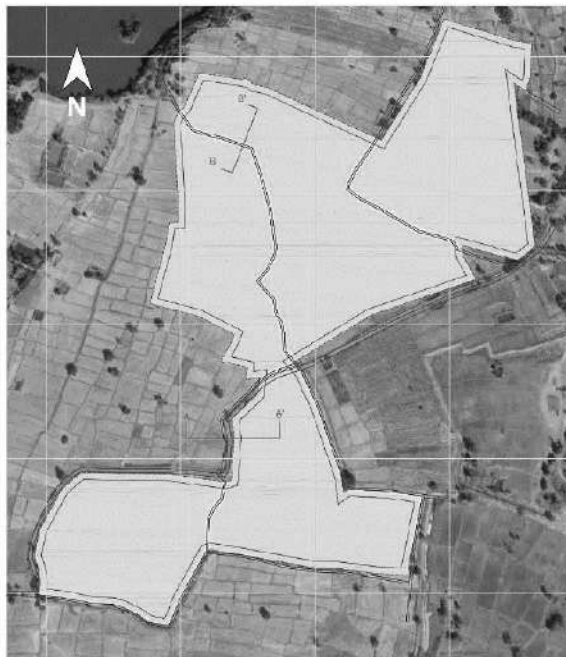


ภาคผนวก **ณ**

รายงานการประเมินเสถียรภาพพ้องเมือง

รายงาน

การประเมินเสถียรภาพผนังเหมืองชนิดแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่อ
อุตสาหกรรมก่อสร้าง
ในพื้นที่คำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักหมายเขตเหมืองแร่ที่ 33660
ของบริษัท สุรินทร์โซคชัย จำกัด
ที่ หมู่ที่ 4 และ 7 ตำบลไพล อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์



บริษัท จีเอ็มอาร์ เอสยูที จำกัด

411 หมู่ 3 ตำบลหนองจะบก อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

หมายเลขโทรศัพท์ 084-4630908, 089-2857938

พฤศจิกายน 2567

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	ก
1. ที่มาและความสำคัญ.....	1
2. การสำรวจในภาคสนาม.....	2
2.1 การสำรวจลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ในปัจจุบัน.....	2
2.2 ข้อมูลลำดับชั้นหินและทิศทางการวางตัวชั้นหินและรอยแตก.....	2
2.3 เก็บตัวหินนำมาทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ.....	7
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ.....	8
3.1 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรงของหิน.....	8
3.2 การทดสอบกำลังแรงเฉือนโดยตรงของดิน.....	8
4. การวิเคราะห์เสถียรภาพผนังบ่อเหมือง.....	10
4.1 การประเมินเสถียรภาพแบบ Kinematic analysis.....	10
4.2 การประเมินคุณภาพมวลหิน (Rock mass rating, RMR).....	11
4.3 การประเมินคุณภาพมวลรวมของความลาดชัน (Slope Mass Rating; SMR).....	13
4.4 การวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์.....	15
5. สรุปผลการศึกษา.....	27
เอกสารอ้างอิง.....	28
ภาคผนวก ก การตรวจวัดและการคำนวณระนาบตัวแทนเฉลี่ย (Representative Plane)	
ภาคผนวก ข การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Testing)	
ภาคผนวก ค การประเมินคุณภาพมวลรวมของความลาดชัน (Slope Mass Rating; SMR)	

การประเมินเสถียรภาพผนังเหมืองชนิดแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างในพื้นที่คำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักหมายเขตเหมืองแร่ที่ 33660 ของบริษัท สุรินทร์โซคซีย จำกัด หมู่ที่ 4 และ 7 ตำบลไพล อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์

1. ที่มาและความสำคัญ

บริษัท สุรินทร์โซคซีย จำกัด ได้มีการยื่นคำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักหมายเขตเหมืองแร่ที่ 33660 มีรวมเนื้อที่ประมาณ 180 ไร่ 1 งาน 59 ตารางวา เพื่อการทำเหมือง (ประเภทที่ 2) ชนิดแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง ตั้งอยู่ในพื้นที่ หมู่ที่ 4 และ 7 ตำบลไพล อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ (รูปที่ 1) ในการยื่นคำขอประทานบัตรเพื่อดำเนินการจัดทำแผนผัง การทำเหมืองจำเป็นต้องทำการสำรวจและศึกษาธรณีวิทยาในพื้นที่ รวมถึงการศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาเชิงโครงสร้างสำหรับออกแบบและวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดชันของผนังบ่อเหมือง

การศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาเชิงสำหรับออกแบบและวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดชันของผนังบ่อเหมืองได้ดำเนินการโดยบริษัท จี.เอ็มอาร์ เอสยูที จำกัด นำทีมโดย ศาสตราจารย์ (เกียรติคุณ) ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจพื้นที่, เก็บตัวอย่างของชั้นดินและชั้นหินนำไปทดสอบหาคุณสมบัติเชิงฟิสิกส์และกลศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ, ตรวจสอบข้อมูลการวางตัวของชั้นหิน รวมไปถึงคุณภาพมวลหินสำหรับใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพในการประเมินความลาดชันสุดท้ายของผนังบ่อเหมืองโดยรอบพื้นที่ (Final Pit Walls)

เพื่อให้มั่นใจว่ากิจกรรมของเหมืองยังคงมีเสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ได้ในระยะยาว



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาในพื้นที่คำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักหมายเขตเหมืองแร่ที่ 33660 (ดัดแปลงมาจาก Google Map)

2. การสำรวจในภาคสนาม

วัตถุประสงค์หลักในการสำรวจพื้นที่ประกอบด้วย (1) สำรวจลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ (2) เก็บข้อมูลลำดับชั้นหินและทิศทางการวางตัวชั้นหินและรอยแตกและ (3) เก็บตัวหินนำมาทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ

2.1 การสำรวจลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ในปัจจุบัน

ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปของพื้นที่ประทานบัตร (รูปที่ 2) เป็นที่ราบ ปัจจุบันเป็นพื้นที่เกษตรกรรม (นาข้าว) ยังไม่มีการขุดเปิดหน้าดิน พื้นที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 160-170 m MSL มีถนนสาธารณะตัดผ่านตั้งแต่ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ในพื้นที่มีร่องน้ำสาธารณะประโยชน์ตัดผ่านดังแสดงในรูปที่ 3

2.2 ข้อมูลลำดับชั้นหินและทิศทางการวางตัวชั้นหินและรอยแตก

เนื่องด้วยในพื้นที่คำขอ ยังไม่มีการเปิดหน้าดิน ทางผู้สำรวจจึงทำการตรวจวัดการวางตัว และรอยแตกของชั้นหินจากพื้นที่ประทานบัตรแปลงใกล้เคียงที่อยู่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ ซึ่งได้มีการขุดเปิดหน้าดินและชั้นหินออกแล้วประมาณ 15 เมตร ทำให้สามารถเห็นลักษณะของชั้นดินและชั้นหินได้อย่างชัดเจน (รูปที่ 4)

ชั้นดิน (Top Soil) มีลักษณะสีเทาถึงสีเทาเข้ม ร่วน พบเศษหินผุปะปนอยู่ทั่วไป บางบริเวณมีหินบะซอลต์ที่เป็นหินลอย (Float Rock) ลักษณะเนื้อแน่น (Massive) และแข็ง (Dense) สีเทาเข้มจนถึงเทาปนดำ เนื้อละเอียด (Fine Grain) และมีโพรงอากาศ (Vesicular Basalt) อยู่บ้าง ขนาดของโพรงอากาศประมาณ 1-2 มิลลิเมตร มีความหนาของชั้นเปลือกดินโดยเฉลี่ยประมาณ 6 เมตร

ชั้นหินบะซอลต์ (Basalt) แสดงลักษณะเป็นชั้น (layer) แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

หินบะซอลต์เนื้อรูพรุน (Vesicular Basalt) เนื้อรูพรุน มีสีเทา ลักษณะเนื้อหยาบและโพรงอากาศแทรกจำนวนมากแทรกสลับอยู่ในหินบะซอลต์เนื้อแน่น (Dense Basalt) โดยเนื้อหิน มีสีเทาจนถึงเทาปนดำและสีดำ ลักษณะเนื้อละเอียด วางตัว (Flow Layer) ในแนวราบพบรอยแตกมีลักษณะการแตกเกิดจากการหดตัวของลาวา ทำให้รอยแตกค่อนข้างเรียบและไม่มีการเคลื่อนตัว

จากข้อมูลการตรวจวัดและการคำนวณหาระนาบตัวแทนเฉลี่ย (Representative Plane) (รูปที่ 5) พบว่าชั้นหินมีการวางตัว (Flow Layer) 81/2 (แนววางตัว/มุมเท, หน่วยองศา) มีมุมเทเอียงไปทางทิศใต้ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (JRC) ของชั้นหินมีค่าความขรุขระประมาณ 10 มีความหนาเฉลี่ย 50-100 เซนติเมตร แทรกด้วยเศษดินมีอัตราการผุกร่อนปานกลาง พบรอยแตก 3 แนว รอยแตกชุดที่ 1 วางตัวในแนว 191/74 มีมุมเทเอียงไปทางทิศตะวันตก รอยแตกชุดที่ 2 วางตัวในแนว 8/55 มีมุมเทเอียงไปทางทิศตะวันออกเฉียง และรอยแตกชุดที่ 3 วางตัวในแนว 112/75 มีมุมเทเอียงไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (JRC) ของชั้นหินค่อนข้างเรียบมีค่าความขรุขระประมาณ 6-8 ระยะห่างโดยเฉลี่ย (Joint spacing) อยู่ที่ 50-100 เซนติเมตร คุณลักษณะของความไม่ต่อเนื่อง (Joint conditions) มีช่องว่างระหว่างรอยแตกมากกว่า 1-5 มิลลิเมตร โดยคำนวณหาระนาบตัวแทนเฉลี่ย (Representative Plane) ที่ตรวจวัดได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ผลการตรวจวัดและการคำนวณหาระนาบตัวแทนเฉลี่ยแสดงในภาคผนวก ก

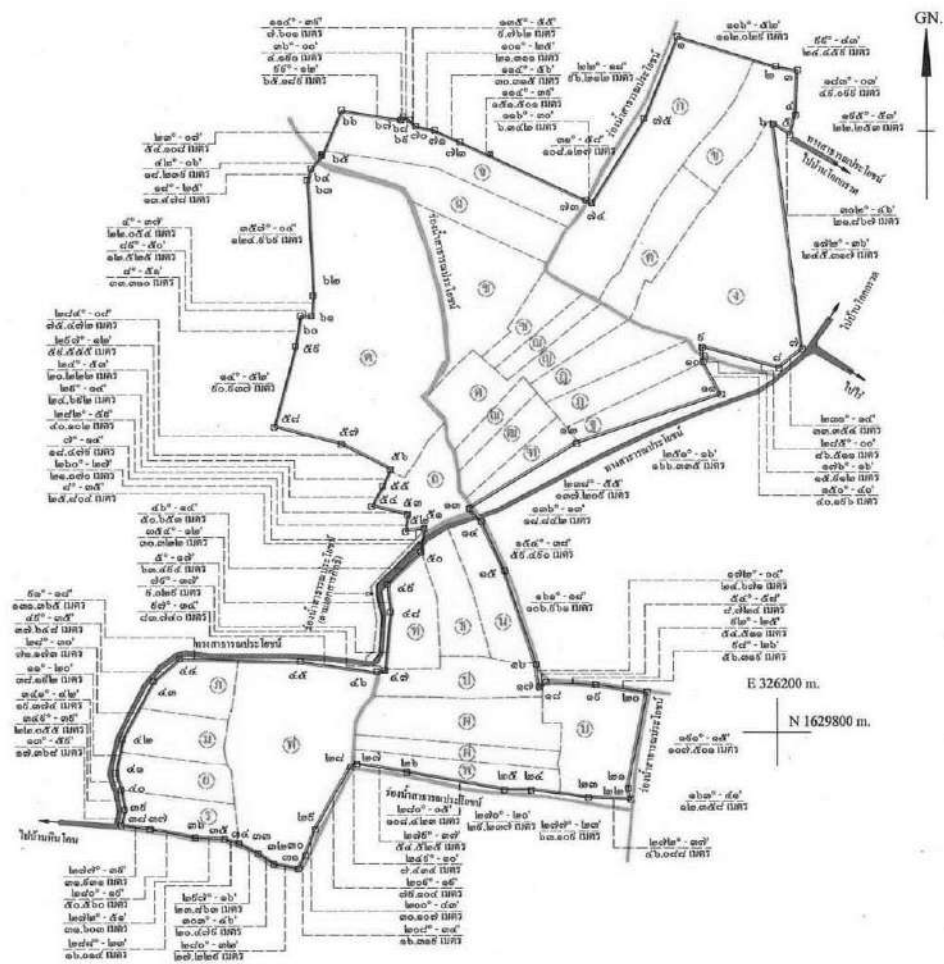


(a)



(b)

รูปที่ 2 ลักษณะพื้นที่ทางด้านทิศตะวันออกของพื้นที่ (มองไปทางด้านทิศเหนือ) (a) และทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ (มองไปทางด้านทิศตะวันตก) (b)



รูปที่ 3 ขอบเขตพื้นที่ประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักหมายเขตเหมืองแร่ที่ 33660



(a)

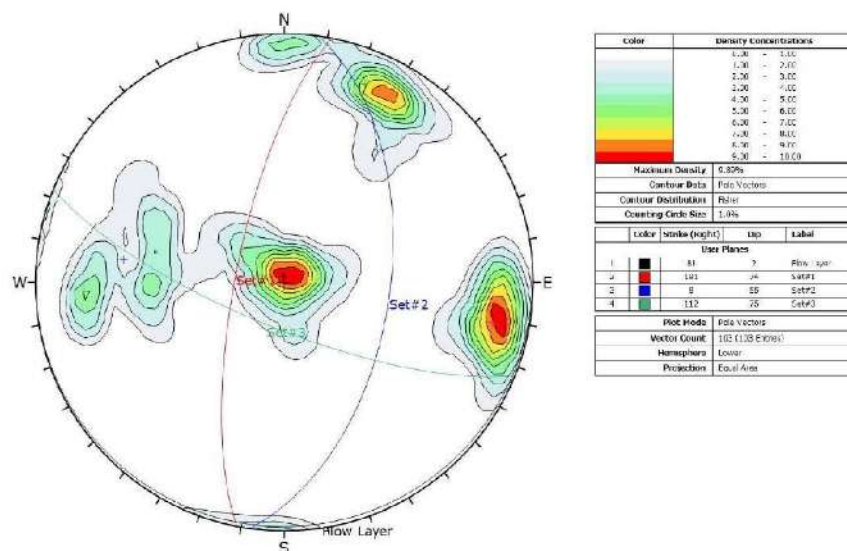


(b)

รูปที่ 4 บ่อเหมืองข้างเคียงพื้นที่คำขอประทานบัตร (มองไปทางทิศใต้) (a) และการวางตัวของชั้นดินและชั้นหิน (มองไปทางด้านทิศเหนือ) (b)



(a)



(b)

รูปที่ 5 การวางตัวของชั้นหินและรอยแตก (มองไปทางทิศตะวันออก) (a) และระนาบตัวแทนเฉลี่ย (Representative Plane) (b)

