



## รายงานการสำรวจ

มีนาคม 2562

**โครงการ** สำรวจภูมิประเทศเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมจังหวัดเชียงราย  
จากการพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนปากแฉัง สปป.ลาว



## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 1 บทนำ .....   | 1-1  |
| 1.1 บทนำ .....   | 1-1  |
| 1.2 โครงสร้างของรายงานการสำรวจ .....   | 1-2  |
| 1.3 แผนการดำเนินงาน .....  | 1-3  |
| บทที่ 2 การสำรวจก่อสร้างหมุดหลักฐานถาวร .....                                      | 2-1  |
| 2.1 การคิดค่าระดับทะเลปานกลาง .....  | 2-1  |
| 2.2 วัสดุที่ใช้เป็นหมุด .....  | 2-2  |
| 2.3 การก่อสร้างหมุดหลักฐานถาวร .....   | 2-3  |
| 2.4 สถานที่ตั้งของหมุดหลักฐานถาวร .....  | 2-6  |
| 2.5 เสาคอนกรีตบอกค่าระดับ .....  | 2-7  |
| บทที่ 3 การสำรวจรังวัดหาค่าพิกัดของหมุดหลักฐานถาวร .....                           | 3-1  |
| 3.1 วิธีการรังวัดหาค่าพิกัดทางราบ .....  | 3-1  |
| 3.2 วิธีการรังวัดหาค่าพิกัดทางตั้ง .....   | 3-13 |
| บทที่ 4 การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) .....                                   | 4-1  |
| 4.1 การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อวิเคราะห์และจัดทำข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ ..... | 4-1  |
| 4.2 ซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ Pix4D Mapper .....         | 4-5  |





## สารบัญญรูป

## หน้า

|   |      |
|---|------|
| รูปที่ 1-1 แผนการดำเนินงาน.....   | 1-3  |
| รูปที่ 2-1 หัวหมุดหลักฐานแบบ ก.....   | 2-2  |
| รูปที่ 2-2 หัวหมุดหลักฐานแบบ ข.....   | 2-2  |
| รูปที่ 2-3 เข็มไม้ตอกใช้ในการก่อสร้างหมุดหลักฐาน .....  | 2-3  |
| รูปที่ 2-4 การหล่อคอนกรีตให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส .....   | 2-3  |
| รูปที่ 2-5 หมุดหลักฐานถาวรแบบ ก. ที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว .....   | 2-4  |
| รูปที่ 2-6 หมุดหลักฐานถาวรแบบ ข. ก่อนนำไปฝัง .....  | 2-4  |
| รูปที่ 2-7 หมุดหลักฐานถาวรแบบ ข. ที่นำไปฝังเสร็จแล้ว .....  | 2-5  |
| รูปที่ 2-8 หมายพยานของหมุดหลักฐาน.....  | 2-5  |
| รูปที่ 2-9 เสาบอกค่าระดับ.....  | 2-7  |
| รูปที่ 3-1 โครงข่ายการรังวัดของสามหมุดหลักฐาน (Master Point).....   | 3-2  |
| รูปที่ 3-2 การรังวัดหาค่าพิกัดของ Master Point ได้แก่ GPS3658 (ซ้าย) BM10 (กลาง) และ Cors CHKG (ขวา)..3-2 |      |
| รูปที่ 3-3 โครงข่ายการรังวัดจากจุด GPS3658 .....  | 3-5  |
| รูปที่ 3-4 โครงข่ายการรังวัดจากจุด BM10 .....   | 3-5  |
| รูปที่ 3-5 โครงข่ายการรังวัดจากจุด Cors CHKG.....   | 3-6  |
| รูปที่ 3-6 การรังวัดหาค่าพิกัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS (Static) .....                            | 3-6  |
| รูปที่ 3-7 มาตรฐานความถูกต้องของหมุดหลักฐานแผนที่จากงานรังวัด(อ้างอิงมาตรฐานของ FGCC, 1989).....          | 3-7  |
| รูปที่ 3-8 เส้นฐานของการรังวัดหาค่าพิกัดด้วยวิธี RTK (บ้านดอนมหาวัน).....                                 | 3-10 |
| รูปที่ 3-9 การรังวัดหาค่าพิกัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS (RTK) .....                               | 3-10 |
| รูปที่ 3-10 ภาพแสดงพื้นที่โครงการสำรวจโดยสังเขป .....   | 3-13 |
| รูปที่ 3-11 การปฏิบัติทำงานระดับในพื้นที่โครงการ.....   | 3-14 |
| รูปที่ 3-12 หมุดชั่วคราว (TBM) ตลอดสายการระดับโครงการ.....  | 3-14 |





