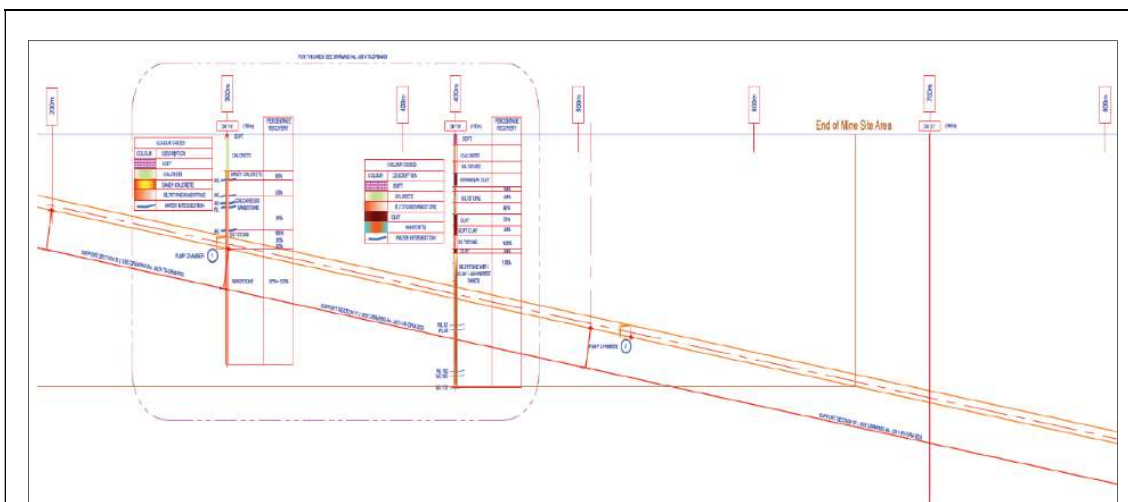


3.7 การทรุดตัวของพื้นดิน

มาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมกำหนดให้มีการตรวจวัดการทรุดตัวของพื้นดินในระยะเตรียมการทำเหมือง โดยติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดทั้งบนผิวดินและใต้ดิน เพื่อตรวจสอบก่อสร้างบนผิวดินและใต้ดินให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ โดยมีความถี่ในการตรวจวัดเดือนละครั้ง และเมื่อเข้าสู่ระยะดำเนินการทำเหมืองจึงจะเพิ่มจุดตรวจในชุมชนโดยรอบพื้นที่ประทานบัตรตามข้อกำหนดในมาตรการดังกล่าวเป็นลำดับต่อไป

ปัจจุบันบริษัทฯ อยู่ระหว่างการก่อสร้างพัฒนาโครงการฯ โดยได้ดำเนินการก่อสร้างอุโมงค์แนวลาดและอุโมงค์แนวตั้ง (รูปที่ 3.7-1) ซึ่งในส่วนของกาวิเคราะห์กลศาสตร์หินและติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับผิวดิน ค่าความเอียงตัวพื้นดินและแรงดันน้ำใต้ดิน บริษัทฯ ได้ดำเนินการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดต่างๆ ตามเงื่อนไขมาตรการฯ ซึ่งเป็นไปตามหลักวิศวกรรมธรณี ประกอบด้วยวิธีการและเครื่องมือดังต่อไปนี้



ที่มา : รายงานวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการเหมืองแร่โพแทชของ บริษัทไทยคาลิ จำกัด, 2557

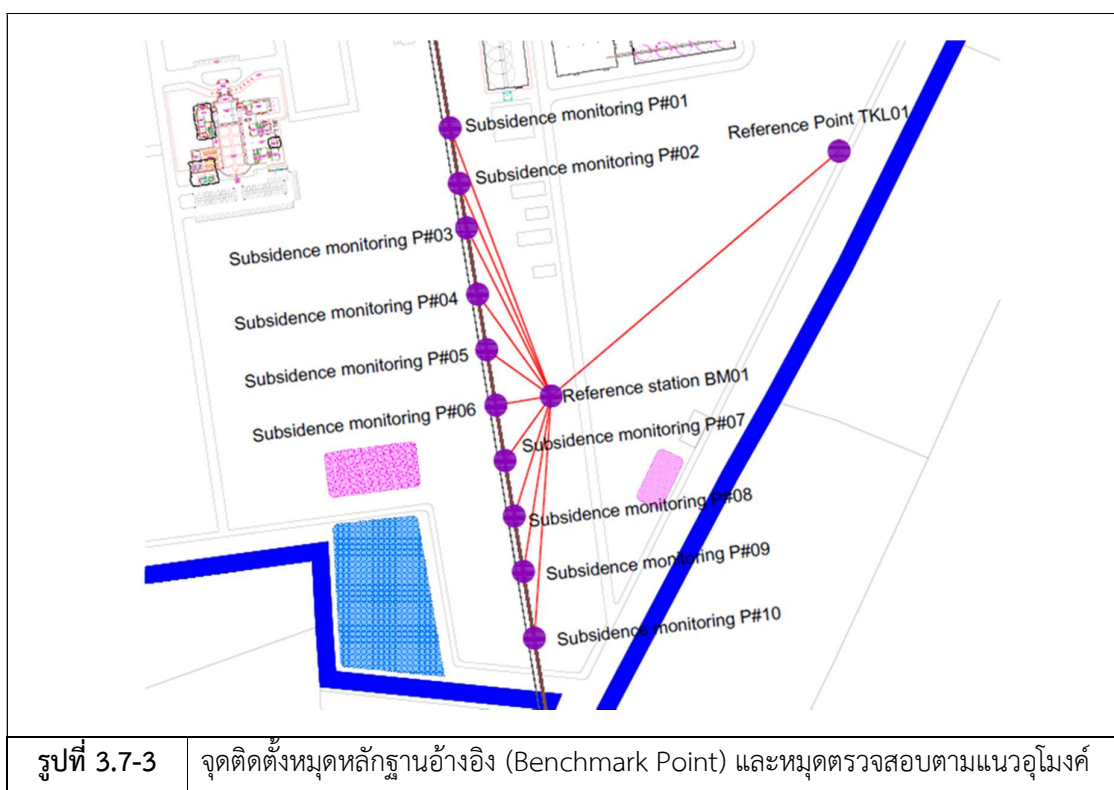
รูปที่ 3.7-1

ภาพตัดขวางของแบบอุโมงค์แนวลาดส่วนกลาง

3.7.1 หมดหลักฐานอ้างอิงและหมดตรวจสอบตามแนวอุโมงค์แนวลาด สำหรับตรวจสอบการทรุดตัวของระดับผิวดิน

เพื่อให้การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่าระดับผิวดินตามแนวบริเวณพื้นที่การก่อสร้างและชุดเจาะอุโมงค์แนวลาดเป็นไปอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ บริษัทฯ ได้ดำเนินการก่อสร้างหมดหลักฐานอ้างอิง (Benchmark Point) จำนวน 2 จุด (รูปที่ 3.7-2) ใวนอกเขตพื้นที่ก่อสร้างบนผิวดินและพื้นที่การชุดเจาะอุโมงค์แนวลาด ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความมั่นคงแข็งแรง ไม่มีการทรุดตัวโดยได้ดำเนินการก่อสร้างหมด

ตรวจสอบบริเวณแนวการขุดเจาะอุโมงค์แนวลาดอีกจำนวน 9 จุด สำหรับใช้ตรวจสอบค่าระดับผิวดินโดยการยึดโยงเปรียบเทียบกับจุดหลักฐานอ้างอิง (รูปที่ 3.7-3)