2.3 เก็บตัวหินนำมาทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ

วิศวกรภาคสนามได้เก็บตัวอย่างดินมา 2 ชุด (ดินสีเทาเข้มและดินสีน้ำตาล) ด้วยการเก็บตัวอย่างดินแบบเปลี่ยนสภาพ (Disturbed Sample) (รูปที่ 6) และตัวอย่างหินเก็บมาเป็นบล็อกขนาดประมาณ 30*30*30 เซนติเมตร ทั้งหินบะซอลต์เนื้อร่วนและหินบะซอลต์เนื้อแน่น โดยหินบะซอลต์เนื้อร่วนจะพบส่วนบนของหินบะซอลต์เนื้อแน่น

ตารางที่ 1 ระนาบตัวแทนเฉลี่ย (Representative Plane) ที่ตรวจวัดได้ในแต่ละจุดสำรวจ

ชั้นหินบะซอลต์	Discontinuity (Degrees)							
	Bedding		Joint#1		Joint#2		Joint#3	
	Strike	Dip	Strike	Dip	Strike	Dip	Strike	Dip
	81	2	191	74	8	55	112	75



รูปที่ 6 การเก็บตัวอย่างดินแบบเปลี่ยนสภาพ (Disturbed Sample)

3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

หัวข้อนี้อธิบายวิธีและผลการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของชั้นเปลือกดินและชั้นหินบะซอลต์ ซึ่งผลการทดสอบที่ได้ถูกนำมาใช้กำหนดและสอบเทียบตัวแปรต่างๆ สำหรับแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์และการวิเคราะห์เสถียรภาพในเชิง kinematic analysis เพื่อประเมินเสถียรภาพความลาดชันของผนังเหมืองสุดท้าย โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 ชุด คือ ชั้นเปลือกดินสีเทาเข้ม, ชั้นเปลือกดินสีน้ำตาล, ชั้นหินบะซอลต์เนื้อหยาบ และชั้นหินบะซอลต์เนื้อละเอียด โดยนำตัวอย่างดินและตัวอย่างหินที่เก็บมาตัดให้ได้ขนาดตามมาตรฐานในการทดสอบทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของหิน และกำลังรับแรงเฉือนของดิน

3.1 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของหิน มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความมุมความเสียดทาน (Friction Angle) และค่าความเค้นยึดติดของรอยแตกหิน (Cohesion) ซึ่งดำเนินการทดสอบตามวิธีมาตรฐาน ASTM D5607 กับตัวอย่างหินจำนวน 2 ชุดของรอยแตกแบบผิวเรียบ (Saw-Cut Surface) ในการคำนวณผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการได้ใช้สมการของคูลอมป์ (Coulomb's Equation) ในการคำนวณดังสมการที่ 1 เนื่องจากรอยแตกจริงของชั้นหินในภาคสนามรอยแตกมีความขรุขระ (JRC) และค่าความแข็งของรอยแตก (JCS) เข้ามาเกี่ยวข้องทางคณะผู้วิจัยจึงใช้สมการของ Barton ในการหาความมุมความเสียดทานและค่าความเค้นยึดติดของรอยแตกหิน สำหรับใช้ในการออกแบบผนังบ่อเหมือง ซึ่งสรุปผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 2 และรูปที่ 6 ได้สรุปผลการทดสอบและรายละเอียดดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข-1

$$\tau = C + \sigma_n \tan \phi_b \quad (1)$$

$$\tau = \sigma_n \tan[\phi_b + JRC \log_{10}(\frac{JCS}{\sigma_n})] \quad (2)$$

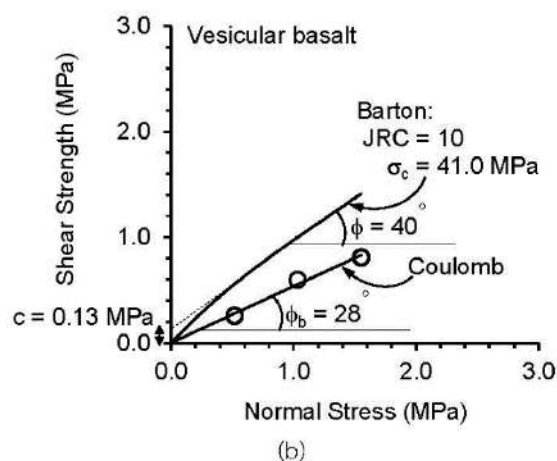
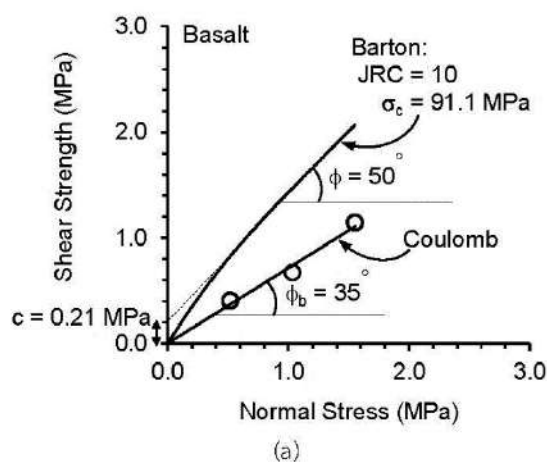
โดยที่

- τ = กำลังรับแรงเฉือน (Shear stress)
- σ_n = ความเค้นตั้งฉาก (Normal Stress)
- C = ความเค้นยึดติด (Cohesion)
- ϕ_b = ค่ามุมเสียดทานพื้นฐาน (Basic Friction Angle)
- JCS = ค่าความเค้นอัดของรอยแตก (Joint compression strength)

3.2 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดิน การทดสอบนี้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D3080-17 เพื่อหาค่าความเค้นยึดติด (Cohesion) และค่ามุมเสียดทาน (Friction angle) ซึ่งสามารถหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนสูงสุด (Shear strength) และค่าความเค้นตั้งฉาก (Normal stress) โดยทำการทดสอบกับตัวอย่างดินจำนวน 2 ตัวอย่าง ผลการทดสอบได้สรุปไว้ในตารางที่ 3 และแสดงรายละเอียดการทดสอบไว้ในภาคผนวก ข-2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนในรอยแตกหิน

Lithology	σ_n (MPa)	τ (MPa)	Coulomb's Parameters		Barton's Parameters	
			Cohesion, c (MPa)	Basic Friction Angle, ϕ_b (Degrees)	Cohesion, c (MPa)	Friction Angle, ϕ (Degrees)
Basalt	0.52	0.41	0.00	35	0.21	50
	1.03	0.67				
	1.55	1.14				
Vesicular basalt	0.52	0.26	0.00	28	0.13	40
	1.03	0.59				
	1.55	0.80				



รูปที่ 6 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรงของหินโดยใช้สมการของ Coulomb เปรียบเทียบกับสมการของ Barton ของตัวอย่างหิน Basalt (a) และ Vesicular Basalt (b)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดิน

Sample No.	τ_p (kPa)	σ_n (kPa)	Cohesion, c (kPa)	Friction Angle, ϕ (Degrees)
ชั้นดินสีเทาเข้ม	239.9	172.4	130	31
	327.0	344.8		
	448.1	517.2		
ชั้นดินสีน้ำตาล	175.7	172.4	91	25
	248.0	344.8		
	339.6	517.2		

4. การวิเคราะห์เสถียรภาพผนังบ่อเหมือง

การศึกษานี้ได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 รูปแบบ คือ 1) การวิเคราะห์เชิง Kinematic เพื่อประเมินโอกาสที่จะเกิดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างมวลหินโดยใช้ Dip Program, 2) การประเมินคุณภาพมวลหิน (Rock mass rating, RMR) 3) การวิเคราะห์และประเมินคุณภาพความมั่นคงของมวลหินโดยวิธีการประเมินคุณภาพมวลรวมของความลาดชัน (Slope Mass Rating; SMR) และ 4) การคำนวณด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ได้ใช้โปรแกรม Phase 2D ซึ่งสามารถแสดงการวิเคราะห์ในรูปแบบของค่าปัจจัยความปลอดภัย (Factor of safety) แนวโน้มการเคลื่อนตัวของความลาดชัน ทั้งนี้การวิเคราะห์จะอยู่ในรูปแบบของผนังเหมืองสุดท้าย (Final pit walls) ในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ เพื่อให้ผลออกมาในเชิงอนุรักษ์

4.1 การประเมินเสถียรภาพแบบ Kinematic analysis

การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวโดยใช้ข้อมูลทิศทางการวางตัวของความไม่ต่อเนื่องของชั้นหินและรอยแตก (Strike, Dip angle) มาเปรียบเทียบกับทิศทางการวางตัวของและความลาดเอียงของผนังบ่อเหมือง ซึ่งในการศึกษานี้ได้ใช้แนวตัดขวางจำนวน 4 แนวเป็นตัวแทนความลาดชันของผนังเหมืองทั้ง 4 ด้าน [(ผนังบ่อเหมืองทางด้านทิศเหนือ (Strike 90), ทิศตะวันออก (Strike 180), ทิศใต้ (Strike 270) และทิศตะวันตก (Strike 360)] โดยผลที่ได้จะแสดงในรูปแบบของความเสี่ยงที่จะเกิดการเคลื่อนตัวในทั้งในรูปแบบระนาบ (Plane failure) แบบรูปสามเหลี่ยม (Wedge failure) และแบบพลิกคว่ำ (Toppling failure) ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคาดคะเนตำแหน่งที่มีโอกาสที่จะเกิดการวิบัติได้

ในการวิเคราะห์ได้มีการใช้ค่ามุมความชันของหน้าเหมือง (Slope face angle) อยู่ที่ 80 องศา โดยการประเมินจะใช้ค่ามุมเสียดทานที่ได้จากการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรง (Direct shear test) ค่ามุมเสียดทานที่ใช้คือ 40 องศา (ซึ่งเป็นค่าที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดการวิบัติมากที่สุด) โดยผนังเหมืองทางด้านทิศเหนือโอกาสเกิดการเคลื่อนไหลในรูปแบบระนาบ, ผนังด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกโอกาสเกิดการเคลื่อนไหลในรูปแบบระนาบและแบบพลิกคว่ำ ส่วนผนังบ่อเหมืองทางด้านทิศใต้มีเสถียรภาพค่อนข้างดี

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ด้วยวิธีดังกล่าวเป็นการประเมินในเบื้องต้นที่พิจารณาเฉพาะทิศทางการวางตัวของผนังเหมืองกับชั้นหินหรือรอยแตกและค่ามุมเสียดทาน จำเป็นจะต้องวิเคราะห์ในหลายรูปแบบร่วมด้วย ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป โดยผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Kinematic analysis ของผนังเหมืองในแต่ละด้านได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์แบบ Kinematic analysis ในผนังเหมืองทั้ง 4 ด้าน

ผนังบ่อเหมือง	Slope Face		โอกาสการวิบัติ		
	Strike (องศา)	Dip (องศา)	แบบระนาบ (Planar Sliding)	แบบรูปสามเหลี่ยม (Wedge Sliding)	แบบพลิกคว่ำ (Flexural Toppling)
ด้านทิศเหนือ	90	80	เสถียรภาพต่ำ	เสถียรภาพดี	เสถียรภาพดี
ด้านทิศตะวันออก	180	80	เสถียรภาพต่ำ	เสถียรภาพดี	เสถียรภาพต่ำ
ด้านทิศใต้	270	80	เสถียรภาพดี	เสถียรภาพดี	เสถียรภาพดี
ด้านทิศตะวันตก	0	80	เสถียรภาพต่ำ	เสถียรภาพดี	เสถียรภาพต่ำ

*หมายเหตุ

เสถียรภาพดี % โอกาสการเคลื่อนตัว (0% - 25%)

เสถียรภาพต่ำ % โอกาสการเคลื่อนตัว (25% - 50%)

ไม่มีเสถียรภาพ % โอกาสการเคลื่อนตัว (50% - 99%)

4.2 การประเมินคุณภาพมวลหิน (Rock mass rating, RMR)

วัตถุประสงค์คือเพื่อการประเมินคุณภาพมวลหิน โดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆประกอบด้วย ค่าความแข็งของหิน (Strength of Intact Rock) ระยะห่างระหว่างรอยแตก (Spacing of Discontinuities) สภาพของรอยแตก (Condition of Discontinuities) ลักษณะของน้ำบาดาล (Groundwater of Discontinuities) และค่าคุณภาพของมวลหิน (Rock Quality Destination, RQD) ซึ่งสามารถประเมินได้จากสมการที่ 3 และ 4 (Palmstrom., 1982)

$$RQD = 115 - 3.3J_v \quad (J_v < 4.5) \quad (3)$$

$$RQD = 100 \exp(-0.1/5) (1 + 0.1/5) \quad (4)$$

โดยที่ J_v = จำนวนรอยแตกในปริมาตรของหินในหนึ่งลูกบาศก์เมตร (Joint/m³)

S = ค่าเฉลี่ยระยะห่างของรอยแตก (m)

ซึ่งทั้ง 5 ปัจจัยดังกล่าวสามารถสรุปเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินได้ดังตารางที่ 5 และจากการประเมินคุณภาพมวลหิน (Rock mass rating, RMR) หินบะซอลต์มีค่าคะแนนเท่ากับ 62 จัดอยู่ในกลุ่มหินที่มีคุณภาพดี (Good) โดยผลการประเมินค่า RMR สรุปดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินคุณภาพมวลหิน (Rock mass rating, RMR) เสนอโดย Bieniawski (1989)

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS									
Parameter		Ranges of Values							
1	Strength of intact rock material	Point load index (MPa)	>10	4-10	2-4	1-2	For this low range uniaxial compressive test is preferred		
		UCS (MPa)	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
		Rating	15	12	7	4	2	1	0
2	Rock quality designation; 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	Discontinuities Length (Persistence) "m"	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m		
		Rating	6	4	2	1	0		
		Separation (Aperture) "mm"	None	< 0.1	0.1-1.0	1-5	> 5		
		Rating	6	5	4	1	0		
		Roughness	Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slippery		
		Rating	6	5	3	1	0		
		Infilling	None	Hard filling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling > 5 mm		
		Rating	6	4	2	1	0		
		Weathering	Un-weathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decompressed		
		Rating	6	5	3	1	0		
5	Groundwater in joints		Completely	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
		Rating	15	10	7	4	0		
RMR		Rock mass Description	Very Good	Good	Fair	Poor	Very Poor		
		Rating	81-100	61-80	41-60	21-40	0-20		

ตารางที่ 6 ผลการประเมินคุณภาพมวลหิน (Rock mass rating, RMR)

No.	Item		Value	Rating
A 1	Point load index (MPa)		50-100	7
A 2	Rock quality designation; RQD		50-75	13
A 3	Spacing of discontinuities		0.6-2.0 m	15
A 4	Condition of discontinuities	Persistence (m)	1-3	4
		Aperture (mm)	1-5	1
		Roughness	Slightly rough	3
		Infilling	None	6
		Weathering	Moderately weathered	3
A 5	Groundwater in joints		Damp	10
Total				62

4.3 การประเมินคุณภาพมวลรวมของความลาดชัน (Slope Mass Rating; SMR)

ประเมินคุณภาพและความมั่นคงของมวลหิน รูปแบบของการพังทลาย และกำหนดวิธีการป้องกันการพังทลายของความลาดชันมวลหิน ซึ่งเป็นวิธีการที่พัฒนามาจาก (Rock Mass Rating; RMR) ของ Bieniawski (1989) โดยพิจารณาร่วมกับความสัมพันธ์ของแนวแตกกับมุมเอียงของความลาดชัน (Joint-slope face relationship) โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 5

$$SMR = RMR + (F1.F2.F3) + F4 \quad (5)$$

RMR คือคุณภาพมวลหินที่ได้จากหัวข้อที่ 4.2

F1 คือ มุมทิศทางการวางตัวของชั้นหินและทิศทางของความลาดชัน

F2 คือ ค่ามุมเอียงของแนวแตก (Joint dip angle; β_j)