## สารบัญญรูป (ต่อ)

### หน้า

|  |      |
|--|------|
| รูปที่ 3-13 การทดสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดก่อนดำเนินการสำรวจ.....                        | 3-15 |
| รูปที่ 3-14 กล้องระดับแบบอัตโนมัติที่ใช้สำรวจในโครงการ .....                             | 3-16 |
| รูปที่ 3-15 ไม้สตาฟแบบบาร์โค้ดที่ใช้สำรวจในโครงการ.....                                  | 3-16 |
| รูปที่ 3-16 สายการระดับของพื้นที่โครงการ.....  | 3-17 |
| รูปที่ 4-1 การกำหนดพารามิเตอร์สำคัญของการรังวัดด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ .....      | 4-2  |
| รูปที่ 4-2 จำนวนจุดที่มีการทำรังวัดค่าพิกัดเพื่อจัดทำจุดบังคับภาพถ่ายใน 1 หมู่บ้าน ..... | 4-2  |
| รูปที่ 4-3 แนวบินสำรวจพื้นที่บินสำรวจครอบคลุมหมู่บ้านและริมฝั่งแม่น้ำโขงฝั่งไทย .....    | 4-3  |
| รูปที่ 4-4 แนวการบินสำรวจ ตามพารามิเตอร์ค่าการซ้อนทับของภาพถ่าย .....                    | 4-3  |
| รูปที่ 4-5 ภาพซอฟต์แวร์ Pix4D Mapper .....   | 4-5  |
| รูปที่ 4-6 ภาพออร์โธรีซีทีที่ผลิตได้.....  | 4-5  |
| รูปที่ 4-7 รายงานคุณภาพการประมวลผลและคุณภาพเชิงตำแหน่งของการรังวัดด้วยภาพตรวจสอบ .....   | 4-6  |
| รูปที่ 4-8 ข้อมูลการวิเคราะห์ Raster DSM.....  | 4-7  |
| รูปที่ 4-9 ข้อมูลการวิเคราะห์ Raster DTM.....  | 4-7  |





## สารบัญตาราง

### หน้า

|  |      |
|--|------|
| ตารางที่ 2-1 สถานที่ตั้งของหมุดหลักฐานถาวร.....  | 2-6  |
| ตารางที่ 3-1 แผนการรังวัดหาค่าพิกัดของหมุดหลักฐานหลัก (Master Point) ประกอบเป็นโครงข่าย..... | 3-3  |
| ตารางที่ 3-2 ค่าพิกัดของหมุดหลักฐานหลัก (Master Point) .....                                 | 3-3  |
| ตารางที่ 3-3 รายละเอียดในการรังวัดหาค่าพิกัดของหมุดหลักฐานแบบ ก. ....                        | 3-4  |
| ตารางที่ 3-4 แสดงรายละเอียดจากการรังวัดหาค่าพิกัดด้วย GNSS .....                             | 3-8  |
| ตารางที่ 3-5 ค่าพิกัดของหมุดหลักฐานถาวรแบบ ก.....  | 3-9  |
| ตารางที่ 3-6 ค่าพิกัดของหมุดหลักฐานถาวรแบบ ข.....  | 3-11 |
| ตารางที่ 3-7 รายละเอียดของหมุด RTSD_Y28 และหมุด HYDRO ข้อมูลระบุไว้ภาคผนวกคตาม TOR.....      | 3-16 |
| ตารางที่ 3-8 ผลการคำนวณค่าระดับและความแม่นยำ (S.D.).....                                     | 3-22 |
| ตารางที่ 3-9 ผลการคำนวณค่าระดับและความแม่นยำ (S.D.) หมุดชั่วคราวและหมุดที่ใช้อ้างอิง .....   | 3-25 |
| ตารางที่ 3-10 ค่าระดับของหมุดหลักฐานถาวรโครงการ .....  | 3-29 |
| ตารางที่ 4-1 ขนาดพื้นที่โดยสังเขปของหมู่บ้านที่เสี่ยงภัยจากน้ำท่วมในพื้นที่โครงการ .....     | 4-4  |
| ตารางที่ 4-2 สรุปผลการบินสำรวจด้วย UAV 27หมู่บ้าน.....                                       | 4-8  |



## 1.1 บทนำ

ประเทศไทยได้ร่วมลงนามความตกลงว่าด้วยความร่วมมือเพื่อการพัฒนาลุ่มแม่น้ำโขงอย่างยั่งยืน พ.ศ. 2538 กับ 3 ประเทศสมาชิกลุ่มน้ำโขงตอนล่าง (ราชอาณาจักรกัมพูชา, สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และ สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม) โดยจะต้องดำเนินการระเบียบปฏิบัติจำนวน 5 ฉบับ ประกอบด้วย (1) ระเบียบปฏิบัติ เรื่อง การแลกเปลี่ยนและการใช้ข้อมูลและข้อสารสนเทศร่วมกัน (Procedures for Data and Information Exchange and Sharing: PDIES) (2) ระเบียบปฏิบัติ เรื่อง การแจ้งการปรึกษาหารือล่วงหน้า และ ข้อตกลง (Procedures for Notification, Prior Consultation and Agreement: PNPCA) (3) ระเบียบปฏิบัติ เรื่อง การติดตามตรวจสอบการใช้น้ำ (Procedures for Water Use Monitoring: PWUM) (4) ระเบียบปฏิบัติ เรื่อง การรักษาปริมาณการไหลในแม่น้ำโขง สายประธาน (Procedures for Maintenance of Flows on the Mainstream: PMFM) และ (5) ระเบียบปฏิบัติ เรื่องคุณภาพน้ำ (Procedures for Water Quality: PWQ)

