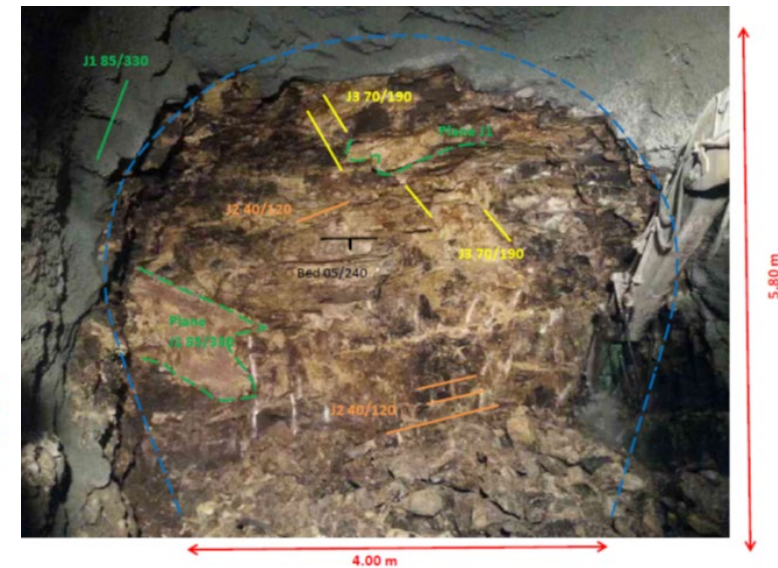
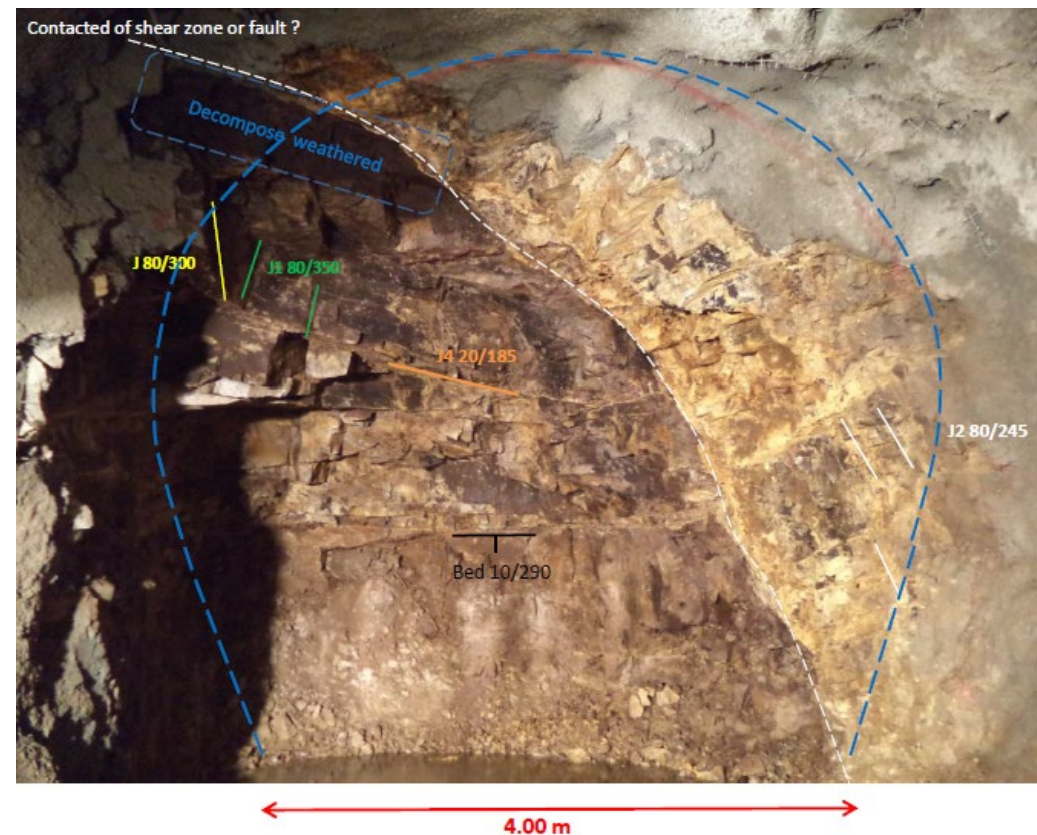
กรณีศึกษา

ของนายช่างธีรภัทร์ สุขเกษม

Shear Zone in Low Pressure Tunnel , Xe Pian – Xe Namnoy HEPP

อุโมงค์ส่งน้ำโครงการเขื่อนไฟฟ้าเซเปียน – เซน่าน้อย สปป. ลาว

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอุโมงค์ 6 เมตร ชนิดของหิน Siltstone // Sandstone