วิธีการตรวจวัดดำเนินการโดยใช้กล้องรังวัดแบบใช้แสงเลเซอร์ (Total Station) ทำการวัดหา ระดับความสูงของหมุดตรวจสอบแต่ละหมุด เทียบอิงจากระดับความสูงของหมุดหลักฐานอ้างอิง BM01 โดยใช้ การคำนวณดังนี้

$$\text{ความสูงของหมุด} = \text{Vertical Distance} = \tan(\infty) \times \text{horizontal distance} \quad (1)$$

$$\text{เมื่อ } \infty = \text{มุมตั้ง (Vertical angle)}$$

$$\text{ระดับความสูงของหมุดเทียบกับหมุดหลักฐานอ้างอิง} = 0 - \text{ความสูงของหมุด} \quad (2)$$

การเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงของแต่ละหมุดตรวจสอบที่ได้จากการตรวจวัดแต่ละครั้ง สามารถนำมาประมวลผลและวิเคราะห์หาแนวโน้มการทรุดตัวของระดับผิวดินที่เป็นผลจากการพัฒนาอุโมงค์ ได้ โดยได้ดำเนินการตรวจสอบเป็นประจำทุกสัปดาห์ในระยะเวลาเริ่มต้น จากนั้นจึงค่อยลดความถี่ในการตรวจวัด ลงเหลือเดือนละ 1 ครั้งเมื่อสภาพทางธรณีชั้นหินมีความเสถียรและความสมดุลมากขึ้น

3.7.1.1 ผลการตรวจวัดหมุดตรวจสอบ

ผลการตรวจวัดระดับความสูงของหมุดตรวจสอบ 9 หมุด เปรียบเทียบจากหมุด หลักฐานอ้างอิง BM01 ได้ดำเนินการตั้งแต่วันที่ 4 กรกฎาคม 2565 จนถึงวันที่ 9 ธันวาคม 2565 โดยการ ดำเนินการตรวจวัดเดือนละ 1 ครั้งเป็นอย่างน้อย แสดงผลการตรวจวัดในช่วงเวลาดังกล่าวดัง ตารางที่ 3.7-1

ตารางที่ 3.7-1 ผลการตรวจวัดระดับความสูงของหมุดตรวจสอบ เทียบอิงจากหมุดหลักฐานอ้างอิง BM01 สำหรับ ใช้ประเมินแนวโน้มการทรุดตัวของระดับผิวดินช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2565 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565

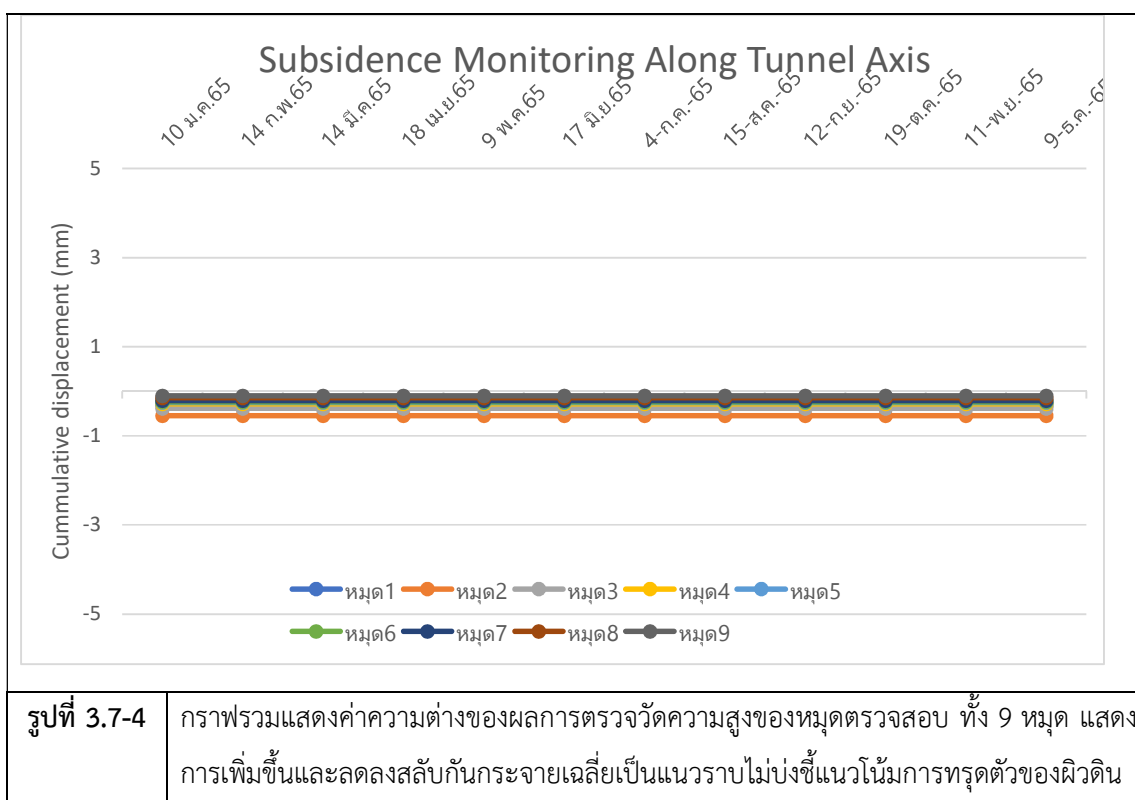
| ผลการตรวจวัดระดับความสูงของหมุดตรวจสอบ | | | | | | | | | |
|--|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Data | หมุด1 | หมุด2 | หมุด3 | หมุด4 | หมุด5 | หมุด6 | หมุด7 | หมุด8 | หมุด9 |
| 10-ม.ค.-65 | -5.5148 | -4.2287 | 2.9175 | 1.7998 | 0.5497 | 0.2928 | 0.4675 | 1.0487 | 0.8678 |
| 14-ก.พ.-65 | -5.5148 | -4.2255 | 2.9274 | 1.7898 | 0.5597 | 0.2927 | 0.4574 | 1.0584 | 0.8778 |
| 14-มี.ค.-65 | -5.5148 | -4.2447 | 2.9172 | 1.7996 | 0.5695 | 0.2827 | 0.4674 | 1.0445 | 0.8677 |
| 18-เม.ย.-65 | -5.5148 | -4.2332 | 2.9072 | 1.7986 | 0.5594 | 0.2927 | 0.4672 | 1.0585 | 0.8773 |
| 9-พ.ค.-65 | -5.5148 | -4.2456 | 2.9171 | 1.7895 | 0.5541 | 0.2926 | 0.4571 | 1.0521 | 0.8676 |
| 17-มิ.ย.-65 | -5.5148 | -4.2281 | 2.9171 | 1.7995 | 0.5592 | 0.2926 | 0.4678 | 1.0583 | 0.8671 |
| 4-ก.ค.-65 | -5.5148 | -4.2248 | 2.9167 | 1.7898 | 0.5593 | 0.2928 | 0.4675 | 1.0593 | 0.8622 |
| 15-ส.ค.-65 | -5.5148 | -4.2342 | 2.9069 | 1.7994 | 0.5471 | 0.2931 | 0.4581 | 1.0497 | 0.8712 |
| 12-ก.ย.-65 | -5.5148 | -4.2011 | 2.9171 | 1.8004 | 0.5561 | 0.2932 | 0.4679 | 1.0594 | 0.8673 |
| 19-ต.ค.-65 | -5.5148 | -4.2344 | 2.9068 | 1.8009 | 0.5596 | 0.2827 | 0.4778 | 1.0495 | 0.8772 |
| 11-พ.ย.-65 | -5.5148 | -4.2565 | 2.9267 | 1.8005 | 0.5598 | 0.2826 | 0.4684 | 1.0592 | 0.8623 |
| 9-ธ.ค.-65 | -5.5148 | -4.2758 | 2.9172 | 1.7997 | 0.5496 | 0.2932 | 0.4671 | 1.0589 | 0.8675 |



| สถิติ | หมู่ด1 | หมู่ด2 | หมู่ด3 | หมู่ด4 | หมู่ด5 | หมู่ด6 | หมู่ด7 | หมู่ด8 | หมู่ด9 |
|--------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ค่าเฉลี่ย | -5.5148 | -4.2361 | 2.9162 | 1.7973 | 0.5569 | 0.2903 | 0.4659 | 1.0547 | 0.8694 |
| ค่าเบี่ยงเบน | 0 | 0.0185 | 0.0067 | 0.0046 | 0.0061 | 0.0046 | 0.0059 | 0.0054 | 0.0054 |
| มากที่สุด | -5.5148 | -4.2011 | 2.9274 | 1.8009 | 0.5695 | 0.2932 | 0.4778 | 1.0594 | 0.8778 |
| น้อยสุด | -5.5148 | -4.2758 | 2.9068 | 1.7895 | 0.5471 | 0.2826 | 0.4571 | 1.0445 | 0.8622 |