ระเบียบปฏิบัติ เรื่องการแจ้งการปรึกษาหารือล่วงหน้าและข้อตกลง (The Prior Consultation Process under Procedures for Notification, Prior Consultation and Agreement: PNPCA) ได้ถูกนำมาใช้ในการปรึกษาหารือล่วงหน้าแล้วจำนวน 2 ครั้ง โดยสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) เป็นผู้เสนอโครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำบนแม่น้ำโขงสายประธาน คือ กรณีโครงการไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนไซยะบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2553 โครงการไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนดอนสะโฮง เมื่อปี พ.ศ. 2556 และเมื่อประเทศสมาชิกของคณะกรรมการจัดการแม่น้ำโขงได้รับทราบข้อเสนอโครงการ ก็จะต้องดำเนินงานตามกระบวนการตามระเบียบปฏิบัติ PNPCA เพื่อให้ข้อมูลกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงของประเทศตนเอง ภายใต้กรอบระยะเวลา 6 เดือน เพื่อแจ้งตอบประเทศที่เสนอโครงการ ตามแบบฟอร์มและวิธีการปฏิบัติที่ได้กำหนดไว้ใน PNPCA

การมีโครงการก่อสร้างเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง เช่น โครงการไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนไซยะบุรี และโครงการไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนดอนสะโฮง ของ สปป.ลาว ที่ก่อสร้างบนแม่น้ำโขงสายประธานที่ผ่านมา พบว่า มีความจำเป็นในการเข้าถึงข้อมูลของภาคประชาชน ต่อรายละเอียดการพัฒนาโครงการดังกล่าว และโครงการที่จะเกิดขึ้นในอนาคตซึ่งจะส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของประชาชนริมฝั่งแม่น้ำโขงเป็นอย่างมาก โดยควรต้องมีการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม สุขภาพ และสังคม และประเด็นอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง อย่างรอบด้าน นอกจากนั้นยังได้พิจารณาประเด็นข้อร้องเรียนภาคประชาชนผ่านประธานอนุกรรมการด้านสิทธิชุมชนและฐานทรัพยากร ซึ่งประชาชนในพื้นที่ที่มีความห่วงกังวลต่อผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศลุ่มน้ำโขง

ในปัจจุบันพบว่าโครงการไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนปากแบง ของ สปป.ลาว ซึ่งเป็นโครงการเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำแห่งที่ 3 ที่จะสร้างบนแม่น้ำโขงสายประธาน กำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนาโครงการ โดย สปป. ลาว ได้แจ้งอย่างเป็นทางการต่อสำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการจัดการแม่น้ำโขง เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน 2559 และในการประชุมคณะทำงานร่วมระดับภูมิภาค ได้ตกลงและกำหนดให้วันที่ 20 ธันวาคม 2559 เริ่มต้นของกระบวนการ PNPCA โดยกระบวนการดังกล่าวจะได้สิ้นสุดลงหลังจากครบกำหนด 6 เดือน หลังจากวันเริ่มต้นกระบวนการ ทั้งนี้ สถานที่ตั้งเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำปากแบง ตั้งอยู่บนแม่น้ำโขงสายประธานบริเวณตอนเหนือของเมืองปากแบง แขวงอุดมไชย ภาคเหนือของ สปป.ลาว ซึ่งห่างจากอำเภอเชียงแสน ประเทศไทย ประมาณ 180 กิโลเมตร และห่างจากชายแดนไทย-ลาว ที่แก่งผาได ประมาณ 96 กิโลเมตร และห่างจากเมืองหลวงพระบาง ทางด้านท้ายน้ำ ประมาณ 175 กิโลเมตร





ทั้งนี้ ภาคประชาชนได้มีข้อห่วงกังวลในเรื่องการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและระบบนิเวศของแม่น้ำโขง โดยเฉพาะพื้นที่น้ำท่วมถึง ที่เกิดจากการเทือกกลับของน้ำ (Back Water) เข้ามาในเขตประเทศไทยจากโครงการดังกล่าว รวมถึงประเด็นอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องและต้องการรับทราบข้อมูลผลการศึกษาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการรวมถึงลักษณะโครงการ ข้อมูลทางด้านเทคนิค ด้านวิชาการ ด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเร่งด่วน เนื่องจากสถานที่ตั้งเขื่อนอยู่ไม่ไกลจากชุมชนที่อยู่อาศัย (ประมาณ 80 - 100 กิโลเมตร) ในอนาคตเมื่อพัฒนาโครงการแล้วเสร็จ จังหวัดเชียงราย ของประเทศไทยจะมีพื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการบริหารจัดการของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนปากแแบง ซึ่งประชาชนมีข้อกังวลต่อความเสียหายที่อันอาจเกิดขึ้นเป็นอย่างมาก