F3 คือ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผนังเหมือง (Slope face) และ มุมเอียงของรอยแตก (Joints dip)

F4 คือ ค่าคะแนนสำหรับวิธีการขุดเจาะ

การพิจารณาค่าคะแนนสำหรับแนวแตก (Joints) สำหรับปัจจัย F1 F2 F3 และ F4 ดังแสดงในตารางที่ 7 โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีประเมินคุณภาพมวลรวม (SMR) จะแสดงถึงสภาพลักษณะของความมั่นคง และรูปแบบการพังทลายของมวลหินในบริเวณพื้นที่ศึกษาดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 7 Adjustment rating for joint (Romana, 1985)

Case		Very favorable	Favorable	Fair	Unfavorable	Very unfavorable
P	$(\alpha_j - \alpha_s)$	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	5°
T	$(\alpha_j - \alpha_s) - 180^\circ$					
P/W/T	F1	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
P	β_j	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	45°
P/W	F2	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
T	F2	1	1	1	1	1
P	$\beta_j - \beta_s$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	0°	0° to -10°	$< -10^\circ$
T	$\beta_j + \beta_s$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
P/W/T	F3	0	-6	-25	-50	-60
Methods of excavation of slopes		Natural Slope	Presplitting	Smooth blasting	Blasting or mechanical	Deficient blasting
F4		+15	+10	+8	0	-8

** P = plane failure

W = Wedge failure

T = toppling failure;

α_j = joint dip direction

α_s = slope dip direction

α = plunge direction of line of intersection

β_j = joint dip;

β_s = slope dip

β_i = plunge of line of intersection

ตารางที่ 8 ระดับความมีเสถียรภาพของมวลลาดชั้นที่อธิบายโดยวิธี SMR (Romana, 1985)

Class	SMR	Description	Stability	Failures	Failures Probability
I	81-100	Very good	Complete	stable None	0.0
II	61-80	Good	Stable	Some blocks	0.2
III	41-60	Normal	Partial stable	Some joints or many wedges	0.4
IV	21-40	Poor	Unstable	Planar or big wedges	0.6
V	0-20	Very Poor	Completely unstable	Big planar or soil-like	0.9

การประเมินคุณภาพมวลหินด้วยวิธี (Slope Mass Rating, SMR) ในครั้งนี้ได้ใช้ความชันของหน้าเหมือง (Slope angle) ที่เป็นตัวแปรหลักต่อเสถียรภาพมวลลาดชั้นที่ 80 องศา ผลการวิเคราะห์ได้สรุปไว้ในตารางที่ 9 รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ค ผลจากการ พบว่ามวลหินมีคุณภาพพอใช้คะแนนของ SMR อยู่ในช่วง 41-60

ตารางที่ 9 สรุปผลการวิเคราะห์ความมั่นคงของมวลดินด้วยวิธีการประเมินคุณภาพมวลรวม (Slope Mass Rating; SMR)

Station	Joint Orientation		SMR Value			Class No.			Stability
	strike	dip	P	T	W	P	T	W	
North wall	81	2	59.0	59.0	59.0	III	III	III	Partial stable
	191	74	58.1	55.3	59.0	III	III	III	
	8	55	59.0	51.5	59.0	III	III	III	
	112	75	56.6	51.5	58.1	III	III	III	
East wall	81	2	59.0	59.0	59.0	III	III	III	Partial stable
	191	74	54.8	55.3	59.0	III	III	III	
	8	55	59.0	51.5	59.0	III	III	III	
	112	75	58.1	55.3	58.1	III	III	III	
South wall	81	2	59.0	59.0	59.0	III	III	III	Partial stable
	191	74	58.1	55.3	58.1	III	III	III	
	8	55	59.0	51.5	59.0	III	III	III	
	112	75	58.1	55.3	59.0	III	III	III	
West wall	81	2	59.0	59.0	59.0	III	III	III	Partial stable
	191	74	58.1	55.3	59.0	III	III	III	
	8	55	59.0	51.5	59.0	III	III	III	
	112	75	58.1	55.3	59.0	III	III	III	

หมายเหตุ

P = Plane Failure

T = Toppling Failure

W = Wedges Failure

4.4 การวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

ในการคำนวณด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ได้ใช้โปรแกรม Phase 2D ซึ่งสามารถแสดงการวิเคราะห์ในรูปแบบของค่าปัจจัยความปลอดภัย (factor of safety) แนวโน้มการเคลื่อนตัวของความลาดชัน ทั้งนี้การวิเคราะห์จะอยู่ในรูปแบบของผนังเหมืองสุดท้าย (Final pit wall) ในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยพิจารณาจากตัวแทนของผนังบ่อเหมือง ผลที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและกลศาสตร์ที่ได้ถูกนำมาใช้เป็นตัวแปรสอบเทียบในแบบจำลองคอมพิวเตอร์ซึ่งได้สรุปไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 คุณสมบัติของชั้นดินและชั้นหินที่ใช้ในแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

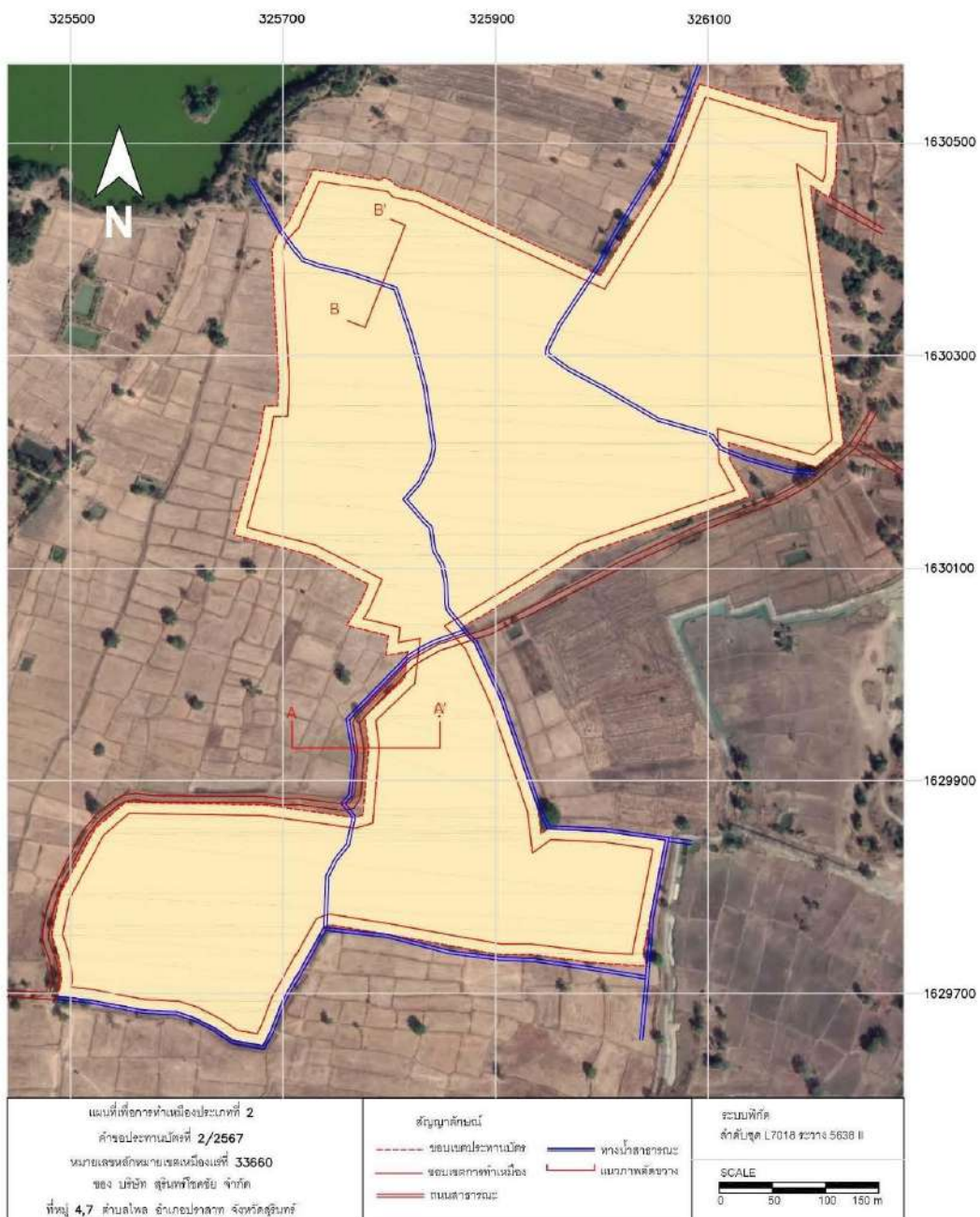
ชั้นหิน	มุมเสียดทาน คงเหลือ ϕ (degrees)	ความเค้นยึดติด คงเหลือ c (kPa)	ความหนาแน่น (g/cc)	ความยืดหยุ่น E (MPa)
Overburden	25	91	1.80	550
Vesicular basalt	28	0.0	2.45	1,300
Basalt	35	0.0	2.79	13,200

4.4.1 การออกแบบความลาดชันของผนังเหมือง

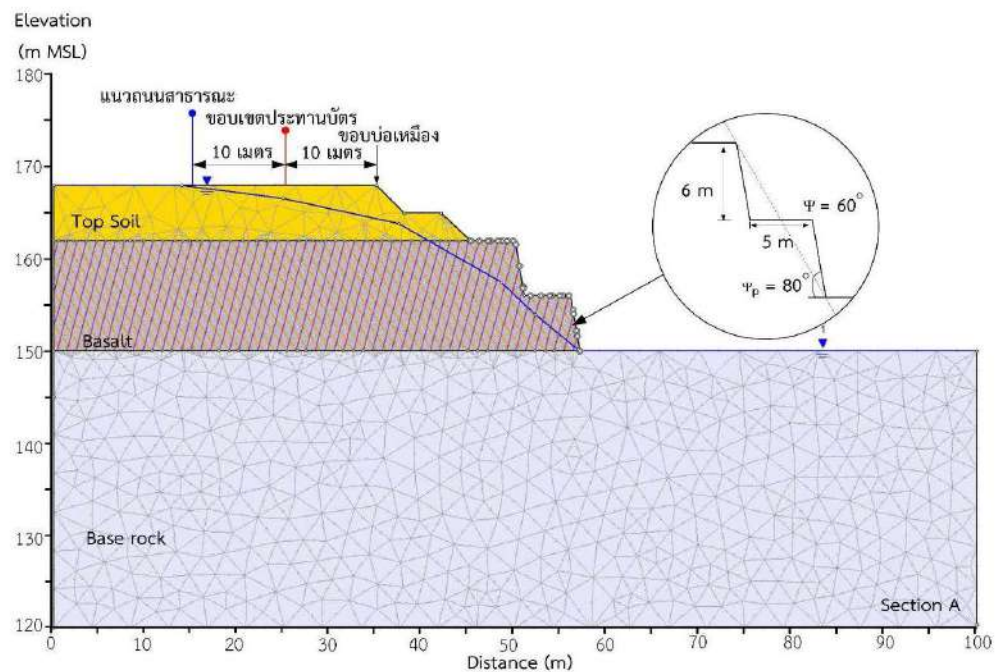
ข้อมูลแผนการทำเหมืองของบริษัทฯ ในเบื้องต้นด้วยข้อจำกัดของเครื่องจักรฯ จึงได้กำหนดรูปทรงเรขาคณิตของผนังบ่อเหมืองโดยกำหนดความสูงและความกว้างของเบนซีไว้ที่ 6 เมตรและ 5 เมตรตามลำดับ ความลาดชันรวมอยู่ที่ 60 องศา จากข้อมูลดังกล่าวทางผู้ศึกษาจึงได้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งคุณภาพของมวลหินและคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ชั้นหินในการประเมินความเป็นไปได้ที่จะสามารถเพิ่มปริมาณสำรองแร่ด้วยการเพิ่มความลาดชันรวมให้สูงขึ้นแต่ยังคงไว้ซึ่งเสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ในระยะยาวเพื่อเป็นทางเลือกประกอบการพิจารณาของบริษัทฯ การจำลองได้กำหนดให้พื้นบ่อเหมืองสุดท้ายอยู่ที่ระดับ 150 m MSL ระดับขอบบ่อสูงสุดอยู่ที่ 168 m MSL ระยะห้ามทำเหมืองได้กำหนดไว้อยู่ที่ 10 เมตรจากขอบเขตประทานบัตรรอบพื้นที่บ่อเหมือง และเว้นระยะ 10 เมตรจากแนวถนนและลำห้วยสาธารณะถึงเขตประทานบัตร ชั้นดิน (Top Soil) กำหนดความสูงและความกว้างของเบนซีไว้ที่ 3 เมตรและ 3 เมตรตามลำดับ ความลาดชันอยู่ที่ 45 องศา ทางผู้ศึกษาจึงเลือกตัวแทนของผนังบ่อเหมืองไว้ 2 แนวตัดขวาง (รูปที่ 7) โดยมีรายละเอียดดังนี้

แนวตัดขวาง A-A' เป็นตัวแทนแนวตัดขวางของผนังบ่อเหมืองด้านเดียวทางผู้ศึกษาทำการจำแนกผนังเหมืองออกเป็น 4 กรณีคือกรณี A, B, C และ D (รูปที่ 8 ถึงรูปที่ 11) โดยมีการปรับความกว้างของเบนซีลดลงกรณีละ 1 เมตร ผันแปรจาก 5 เมตรไปจนถึง 2 เมตร ตามลำดับ เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของขนาดความกว้างเบนซี โดยที่ยังคงความสูงของเบนซีไว้ที่ 6 เมตรและความชันของหน้าเหมืองไม่เกิน 80 องศา การจำลองได้กำหนดลักษณะการวางตัวของชั้นเปลือกดินให้มีความหนาเฉลี่ยที่ 6 เมตร วางตัวปิดทับชั้นหินบะซอลต์เนื้อแน่นหนาประมาณ 12 เมตร มีหินบะซอลต์เนื้อพรุนหนาเฉลี่ยประมาณ 1 เมตร แทรกตัวอยู่และรองรับด้วยหินฐานเป็นชั้นหินทราย