ที่มา : บริษัท ไทยคาลิ จำกัด, 2565

ค่าความต่างสะสมและค่าสถิติพื้นฐานของผลการตรวจวัดระดับความสูงของหมู่ดตรวจสอบทั้ง 9 หมู่ด แสดงในตารางที่ 3.7-1 แสดงค่าเฉลี่ย, ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าน้อยที่สุด และค่ามากที่สุดของผลการตรวจวัดตามหมู่ดต่างๆ บ่งชี้ถึงลักษณะการแปรปรวนขึ้นลงสลับกัน เสมือนเป็นค่าความเบี่ยงเบนปกติของการวัดที่สัมพันธ์กับค่าแปรปรวนมาตรฐานของเครื่องมือและอาจรวมถึงค่าแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานของผู้ตรวจวัดด้วย อย่างไรก็ตามค่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเล็กน้อยนี้สามารถพบได้เป็นปกติของผิวดินธรรมชาติโดยทั่วไป และไม่บ่งชี้ถึงแนวโน้มการทรุดตัวในบริเวณดังกล่าว



รูปที่ 3.7-4

กราฟรวมแสดงค่าความต่างของผลการตรวจวัดความสูงของหมู่ดตรวจสอบ ทั้ง 9 หมู่ด แสดงการเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันกระจายเฉลี่ยเป็นแนวราบไม่บ่งชี้แนวโน้มการทรุดตัวของผิวดิน

3.7.1.2 สรุปผลการตรวจวัดการทรุดตัวของระดับผิวดินในพื้นที่โครงการ

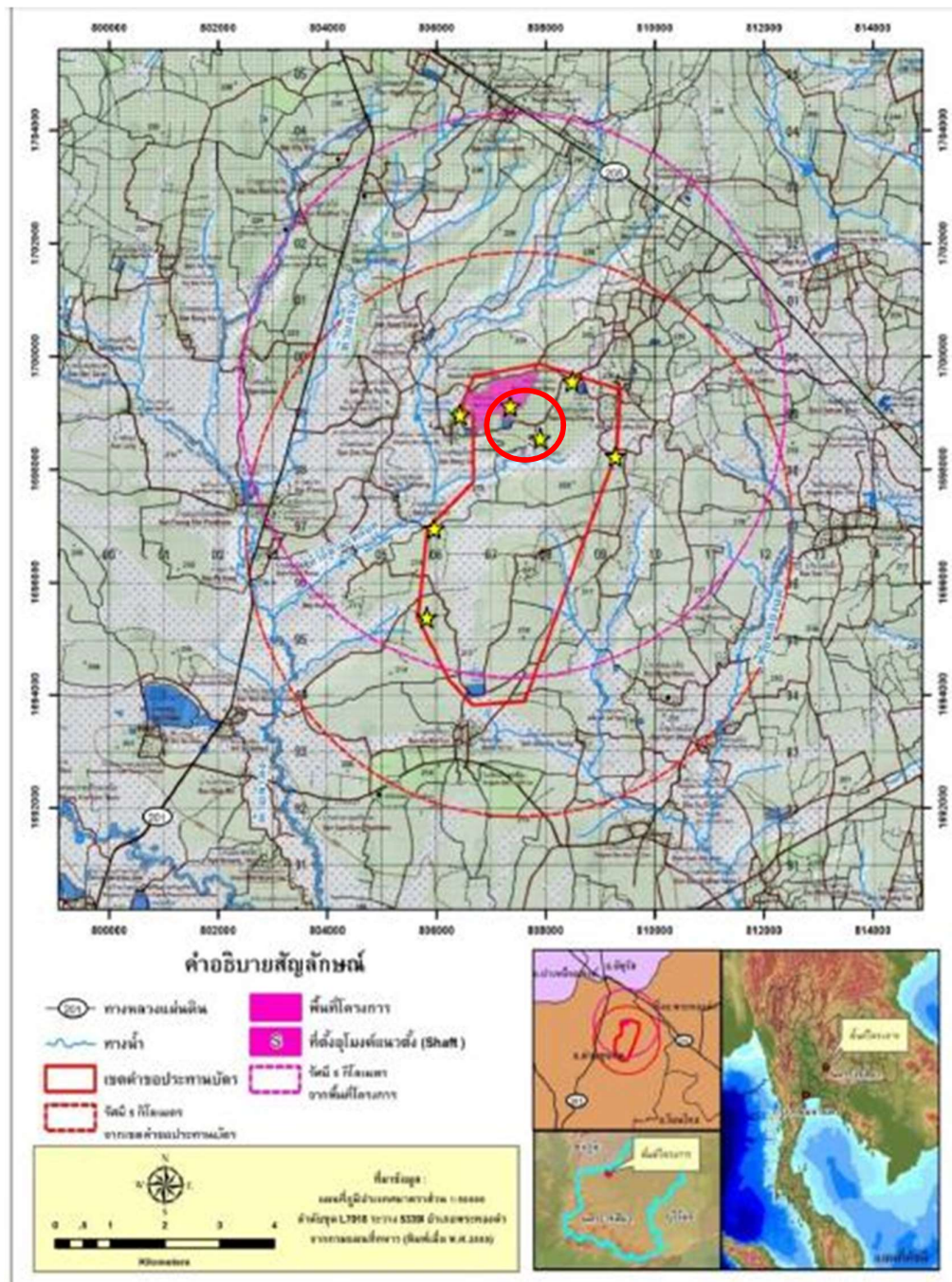
พิจารณาจากผลการตรวจวัดตามรายละเอียดข้างต้นแล้วสรุปได้ว่าการตรวจวัดและเก็บข้อมูลด้วยวิธีการตรวจวัดการทรุดตัวของระดับผิวดิน (Subsidence) โดยใช้กล้องรังวัดแบบใช้แสงเลเซอร์ (Total Station) ทำการวัดหาระดับความสูงของหมู่ดตรวจสอบแต่ละหมู่ด เทียบอิงจากระดับความสูงของ



หมวดหลักฐานอ้างอิง BM01 เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แล้วสามารถบ่งชี้ได้ว่าลักษณะการแปรปรวนขึ้นลง สลับกันดังกล่าวนี้ เสมือนเป็นค่าความเบี่ยงเบนปกติของการวัดที่สัมพันธ์กับค่าแปรปรวนมาตรฐานของ เครื่องมือและอาจรวมถึงค่าแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานของผู้ตรวจวัดด้วย อย่างไรก็ตามค่าการ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเล็กน้อยนี้สามารถพบได้เป็นปกติของผิวดินธรรมชาติโดยทั่วไป จึงแสดงให้เห็นได้ว่าไม่มี แนวโน้มการทรุดตัวในบริเวณดังกล่าว

3.7.2 การวัดการเคลื่อนตัวในแนวราบของมวลดินในพื้นที่โครงการ โดยใช้มาตรวัดการเคลื่อนตัว ของมวลดินในแนวราบ (Inclinometer)

