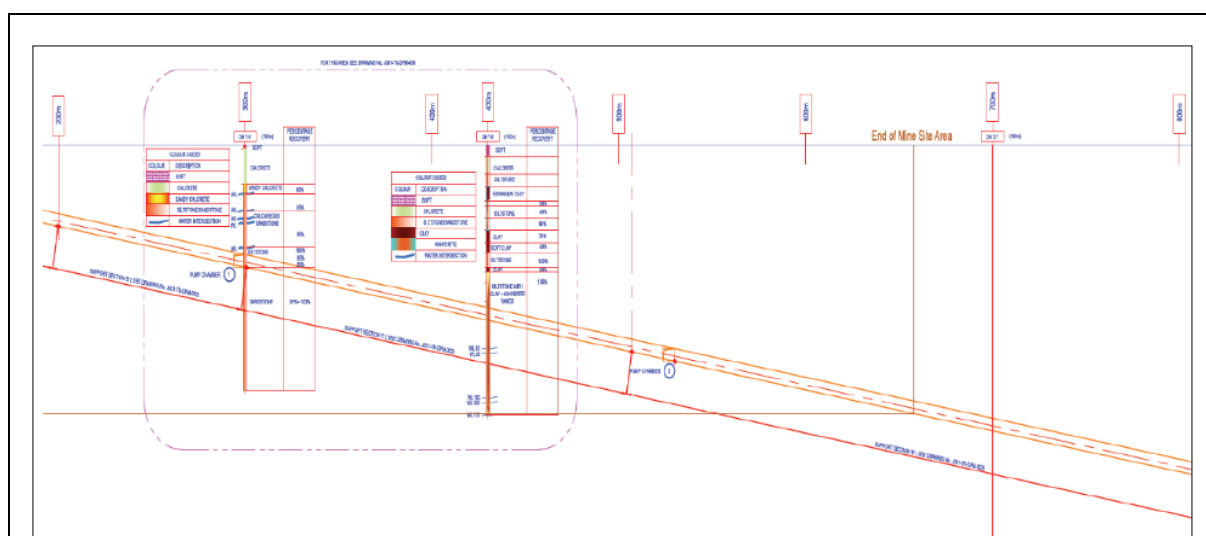


3.7 การทรุดตัวของพื้นดิน

มาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมกำหนดให้มีการตรวจวัดการทรุดตัวของพื้นดินในระยะเตรียมการทำเหมือง โดยติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดทั้งบนผิวดินและใต้ดิน เพื่อตรวจสอบก่อสร้างบนผิวดินและใต้ดินให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ โดยมีความถี่ในการตรวจวัดเดือนละครั้ง และเมื่อเข้าสู่ระยะดำเนินการทำเหมืองจึงจะเพิ่มจุดตรวจในชุมชนโดยรอบพื้นที่ประทานบัตรตามข้อกำหนดในมาตรการดังกล่าวเป็นลำดับต่อไป

ปัจจุบันบริษัทฯ อยู่ระหว่างการก่อสร้างพัฒนาโครงการฯ โดยได้ดำเนินการก่อสร้างอุโมงค์แนวลาดและอุโมงค์แนวดิ่ง (รูปที่ 3.7-1) ซึ่งในส่วนของการวิเคราะห์กลศาสตร์หินและติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับผิวดิน 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) อยู่นอกเขตพื้นที่ก่อสร้างบนผิวดินและพื้นที่การชุดเจาะอุโมงค์แนวลาด ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความมั่นคงแข็งแรง ไม่มีการทรุดตัวโดยได้ดำเนินการก่อสร้างหมด



ตรวจสอบบริเวณแนวการขุดเจาะอุโมงค์แนวลาดอีกจำนวน 9 จุด สำหรับใช้ตรวจสอบค่าระดับผิวดินโดยการ
ยึดโยงเปรียบเทียบจากหมุดหลักฐานอ้างอิง (รูปที่ 3.7-3)



รูปที่ 3.7-2

การก่อสร้างหมุดหลักฐานอ้างอิง (Benchmark Point) และหมุดตรวจสอบบริเวณแนว
การก่อสร้างขุดเจาะอุโมงค์แนวลาด



รูปที่ 3.7-3

จุดติดตั้งหมุดหลักฐานอ้างอิง (Benchmark Point) และหมุดตรวจสอบตามแนวอุโมงค์



วิธีการตรวจวัดดำเนินการโดยใช้กล้องรังวัดแบบใช้แสงเลเซอร์ (Total Station) ทำการวัดหา
ระดับความสูงของหมุดตรวจสอบแต่ละหมุด เทียบอิงจากระดับความสูงของหมุดหลักฐานอ้างอิง BM01 โดยใช้
การคำนวณดังนี้

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

เมื่อ ∞ = มุมตั้ง (Vertical angle)

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

การเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงของแต่ละหมุดตรวจสอบที่ได้จากการตรวจวัดแต่ละครั้ง
สามารถนำมาประมวลผลและวิเคราะห์หาแนวโน้มการทรุดตัวของระดับผิวดินที่เป็นผลจากการพัฒนาอุโมงค์
ได้ โดยได้ดำเนินการตรวจสอบเป็นประจำทุกสัปดาห์ในระยะเริ่มต้น จากนั้นจึงค่อยลดความถี่ในการตรวจวัด
ลงเหลือเดือนละ 1 ครั้งเมื่อสภาพทางธรณีชั้นหินมีความเสถียรและความสมดุลมากขึ้น