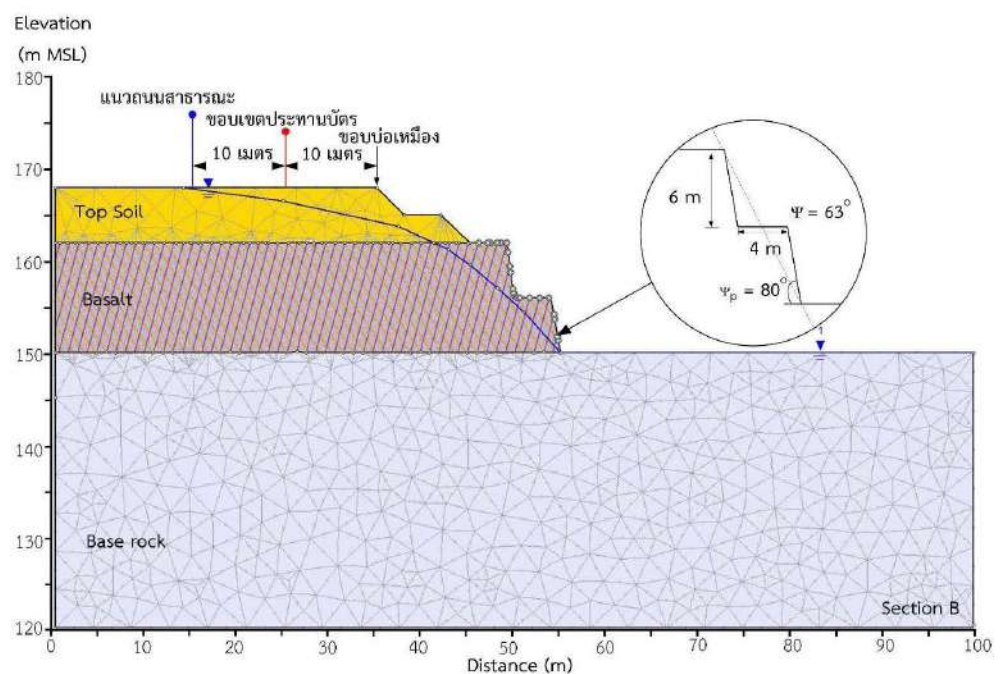
แนวตัดขวาง B-B' กรณี E เป็นตัวแทนแนวตัดขวางของผนังบ่อเหมือง 2 ด้าน (รูปที่ 12) โดยจะพิจารณาผลกระทบของการเว้นระยะการทำเหมืองจากเขตถนนและลำห้วยสาธารณะเพื่อให้มั่นใจว่าขอบเขตผลกระทบจะไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างดังกล่าว



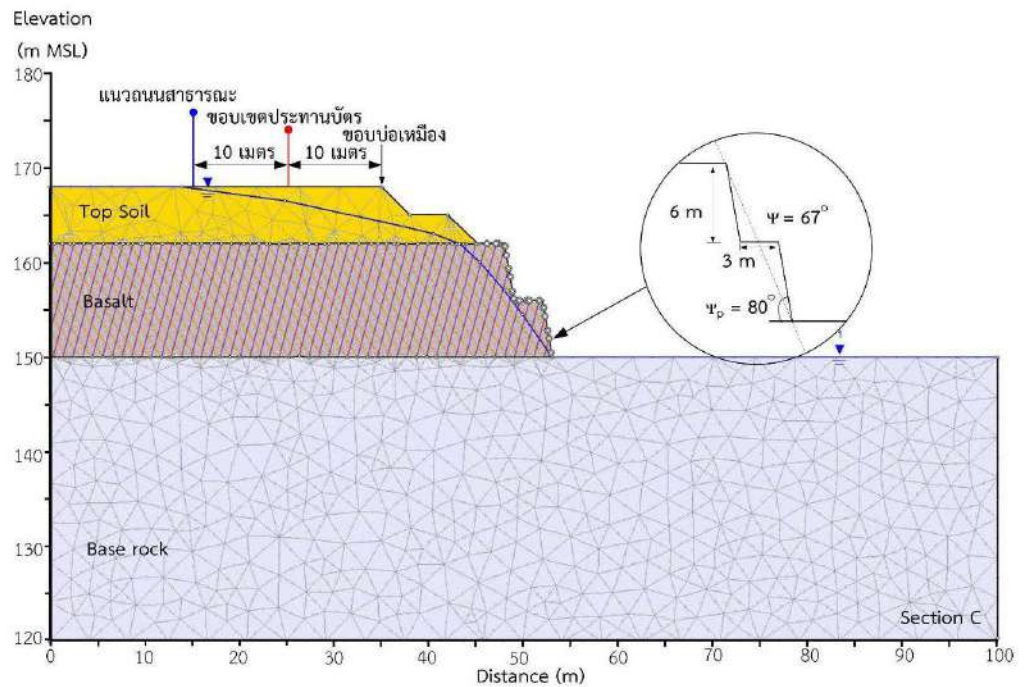
รูปที่ 7 ตัวแทนแนวตัดขวางของผนังเหมืองสุดท้าย (Final Pit Wall)



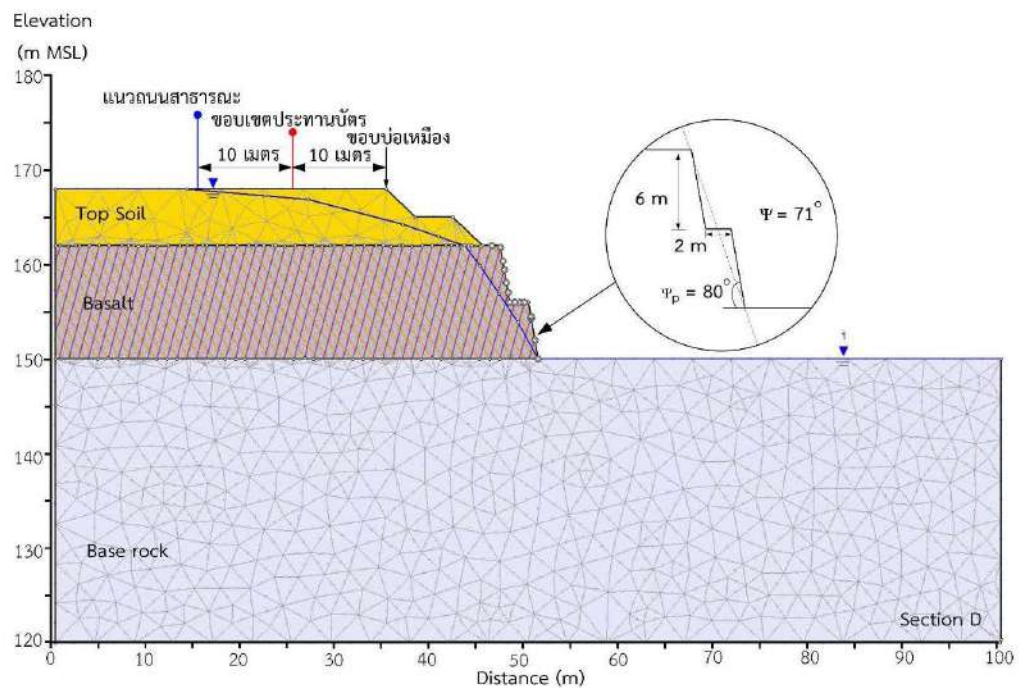
รูปที่ 8 ตัวแทนภาพตัดขวาง A-A' ของความลาดชันบ่อเหมืองที่ใช้ในแบบจำลองคอมพิวเตอร์ในกรณี A ความกว้างของเบนซ์เท่ากับ 5 เมตร



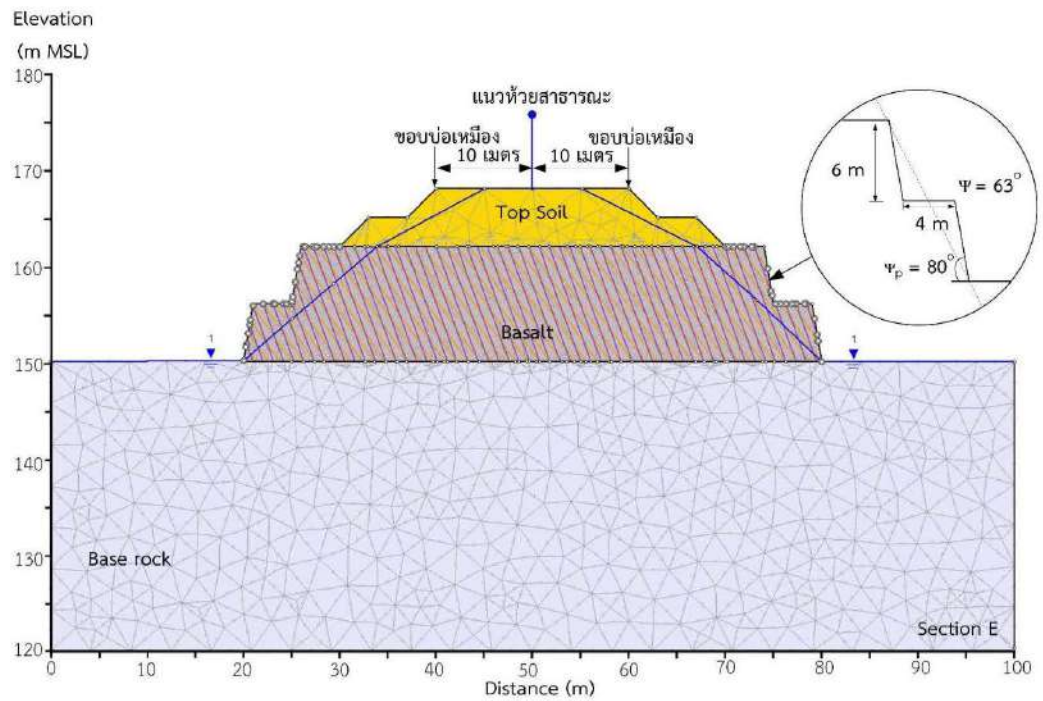
รูปที่ 9 ตัวแทนภาพตัดขวาง A-A' ของความลาดชันบ่อเหมืองที่ใช้ในแบบจำลองคอมพิวเตอร์ในกรณี B ความกว้างของเบนซ์เท่ากับ 4 เมตร



รูปที่ 10 ตัวแทนภาพตัดขวาง A-A' ของความลาดชันบ่อเหมืองที่ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ในกรณี C ความกว้างของเบนซ์เท่ากับ 3 เมตร



รูปที่ 11 ตัวแทนภาพตัดขวาง A-A' ของความลาดชันบ่อเหมืองที่ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ในกรณี D ความกว้างของเบนซ์เท่ากับ 2 เมตร



รูปที่ 12 ตัวแทนภาพตัดขวาง B-B' ของความลาดชันบ่อเหมืองที่ใช้ในแบบจำลองคอมพิวเตอร์ในกรณี E ความกว้างของเบนซ์เท่ากับ 4 เมตร

4.4.2 ผลการคำนวณเสถียรภาพด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์

การผันแปรความกว้างของเบนซ์จะช่วยหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปัจจัยความปลอดภัยและความกว้างของเบนซ์ในแต่ละกรณีจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินความลาดชันรวมและความกว้างของเบนซ์ที่เหมาะสมได้ สำหรับค่าปัจจัยความปลอดภัยของผนังเหมืองแต่ละกรณีได้สรุปไว้ในตารางที่ 11 ผลการคำนวณด้วยในแต่ละแนวตัดขวางสามารถสรุปได้ดังนี้

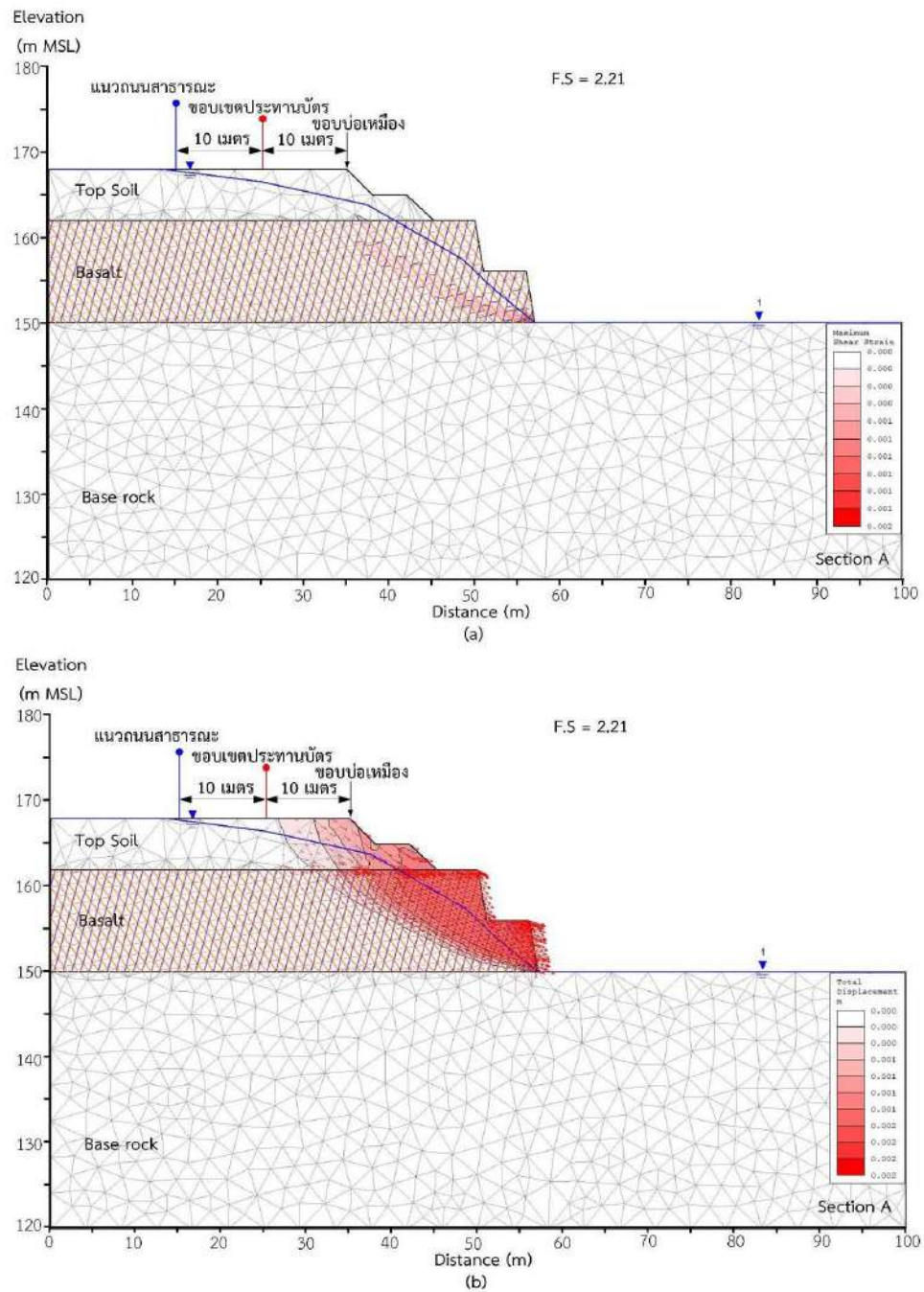
แนวตัดขวาง A-A' โดยมีการเว้นระยะจากขอบบ่อเหมืองถึงเขตประตันทันไว้ที่ 10 เมตร กำหนดค่ามุมความชันของหน้าเหมือง (slope angle) ไว้ที่ 80 องศา และความสูงของเบนซ์เท่ากับ 6 เมตรเท่ากันทุกกรณี ผลที่ได้ระบุว่าค่าปัจจัยความปลอดภัยมีมากกว่า 2.0 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีเสถียรภาพ ในกรณีที่ความกว้างของเบนซ์เท่ากับ 4 เมตร รูปที่ 13 ถึง รูปที่ 16 แสดงผลการคำนวณด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์

แนวตัดขวาง B-B' (รูปที่ 17) มีการเว้นระยะจากถนนและห้วยสาธารณะออกไปด้านละ 10 เมตร ใช้ความกว้างเบนซ์ 4 เมตรเท่ากับแนวตัดขวาง A-A' กำหนดค่ามุมความชันของหน้าเหมือง (slope angle) ไว้ที่ 80 องศา และความสูงของเบนซ์เท่ากับ 6 เมตร ผลการคำนวณด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์ระบุว่าค่าปัจจัยความปลอดภัยมีค่าเท่ากับ 2.05 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีเสถียรภาพและไม่ส่งผลต่อโครงสร้างถนนและห้วยสาธารณะดังแสดงในรูปที่ 20