ดังนั้น กรมทรัพยากรน้ำจึงมีความต้องการในการดำเนินการโครงการสำรวจภูมิประเทศ เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม จังหวัดเชียงราย จากการพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนปากแแบง สปป.ลาว เพื่อให้มีข้อมูลสนับสนุนกระบวนการปรึกษาหารือล่วงหน้าในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง จังหวัดเชียงราย การดำเนินงานโครงการนี้จะทำการสำรวจพื้นที่เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลปฐภูมิ ข้อมูลภาคสนามเพื่อจัดทำมุดหลักฐานระดับน้ำอ้างอิง จัดทำเสาแสดงระดับน้ำในพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม อำเภอเชียงแสน อำเภอเชียงของ และอำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย ให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องเพื่อคลายข้อกังวลต่อการพัฒนาโครงการดังกล่าวที่จะเกิดขึ้นในอนาคต อันจะส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของประชาชนริมฝั่งแม่น้ำโขง และเป็นการเตรียมความพร้อมในการรองรับและสนับสนุนข้อมูล ข้อเท็จจริงจากการดำเนินงานตามกระบวนการระเบียบปฏิบัติ เรื่องแจ้งการปรึกษาหารือล่วงหน้าและข้อตกลง PNPCA อีกทั้งเพื่อใช้ประกอบการสร้างความรับรู้ ความเข้าใจของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและยังสามารถใช้ข้อมูลที่ได้เพื่อการติดตามและประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการดำเนินงานก่อสร้างโครงการไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนปากแแบง รวมทั้งใช้เป็นฐานข้อมูลในการติดตามประเมินผลกระทบข้ามพรมแดนแบบสะสม (Trans-Boundary Cumulative Impact) ในระยะยาวต่อไป

## 1.2 โครงสร้างของรายงานการสำรวจ

รายละเอียดของรายงานการสำรวจของโครงการ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้  
บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึง ที่มาและความสำคัญของโครงการศึกษานี้ อธิบายถึงโครงสร้างจะปรากฏในรายงานการสำรวจนี้ และแผนการดำเนินงานสำรวจในโครงการ

บทที่ 2 การสำรวจก่อสร้างมุดหลักฐานถาวร กล่าวถึง วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ดำเนินการก่อสร้างของมุดหลักฐานถาวรทั้งแบบ ก. และแบบ ข. วิธีการก่อสร้างมุดหลักฐาน การสร้างหมวยพยานเพื่อใช้สืบค้นมุดหลักฐานถาวร และสถานที่ตั้งของมุดหลักฐานถาวรที่ได้ดำเนินการก่อสร้างในโครงการ

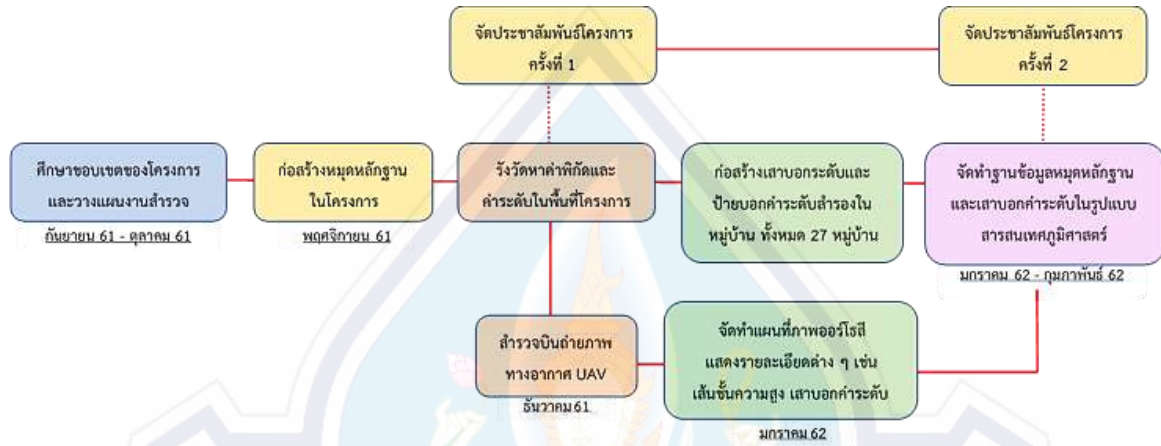
บทที่ 3 การสำรวจรังวัดค่าพิกัดของมุดหลักฐานถาวร กล่าวถึง เทคนิควิธีการรังวัดแบบสร้างมุดหลักฐานหลัก วิธีการรังวัดค่าพิกัดทางราบของมุดหลักฐานถาวร ผลลัพธ์ค่าพิกัดทางราบของมุดหลักฐานถาวรในโครงการ วิธีการรังวัดค่าพิกัดทางตั้งของมุดหลักฐานถาวร ผลลัพธ์ค่าพิกัดทางตั้งของมุดหลักฐานถาวรในโครงการ การตรวจสอบค่าพิกัดทางตั้งของมุดที่ใช้อ้างอิงค่าพิกัดในโครงการ

บทที่ 4 การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) กล่าวถึง วิธีการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ ซอฟต์แวร์และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการบินสำรวจ วิธีการรังวัดค่าพิกัดของจุดบังคับภาพในพื้นที่ของโครงการ วิธีการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศได้จากการบินสำรวจ ผลผลิตภาพออร์โธรีซีและเส้นชั้นความสูงของหมู่บ้านเสี่ยงภัยน้ำท่วม