3.7.1.1 ผลการตรวจวัดหมุดตรวจสอบ

ผลการตรวจวัดระดับความสูงของหมุดตรวจสอบ 9 หมุด เปรียบเทียบจากหมุด
หลักฐานอ้างอิง BM01 ได้ดำเนินการตั้งแต่วันที่ 9 มกราคม 2566 จนถึงวันที่ 16 มิถุนายน 2566 โดยการ
ดำเนินการตรวจวัดเดือนละ 1 ครั้งเป็นอย่างน้อย แสดงผลการตรวจวัดในช่วงเวลาดังกล่าวดัง ตารางที่ 3.7-1

ตารางที่ 3.7-1 ผลการตรวจวัดระดับความสูงของหมุดตรวจสอบ เทียบอิงจากหมุดหลักฐานอ้างอิง BM01 สำหรับ
ใช้ประเมินแนวโน้มการทรุดตัวของระดับผิวดินช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2565 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2566

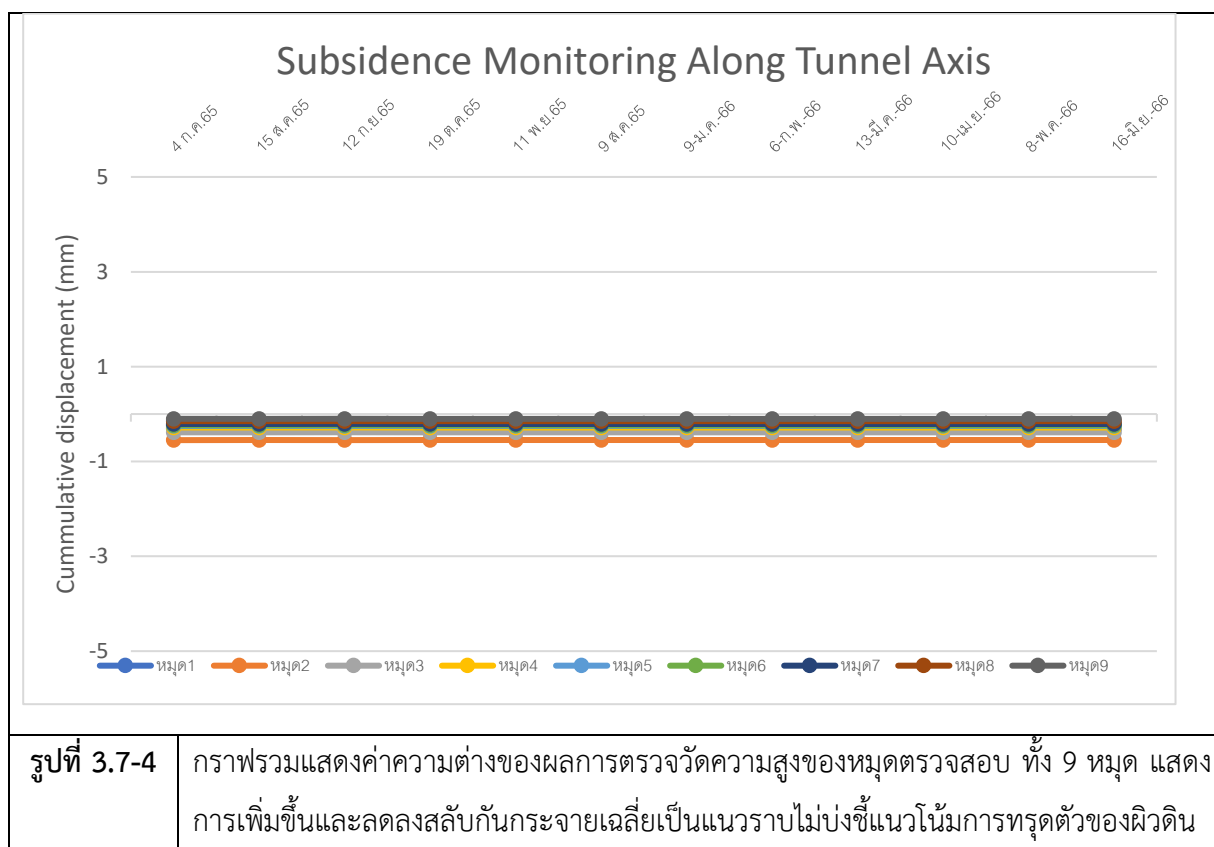
ผลการตรวจวัดระดับความสูงของหมุดตรวจสอบ									
Data	หมุด1	หมุด2	หมุด3	หมุด4	หมุด5	หมุด6	หมุด7	หมุด8	หมุด9
4-ก.ค.-65	-5.5148	-4.2248	2.9167	1.7898	0.5593	0.2928	0.4675	1.0593	0.8622
15-ส.ค.-65	-5.5148	-4.2342	2.9069	1.7994	0.5471	0.2931	0.4581	1.0497	0.8712
12-ก.ย.-65	-5.5148	-4.2011	2.9171	1.8004	0.5561	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
9-ม.ค.-66	-5.5148	-4.2015	2.9213	1.7998	0.5489	0.2932	0.4766	1.059	0.8751
6-ก.พ.-66	-5.5148	-4.2262	2.9169	1.8008	0.5498	0.2925	0.4795	1.0596	0.8695
13-มี.ค.-66	-5.5148	-4.2165	2.9265	1.7995	0.5565	0.2930	0.4683	1.0572	0.8748
10-เม.ย.-66	-5.5148	-4.2013	2.9172	1.8002	0.5572	0.2935	0.4692	1.0601	0.8705
8-พ.ค.-66	-5.5148	-4.2068	2.917	1.7999	0.5589	0.2932	0.4764	1.0599	0.8763
16-มิ.ย.-66	-5.5148	-4.2266	2.9175	1.8006	0.5592	0.2928	0.4788	1.0602	0.8763