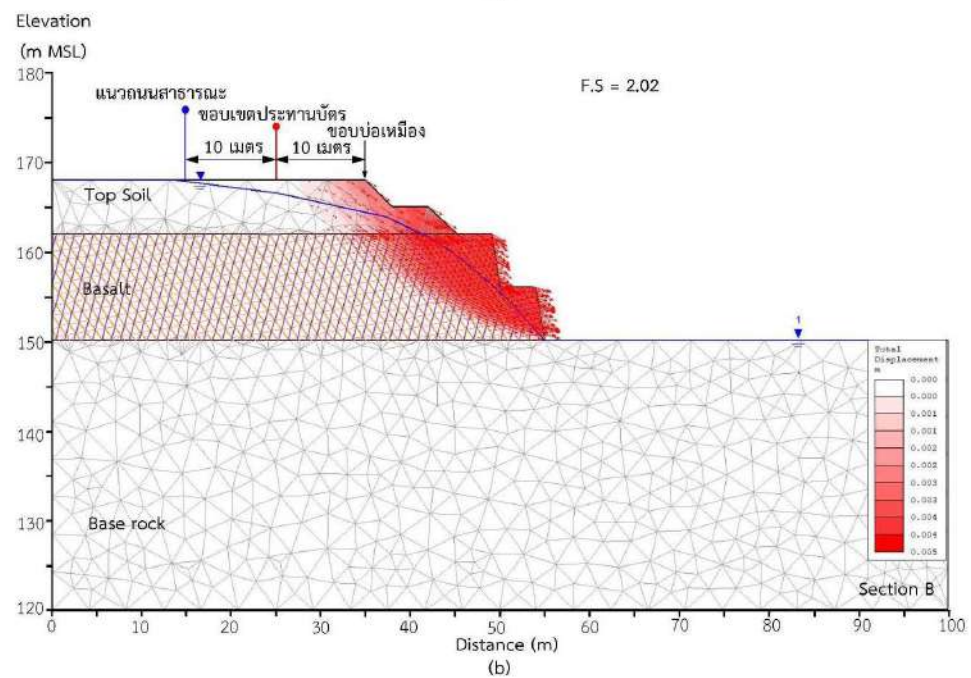
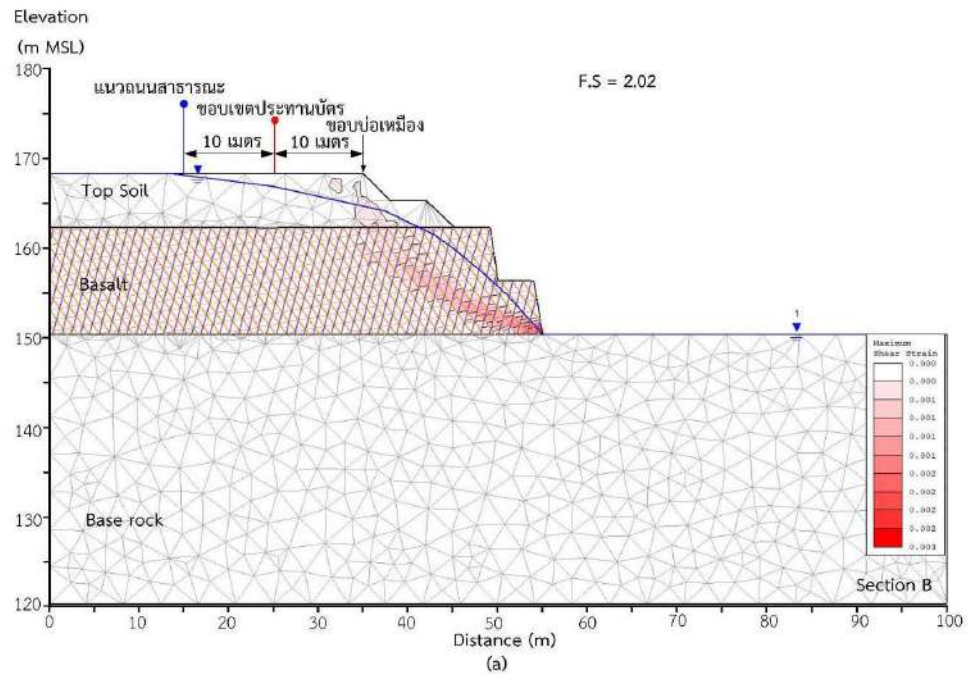
จากผลการคำนวณที่แสดงเวกเตอร์แสดงทิศทางการเคลื่อนตัว เส้นชั้นแสดงอัตราการเกิดความเครียด และค่าปัจจัยความปลอดภัย ระบุว่าผนังบ่อเหมืองทั้ง 2 กรณีและการปรับลดความกว้างของเบนซ์ลงมาอยู่ที่ 4 เมตร ค่าปัจจัยความปลอดภัยมีค่ามากกว่า 2.00 ซึ่งมีเสถียรภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดีขอบเขตผลกระทบของการเคลื่อนตัวสูงสุดจากขอบบ่อเหมืองไม่เกินขอบเขตของประตันทันและถนนสาธารณะที่อยู่ใกล้เคียง

ตารางที่ 11 สรุปผลค่าปัจจัยความปลอดภัยที่คำนวณด้วยโปรแกรม Phase 2D

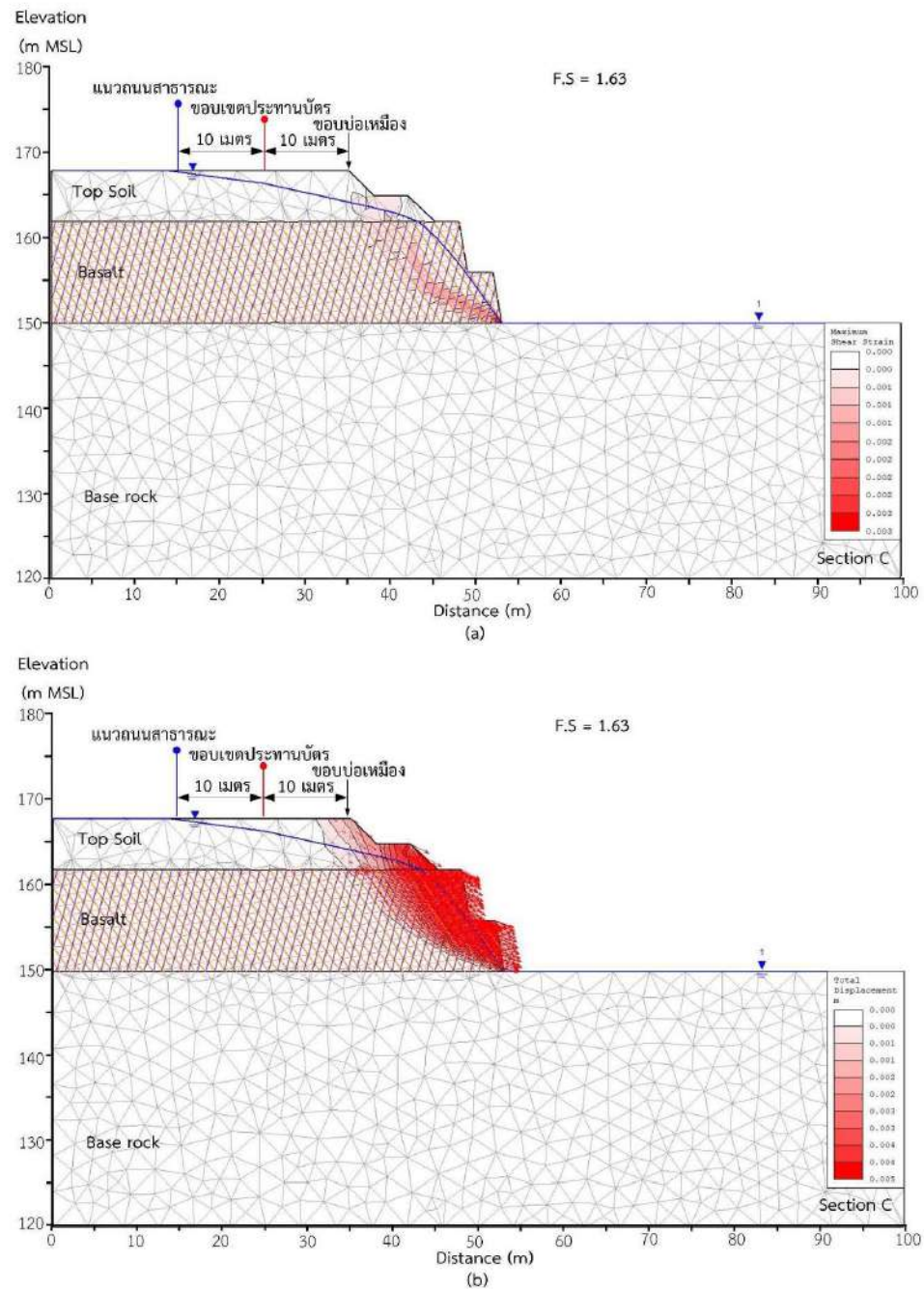
ตัวแทนความลาดชัน	กรณี	ความสูงของเบนซ์ (bench height), เมตร	ความกว้างของเบนซ์ (bench width), เมตร	ความลาดชันรวม (overall slope), องศา	ค่าปัจจัยความปลอดภัย (F.S)
A-A'	A	6	5	60	2.21
	B		4	63	2.02
	C		3	67	1.63
	D		2	71	1.12
B-B'	E		4	63	2.05



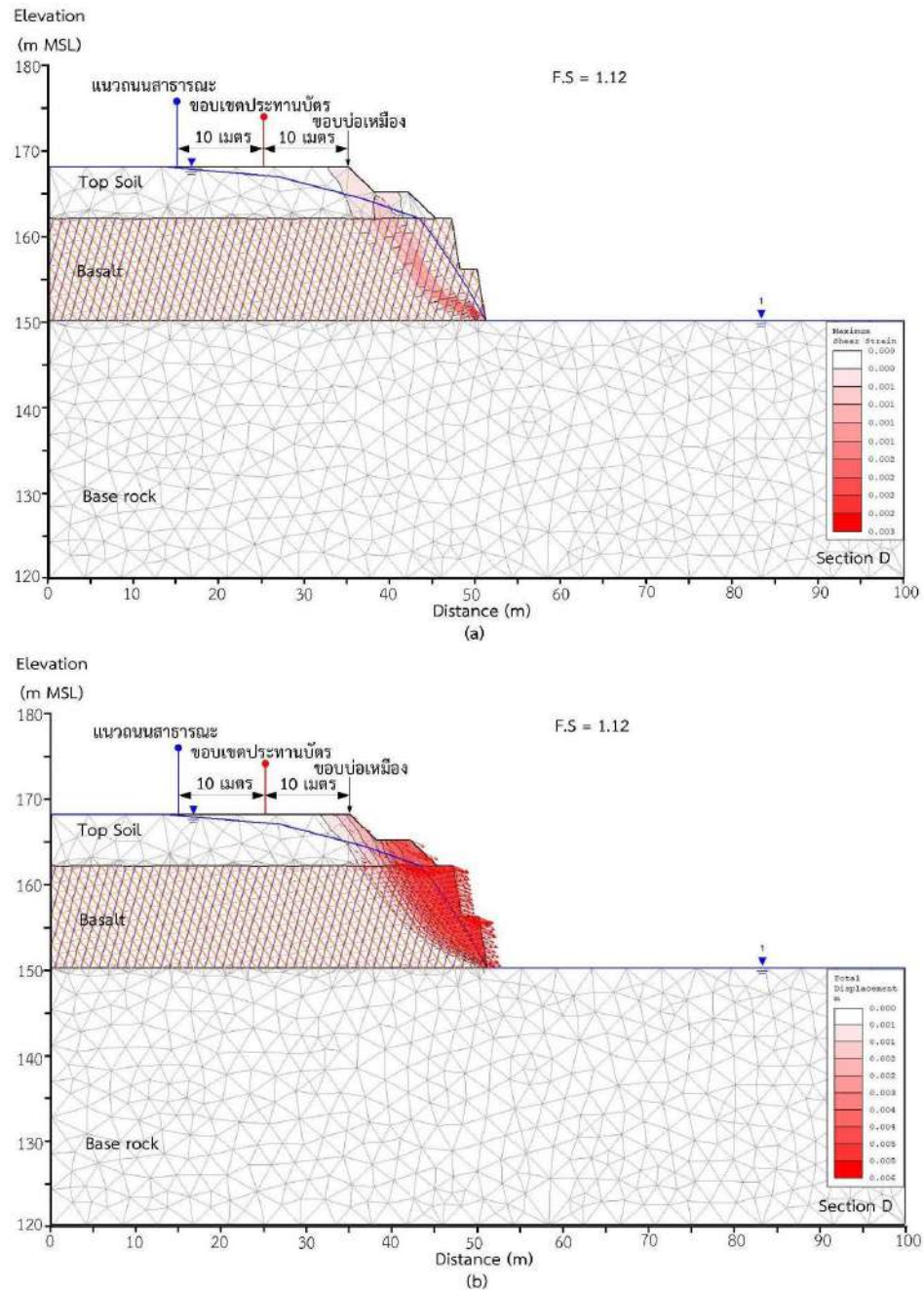
รูปที่ 13 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยโปรแกรม Phase 2D ของความลาดชันในแนวตัดขวาง A-A' ในกรณี A ความกว้างของเบนซ์เท่ากับ 5 เมตร (a) ค่าอัตราการศึกษาความเครียด (b) แสดงเวกเตอร์การเคลื่อนตัวและค่าปัจจัยความปลอดภัยที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 2.21