ช่วงการเจาะอุโมงค์ผ่าน
Shear Zone

ลักษณะของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

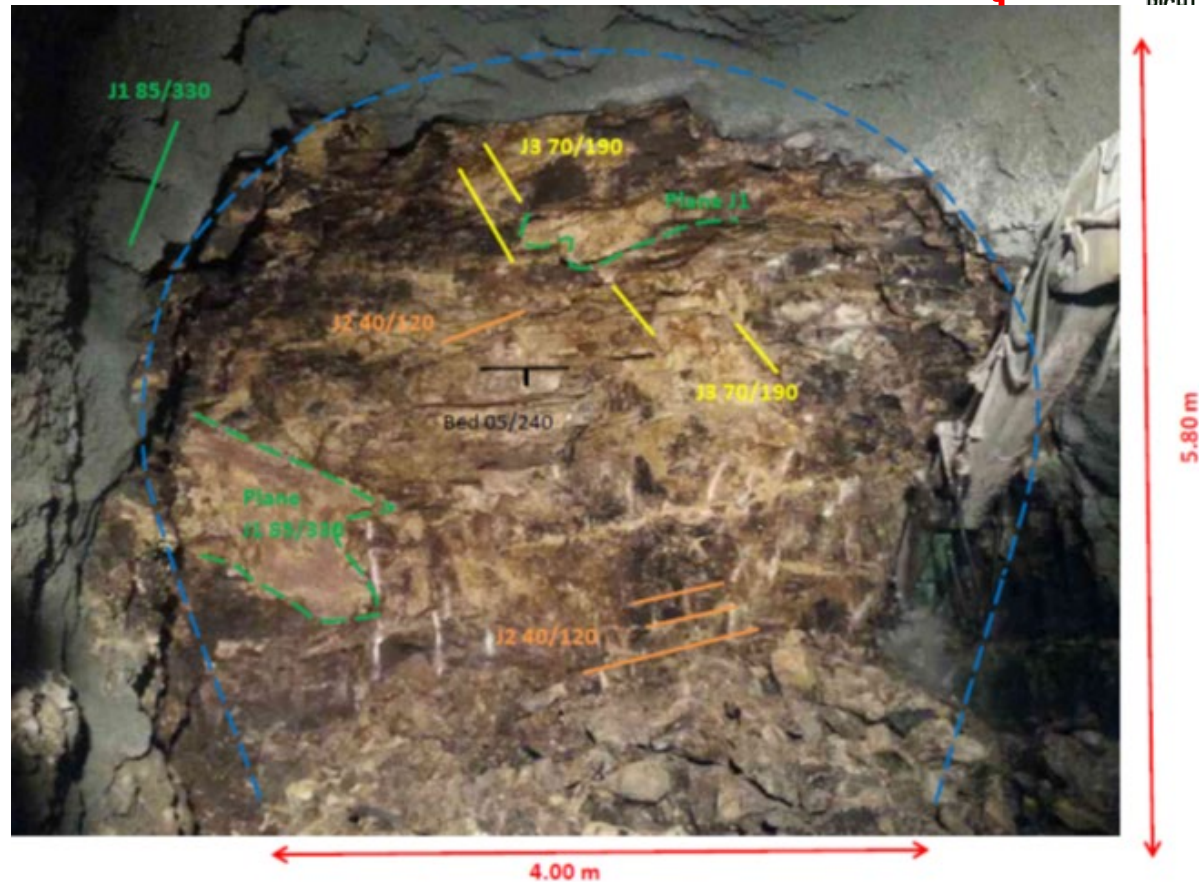
เป็นการเจาะอุโมงค์ผ่านชั้นหินในลักษณะ Drive With Dip เมื่อดำเนินการขุดเจาะอุโมงค์ ถึง Sta.0+399 พบว่าชั้นหินบนหลังคาและบ่าของอุโมงค์ ขาดเสถียรภาพอย่างมาก เนื่องจากลักษณะการเจาะผ่าน Shear Zone ทำให้หินบริเวณหน้าเฟสผุและแตกเป็นบล็อกเล็กๆ

และบางตำแหน่งยังเจอลักษณะของชั้นน้ำใต้ดินเก่าบนชั้นหลังคา ซึ่งมีลักษณะเป็นทรายสีดำสูงขึ้นไปบนหลังคาประมาณ 3 เมตร

ผู้ควบคุมเห็นว่าค้ำยันที่ติดตั้งไว้ตามแบบไม่น่าจะรับน้ำหนักของชั้นหินได้ จึงให้ทำการติดตั้งค้ำยันเพิ่มเติม