สถิติ	หมุด1	หมุด2	หมุด3	หมุด4	หมุด5	หมุด6	หมุด7	หมุด8	หมุด9
ค่าเฉลี่ย	-5.5148	-4.2255	2.9173	1.7993	0.5552	0.2913	0.4713	1.0577	0.8709
ค่าเบี่ยงเบน	0.0000	0.0230	0.0061	0.0030	0.0049	0.0041	0.0065	0.0038	0.0053
มากที่สุด	-5.5148	-4.2011	2.9267	1.8009	0.5598	0.2935	0.4795	1.0602	0.8772
น้อยสุด	-5.5148	-4.2758	2.9068	1.7898	0.5471	0.2826	0.4581	1.0495	0.8622

ที่มา : บริษัท ไทยคาลิ จำกัด, 2566

ค่าความต่างสะสมและค่าสถิติพื้นฐานของผลการตรวจวัดระดับความสูงของหมุดตรวจสอบทั้ง 9 หมุด แสดงในตารางที่ 3.7-1 แสดงค่าเฉลี่ย, ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าน้อยที่สุด และค่ามากที่สุดของผลการตรวจวัดตามหมุดต่างๆ บ่งชี้ถึงลักษณะการแปรปรวนขึ้นลงสลับกัน เสมือนเป็นค่าความเบี่ยงเบนปกติของการวัดที่สัมพันธ์กับค่าแปรปรวนมาตรฐานของเครื่องมือและอาจรวมถึงค่าแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานของผู้ตรวจวัดด้วย อย่างไรก็ตามค่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเล็กน้อยนี้สามารถพบได้เป็นปกติของผิวดินธรรมชาติโดยทั่วไป และไม่บ่งชี้ถึงแนวโน้มการทรุดตัวในบริเวณดังกล่าว



3.7.1.2 สรุปผลการตรวจวัดการทรุดตัวของระดับผิวดินในพื้นที่โครงการ

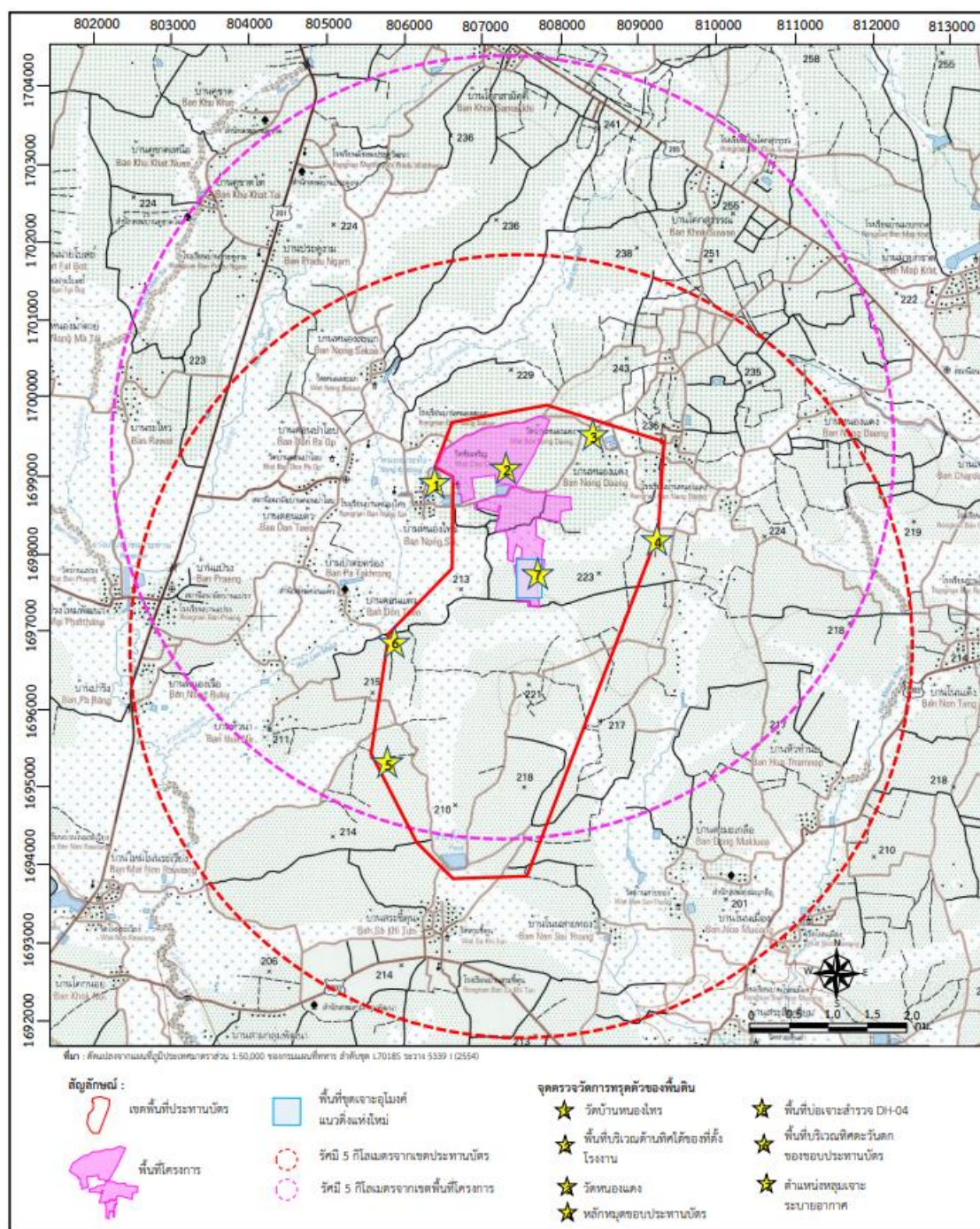
พิจารณาจากผลการตรวจวัดตามรายละเอียดข้างต้นแล้วสรุปได้ว่าการตรวจวัดและเก็บข้อมูลด้วยวิธีการตรวจวัดการทรุดตัวของระดับผิวดิน (Subsidence) โดยใช้กล้องรังวัดแบบใช้แสงเลเซอร์ (Total Station) ทำการวัดหาระดับความสูงของหมุดตรวจสอบแต่ละหมุด เทียบอิงจากระดับความสูงของ