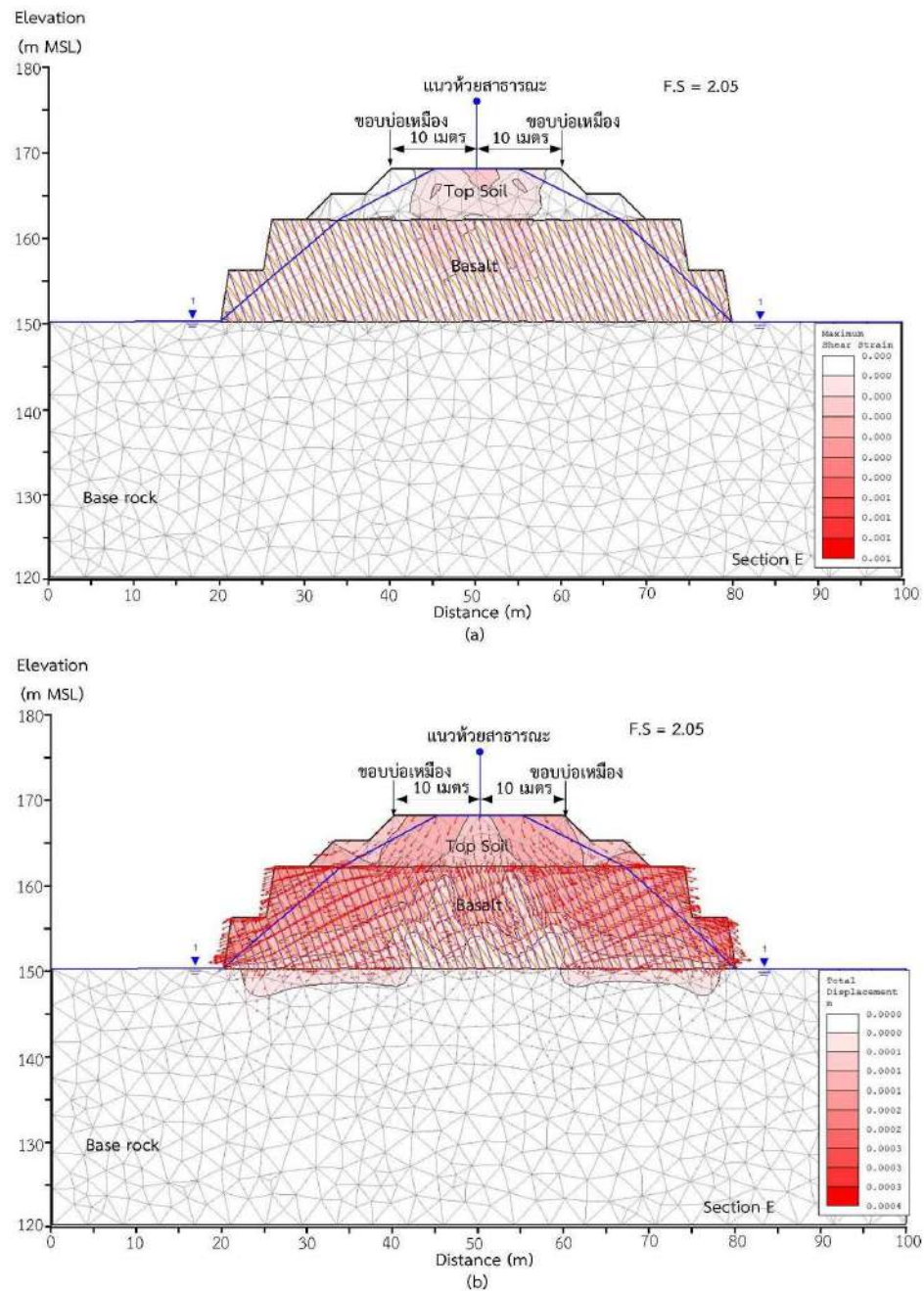
รูปที่ 14 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยโปรแกรม Phase 2D ของความลาดชันในแนวตัดขวาง A-A' ในกรณี B ความกว้างของเบนซ์เท่ากับ 4 เมตร (a) ค่าอัตราการใช้ความเครียด (b) แสดงเวกเตอร์การเคลื่อนตัวและค่าปัจจัยความปลอดภัยที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 2.02



รูปที่ 15 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยโปรแกรม Phase 2D ของความลาดชันในแนวตัดขวาง A-A' ในกรณี C ความกว้างของเบ้นซ์เท่ากับ 3 เมตร (a) ค่าอัตราการใช้ความเครียด (b) แสดงเวกเตอร์การเคลื่อนตัวและค่าปัจจัยความปลอดภัยที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 1.63



รูปที่ 16 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยโปรแกรม Phase 2D ของความลาดชันในแนวตัดขวาง A-A' ในกรณี D ความกว้างของเบ้นส์เท่ากับ 3 เมตร (a) ค่าอัตราการเกิดความเครียด (b) แสดงเวกเตอร์การเคลื่อนตัวและค่าปัจจัยความปลอดภัยที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 1.12



รูปที่ 17 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยโปรแกรม Phase 2D ของความลาดชันในแนวตัดขวาง B-B' ในกรณี E ความกว้างของเบนจ์เท่ากับ 4 เมตร (a) ค่าอัตราการเกิดความเครียด (b) แสดงเวกเตอร์การเคลื่อนตัวและค่าปัจจัยความปลอดภัยที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 2.05

5. การวิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือ เพื่อออกแบบและประเมินเสถียรภาพของความลาดชันสุดท้าย (Final pit walls) ของบริษัท สุรินทร์โซคซีย จำกัด ในพื้นที่คำขอประทานบัตร 2/2567 หมายเลขหลักหมายเขตเหมืองแร่ที่ 33660 ของบริษัท สุรินทร์โซคซีย จำกัด ตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 4 และ 7 ตำบลไพล อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ โดยการศึกษาได้มีการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ทั้งคุณภาพของมวลหินและคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ชั้นหิน รวมไปถึงข้อจำกัดด้านเครื่องจักร ในการประเมินความเป็นไปได้ที่จะสามารถเพิ่มปริมาณสำรองแร่ด้วยการเพิ่มความลาดชันรวมให้สูงขึ้นแต่ยังคงไว้ซึ่งเสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ในระยะยาวเพื่อเป็นทางเลือกประกอบการพิจารณาของบริษัทฯ สำหรับข้อมูลได้อ้างอิงจากการสำรวจผนังเหมืองข้างเคียง

จากข้อมูลการออกแบบเบื้องต้นของบริษัทฯ ได้มีการกำหนดรูปทรงเรขาคณิตของผนังบ่อเหมืองโดยกำหนดความสูงและความกว้างของเบนซ์ไว้ที่ 6 เมตรและ 5 เมตร ตามลำดับ ความลาดชันรวมอยู่ที่ 60 องศา ซึ่งจากวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ในหลากหลายรูปแบบในการเพิ่มความลาดชันรวมด้วยการปรับลดความกว้างของเบนซ์ ผลที่ได้ระบุว่าทางบริษัทฯ สามารถเพิ่มความลาดชันรวมให้สูงขึ้นจาก 60 องศาเป็น 63 องศาได้ โดยปรับลดความกว้างของเบนซ์ลงจากเดิม 5 เมตรลงมาไม่น้อยกว่า 4 เมตร และคงความสูงในแต่ละเบนซ์ไว้ที่ 6 เมตร ผลการออกแบบจะมีค่าปัจจัยความปลอดภัยโดยรวมไม่ต่ำกว่า 1.90 สำหรับการเว้นระยะห้ามทำเหมือง สามารถเว้นระยะจากขอบเขตประทานบัตรที่ติดกับแนวถนนและห้วยสาธารณะในระยะไม่ต่ำกว่า 10 เมตรได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างดังกล่าว ซึ่งในอนาคตเมื่อการทำเหมืองสิ้นสุดลงทางบริษัทฯ มีแผนจะใช้ขุมเหมืองเป็นที่กักเก็บน้ำก็จะสามารถช่วยเพิ่มเสถียรภาพของผนังเหมืองได้อีกทางหนึ่ง

K. Tumborn

ศาสตราจารย์ (เกียรติคุณ) ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร

หัวหน้าคณะผู้ศึกษา

บริษัท จีเอ็มอาร์ เอสยูที จำกัด

พฤศจิกายน 2567

เอกสารอ้างอิง

บริษัท สุรินทร์โซลซีย จำกัด แผนที่แสดงจุดที่ตั้งและหมู่เหมืองใกล้เคียงสำหรับการทำเหมืองประเภทที่ 2 คำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักหมายเลขเขตเหมืองแร่ที่ 33660 ในพื้นที่หมู่ที่ 4 และ 7 ตำบลไหล อำเภอบราสาท จังหวัดสุรินทร์

บริษัท สุรินทร์โซลซีย จำกัด แผนที่เพื่อการทำเหมืองประเภทที่ 2 คำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักหมายเลขเขตเหมืองแร่ที่ 33660 ในพื้นที่หมู่ที่ 4 และ 7 ตำบลไหล อำเภอบราสาท จังหวัดสุรินทร์, ลำดับชุด L7018 ระวัง 5638 II

บริษัท สุรินทร์โซลซีย จำกัด รายงานธรณีวิทยาลักษณะแหล่งแร่ คำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักหมายเลขเขตเหมืองแร่ที่ 33660 ในพื้นที่ ตำบลไหล อำเภอบราสาท จังหวัดสุรินทร์

ASTM D3080-98, **Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils under Consolidated Drained Conditions**. In Annual Book of ASTM Standards (Vol. 04.08). West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

ASTM D2435-04, **Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading**. In Annual Book of ASTM Standards (Vol. 04.08). West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

ASTM D2216-19 **Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass**. Annual Book of ASTM Standards, ASTM, West Conshohocken, PA.

ASTM D6026-21 **Standard Practice for Using Significant Digits and Data Records in Geotechnical Data**. Annual Book of ASTM Standards, ASTM, West Conshohocken, PA.

ASTM D5607-08. **Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force**. In Annual

Book of ASTM Standards (Vol. 04.08). Philadelphia: American Society for Testing and Materials.

ISRM 1978, **Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses**. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 15(6), 319-368.

ASTM D653-21b **Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids**. Annual Book of ASTM Standards, ASTM, West Conshohocken, PA.

Hoek, E. and Bray, J.D. (1981). **Rock Slope Engineering**. CRC Press. Special Procedures for Testing Soil and Rock for Engineering Purposes (STP479): Fifth ed. (West Conshohocken, PA: ASTM International, 1970).

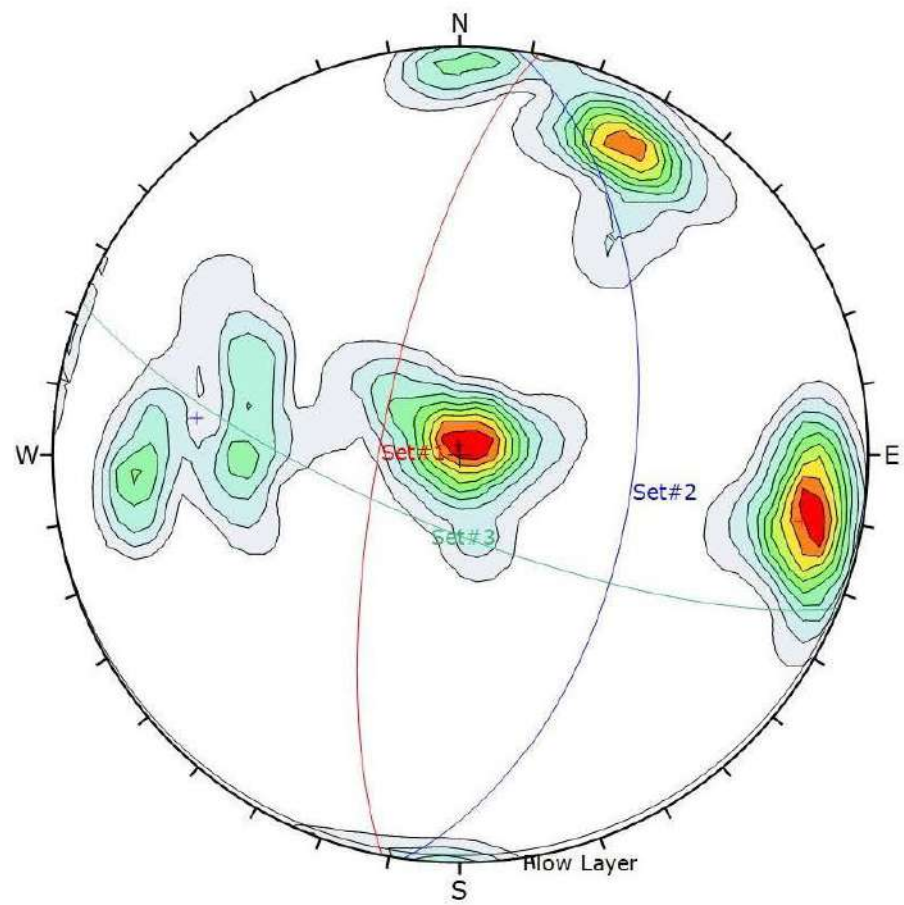
Bieniawski, Z.T. (1989). **Engineering Rock Mass Classification**, New York; Wiley Casagrande Volume, Eds. Hirschfeld & Porous. pp. 47-86.

Palmstrom, A. (1982). **The volumetric joint count a useful and simple measure of the degree of rock mass jointing**. In International Association of Engineering Geology. International congress. 4 (pp. 221-228).

Romana, M. (1985). New Adjustment Rating for Application of Bieniawski Classification to Slopes. **Proceeding of International Symposium on the Role of Rock Mechanics**. Salzburg: International Society for Rock Mechanics. pp. 49-53.

ภาคผนวก ก

การวางตัวของชั้นดินและแนวรอยแตกของผนังเหมือง



Discontinuity	Orientation (strike/dip)	JRC	Joint spacing (cm)
1 (Bedding)	81/2	10	50-100
2 (Set#1)	191/74	6-8	50-100
3 (Set#2)	8/55	6-8	50-100
4 (Set#3)	112/75	6-8	50-100

รูปที่ 1 การวางตัวและรอยแตกของหินบะซอลต์

ตาราง ก-1 ค่าความไม่ต่อเนื่องในรอยแตก Bedding

Strike, α (degrees)	Dip Angle, ψ (degrees)	$l_i = \sin \psi \times \cos \alpha$	$m_i = \sin \psi \times \sin \alpha$	$n_i = \cos \psi$
344	6	0.1005	-0.0288	0.9945
145	10	-0.1422	0.0996	0.9848
159	7	-0.1138	0.0437	0.9925
261	1	-0.0027	-0.0172	0.9998
104	7	-0.0295	0.1182	0.9925
25	10	0.1574	0.0734	0.9848
320	10	0.1330	-0.1116	0.9848
142	3	-0.0412	0.0322	0.9986
206	7	-0.1095	-0.0534	0.9925
18	11	0.1815	0.0590	0.9816
53	15	0.1558	0.2067	0.9659
52	18	0.1902	0.2435	0.9511
29	25	0.3696	0.2049	0.9063
47	13	0.1534	0.1645	0.9744
43	27	0.3320	0.3096	0.8910
259	23	-0.0746	-0.3836	0.9205
172	15	-0.2563	0.0360	0.9659
248	14	-0.0906	-0.2243	0.9703
267	13	-0.0118	-0.2246	0.9744
282	2	0.0073	-0.0341	0.9994
160	23	-0.3672	0.1336	0.9205
192	15	-0.2532	-0.0538	0.9659
130	2	-0.0224	0.0267	0.9994
106	5	-0.0240	0.0838	0.9962
140	6	-0.0801	0.0672	0.9945
102	7	-0.0253	0.1192	0.9925
Summation		0.1362	0.8904	25.2949

$$\bar{R} = \left[(\sum l_i)^2 + (\sum m_i)^2 + (\sum n_i)^2 \right]^{1/2} = 25.3110$$

$$l_R = \frac{\sum l_i}{\bar{R}} = -0.0054, \quad m_R = \frac{\sum m_i}{\bar{R}} = -0.0352, \quad n_R = \frac{\sum n_i}{\bar{R}} = 0.9994$$

Mean orientation (Bedding):

Dip angle: $\psi_R = \cos^{-1}(n_R) = 2 \text{ degrees}$

Strike: $\alpha_R = +\cos^{-1}(l_R / \sin \psi_R) = 81 \text{ degrees (for } m_R < 0)$

ก-2

ตาราง ก-2 ค่าความไม่ต่อเนื่องในรอยแตก Set#1

Strike, α (degrees)	Dip Angle, ψ (degrees)	$l_i = \sin \psi \times \cos \alpha$	$m_i = \sin \psi \times \sin \alpha$	$n_i = \cos \psi$
194	74	-0.9327	-0.2326	0.2756
208	83	-0.8764	-0.4660	0.1219
181	77	-0.9742	-0.0170	0.2250
176	76	-0.9679	0.0677	0.2419
190	85	-0.9811	-0.1730	0.0872
183	81	-0.9863	-0.0517	0.1564
195	74	-0.9285	-0.2488	0.2756
187	77	-0.9671	-0.1187	0.2250
185	80	-0.9811	-0.0858	0.1736
194	57	-0.8138	-0.2029	0.5446
190	67	-0.9065	-0.1598	0.3907
192	73	-0.9354	-0.1988	0.2924
185	67	-0.9170	-0.0802	0.3907
196	62	-0.8487	-0.2434	0.4695
198	72	-0.9045	-0.2939	0.3090
181	70	-0.9395	-0.0164	0.3420
203	86	-0.9183	-0.3898	0.0698
200	81	-0.9281	-0.3378	0.1564
191	74	-0.9436	-0.1834	0.2756
180	72	-0.9511	0.0000	0.3090
196	80	-0.9467	-0.2714	0.1736
190	84	-0.9794	-0.1727	0.1045
197	85	-0.9527	-0.2913	0.0872
192	78	-0.9568	-0.2034	0.2079
176	79	-0.9792	0.0685	0.1908
Summation		-21.4806	-4.1678	6.0961

$$\bar{R} = [(\sum l_i)^2 + (\sum m_i)^2 + (\sum n_i)^2]^{1/2} = 22.7145$$

$$l_R = \frac{\sum l_i}{\bar{R}} = -0.9457, m_R = \frac{\sum m_i}{\bar{R}} = -0.1835, n_R = \frac{\sum n_i}{\bar{R}} = 0.2684$$