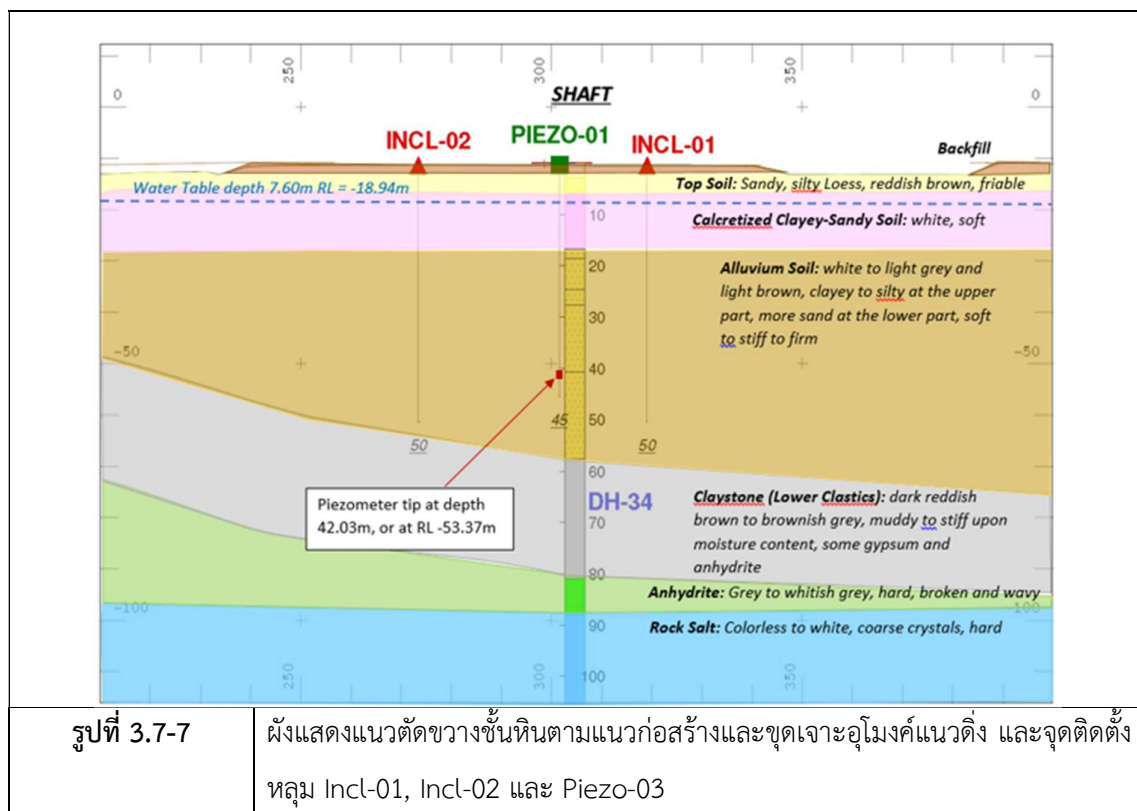
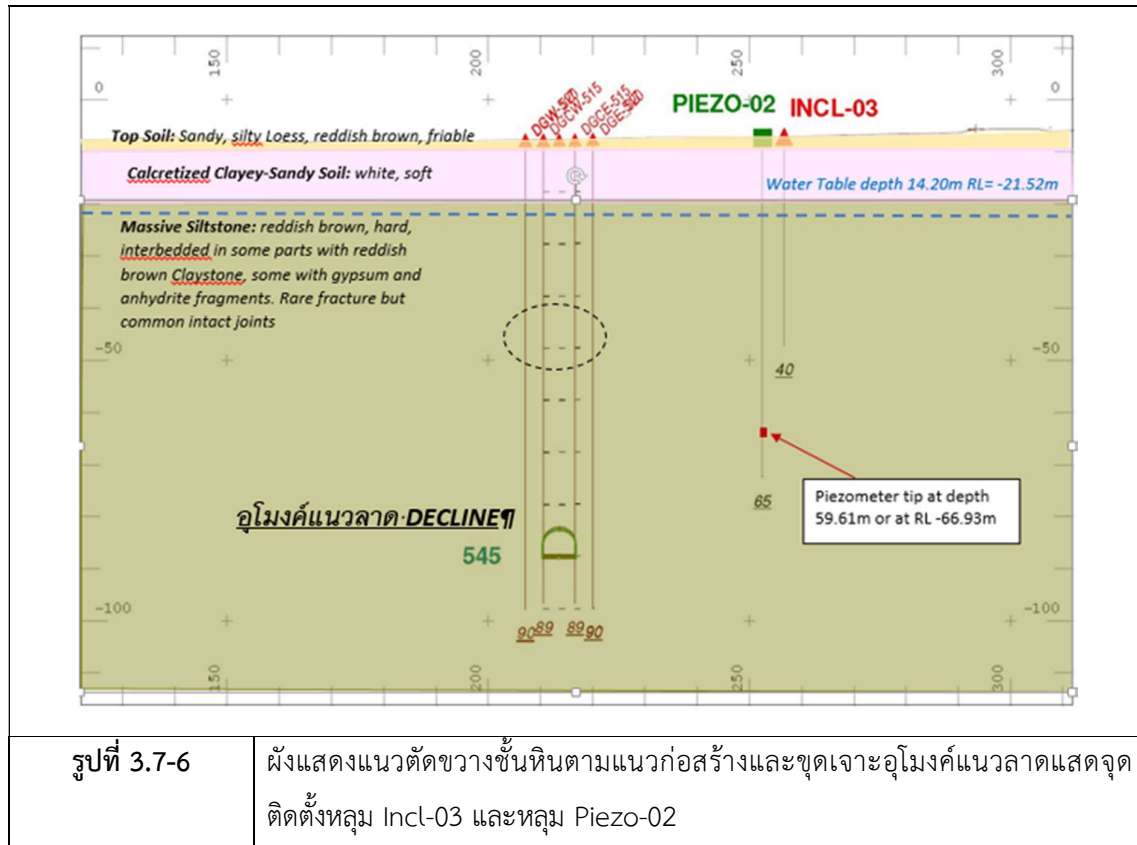
มาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบ สิ่งแวดล้อม ฉบับสมบูรณ์ กำหนดให้บริษัทดำเนินการติดตั้งมาตรวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในแนวราบ (Inclinometer) โดยการติดตั้งหลุมเจาะแนวตั้ง (Vertical Hole) และติดตั้งมาตรวัดเพื่อทำการตรวจสอบนั้น ในระยะเตรียมการทำเหมืองใต้ดิน บริษัทฯ ได้ทำการเจาะหลุมและติดตั้งมาตรวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินใน แนวราบ 2 จุด (จำนวน 3 หลุม) จากที่กำหนดไว้ 7 จุด เพื่อให้การติดตามตรวจสอบและควบคุมคุณภาพงาน ก่อสร้างบนผิวดินและใต้ดินเป็นไปตามแบบแผนที่กำหนดไว้ (รูปที่ 3.7-5) โดยในบริเวณอุโมงค์แนวลาด (Decline) ติดตั้งจำนวน 1 หลุม อยู่ห่างจากแนวกลางอุโมงค์ 43 เมตรไปทางทิศตะวันออก ซึ่งอยู่ทางทิศใต้ ของพื้นที่โครงการหรือที่ระยะ 543-549 เมตรของความยาวแนวอุโมงค์ และอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 40 เมตรจากผิวดิน จากการสำรวจทางธรณีวิทยาบริเวณดังกล่าวพบว่าบริเวณนี้ ถูกปกคลุมด้วยดินทรายแป้งร่วน สีน้ำตาลแดง หนาประมาณ 3-6 เมตร ปกคลุมอยู่บนชุดหิน ภูเขาไฟ ซึ่งประกอบด้วย ชั้นหินทรายเนื้อละเอียด ถึงเนื้อหยาบสีน้ำตาลแดง ชั้นหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดงเข้ม และหินโคลนสีน้ำตาลแดงเข้ม เกิดเป็นชั้นแทรก สลับกัน (รูปที่ 3.7-6) และในบริเวณก่อสร้างอุโมงค์แนวตั้ง (Shaft) บริษัทฯ ได้ดำเนินการติดตั้งมาตรวัดการ เคลื่อนตัวของมวลดินในแนวราบ (Inclinometer) จำนวน 2 หลุม โดยอยู่ทางด้านตะวันออก ระยะ 17 เมตร 1 หลุม และทางด้านตะวันตก ระยะ 31 เมตร อีก 1 หลุม ทั้งนี้จากการสำรวจทางธรณีวิทยาบริเวณดังกล่าว พบว่ามีดินทรายแป้งร่วนสีน้ำตาลแดงหนาประมาณ 3 เมตร ปิดทับบนชั้นตะกอนทางน้ำเก่า (Alluvium) ที่ ประกอบด้วยชั้นดินเหนียวปนทราย ชั้นทรายปนทรายแป้ง วางตัวอยู่บนชุดหินมหาสารคาม ซึ่งประกอบด้วย ชั้นหินโคลน มีลักษณะกึ่งแข็ง (Sandy clay, Silty sand and Clay, Stiff) ชั้นหินแอนไฮไดรต์ (Anhydrite) และชั้นหินเกลือ (Rock salt) (รูปที่ 3.7-7) นอกจากนี้พื้นที่ดังกล่าวยังมีการถมบดอัดด้วยดินลูกรังขาว (Concertized Soil) หนาประมาณ 2.70 เมตร เพื่อเป็นฐานรากของโครงสร้างของอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับอุโมงค์ แนวตั้ง