หมวดหลักฐานอ้างอิง BM01 เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แล้วสามารถบ่งชี้ได้ว่าลักษณะการแปรปรวนขึ้นลง สลับกันดังกล่าวนี้ เสมือนเป็นค่าความเบี่ยงเบนปกติของการวัดที่สัมพันธ์กับค่าแปรปรวนมาตรฐานของ เครื่องมือและอาจรวมถึงค่าแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานของผู้ตรวจวัดด้วย อย่างไรก็ตามค่าการ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเล็กน้อยนี้สามารถพบได้เป็นปกติของผิวดินธรรมชาติโดยทั่วไป จึงแสดงให้เห็นได้ว่าไม่มี แนวโน้มการทรุดตัวในบริเวณดังกล่าว

3.7.2 การวัดการเคลื่อนตัวในแนวราบของมวลดินในพื้นที่โครงการ โดยใช้มาตรวัดการเคลื่อนตัว ของมวลดินในแนวราบ (Inclinometer)

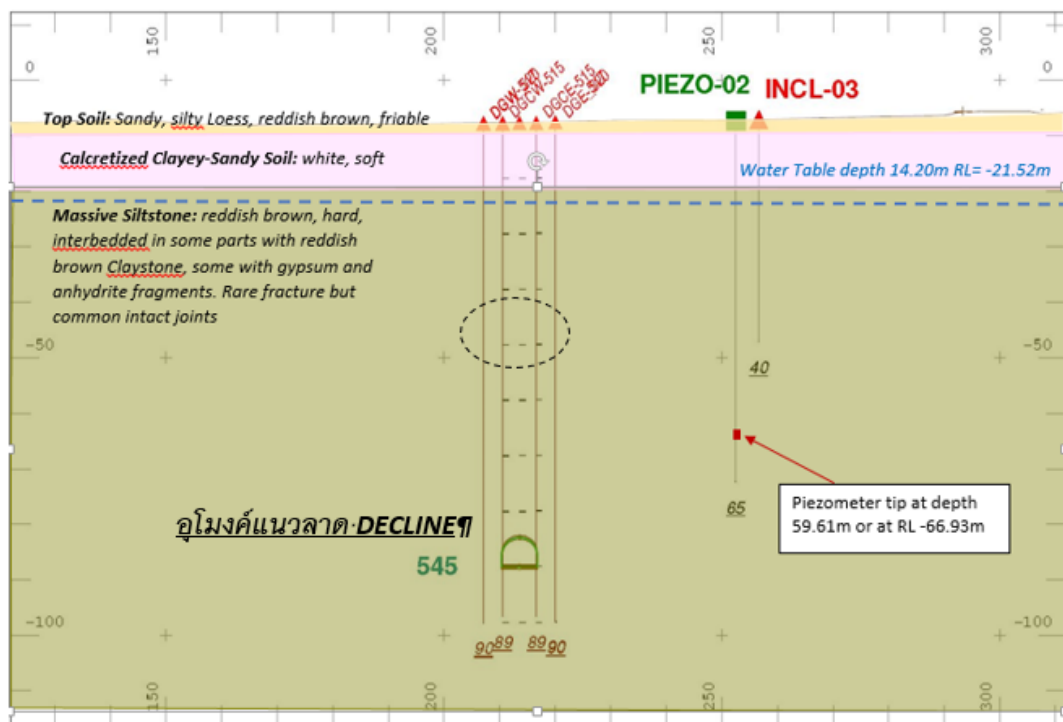
มาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบ สิ่งแวดล้อม ฉบับสมบูรณ์ กำหนดให้บริษัทดำเนินการติดตั้งมาตรวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในแนวราบ (Inclinometer) โดยการติดตั้งหลุมเจาะแนวตั้ง (Vertical Hole) และติดตั้งมาตรวัดเพื่อทำการตรวจสอบนั้น ในระยะเตรียมการทำเหมืองใต้ดิน บริษัทฯ ได้ทำการเจาะหลุมและติดตั้งมาตรวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินใน แนวราบ 4 จุด (จำนวน 5 หลุม) จากที่กำหนดไว้ 7 จุด เพื่อให้การติดตามตรวจสอบทางด้านธรณีเทคนิค (รูป ที่ 3.7-5) โดยในบริเวณอุโมงค์แนวลาด (Decline) ติดตั้งจำนวน 