Mean orientation (Set 1):

Dip angle: $\psi_R = \cos^{-1}(n_R) = 74$ degrees

Strike: $\alpha_R = +\cos^{-1}(l_R / \sin \psi_R) = 191$ degrees (for $m_R < 0$)

ก-3

ตาราง ก-3 ค่าความไม่ต่อเนื่องในรอยแตก Set#2

Strike, α (degrees)	Dip Angle, ψ (degrees)	$l_i = \sin \psi \times \cos \alpha$	$m_i = \sin \psi \times \sin \alpha$	$n_i = \cos \psi$
2	70	0.9391	0.0328	0.3420
353	45	0.7018	-0.0862	0.7071
2	67	0.9199	0.0321	0.3907
350	47	0.7202	-0.1270	0.6820
16	64	0.8640	0.2477	0.4384
5	42	0.6666	0.0583	0.7431
9	41	0.6480	0.1026	0.7547
335	44	0.6296	-0.2936	0.7193
356	49	0.7529	-0.0526	0.6561
3	28	0.4688	0.0246	0.8829
7	62	0.8764	0.1076	0.4695
2	42	0.6687	0.0234	0.7431
2	59	0.8566	0.0299	0.5150
353	67	0.9136	-0.1122	0.3907
351	72	0.9393	-0.1488	0.3090
354	71	0.9403	-0.0988	0.3256
350	69	0.9194	-0.1621	0.3584
342	87	0.9498	-0.3086	0.0523
23	45	0.6509	0.2763	0.7071
25	47	0.6628	0.3091	0.6820
18	46	0.6841	0.2223	0.6947
52	57	0.5163	0.6609	0.5446
35	64	0.7362	0.5155	0.4384
30	48	0.6436	0.3716	0.6691
31	58	0.7269	0.4368	0.5299
49	75	0.6337	0.7290	0.2588
Summation		19.6298	2.7906	14.0047

$$\bar{R} = \left[(\sum l_i)^2 + (\sum m_i)^2 + (\sum n_i)^2 \right]^{1/2} = 24.2745$$

$$l_R = \frac{\sum l_i}{\bar{R}} = 0.8087, \quad m_R = \frac{\sum m_i}{\bar{R}} = 0.1150, \quad n_R = \frac{\sum n_i}{\bar{R}} = 0.5769$$

Mean orientation (Set 2):

Dip angle: $\psi_R = \cos^{-1}(n_R) = 55 \text{ degrees}$

Strike: $\alpha_R = +\cos^{-1}(l_R / \sin \psi_R) = 8 \text{ degrees (for } m_R < 0)$

ก-4

ตาราง ก-4 ค่าความไม่ต่อเนื่องในรอยแตก Set#3

Strike, α (degrees)	Dip Angle, ψ (degrees)	$l_i = \sin \psi \times \cos \alpha$	$m_i = \sin \psi \times \sin \alpha$	$n_i = \cos \psi$
115	73	-0.4042	0.8667	0.2924
118	72	-0.4465	0.8397	0.3090
112	76	-0.3635	0.8996	0.2419
108	73	-0.2955	0.9095	0.2924
128	66	-0.5624	0.7199	0.4067
129	57	-0.5278	0.6518	0.5446
106	68	-0.2556	0.8913	0.3746
120	56	-0.4145	0.7180	0.5592
128	45	-0.4353	0.5572	0.7071
122	71	-0.5010	0.8018	0.3256
98	89	-0.1392	0.9901	0.0175
120	83	-0.4963	0.8596	0.1219
111	85	-0.3570	0.9300	0.0872
117	80	-0.4471	0.8775	0.1736
134	78	-0.6795	0.7036	0.2079
128	76	-0.5974	0.7646	0.2419
120	71	-0.4728	0.8188	0.3256
123	76	-0.5285	0.8138	0.2419
117	75	-0.4385	0.8606	0.2588
90	84	0.0000	0.9945	0.1045
88	88	0.0349	0.9988	0.0349
92	88	-0.0349	0.9988	0.0349
90	82	0.0000	0.9903	0.1392
83	79	0.1196	0.9743	0.1908
118	75	-0.4535	0.8529	0.2588
104	88	-0.2418	0.9697	0.0349
Summation		-8.9381	22.2534	6.5278

$$\bar{R} = \left[(\sum l_i)^2 + (\sum m_i)^2 + (\sum n_i)^2 \right]^{1/2} = 24.8539$$

$$l_R = \frac{\sum l_i}{\bar{R}} = -0.3596, \quad m_R = \frac{\sum m_i}{\bar{R}} = 0.8954, \quad n_R = \frac{\sum n_i}{\bar{R}} = 0.2626$$

Mean orientation (Set 2):

Dip angle: $\psi_R = \cos^{-1}(n_R) = 75 \text{ degrees}$

Strike: $\alpha_R = +\cos^{-1}(l_R / \sin \psi_R) = 112 \text{ degrees (for } m_R < 0)$

ก-5

ภาคผนวก ข
รายงานการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ภาคผนวก ข-1
รายงานการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของหิน

DIRECT SHEAR TEST ON SAW-CUT FRACTURE

Project : การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและกลศาสตร์ของเปลือกดินและหินปะชอลของบริษั สุนทรวิทย์ชัย จำกัด เพื่อประกอบคำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 33660

Sample Description : Basalt and Vesicular basalt

Sample Location : หมู่ที่ 4,7 ตำบลโพ อำเภอบำลือ จังหวัดสุรินทร์

Tested by : N. Sukjaroen and U. Netbanchong

Test Date : 18 November 2024

GSC Project No. : GSC-058

Test Procedures:

ASTM D5607-08, Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force. In Annual Book of ASTM Standards (Vol. 04.08). Philadelphia: American Society for Testing and Materials.

ISRM 1978, Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 15(6), 319-368.

ASTM D2216-19 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass. Annual Book of ASTM Standards, ASTM, West Conshohocken, PA.

ASTM D6026-21 Standard Practice for Using Significant Digits and Data Records in Geotechnical Data. Annual Book of ASTM Standards, ASTM, West Conshohocken, PA.

ASTM D853-21b Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids. Annual Book of ASTM Standards, ASTM, West Conshohocken, PA.

Checked by :

K. Fuenkajorn
 (Kittitop Fuenkajorn, Ph.D. PE)

Date : 18 NOV 2024

หน้า 1-3

DIRECT SHEAR TEST ON SAW-CUT FRACTURE

Project : การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและกลศาสตร์ของเปลือกดินและหินปะชอลของบริษั สุนทรวิทย์ชัย จำกัด เพื่อประกอบคำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 33660

Sample Description : Basalt and Vesicular basalt

Sample Location : หมู่ที่ 4,7 ตำบลโพ อำเภอบำลือ จังหวัดสุรินทร์

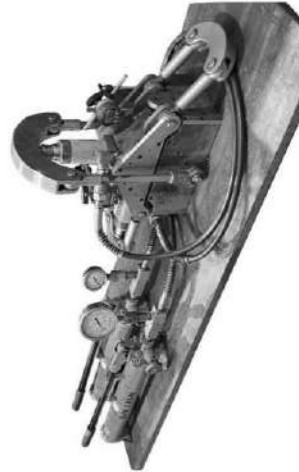
Tested by : N. Sukjaroen and U. Netbanchong

Test Date : 18 November 2024

GSC Project No. : GSC-058

Apparatus:

- 1) Rock Cutting Device (MD), RPM = 1400
- 2) Direct Shear Device
- 3) Dial Displacement gages (Mitutoyo), precision ± 0.01 mm
- 4) Digital Pressure Gage (Decent), precision ± 1 kPa (0 - 10,000 psi)
- 5) 256 Liters Universal Drying Oven (MEMMERT), precision $\pm 0.5^\circ$ Celsius
- 6) High Temp Infrared Thermometer (Taitan), precision $\pm 0.1^\circ$ Celsius
- 7) Calipers (Mitutoyo), precision ± 0.02 mm (Calibrated on 14 February 2023)
- 8) Weight Measurement with External Calibration (Electronic Balance 30002), precision ± 0.01 g (Calibrated on 04 October 2024)



Checked by :

K. Fuenkajorn
 (Kittitop Fuenkajorn, Ph.D. PE)

Date : 18 NOV 2024

หน้า 1-4

DIRECT SHEAR TEST ON SAW-CUT FRACTURE

DIRECT SHEAR TEST ON SAW-CUT FRACTURE

Project	: การทดสอบประสิทธิภาพและกลศาสตร์ของเปลือกดินและ พืชนบของบริษัท สุรินทร์โซลซีย จำกัด เพื่อประกอบคำขอประ ทานวันที่ 2/2567 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 33660
Sample Description	: Basalt and Vesicular basalt
Sample Location	: หมู่ที่ 4,7 ตำบลไผ่ อำเภอปรางค์ จังหวัดสุรินทร์
Tested by	: N. Sukjaroen and U. Netbanchong
Test Date	: 18 November 2024
GSC Project No.	: GSC-058

Project : การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและกลศาสตร์ของเปลือกดินและ
หินบะซอลต์ของบริษัท สุริยทรัพย์โซลซีย จำกัด เพื่อประกอบคำขอประ
ทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 33660

Sample Description : Basalt and Vesicular basalt

Sample Location : หมู่ที่ 4, ตำบลไผ่ อำเภอปรางค์กู่ จังหวัดสุรินทร์

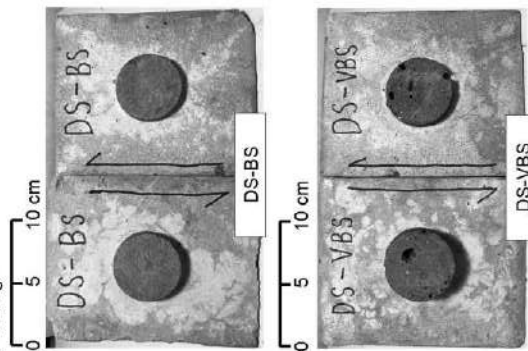
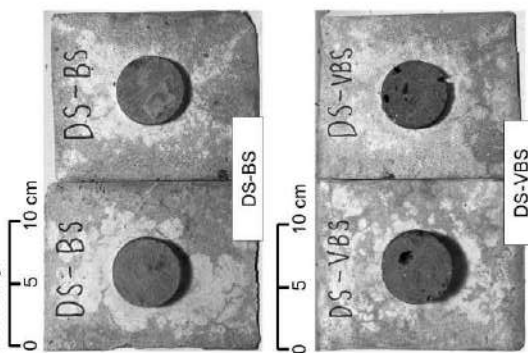
Tested by : N. Sukjaroen and U. Netbanchong

Test Date : 18 November 2024

GSC Project No. : GSC-058

Rock Samples Before Testing:

Rock Samples After Testing:



Checked by :

K. Venghan.
(Kittitap Fuenkajon, Ph.D. PE)

Date : 18 NOV 2024

Checked by :

K. Sengchan
(Kittitop Fuenkajorn, Ph.D. PE)

Date : 10 NOV 2024

DIRECT SHEAR TEST ON SAW-CUT FRACTURE

Project : การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและกลศาสตร์ของเปลือกดินและหินมะขอล้างของบริษัท สุรินทร์โซคซ์ จำกัด เพื่อประกอบคำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 33660

Sample Description : Basalt and Vesicular basalt

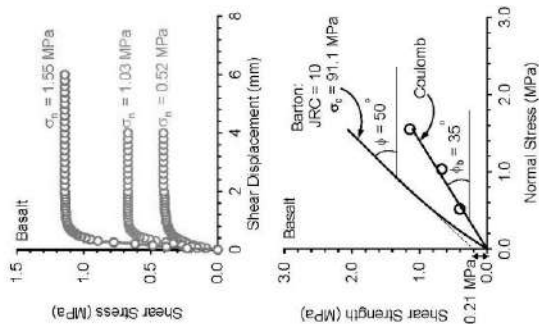
Sample Location : หมู่ที่ 4,7 ตำบลพล อำเภอบำลือ จังหวัดสุรินทร์

Tested by : N. Sukjaroen and U. Netbanchong

Test Date : 18 November 2024

GSC Project No. : GSC-058

Test Results: Basalt



Checked by : *K. Fuenkajorn*
 (Kittitop Fuenkajorn, Ph.D. PE)

Date : 18 NOV 2024

8-1-11

DIRECT SHEAR TEST ON SAW-CUT FRACTURE

Project : การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและกลศาสตร์ของเปลือกดินและหินมะขอล้างของบริษัท สุรินทร์โซคซ์ จำกัด เพื่อประกอบคำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 33660

Sample Description : Basalt and Vesicular basalt

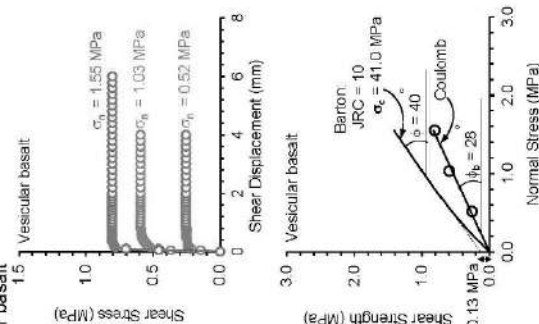
Sample Location : หมู่ที่ 4,7 ตำบลพล อำเภอบำลือ จังหวัดสุรินทร์

Tested by : N. Sukjaroen and U. Netbanchong

Test Date : 18 November 2024

GSC Project No. : GSC-058

Test Results: Vesicular basalt



Checked by : *K. Fuenkajorn*
 (Kittitop Fuenkajorn, Ph.D. PE)

Date : 18 NOV 2024

8-1-12

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและกลศาสตร์ของเปลือกดินและ
หินบะซอลต์ของบริษัท สุรินทร์โซดเซีย จำกัด เพื่อประกอบคำขอ
ประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 33660 ใน
พื้นที่หมู่ที่ 4,7 ต.โพล อ.ปราสาท จ.สุรินทร์

DIRECT SHEAR TEST ON SOILS

เปลือกดิน


Tested by



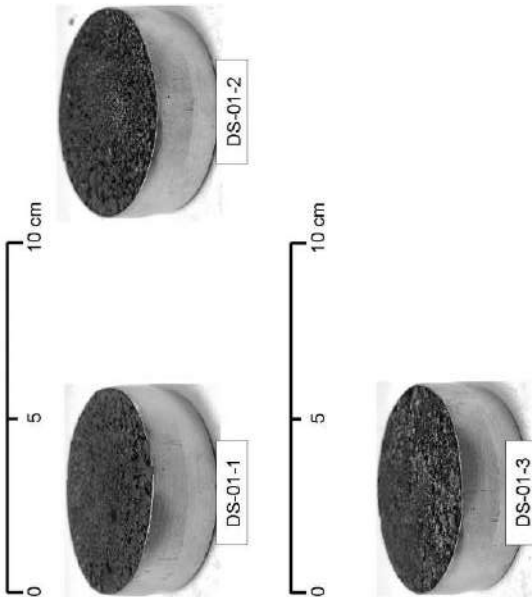
GMR SUT Corp., Ltd
411 Moo 3 Sub-District Nong Chabok, Muang Nakhon Ratchasima District,
Nakhon Ratchasima 30000 Thailand
Tel : 084-4630908, 089-2857938