ที่มา : รายงานวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการเหมืองแร่โพแทชของ บริษัทไทยคาลิ จำกัด, 2557

รูปที่ 3.7-5

แผนที่แสดงตำแหน่งของจุดติดตั้งมาตรวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในแนวราบ
จำนวน 7 จุด ตามแผนที่กำหนดไว้





รูปที่ 3.7-8 การขุดเจาะและติดตั้งท่อรางในแนวตั้งสำหรับวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในแนวราบ

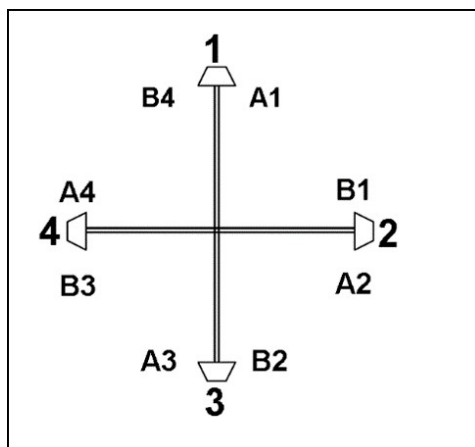
ในการกำหนดทิศทางของรางและลำดับการวัดรางของทั้ง 3 หลุม ผลออกมาเป็นรูปแบบเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับแผนการทำเหมืองในระยะยาวด้วยนั้น จึงกำหนดทิศทางการตรวจวัดตามรูปรูปที่ 3.7-9

รางวัด A1 อยู่ด้านทิศเหนือ ทำให้ B1 อยู่ด้านทิศตะวันออก

รางวัด A2 อยู่ด้านทิศตะวันออก ทำให้ B2 อยู่ด้านทิศใต้

รางวัด A3 อยู่ด้านทิศใต้ ทำให้ B3 อยู่ด้านทิศตะวันตก

รางวัด A4 อยู่ด้านทิศตะวันตก ทำให้ B4 อยู่ด้านทิศเหนือ



รูปที่ 3.7-9 ผังแสดงการจัดวางชื่อรางในการวัดโดยใช้มาตรวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในแนวราบ (Inclinometer) ซึ่งในการตรวจวัดได้ทำการวัดตามรางที่ 1 (A1) และรางที่ 3 (A3)

บริษัทฯ ได้ใช้มาตรวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในแนวราบ (Inclinometer) ของ SISGEO รุ่น S200D (รูปที่ 3.7-10) ซึ่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความเอียงสองแกนตั้งฉากกัน แกน A เป็นแกนหลักตามความยาว และแกน B จะวัดขวางตั้งฉากกับความยาวมีความละเอียด 0.0013 องศา หรือ 0.02 มิลลิเมตร/เมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า ± 0.005 เปอร์เซ็นต์ สามารถวัดมุมเอียงได้ถึง ± 30 องศา กลไกในการวัดจะเป็นแบบ Force Balance Servo Accelerometer

โดยได้เริ่มทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเพื่อหาแนวโน้มการเคลื่อนตัวในแนวราบ ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2560 เป็นต้นมา โดยทำการอ่านค่าจากกันหลุมขึ้นมา ทุก 1 เมตรที่หลุม Incl-03 จนถึงปากหลุม โดยทำการวัดซ้ำทุกๆเดือน ทั้งนี้การวัดครั้งแรกของหลุมนั้นจะใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเทียบหาค่าความเปลี่ยนแปลงของการเคลื่อนตัวของมวลดินในครั้งต่อมา ซึ่งจะใช้คำนวณเพื่อหาการเคลื่อนตัวของมวลดินและมวลหินที่ความลึกต่างๆ ได้



| | |
|---------------|--|
| รูปที่ 3.7-10 | อุปกรณ์มาตรวัดการเคลื่อนตัวในแนวราบ (Inclinometer) และท่อรางที่ใช้ติดตั้งในหลุมเจาะ (Inclinometer Access Tube) |
|---------------|--|

3.7.2.1 ผลการวัดการเคลื่อนตัวในแนวราบของมวลดินในพื้นที่โครงการ

หลังจากทำการตรวจวัดหาการเคลื่อนตัวแต่ละครั้งได้ทำการถ่ายโอนข้อมูลที่บันทึกไว้ของทุกหลุมลงในคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลและวิเคราะห์หาการเคลื่อนตัวของมวลดินที่ระดับความลึกต่างๆ โดยมีขั้นตอนสังเขป ดังนี้

- 1) ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการวัดโดยดูจากค่า Checksum ซึ่งเป็นผลรวมของการวัดจากรางที่อยู่ตรงกันข้ามในท่อราง ซึ่งเมื่อรวมแล้วจะทำการหารด้วย 2 ผลที่ได้ต้องใกล้ค่า 0 มากที่สุดและไม่ควร



มากกว่า 10 ถ้ามีค่ามากกว่า 10 ทำการปรับแก้ค่าโดยใช้ค่าเฉลี่ยของการวัดที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งพบว่าผลการวัดมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำและน้อยกว่า 10

- 2) ตรวจหาอาการตรรกะ ท่อรางหลุดตรงข้อต่อ ท่อรางตีบตัน หรือท่อรางบิดเกลียว ซึ่งถ้าพบ ให้ทำการแก้ไขโดยใช้เครื่องมือวัดหาการบิดเกลียว ถ้าพบว่ามีมากเกินไป ให้ยกเลิกใช้ข้อมูลผลการวัดดังกล่าวแล้วทำการวัดซ้ำใหม่ทันที เนื่องจากค่าที่วัดได้อาจแปรปรวนมากและไม่สื่อถึงการเคลื่อนตัวของมวลดินจนอาจทำให้การแปรความผลการวัดผิดไปจากความเป็นจริง ซึ่งการตรวจวัดนี้ไม่ตรวจพบความผิดปกติของข้อมูลที่สามารถเกิดจากอาการดังกล่าว
- 3) นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบแล้วมาทำการวิเคราะห์หาการเคลื่อนที่โดยแสดงเป็นค่าสถิติของผลการวัดและแสดงโดยใช้ภาพตัดขวางประเภทต่างๆ ในมุมมอง 4 แบบ คือ ภาพตัดขวางในทิศเหนือ-ใต้ ภาพตัดขวางในทิศตะวันออก-ตะวันตก ภาพตัดขวางที่วางฉากกับทิศทางจริงของแนวหลุมเจาะ และผังที่มองจากด้านบนเพื่อแสดงทิศทางของแนวหลุมเจาะ ภาพที่ใช้ดังนี้
 - a. ภาพตัดขวางแสดงแนวหลุมเจาะจริง โดยเป็นค่าเบี่ยงเบนของแนวหลุมเจาะจากแนวตั้งสัมบูรณ์ จะใช้เฉพาะข้อมูลการวัดครั้งแรกของแต่ละหลุม
 - b. ภาพตัดขวางแสดงการเคลื่อนตัวในแนวราบที่ทุกความลึกที่วัดมา โดยเป็นผลต่างของการวัดครั้งถัด ๆ มา จากการวัดครั้งแรก ที่ความลึกของการวัดเดียวกัน
 - c. ภาพตัดขวางแสดงการเคลื่อนตัวสะสม โดยทำการบวกสะสมผลการเคลื่อนที่ทีละช่วงจากปากหลุมไปยังก้นหลุม (Skulich, 2008)