### 1.3 แผนการดำเนินงาน

โครงการ “สำรวจภูมิประเทศเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม จังหวัดเชียงราย จากการพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนปากแแบง สปป.ลาว” ครอบคลุมระยะเวลาทั้งสิ้น 180 วัน โดยมีแผนการดำเนินงาน แสดงดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 แผนการดำเนินงาน



## การสำรวจก่อสร้างหมุดหลักฐานถาวรและเสาบอกค่าระดับ

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ที่ปรึกษาได้ดำเนินงานในส่วนของการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการก่อสร้างหมุดหลักฐานในโครงการ โดยแบ่งเป็นหมุดหลักฐานแบบ ก. และแบบ ข. โดยแต่ละหมุดจะตรวจสอบและเปรียบเทียบระดับทะเลปานกลาง โดยมีหลักการหาค่าระดับทะเลปานกลาง และรายละเอียดของวัสดุ ปรากฏรายละเอียด ดังนี้

### 2.1 การคิดค่าระดับทะเลปานกลาง

#### 2.1.1 การคิดค่าระดับทะเลปานกลางของประเทศไทย

ระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level) หรือ รทก. เป็นค่าการวัด ระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุด (High Tide : HT) และลงต่ำสุด (Low Tide : LT) ของแต่ละวันในช่วงระยะเวลาที่กำหนด แล้วนำค่ามาเฉลี่ยเป็นระดับทะเลปานกลาง สำหรับระยะเวลาที่ทำการรังวัดโดยทั่วไปจะต้องวัดเป็นเวลา 18.6 ปี ตามวัฏจักรของน้ำ ระดับน้ำทะเลปานกลางของแต่ละบริเวณทั่วโลกอาจจะมีค่าสูงไม่เท่ากัน

ในประเทศไทยใช้เวลาในการวัด 5 ปี โดยเลือกที่ ถนนเกาะหลัก ตำบลเกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นที่วัด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นค่าระดับทะเลปานกลาง ให้มีค่า 0.000 เมตร ที่  $11^{\circ}47'42.92''N$ ,  $99^{\circ}47'31.40''E$  ทำการถ่ายโยงมายังหมุด BM-A (ซึ่งถือว่าเป็นหมุดหลักฐานหมุดแรก of ประเทศไทย) ที่  $13^{\circ}46'23.74''N$ ,  $100^{\circ}31'45.39''E$  ซึ่งมีค่าระดับทะเลปานกลาง 1.4477 เมตร

#### 2.1.2 การคิดค่าระดับทะเลปานกลางของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ลาวมีความสูงเฉลี่ย 710 เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) อ้างอิงมาจากระดับน้ำทะเล มีค่า 0.000 เมตร ออกจาก Doson, Hai phong, ประเทศเวียดนาม Vietnam

ประโยชน์ของการวัดระดับทะเลปานกลาง เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบระดับความสูงต่ำของดิน หรือสิ่งก่อสร้างในงานสำรวจฯ งานก่อสร้างฯ และงานทั่วไป



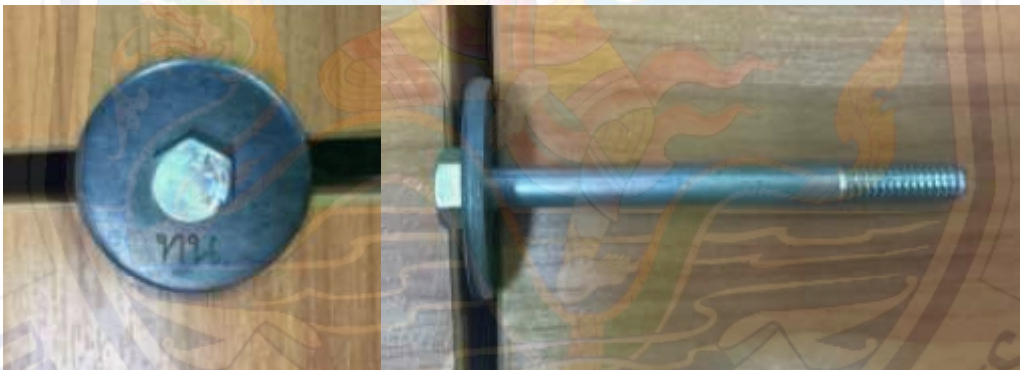
## 2.2 วัสดุที่ใช้เป็นหัวหมุด

2.2.1 หัวหมุดหลักฐานถาวรแบบ ก. วัสดุที่ใช้เป็นทองเหลืองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ขนาดความหนาของทองเหลืองเท่ากับ 1 เซนติเมตร มีนอตเกลียวไว้ใช้ยึดหัวหมุดกับคอนกรีตที่เป็นฐานของหมุดหลักฐาน แสดงดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 หัวหมุดหลักฐานแบบ ก.

2.2.2 หมุดหลักฐานถาวรแบบ ข. วัสดุที่ใช้เป็นนอตเกลียวปล่อยความยาว 3 นิ้ว อยู่บนแหวนรองนอตที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร และสลักชื่อหน่วยงาน “ทน.” แสดงดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 หัวหมุดหลักฐานแบบ ข.