1 หลุม (Incl-03) อยู่ห่างจากแนวกลาง อุโมงค์ 43 เมตรไปทางทิศตะวันออก ซึ่งอยู่ทางทิศใต้ของพื้นที่โครงการหรือที่ระยะ 543-549 เมตรของความ ยาวแนวอุโมงค์ และอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 40 เมตรจากผิวดิน และบริษัทฯ ได้ดำเนินการติดตั้งมาตรวัด การเคลื่อนตัวของมวลดินในแนวราบ (Inclinometer) จำนวน 2 หลุม โดยอยู่ทางด้านตะวันออกและทางด้าน ตะวันตกของอุโมงค์แนวตั้ง (Shaft) เดิม ทั้งนี้ช่วงเวลาเวลาที่ผ่านมาทางโครงการได้ดำเนินการเฝ้าตรวจวัด เป็นจำนวนมากในชั้นหินบริเวณดังกล่าวทำให้มีคอนกรีตบางส่วนทะลักเข้าไปทำลายมาตรวัดการเคลื่อนตัว ของมวลดินหลุม (Incl-01 และ Incl-02) จึงไม่สามารถวัดค่าได้ โดยบริษัทวางแผนดำเนินการติดตั้งมาตรวัด ดังกล่าวในบริเวณก่อสร้างอุโมงค์แนวตั้งแห่งใหม่แทน อีกทั้งได้ดำเนินการติดตั้งมาตรวัดเพิ่มเติมในบริเวณวัด หนองแดง (Incl-04) อยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 40 เมตรจากผิวดิน และวัดหนองไทร (Incl-05) อยู่ที่ระดับ ความลึกประมาณ 40 เมตรจากผิวดิน ตามข้อกำหนดมาตรการฯ



ที่มา : รายงานวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการเหมืองแร่โพแทชของ บริษัทไทยคาลิ จำกัด

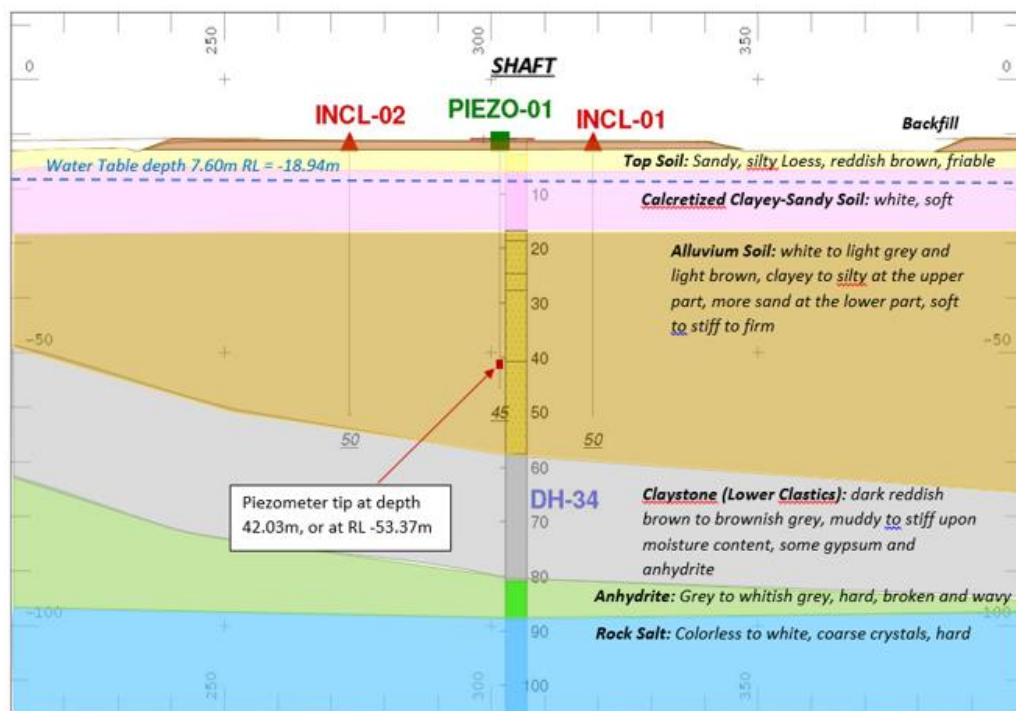
รูปที่ 3.7-5

แผนที่แสดงตำแหน่งของจุดติดตั้งมาตรวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในแนวราบจำนวน 7 จุด ตามแผนที่กำหนดไว้