โดยมีผลการตรวจวัดค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบของมวลดิน Incl-03 แสดงตามตารางที่ 3.7-2 ทั้งนี้ช่วงเวลาเวลาที่ผ่านมาทางโครงการได้ดำเนินการเกรทคอนกรีตเป็นจำนวนมากในชั้นหินบริเวณโดยรอบอุโมงค์แนวตั้ง (Shaft) เพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงและลดความสามารถในการซึมผ่านของน้ำบาดาล ทำให้มีคอนกรีตบางส่วนทะลักเข้าไปทำลายมาตรวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินหลุม Incl-01 และ Incl-02 จึงไม่สามารถวัดค่าได้ โดยโครงการอยู่ในระหว่างการศึกษาติดตั้งมาตรวัดใหม่เพื่อทดแทนหลุมที่ชำรุดหรืออาจติดตั้งที่บริเวณอื่นเพิ่มเติมตามความเหมาะสมต่อไป

ตารางที่ 3.7-2 ค่าสถิติผลการสอบเทียบระหว่างรางตรงข้ามของผลการวัด (Checksum) ซึ่งค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 10 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ แสดงว่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยจากเครื่องมือ ท่อราง และการวัด

| หมวดตรวจสอบ | การวัดครั้งที่ /วันที่ | สถิติผลการสอบเทียบ (A1+A3)/2 | | | | สถิติผลการสอบเทียบ (B1+B3)/2 | | | |
|-------------|------------------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | ค่าเฉลี่ย | เบี่ยงเบน | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด | ค่าเฉลี่ย | เบี่ยงเบน | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| Incl-03 | 10/01/2022 | 4.3 | 2.4 | 8.7 | 1.8 | 7.6 | 1.0 | 8.0 | 0.2 |
| | 14/02/2022 | 4.4 | 2.3 | 8.6 | 2.0 | 7.6 | 1.1 | 7.9 | 4.1 |
| | 14/03/2022 | 4.7 | 2.3 | 8.8 | 1.9 | 7.7 | 1.0 | 8.3 | 2.2 |
| | 18/04/2022 | 5.0 | 2.2 | 8.8 | 1.7 | 7.5 | 1.1 | 8.4 | 3.0 |



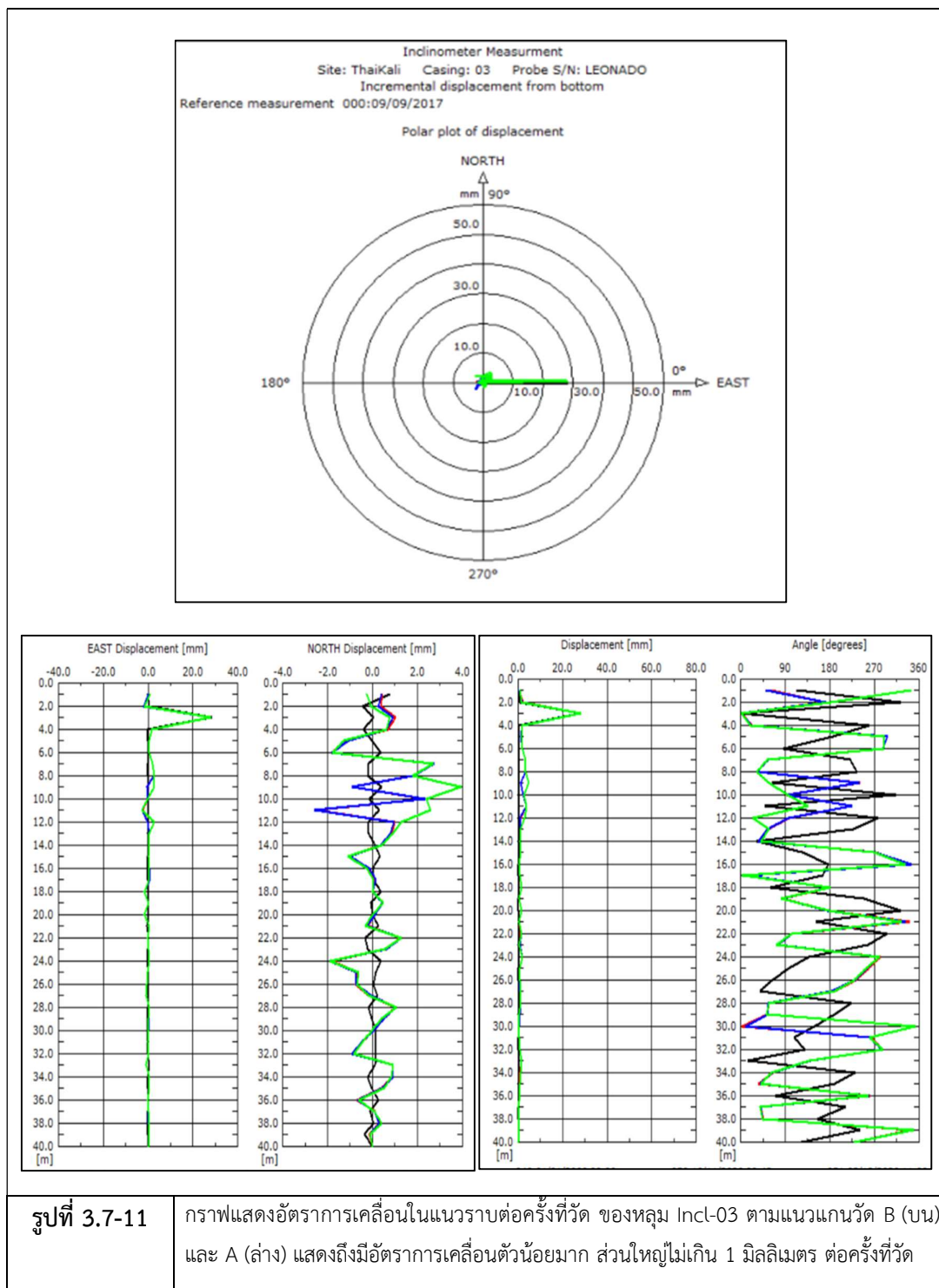
| หมวด ตรวจสอบ | การวัดครั้งที่ /วันที่ | สถิติผลการสอบเทียบ (A1+A3)/2 | | | | สถิติผลการสอบเทียบ (B1+B3)/2 | | | |
|-----------------|---------------------------|------------------------------|------------------|-----------|---------------|------------------------------|------------------|-----------|-----------|
| | | ค่าเฉลี่ย | ค่า เบี่ยงเบน | ค่าสูงสุด | ค่า ต่ำสุด | ค่าเฉลี่ย | ค่า เบี่ยงเบน | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| | 09/05/2022 | 4.9 | 2.3 | 8.7 | 1.8 | 7.6 | 1.2 | 8.1 | 3.1 |
| | 17/06/2022 | 4.9 | 2.3 | 8.6 | 1.9 | 7.6 | 1.1 | 7.7 | 2.8 |
| | 04/07/2022 | 4.8 | 2.3 | 8.6 | 1.9 | 7.7 | 1.1 | 7.9 | 2.9 |
| | 15/08/2022 | 4.9 | 2.2 | 8.7 | 1.8 | 7.6 | 1.1 | 8.0 | 3.0 |
| | 12/09/2022 | 4.7 | 2.2 | 8.6 | 1.9 | 7.5 | 1.2 | 7.8 | 2.9 |
| | 19/10/2022 | 4.8 | 2.3 | 8.7 | 1.8 | 7.7 | 1.1 | 7.8 | 2.9 |
| | 11/11/2022 | 4.8 | 2.3 | 8.7 | 1.8 | 7.6 | 1.2 | 7.9 | 2.8 |
| | 09/12/2022 | 4.7 | 2.3 | 8.6 | 1.8 | 7.6 | 1.1 | 7.9 | 2.7 |