## 2.3 การก่อสร้างหมุดหลักฐานถาวร

### 2.3.1 หมุดหลักฐานถาวรแบบ ก.

โดยลักษณะของหมุดหลักฐานถาวรแบบ ก. ดำเนินการก่อสร้างด้วยวิธีการหล่อด้วยคอนกรีต ผิวหน้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีหัวหมุดทำด้วยทองเหลืองอยู่ตรงกลางขนาดของหมุด 0.30 X 0.30 เมตร มีเข็มไม้ตอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 1 เมตร โดยผิวหน้าของคอนกรีตจะแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ได้แก่ ค่าระดับของหมุดหลักฐาน ชื่อหมุดหลักฐาน ชื่อหน่วยงาน “ทน.” และ วัน/เดือน/ปี ที่ดำเนินการก่อสร้างหมุดหลักฐาน แสดงดังรูปที่ 2-3, 2-4 และ 2-5



รูปที่ 2-3 เข็มไม้ตอกใช้ในการก่อสร้างหมุดหลักฐาน



รูปที่ 2-4 การหล่อคอนกรีตให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส



รูปที่ 2-5 หมุดหลักฐานถาวรแบบ ก. ที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว

### 2.3.2 หมุดหลักฐานถาวรแบบ ข.

โดยลักษณะของหมุดหลักฐานถาวรแบบ ข. มีลักษณะเป็นหมุดคอนกรีต ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.10 X 0.30 เมตร มีหัวหมุดทำด้วยน็อตเกลียวปล่อยอยู่ตรงกลาง ยาว 3 นิ้ว โดยมีแหวนรองน็อตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร พร้อมสลักชื่อหน่วยงาน “ทท.” บนวัสดุ แสดงดังรูปที่ 2-6 และ 2-7



รูปที่ 2-6 หมุดหลักฐานถาวรแบบ ข. ก่อนนำไปฝัง



รูปที่ 2-7 หมุดหลักฐานถาวรแบบ ข. ที่นำไปฝังเสร็จแล้ว

### 2.3.3 หมายพยานของหมุดหลักฐาน

การสร้างหมายพยานของหมุดหลักฐานถาวรทั้งแบบ ก. และแบบ ข. มีจุดประสงค์สำคัญเพื่อใช้เป็นจุดสืบหาหมุดหลักฐานนั้น ๆ ในภายหลัง โดยจุดที่ใช้เป็นหมายพยานนั้น จะต้องเป็นจุดหรือเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง คงทนและไม่สูญหาย อาทิเช่น เสาไฟฟ้า กำแพง เป็นต้น โดยหมุดหลักฐานถาวร 1 จุด จะมีการสร้างหมายพยานจำนวน 3 จุด มีรายละเอียดดัง รูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 หมายพยานของหมุดหลักฐาน