รูปที่ 3.7-6

ผังแสดงแนวตัดขวางชั้นหินตามแนวก่อสร้างและขุดเจาะอุโมงค์แนวลาดแสดงจุดติดตั้งหลุม Incl-03 และหลุม Piezo-02



รูปที่ 3.7-7

ผังแสดงแนวตัดขวางชั้นหินตามแนวก่อสร้างและขุดเจาะอุโมงค์แนวตั้ง และจุดติดตั้งหลุม Incl-01, Incl-02 และ Piezo-03



รูปที่ 3.7-8	การขุดเจาะและติดตั้งท่อรางในแนวตั้งสำหรับวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในแนวราบ
--------------	--

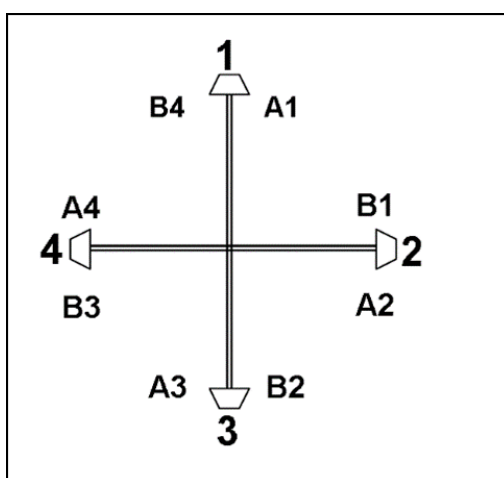
ในการกำหนดทิศทางของรางและลำดับการวัดรางของทั้ง 3 หลุม ผลออกมาเป็นรูปแบบเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับแผนการทำเหมืองในระยะยาวด้วยนั้น จึงกำหนดทิศทางการตรวจวัดตามรูป
รูปที่ 3.7-9

รางวัล A1 อยู่ด้านทิศเหนือ ทำให้ B1 อยู่ด้านทิศตะวันออก

รางวัล A2 อยู่ด้านทิศตะวันออก ทำให้ **B2** อยู่ด้านทิศใต้

รางวัล A3 อยู่ด้านทิศใต้ ทำให้ B3 อยู่ด้านทิศตะวันตก

รางวัล A4 อยู่ด้านทิศตะวันตก ทำให้ B4 อยู่ด้านทิศเหนือ



รูปที่ 3.7-9	<p>ผังแสดงการจัดวางชื่อรางในการวัดโดยใช้มาตรวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในแนวราบ (Inclinometer) ซึ่งในการตรวจวัดได้ทำการวัดตามรางที่ 1 (A1) และรางที่ 3 (A3)</p>
--------------	---

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 ทั้งนี้การวัดครั้งแรกของหลุมนั้นจะใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเทียบหาค่าความเปลี่ยนแปลงของการเคลื่อนตัวของมวลดินในครั้งต่อๆมา 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) ตรวจสอบอาการตราก ตรึง หลุดตรงข้อต่อ ตรึงตีบตัน หรือตรึงบิดเกลียว ซึ่งถ้าพบ ให้ทำการแก้ไขโดยใช้เครื่องวัดการบิดเกลียว ถ้าพบว่ามีมากเกินไป ให้ยกเลิกใช้ข้อมูลผลการวัดดังกล่าวแล้วทำการวัดซ้ำใหม่ทันที เนื่องจากค่าที่วัดได้อาจแปรปรวนมากและไม่สื่อถึงการเคลื่อนตัวของมวลดินจนอาจทำให้การแปลความผลการวัดผิดไปจากความเป็นจริง ซึ่งการตรวจวัดนี้ไม่ตรวจพบความผิดปกติของข้อมูลที่อาจเกิดจากอาการดังกล่าว
- 3) นำข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบแล้วมาทำการวิเคราะห์หาการเคลื่อนที่โดยแสดงเป็นค่าสถิติของผลการวัดและแสดงโดยใช้ภาพตัดขวางประเภทต่างๆ 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 ทั้งนี้ช่วงเวลาเวลาที่ผ่านมาทางโครงการได้ดำเนินการเกรตคอนกรีตเป็นจำนวนมากในชั้นหินบริเวณโดยรอบอุโมงค์แนวตั้ง (Shaft) เพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงและลดความสามารถในการซึมผ่านของน้ำบาดาล ทำให้มีคอนกรีตบางส่วนทะลักเข้าไปทำลายมาตรวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินหลุม Incl-01 และ Incl-02 จึงไม่สามารถวัดค่าได้ โดยโครงการอยู่ในระหว่างการพิจารณาติดตั้งมาตรวัดใหม่เพื่อทดแทนหลุมที่ชำรุดหรืออาจติดตั้งที่บริเวณอื่นเพิ่มเติมตามความเหมาะสมต่อไป