ที่มา : บริษัท ไทยคาลิ จำกัด, 2565

จากตารางสถิติของผลการตรวจวัดหลุมต่างๆ ในแต่ละครั้งจะเห็นว่ามีค่าการเคลื่อนที่น้อยมากและน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร และเมื่อเทียบดูในการวัดแต่ละครั้งจะเห็นว่ามีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นลักษณะของการแกว่งของข้อมูลที่อาจเป็นผลมาจากความคลาดเคลื่อนปกติของการวัด และไม่บ่งชี้ถึงการเคลื่อนตัวของมวลดินแต่อย่างใด และจากภาพตัดขวางที่แสดงผลการตรวจวัดของทุกๆ ค่าที่ตรวจวัดของทุกหลุมไม่พบจุดหักเหผิดแนวที่แสดงถึงความผิดปกติของการเคลื่อนที่อาจมีจุดแหลมเล็กๆ ของเส้นกราฟบ้างแต่มีค่าน้อยไม่เกิน 5 มิลลิเมตรและ ลักษณะเช่นนี้น่าจะเป็นผลมาจากล้อเลื่อนของหัวมาตรวัดไปสกดตรงข้อต่อของท่อราง จึงไม่มีลักษณะที่บ่งชี้ถึงการเคลื่อนตัวของมวลดินแต่อย่างใด (รูปที่ 3.7-11)

3.7.2.2 สรุปผลการวัดการเคลื่อนตัวในแนวราบของมวลดินในพื้นที่โครงการ

พิจารณาจากผลการตรวจวัดตามรายละเอียดในหัวข้อ 3.7.2.1 แล้ว สรุปได้ว่าการตรวจวัดและเก็บข้อมูลด้วยมาตรวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในแนวราบ (Inclinometer) Incl-03 เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แล้วยังไม่พบแนวโน้มที่บ่งชี้ถึงการเคลื่อนตัวของมวลดินในพื้นที่โครงการ ทั้งนี้วิเคราะห์ได้จากค่าความแปรปรวนของข้อมูลการตรวจวัดที่มีลักษณะการแกว่งขึ้นลงน้อยมากถึงคงที่ ซึ่งถือว่ายังอยู่ในช่วงความแปรปรวนปกติโดยเกิดจากความคลาดเคลื่อนทั่วไปของเครื่องมือวัด



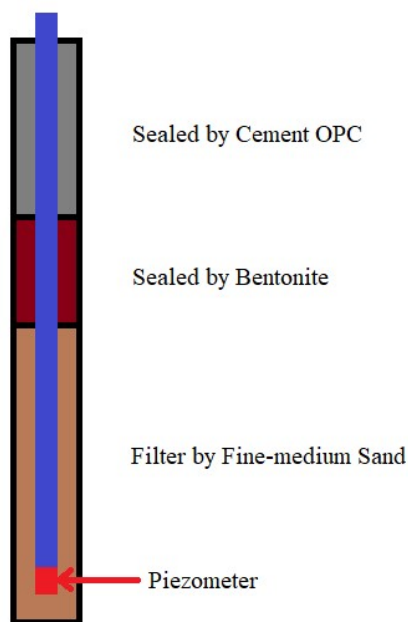
หมายเหตุ : ค่าของเส้นกราฟจะแสดงระยะเคลื่อนตัวหน่วยเป็นมิลลิเมตรที่ความลึกต่าง ๆ ในทิศตะวันออก ทิศเหนือ และทิศที่เคลื่อนตัวจริง โดยเป็นระยะที่เทียบกับระยะการวัดครั้งแรก

3.7.3 การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงความดันของน้ำใต้ดิน

การเปลี่ยนแปลงความดันของน้ำใต้ดินมีส่วนสัมพันธ์กับการทรุดตัวของผิวดินและการเคลื่อนตัวของมวลดิน การตรวจวัดหาการเปลี่ยนแปลงความดันของน้ำใต้ดินจะสามารถใช้บ่งชี้แนวโน้มการทรุดตัวของผิวดินในพื้นที่โครงการได้ ในทางอุทกวิทยาของน้ำใต้ดินชั้นหินอุกถอนนี้เป็นชั้นหินอุ้มน้ำที่สำคัญชั้นหนึ่งของที่ราบสูงโคราช โดยน้ำใต้ดินจะแทรกซึมและไหลผ่านตามรอยแตกและรอยแยกของหิน โดยเฉพาะรอยแตกของหินที่เกิดตามแนวรอยสัมผัสระหว่างชั้นหินต่างๆ หลุมเจาะน้ำใต้ดินหนึ่งๆ มักจะเจาะพบรอยแตกที่มีน้ำใต้ดิน ที่ระดับความลึกต่างๆ ตามการกระจายตัวของรอยแตก ส่วนใหญ่จะมีความลึกอยู่ระหว่าง 20 – 250 เมตร โดยพื้นที่บริเวณชุดเจาะเหมืองอุโมงค์ในปัจจุบันพบชั้นน้ำใต้ดิน 2 ประเภท คือ ชั้นน้ำใต้ดินแบบชั้นน้ำเปิด (Unconfined Aquifer) และชั้นน้ำใต้ดินแบบชั้นน้ำปิด (Confined Aquifer) ชั้นน้ำใต้ดินแบบชั้นน้ำเปิดจะพบในระดับความลึกค่อนข้างตื้นที่ 3 – 10 เมตร และกระจายค่อนข้างจำกัดเฉพาะที่ จะเป็นชั้นที่เกิดจากน้ำฝนบางส่วนซึมผ่านชั้นดินลงไปมักจะมีการเปลี่ยนแปลงเร็วตามฤดูกาล ส่วนชั้นน้ำใต้ดินแบบชั้นน้ำปิดจะพบที่ระดับค่อนข้างลึกที่ 16 – 85 เมตร เป็นชั้นอุ้มน้ำที่เกิดจากการสะสมเป็นระยะเวลายาวนานของน้ำฝนหรือน้ำจากแหล่งอื่นที่ซึมผ่านลงไปตลอดเวลา ชั้นน้ำใต้ดินนี้จะอาศัยช่องว่างที่เกิดจากรอยแตกและรอยแยกของชั้นหินที่มีอยู่ ซึ่งจะเกิดกระจายตัวต่อเนื่องกันเป็นบริเวณกว้าง มีความถี่ และความหนาแน่นมากบ้างน้อยบ้างเป็นแห่งๆ ไป โดยมีตำแหน่งหลุมสังเกตการณ์สำหรับตรวจวัดความดันน้ำแสดงตามแผนที่ตามรูปที่ 3.7-6

3.7.3.1 การตรวจวัดความดันน้ำ โดยใช้หัววัดความดันน้ำใต้ดิน (Piezometer)