## 2.4 สถานที่ตั้งของหมุดหลักฐานถาวร

ตารางที่ 2-1 สถานที่ตั้งของหมุดหลักฐานถาวร

| ลำดับ | ชื่อหมู่บ้าน    | สถานที่ตั้ง   | อำเภอ     |
|-------|-----------------|---|-----------|
| 1     | บ้านท่าขันทอง   | เขตทาง ใกล้บ้านท่าขันทอง โสมสเดย์                                 | เชียงใหม่ |
| 2     | บ้านสวนดอก      | ภายในพื้นที่วัดสวนดอก ฝั่งส่วนหน้าศาลาประชาคม                     | เชียงใหม่ |
| 3     | บ้านปางของเหนือ | บริเวณข้างวัดปางของ   | เชียงใหม่ |
| 4     | บ้านปางของ      | หน้า สภ.บ้านแซว   | เชียงใหม่ |
| 5     | บ้านสบยาบ       | เขตทางใกล้ป้ายบอกสถานที่  | เชียงใหม่ |
| 6     | บ้านสันตันเปา   | เขตทางใกล้เสาธงสัญญาณ กรมทรัพยากรธรณี                             | เชียงใหม่ |
| 7     | บ้านหาดทรายทอง  | เขตทาง บนถนน ชร.4007  | เชียงใหม่ |
| 8     | บ้านหาดบาย      | เขตทาง บริเวณหลังราวกันโค้งบนถนน ชร.4007                          | เชียงใหม่ |
| 9     | บ้านดอนที่      | บริเวณหน้าป้ายหมู่บ้านดอนที่                                      | เชียงใหม่ |
| 10    | บ้านสองพี่น้อง  | บริเวณศาลาศูนย์กลางของหมู่บ้าน ใกล้เสาธงสัญญาณ กสทช.              | เชียงใหม่ |
| 11    | บ้านเมืองกาญจน์ | หน้าโรงเรียนบ้านเมืองกาญจน์                                       | เชียงใหม่ |
| 12    | บ้านใหม่เจริญ   | เขตทาง บริเวณหน้าโรงเรียนโครงการเสริมสร้างรายได้แก่เกษตรกรรายย่อย | เชียงใหม่ |
| 13    | บ้านห้วยเย็น    | บริเวณป้ายหมู่บ้านใหม่เจริญติดขอบเขตกับบ้านห้วยเย็น               | เชียงใหม่ |
| 14    | บ้านห้วยเม็ง    | เขตทาง บริเวณหน้าโรงเรียนบ้านห้วยเม็ง                             | เชียงใหม่ |
| 15    | บ้านห้วยกอก     | บริเวณป้ายหมู่บ้านห้วยกอกติดกับศาลา                               | เชียงใหม่ |
| 16    | บ้านหัวเวียง    | เขตทาง บนถนน ทล.1290 ใกล้กับท่าเรือรีสอร์ท                        | เชียงใหม่ |
| 17    | บ้านทุ่งพัฒนา   | ป้ายบอกทางเข้าบ้านทุ่งพัฒนา                                       | เชียงใหม่ |
| 18    | บ้านเวียงแก้ว   | หน้าสำนักงานสาธารณสุข อำเภอเชียงใหม่                              | เชียงใหม่ |
| 19    | บ้านใจโก้       | เขตทาง บนถนนบ้านใจโก้ - ดอนมทาว์น                                 | เชียงใหม่ |
| 20    | บ้านดอนมทาว์น   | หน้าโรงเรียนบ้านดอนมทาว์น   | เชียงใหม่ |
| 21    | บ้านเด่น        | เขตทางใกล้ป้ายหมู่บ้านเด่น  | เชียงใหม่ |
| 22    | บ้านปากอิงใต้   | หน้าป้ายหมู่บ้านปากอิงใต้   | เชียงใหม่ |
| 23    | บ้านปากอิง      | เขตทาง หน้าบ้านเด็กเล็กบ้านปากอิง                                 | เชียงใหม่ |
| 24    | บ้านห้วยเอียน   | หน้าโรงเรียนบ้านห้วยเอียน   | เวียงแก่น |
| 25    | บ้านแจมปอง      | หน้าป้ายหมู่บ้านแจมปอง ใกล้กับร้านวัสดุก่อสร้าง                   | เวียงแก่น |
| 26    | บ้านไทยเจริญ    | เขตทาง ใกล้ป้ายบอกโค้ง  | เวียงแก่น |
| 27    | บ้านห้วยลิก     | หน้าโรงเรียนบ้านห้วยลิก   | เวียงแก่น |



## 2.5 เสาคอนกรีตบอกค่าระดับ

ในการก่อสร้างเสาคอนกรีตเพื่อบอกค่าระดับ ซึ่งขั้นตอนก่อนการก่อสร้างนี้เป็นขั้นตอนของการให้ตำแหน่งที่ตั้งและค่าระดับความสูงของเสา โดยวิธีการให้ตำแหน่งและค่าระดับนั้นใช้เครื่องมือการรังวัด (Global Navigation Satellite System : GNSS) ทำการรังวัดแบบ (Real Time Kinematic : RTK) ในการทำงาน สถานที่ตั้งของเสาคอนกรีตบอกค่าระดับของแต่ละหมู่บ้านจะเป็นสถานที่ที่ผู้นำชุมชนหรือตัวแทนชุมชนเป็นผู้ระบุมาให้ แสดงดังรูปที่ 2-9



รูปที่ 2-9 เสาบอกค่าระดับ



## การสำรวจรังวัดหาค่าพิกัดของหมุดหลักฐานถาวร

จากขอบเขตของการศึกษาในโครงการนี้ กรมทรัพยากรน้ำได้กำหนดให้มีการก่อสร้างหมุดหลักฐานถาวรขึ้น รวมถึงการรังวัดหาค่าพิกัดของหมุดหลักฐานที่สร้างขึ้นใหม่ทั้งค่าพิกัดทางราบและทางตั้ง ซึ่งได้ดำเนินการเลือกใช้การรังวัดหาค่าพิกัดทางราบด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (Global Navigation Satellite System : GNSS) ซึ่งให้ผลลัพธ์ของข้อมูลที่มีความถูกต้องสูง และการหาค่าพิกัดทางตั้งด้วยวิธีการทำระดับ โดยในการรังวัดหาค่าพิกัดของหมุดหลักฐานถาวรทั้งหมดที่ก่อสร้างขึ้นใหม่ในโครงการ ซึ่งมีรายละเอียดของวิธีการรังวัดหาค่าพิกัดต่อไปนี้