และ ให้เจาะระเบิดเฉพาะแต่ส่วนที่เป็นชั้นหินแข็ง

ในส่วน of ชั้นหินผุให้ขุดโดยใช้ Hydraulic Breaker

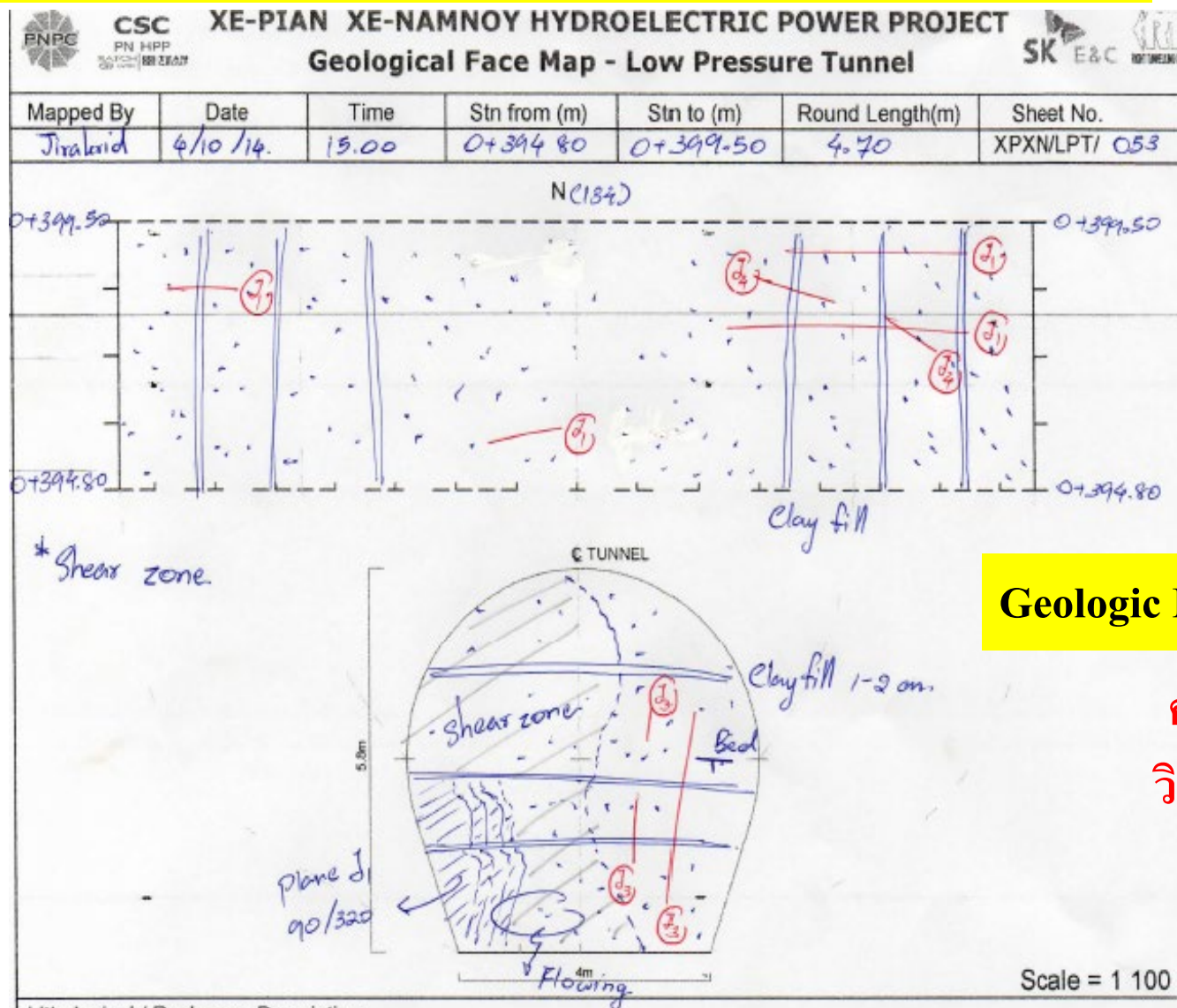


แก้ไขเพิ่มเติม

ดำเนินการแก้ไขโดยการทำการติดตั้งค้ำยันอุโมงค์เพิ่มเพิ่มจากแบบ โดยติด
ตาข่ายรวม 2 ชั้น และพ่นshotครีตหนา 20 ซม. ติดตั้ง Rockbolt ขนาด
25 มม . ยาว 6 เมตร โดยเจาะให้ตั้งฉากกับ Bed ของหิน

ระยะเวลาดำเนินการแก้ไข 7 วัน

Shear Zone in Low Pressure Tunnel , Xe Pian – Xe Namnoy HEPP



Geologic Mapping

คัดจากการบรรยายสมาคม
วิศวกรเหมืองแร่ไทย ที่ม.ช.

15-6-2017 ของ
นายช่างธีรภัทร์ สุขเกษม

Lithological / Rockmass Description:

Sandstone, brown and greenish grey, fine to medium grained, medium bedded,
Slightly to moderately weathered, strong to medium