GSC-058

November 15, 2024

<div>GMR SUT Crop., Ltd. 411 Moo 3 Sub-District Nong Chabok, Mueang Nakhon Ratchasima District, Nakhon Ratchasima 30000 Tel 084-4630608, 044 223 363 www.gmrstut.com</div> <div>(GMR) สห-วิ- (SUT Corp. Ltd.)</div>	
DIRECT SHEAR TEST ON SOILS	
Project	การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและกลศาสตร์ของเปลือกดินและหินปะการังของ บริษัท สุรินทร์โซลซีย จำกัด เพื่อประกอบคำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 33660
Sample Description	เปลือกหิน
Sample Location	หมู่ที่ 4,7 ตำบลไผ่ อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์
Tested by	N. Sukjaroen and U. Netbanchong
Test Date	15 November 2024
GSC Project No.	GSC-058
Apparatus: 1) Soil Trimmer (MD) 2) Direct Shear Machine (MD) 3) Dial Displacement gages (Mitutoyo), precision ± 0.01 mm 4) 256 Liters Universal Drying Oven (MEMMERT), precision $\pm 0.5^\circ$ Celsius 5) High Temp Infrared Thermometer (Taihan), precision $\pm 0.1^\circ$ Celsius 6) Calipers (Mitutoyo), precision ± 0.02 mm (Calibrated on 14 February 2023) 7) Weight Measurement with External Calibration (Electronic Balance 30002), precision ± 0.01 g (Calibrated on 04 October 2024)	
	
Checked by :	K. Fuenkajorn (Kittitap Fuenkajorn, Ph.D. PE)
Date :	15 NOV 2024


ท-2-4

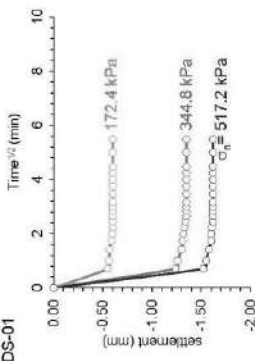
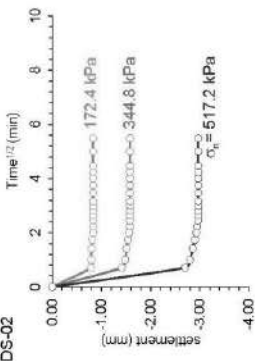
<div>GMR SUT Crop., Ltd. 411 Moo 3 Sub-District Nong Chabok, Mueang Nakhon Ratchasima District, Nakhon Ratchasima 30000 Tel 084-4630608, 044 223 363 www.gmrstut.com</div> <div>(GMR) สห-วิ- (SUT Corp. Ltd.)</div>	
DIRECT SHEAR TEST ON SOILS	
Project	การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและกลศาสตร์ของเปลือกดินและหินปะการังของ บริษัท สุรินทร์โซลซีย จำกัด เพื่อประกอบคำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 33660
Sample Description	เปลือกหิน
Sample Location	หมู่ที่ 4,7 ตำบลไผ่ อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์
Tested by	N. Sukjaroen and U. Netbanchong
Test Date	15 November 2024
GSC Project No.	GSC-058
Soil Samples Before Testing:	
	
Checked by :	K. Fuenkajorn (Kittitap Fuenkajorn, Ph.D. PE)
Date :	15 NOV 2024


ท-2-5

<div><div>GMR SUT Corp., Ltd.</div><div>411 Moo 3 Sub-District Nong Chabok, Mueang Nakhon Ratchasima District, Nakhon Ratchasima 30000 Tel : 084-4630908, 044 223 363 www.gmr.sut.com</div></div> <div><div>(GMR SUT Corp. Ltd.)</div></div>		DIRECT SHEAR TEST ON SOILS																																																									
Project : การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและกลศาสตร์ของเปลือกดินและหินปะกอสของบริษัทรูรรมพรโชคชัย จำกัด เพื่อประกอบคำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 33660		Sample Description : เปลือกหิน																																																									
Sample Location : หมู่ที่ 4,7 ตำบลไผ่ อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์		Sample Location : N. Sukjaroen and U. Netbanchong																																																									
Tested by : N. Sukjaroen and U. Netbanchong		Test Date : 15 November 2024																																																									
GSC Project No. : GSC-058																																																											
Test Results: Shear and Normal Displacement																																																											
<div><div>DS-01</div><div><table border="1"><caption>Approximate data for DS-01</caption><thead><tr><th>Shear displacement (mm)</th><th>Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 517.2$ kPa</th><th>Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 344.8$ kPa</th><th>Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 172.4$ kPa</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>2</td><td>150</td><td>100</td><td>50</td></tr><tr><td>4</td><td>350</td><td>250</td><td>150</td></tr><tr><td>6</td><td>450</td><td>300</td><td>180</td></tr><tr><td>8</td><td>480</td><td>320</td><td>190</td></tr><tr><td>10</td><td>450</td><td>300</td><td>180</td></tr></tbody></table></div></div> <div><div>DS-02</div><div><table border="1"><caption>Approximate data for DS-02</caption><thead><tr><th>Shear displacement (mm)</th><th>Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 517.2$ kPa</th><th>Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 344.8$ kPa</th><th>Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 172.4$ kPa</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>2</td><td>100</td><td>70</td><td>40</td></tr><tr><td>4</td><td>250</td><td>180</td><td>100</td></tr><tr><td>6</td><td>350</td><td>250</td><td>150</td></tr><tr><td>8</td><td>380</td><td>280</td><td>170</td></tr><tr><td>10</td><td>350</td><td>250</td><td>150</td></tr></tbody></table></div></div>				Shear displacement (mm)	Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 517.2$ kPa	Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 344.8$ kPa	Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 172.4$ kPa	0	0	0	0	2	150	100	50	4	350	250	150	6	450	300	180	8	480	320	190	10	450	300	180	Shear displacement (mm)	Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 517.2$ kPa	Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 344.8$ kPa	Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 172.4$ kPa	0	0	0	0	2	100	70	40	4	250	180	100	6	350	250	150	8	380	280	170	10	350	250	150
Shear displacement (mm)	Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 517.2$ kPa	Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 344.8$ kPa	Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 172.4$ kPa																																																								
0	0	0	0																																																								
2	150	100	50																																																								
4	350	250	150																																																								
6	450	300	180																																																								
8	480	320	190																																																								
10	450	300	180																																																								
Shear displacement (mm)	Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 517.2$ kPa	Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 344.8$ kPa	Shear stress (kPa) at $\sigma_v = 172.4$ kPa																																																								
0	0	0	0																																																								
2	100	70	40																																																								
4	250	180	100																																																								
6	350	250	150																																																								
8	380	280	170																																																								
10	350	250	150																																																								
Checked by : K. Fuenkajorn (Kittitop Fuenkajorn, Ph.D. PE)		Date : 15 NOV 2024																																																									

<div><div>GMR SUT Corp., Ltd.</div><div>411 Moo 3 Sub-District Nong Chabok, Mueang Nakhon Ratchasima District, Nakhon Ratchasima 30000 Tel : 084-4630908, 044 223 363 www.gmr.sut.com</div></div> <div><div>(GMR SUT Corp. Ltd.)</div></div>		DIRECT SHEAR TEST ON SOILS									
Project : การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและกลศาสตร์ของเปลือกดินและหินปะกอสของบริษัทรูรรมพรโชคชัย จำกัด เพื่อประกอบคำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 33660		Sample Description : เปลือกหิน									
Sample Location : หมู่ที่ 4,7 ตำบลไผ่ อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์		Sample Location : N. Sukjaroen and U. Netbanchong									
Tested by : N. Sukjaroen and U. Netbanchong		Test Date : 15 November 2024									
GSC Project No. : GSC-058											
Test Results: Shear stress and Normal stress											
<div><div>DS-01</div><div><table border="1"><caption>Data for DS-01</caption><thead><tr><th>Normal stress (kPa)</th><th>Shear strength (kPa)</th></tr></thead><tbody><tr><td>100</td><td>250</td></tr></tbody></table></div></div> <div><div>DS-02</div><div><table border="1"><caption>Data for DS-02</caption><thead><tr><th>Normal stress (kPa)</th><th>Shear strength (kPa)</th></tr></thead><tbody><tr><td>100</td><td>200</td></tr></tbody></table></div></div>				Normal stress (kPa)	Shear strength (kPa)	100	250	Normal stress (kPa)	Shear strength (kPa)	100	200
Normal stress (kPa)	Shear strength (kPa)										
100	250										
Normal stress (kPa)	Shear strength (kPa)										
100	200										
Checked by : K. Fuenkajorn (Kittitop Fuenkajorn, Ph.D. PE)		Date : 15 NOV 2024									

<div>GMR SUT Crop., Ltd. 411 Moo 3 Sub-District Nong Chabok, Mueang Nakhon Ratchasima District, Nakhon Ratchasima 30000 Tel: 084-4630608, 044 223 363 www.gmr.sut.com</div> <div></div>	
DIRECT SHEAR TEST ON SOILS	
Project	<div><div>การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและกลศาสตร์ของเปลือกดินและหินปะการังของ บริษัท สุรินทร์โซลซีย จำกัด เพื่อประกอบคำขอประทานบัตรที่ 2/2567 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 33660</div></div>
Sample Description	: เปลือกหิน
Sample Location	: หมู่ที่ 4,7 ตำบลไผ่ อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์
Tested by	: N. Sukjaroen and U. Netbanchong
Test Date	: 15 November 2024
GSC Project No.	: GSC-058

Test Results: Consolidation	
DS-01	
DS-02	

Checked by :	 (Kittitep Fuenkajorn, Ph.D. PE)	Date :	15 NOV 2024
--------------	--	--------	-------------

ตารางที่ ค-1
ทิศทางการรวมตัวของความเสถียรและภาพรวมตัวของความไม่ต่อเนื่อง

ผลเชิงองค์ประกอบ	Slope Face		Set	Joint		line of Intersection	
	strike	dip		strike	dip	Plunge Direction	Trend
	α_s	β_s					
ด้านทิศเหนือ	90	80	J1	81	2	90	0
	90	80	J2	191	74	242	70
	90	80	J3	8	55	104	55
	90	80	J4	112	75	238	72
ด้านทิศตะวันออก	180	80	J1	81	2	180	2
	180	80	J2	191	74	344	58
	180	80	J3	8	55	182	9
	180	80	J4	112	75	219	74
ด้านทิศใต้	270	80	J1	81	2	90	0
	270	80	J2	191	74	304	73
	270	80	J3	8	55	76	53
	270	80	J4	112	75	279	41
ด้านทิศตะวันตก	359	80	J1	81	2	179	2
	359	80	J2	191	74	4	24
	359	80	J3	8	55	176	17
	359	80	J4	112	75	253	68

Slope Mass Rating

$$\text{SMR} = \text{RMR}_{\text{basic}} + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4$$

$$\text{RMR}_{\text{basic}} = \text{Rock Mass Rating}$$
$$\mathbf{F}_i \times \mathbf{F}_j \times \mathbf{F}_k = \text{Adjustment factor related to joint orientation respect to slope orientation}$$

F_4 = Correction factor for method of excavation

ตารางที่ ๓-2 Adjustment factor relatd to joint oreantation respec to slope orientation (F1)

ดัชนีความเสี่ยง	Case of Slope Failure				F1		
	P	T	W		P	T	W
			$ a_r - a_s $	$ a_r - a_s $			
ด้านทิศเหนือ	9	189	90	0	0.85	0.15	0.15
	101	79	20	0	0.15	0.15	0.4
	82	262	35	0	0.15	0.15	0.15
	22	158	148	0	0.4	0.15	0.15
	99	279	0	0	0.15	0.15	1
ด้านทิศตะวันออก	11	169	164	2	0.7	0.15	0.15
	172	352	2	0	0.15	0.15	1
	68	248	39	0	0.15	0.15	0.15
	189	369	180	0	0.15	0.15	0.15
ด้านทิศใต้	79	259	34	0	0.15	0.15	0.15
	262	442	194	0	0.15	0.15	0.15
	158	338	9	0	0.15	0.15	0.85
	278	458	180	0	0.15	0.15	0.15
ด้านทิศตะวันตก	168	348	355	0	0.15	0.15	0.15
	351	531	183	0	0.15	0.15	0.15
	247	427	206	0	0.15	0.15	0.15

A-1

A-2

ตารางที่ ค-3 Adjustment factor relatd to joint orientation respec to slope orientation (F2)

กรณีบ่อน้ำ	Case of Slope Failure			F2		
	P	W		P	T	W
ด้านทิศตะวันออก	10	10		0.15	1	1
	2	90				
	74	70		1	1	1
	55	55		1	2	1
	75	72		1	2	1
ด้านทิศตะวันตก	2	2		0.15	1	0.15
	74	58		1	1	1
	55	9		1	2	0.15
	75	74		1	1	1
	2	0		0.15	1	0.15
ด้านทิศใต้	74	73		1	1	1
	55	53		1	2	1
	75	41		1	1	0.85
	2	2		0.15	1	0.15
	74	24		1	1	0.4
ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้	55	17		1	2	0.15
	75	68		1	1	1

ค-3

ตารางที่ ค-4 Adjustment factor relatd to joint orientation respec to slope orientation (F3)

กรณีบ่อน้ำ	Case of Slope Failure				F3		
	P	T	W		P	T	W
ด้านทิศตะวันออก	10	10	10		0	0	0
	78	82	10				
	6	154	10		-6	-25	0
	25	135	25		0	-25	0
	5	155	8		-6	-25	-6
ด้านทิศตะวันตก	78	82	78		0	0	0
	6	154	22		-6	-25	0
	25	135	71		0	-25	0
	5	155	6		-6	-25	-6
	78	82	80		0	0	0
ด้านทิศใต้	6	154	7		-6	-25	-6
	25	135	27		0	-25	0
	5	155	39		-6	-25	0
	78	82	78		0	0	0
	6	154	56		-6	-25	0
ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้	25	135	63		0	-25	0
	5	155	12		-6	-25	0

ค-4

ตารางที่ ค-5 Correction factor for method of excavation (F4) and Slope mass rating (SMR)

ลักษณะเหมือง	F4	RMR	SMR		
			P	T	W
ด้านทิศเหนือ	-8	62	54.0	54.0	54.0
	-8	62	53.1	50.3	54.0
	-8	62	54.0	46.5	54.0
	-8	62	51.6	46.5	53.1
ด้านทิศตะวันออก	-8	62	54.0	54.0	54.0
	-8	62	49.8	50.3	54.0
	-8	62	54.0	46.5	54.0
	-8	62	53.1	50.3	53.1
ด้านทิศใต้	-8	62	54.0	54.0	54.0
	-8	62	53.1	50.3	53.1
	-8	62	54.0	46.5	54.0
	-8	62	53.1	50.3	54.0
ด้านทิศตะวันตก	-8	62	54.0	54.0	54.0
	-8	62	53.1	50.3	54.0
	-8	62	54.0	46.5	54.0
	-8	62	53.1	50.3	54.0