ในการติดตั้งมาตรวัดความดันน้ำนั้น บริษัทฯ ใช้หัววัดความดัน Casagrande single-tube filter Model P101 ต่อเข้ากับท่อพีวีซีที่หย่อนลงไปหลุมเจาะจนถึงความลึกที่ต้องการ และเทกลับด้วยทรายละเอียดปนหยาบปานกลางให้คลุมหัววัดไว้จนมีความหนา 30 เมตร เพื่อให้สามารถซึมผ่านไปถึงหัววัดได้ แล้วสร้างชั้นที่บดน้ำโดยปิดทับด้วยเบนโทไนต์ (Bentonite) แบบเม็ดหนา 5 เมตร และเทปิดทับด้วยปูนซีเมนต์ผสมเบนโทไนต์ (Bentonite) ดังรายละเอียดในรูปที่ 3.7-12 โดยใช้เครื่องวัดระดับน้ำ (Water Depth Meter) ยี่ห้อ Solinst Model 107 ดำเนินการวัดหาระดับน้ำใต้ดินเพื่อวิเคราะห์ความดันของน้ำใต้ดินต่อไป



รูปที่ 3.7-12 การติดตั้งมาตรวัดความดันน้ำ

บริษัทได้ทำการตรวจวัดความดันน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างอุโมงค์แนวตั้งและอุโมงค์แนวลาดเพื่อติดตามตรวจสอบและควบคุมงานก่อสร้างใต้ดินให้เป็นไปตามแบบแผนที่กำหนดไว้ โดยมีหลุมสังเกตการณ์สำหรับตรวจวัดความดันน้ำบริเวณอุโมงค์แนวตั้ง 1 แห่ง (Piezo-01) และบริเวณอุโมงค์แนวลาด 1 แห่ง (Piezo-02) แต่ภายหลังบริษัทสำรวจพบว่าหลุมสังเกตการณ์ดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากการอัดฉีดซีเมนต์เพื่อปิดผนึกทางน้ำใต้ดิน (Surface Grouting) ทำให้ผลการตรวจวัดมีการเปลี่ยนแปลงอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ บริษัทจึงทำการย้ายตำแหน่งหลุมสังเกตการณ์สำหรับตรวจวัดความดันน้ำใต้ดินไปในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงที่ไม่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมการอัดฉีดซีเมนต์เพื่อปิดผนึกทางน้ำใต้ดิน (Surface Grouting) อีกทั้งบริษัทได้ทำการเจาะหลุมสังเกตการณ์เพิ่มเติม 2 แห่ง ได้แก่ บริเวณบ้านหนองแดง (Piezo-03) และบ้านหนองไทร (Piezo-04) โดยได้ดำเนินการตรวจวัดความดันน้ำใต้ดินหลุมสังเกตการณ์แห่งใหม่ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2565 เป็นต้นมา โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 3.7-3

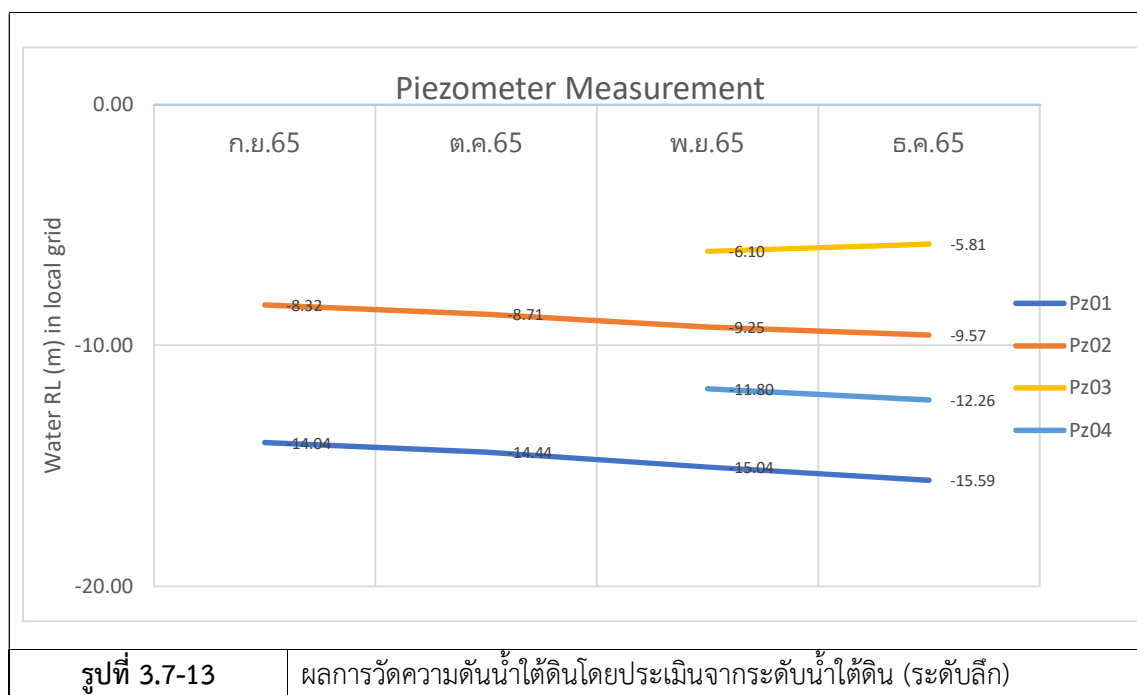
ตารางที่ 3.7-3 รายละเอียดจุดตรวจวัดความดันน้ำใต้ดิน

| Location | Hole ID | E_IND75 | N_IND75 | Collar_MSL | Collar_mRL | Well Depth |
|-------------|-------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| Shaft | Piezometer-01-New | 807852.94 | 1698152.43 | 218.8 | -11.24 | 82 |
| Decline | Piezometer-02-New | 807713.84 | 1698892.63 | 227.5 | -2.20 | 59 |
| บ้านหนองแดง | Piezometer-03 | 808782.31 | 1699230.83 | 232.0 | 3.00 | 80 |
| บ้านหนองไทร | Piezometer-04 | 807048.08 | 1698640.79 | 217.8 | -11.50 | 80 |

หมายเหตุ : ระดับความสูงสูงสุดของตำแหน่งปากอุโมงค์แนวลาด (MSL=230, mRL=0)

3.7.3.2 ผลการตรวจวัดความดันน้ำใต้ดิน โดยใช้หัววัดความดันน้ำใต้ดิน (Piezometer)

บริษัทฯ ได้ดำเนินการตรวจวัดความดันน้ำใต้ดินตามเงื่อนไขมาตรการฯ เป็นประจำทุกเดือนและนำค่าระดับน้ำใต้ดินที่ตรวจวัดได้ไปอ้างอิงเปรียบเทียบกับค่าระดับผิวดินบริเวณปากอุโมงค์แนวลาด (mRL: +0) เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลทั้งโครงการได้ ซึ่งผลการตรวจวัดระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง ธันวาคม พบว่าระดับและความดันน้ำค่อนข้างคงที่ตามรูปที่ 3.7-13 ซึ่งระดับความดันของหลุม Piezo-01-New, Piezo-02-New, Piezo-03 และ Piezo-04 มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามฤดูกาล



รูปที่ 3.7-13 ผลการวัดความดันน้ำใต้ดินโดยประเมินจากระดับน้ำใต้ดิน (ระดับลึก)
หมายเหตุ : 1. ค่าระดับน้ำใต้ดินที่ระบุในกราฟอ้างอิงเปรียบเทียบกับค่าระดับผิวดินบริเวณปากอุโมงค์แนวลาด (mRL=0)

3.7.3.3 สรุปผลการตรวจวัดความดันน้ำ โดยใช้หัววัดความดันน้ำใต้ดิน (Piezometer)

ผลการตรวจวัดความดันของน้ำใต้ดิน (Piezometer) จำนวน 4 หลุม มีค่าความดันน้ำใต้ดินเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ไม่พบแนวโน้มที่บ่งชี้ถึงการทรุดตัวในพื้นที่ดังกล่าว