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

หมวด ตรวจสอบ	การวัดครั้งที่ /วันที่	สถิติผลการสอบเทียบ (A1+A3)/2				สถิติผลการสอบเทียบ (B1+B3)/2			
		ค่าเฉลี่ย	ค่า เบี่ยงเบน	ค่าสูงสุด	ค่า ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่า เบี่ยงเบน	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
Incl-03 (Decline)	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
	09/01/2023	4.7	2.3	8.9	4.2	7.3	1.0	8.9	0.2
	06/02/2023	5.4	2.4	8.7	1.7	7.0	1.0	9.7	0.0
	13/03/2023	5.0	2.2	8.3	1.2	1.4	1.0	4.0	3.0
	10/04/2023	3.5	2.1	6.6	0.1	6.7	1.2	8.5	0.2
	08/05/2023	3.2	2.4	6.1	0.7	4.6	1.2	7.8	2.3
	16/06/2023	3.9	3.4	6.9	1.8	5.6	1.3	8.5	2.4
Incl-04	09/01/2023	0.8	1.8	5.1	3.7	0.5	1.3	4.9	4.1
	06/02/2023	0.7	1.4	9.9	3.7	6.7	1.1	9.8	1.4
	13/03/2023	6.3	2.9	9.9	3.3	7.9	1.1	9.8	2.9
	10/04/2023	6.5	1.7	9.6	4.9	7.2	1.6	9.4	2.1
	08/05/2023	6.7	1.7	9.7	0.7	6.7	1.7	9.7	3.2
	16/06/2023	0.8	1.8	5.1	3.7	0.5	1.3	4.9	4.1
Incl-05	09/01/2023	5.8	2.1	9.5	0.1	7.1	1.2	9.5	1.1
	06/02/2023	5.5	1.4	9.5	0.3	7.1	1.8	9.9	1.4
	13/03/2023	6.6	1.6	9.8	2.9	6.8	1.4	9.5	4.3
	10/04/2023	6.5	1.8	9.9	3.6	7.3	1.3	9.9	3.5
	08/05/2023	5.8	1.2	9.6	3	6	1.6	9.8	4
	16/06/2023	6.0	1.2	9.9	4.5	6.9	1.4	9.9	0.1

ที่มา : บริษัท ไทยคาลิ จำกัด, 2566

จากตารางสถิติของผลการตรวจวัดหลุมต่างๆ ในแต่ละครั้งจะเห็นว่ามีค่าการเคลื่อนที่น้อยมากและน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร และเมื่อเทียบดูในการวัดแต่ละครั้งจะเห็นว่ามีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นลักษณะของการแกว่งของข้อมูลที่อาจเป็นผลมาจากความคลาดเคลื่อนปกติของการวัด และไม่บ่งชี้ถึงการเคลื่อนตัวของมวลดินแต่อย่างใด และจากภาพตัดขวางที่แสดงผลการตรวจวัดของทุกๆ ค่าที่ตรวจวัดของทุกหลุมไม่พบจุดหักเหผิดแนวที่แสดงถึงความผิดปกติของการเคลื่อนที่อาจมีจุดแหลมเล็กๆ ของเส้นกราฟบ้างแต่มีค่าน้อยไม่เกิน 5 มิลลิเมตรและ ลักษณะเช่นนี้น่าจะเป็นผลมาจากล้อเลื่อนของหัวมาตรวัดไปสกดตรงข้อต่อของท่อราง จึงไม่มีลักษณะที่บ่งชี้ถึงการเคลื่อนตัวของมวลดินแต่อย่างใด

3.7.2.2 สรุปผลการวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในพื้นที่โครงการ

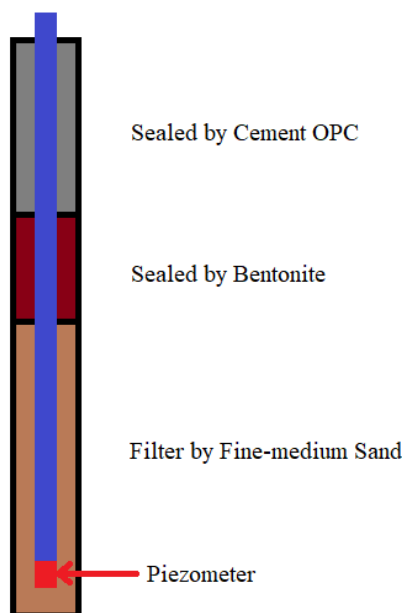
พิจารณาจากผลการตรวจวัดตามรายละเอียดในหัวข้อ 3.7.2.1 แล้ว สรุปได้ว่าการตรวจวัดและเก็บข้อมูลด้วยมาตรวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในแนวราบ (Inclinometer) Incl-03 , Incl-04 และ Incl-05 เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แล้วยังไม่พบแนวโน้มที่บ่งชี้ถึงการเคลื่อนตัวของมวลดินในพื้นที่โครงการ ทั้งนี้วิเคราะห์ได้จากค่าความแปรปรวนของข้อมูลการตรวจวัดที่มีลักษณะการแกว่งขึ้นลงน้อยมากถึงคงที่ ซึ่งถือว่ายังอยู่ในช่วงความแปรปรวนปกติโดยเกิดจากความคลาดเคลื่อนทั่วไปของเครื่องมือวัด

3.7.3 การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงความดันของน้ำใต้ดิน

การเปลี่ยนแปลงความดันของน้ำใต้ดินมีส่วนสัมพันธ์กับการทรุดตัวของผิวดินและการเคลื่อนตัวของมวลดิน การตรวจวัดหาการเปลี่ยนแปลงความดันของน้ำใต้ดินจะสามารถใช้บ่งชี้แนวโน้มการทรุดตัวของผิวดินในพื้นที่โครงการได้ ในทางอุทกวิทยาของน้ำใต้ดินชั้นหินอุทกอนี้เป็นชั้นหินอุ้มน้ำที่สำคัญชั้นหนึ่งของที่ราบสูงโคราช 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 ต่อเข้ากับท่อพีวีซีที่บดหย่อนลงไปในหลุมเจาะจนถึงความลึกที่ต้องการ และเทกลับด้วยทรายละเอียดปนหยาบปานกลางให้คลุมหัววัดไว้จนมีความหนา 30 เมตร เพื่อให้สามารถซึมผ่านไปถึงหัววัดได้ แล้วสร้างชั้นทับน้ำโดยปิดทับด้วยเบนโทไนต์ (Bentonite) แบบเม็ดหนา 5 เมตร และเทปิดทับด้วยปูนซีเมนต์ผสมเบนโทไนต์ (Bentonite) ดังรายละเอียดในรูปที่ 3.7-11 โดยใช้เครื่องวัดระดับน้ำ (Water Depth Meter) ยี่ห้อ Solinst Model 107 ดำเนินการวัดหาระดับน้ำใต้ดินเพื่อวิเคราะห์ความดันของน้ำใต้ดินต่อไป



รูปที่ 3.7-11 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) โดยได้ดำเนินการตรวจวัดความดันน้ำใต้ดินหลุมสังเกตการณ์แห่งใหม่รายละเอียดตามตารางที่ 3.7-3

ตารางที่ 3.7-3 รายละเอียดจุดตรวจวัดความดันน้ำใต้ดิน

Hole ID_Actual/Location	เดือน	ความลึกที่วัดได้ (m)	ความลึกเมื่อเทียบกับ mRL (m)
Piezo-01 (Shaft)	ม.ค.-23	-3.90	-15.14
	ก.พ.-23	-4.12	-15.36
	มี.ค.-23	-3.82	-15.06
	เม.ย.-23	-3.50	-14.74
	พ.ค.-23	-3.75	-14.99
	มิ.ย.-23	-3.21	-14.45



ตารางที่ 3.7-3 รายละเอียดจุดตรวจวัดความดันน้ำใต้ดิน

Hole ID_Actual/Location	เดือน	ความลึกที่วัดได้ (m)	ความลึกเมื่อเทียบกับ mRL (m)
Piezo-02 (Decline)	ม.ค.-23	-6.85	-9.05
	ก.พ.-23	-7.04	-9.24
	มี.ค.-23	-6.53	-8.73
	เม.ย.-23	-4.25	-6.45
	พ.ค.-23	-5.99	-8.19
	มิ.ย.-23	-4.36	-6.56
Piezo-03 (วัดหนอง แดง)	ม.ค.-23	-8.86	-5.86
	ก.พ.-23	-9.01	-6.01
	มี.ค.-23	-9.27	-6.27
	เม.ย.-23	-10.01	-7.01
	พ.ค.-23	-8.95	-5.95
	มิ.ย.-23	-9.39	-6.39
Piezo-04 (วัดหนอง ไทร)	ม.ค.-23	-0.88	-12.38
	ก.พ.-23	-1.04	-12.54
	มี.ค.-23	-1.36	-12.86
	เม.ย.-23	-2.01	-13.51
	พ.ค.-23	-1.83	-13.33
	มิ.ย.-23	-2.13	-13.63

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

3.7.3.2 ผลการตรวจวัดความดันน้ำใต้ดิน โดยใช้หัววัดความดันน้ำใต้ดิน (Piezometer)

บริษัทฯ ได้ดำเนินการตรวจวัดความดันน้ำใต้ดินตามเงื่อนไขมาตรการฯ เป็นประจำทุกเดือนและนำค่าระดับน้ำใต้ดินที่ตรวจวัดได้ไปอ้างอิงเปรียบเทียบกับค่าระดับผิวดินบริเวณปากอุโมงค์แนวลาด (mRL: +0) เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลทั้งโครงการได้ ซึ่งผลการตรวจวัดระหว่างเดือนมกราคม ถึง มิถุนายน พบว่าระดับและความดันน้ำค่อนข้างคงที่ ซึ่งระดับความดันของหลุม Piezo-01-New, Piezo-02-New, Piezo-03 และ Piezo-04 มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามฤดูกาล

3.7.3.3 สรุปผลการตรวจวัดความดันน้ำ โดยใช้หัววัดความดันน้ำใต้ดิน (Piezometer)

ผลการตรวจวัดความดันของน้ำใต้ดิน (Piezometer) จำนวน 4 หลุม มีค่าความดันน้ำใต้ดินเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ไม่พบแนวโน้มที่บ่งชี้ถึงการทรุดตัวในพื้นที่ดังกล่าว