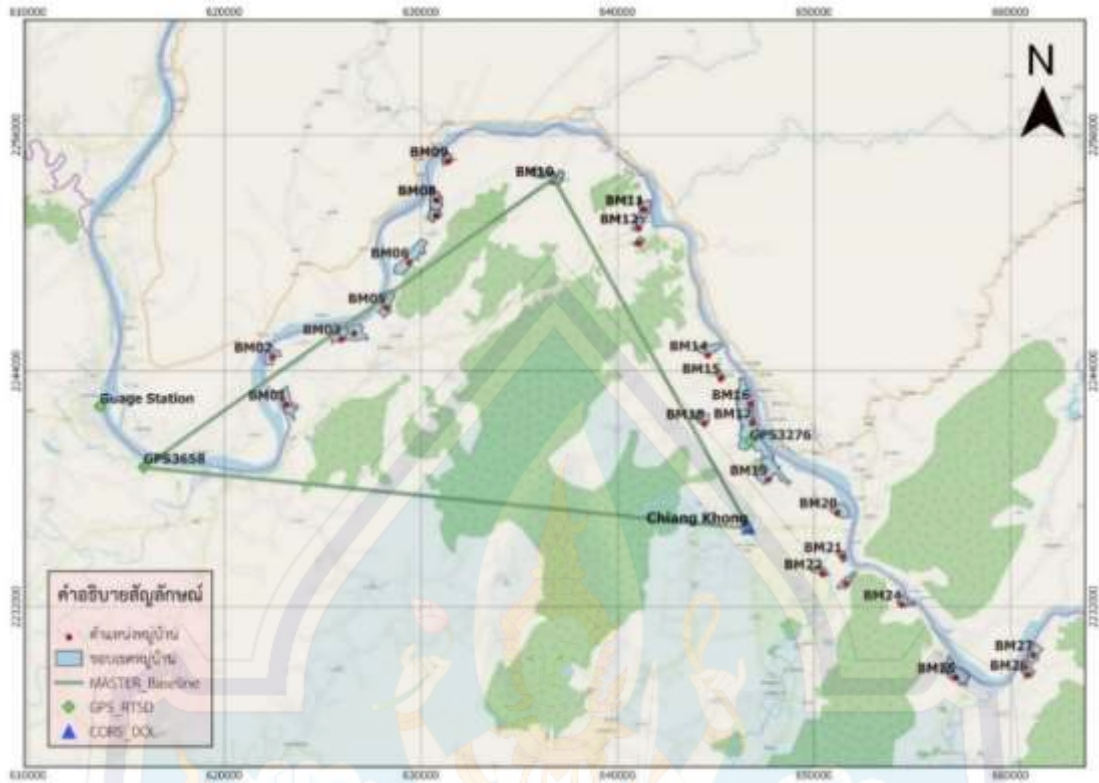
### 3.1 วิธีการรังวัดหาค่าพิกัดทางราบ

#### 3.1.1 การรังวัดหาค่าพิกัดของหมุดหลักฐานหลัก (Master Point)

เนื่องด้วยในโครงการศึกษานี้ได้กำหนดให้อ้างอิงค่าพิกัดให้อยู่ในระบบ (Universal Traverse Mercator : UTM) และกำหนดให้มีการอ้างอิงค่าพิกัดของหมุดหลักฐานอ้างอิงจากกรมแผนที่ทหาร ซึ่งทางที่ปรึกษาได้รังวัดยึดโยงค่าพิกัดอ้างอิงจากหมุด GPS3658 (กรมแผนที่ทหาร) โดยใช้เทคนิคของการรังวัดหาค่าพิกัด แบบสร้างหมุดหลักฐานหลัก (Master Point) ประกอบเป็นโครงข่าย (GNSS Network) โดยเทคนิคการรังวัดหาค่าพิกัดนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาของการรังวัดหาค่าพิกัด ซึ่งระยะเวลาในการรังวัดหาค่าพิกัดขึ้นอยู่กับระยะของเส้นฐานในการรังวัด ซึ่งระยะของเส้นฐานในการรังวัดมีผลต่อค่าพิกัดที่ได้ หากระยะของเส้นฐานมีความยาวที่มาก อาจส่งผลทำให้ค่าความคลาดเคลื่อน ณ การรังวัดของหมุดหลักฐานนั้น ๆ มีค่าความคลาดเคลื่อนที่มากตามไปด้วย โดยระยะเวลาการรังวัดของเทคนิคการสร้างหมุดหลักฐานหลัก (Master Point) นี้ใช้ระยะเวลาในการรังวัด 120 นาที ซึ่งจุดที่ใช้เป็นหมุดหลักฐานหลัก (Master Point) ของโครงการ ได้แก่ ที่ GPS3658 (กรมแผนที่ทหาร) BM10 (บ้านสองพี่น้อง) และ CORS CHKG (กรมที่ดิน) แสดงดังรูปที่ 3-1 และ 3-2 ตารางที่ 3-1 และ 3-2







รูปที่ 3-1 โครงข่ายการรังวัดของสามหมุดหลักฐานหลัก (Master Point)



รูปที่ 3-2 การรังวัดหาค่าพิกัดของ หมุดหลักฐานหลัก ได้แก่ GPS3658 (ซ้าย) BM10 (กลาง)  
และ CORS CHKG (ขวา)



ตารางที่ 3-1 แผนการรังวัดหาค่าพิกัดของหมุดหลักฐานหลัก (Master Point) ประกอบเป็นโครงข่าย

| Session | Baseline Name  | ระยะเส้นฐาน (กม.) | เวลาในการรับสัญญาณ (นาที) |
|---------|----------------|-------------------|---------------------------|
| 1       | GPS3658 > BM10 | 25.629            | 120                       |
| 2       | BM10 > CHKG    | 20.232            | 120                       |
| 3       | CHKG > GPS3658 | 30.911            | 120                       |

ตารางที่ 3-2 ค่าพิกัดของหมุดหลักฐานหลัก (Master Point)

| Point   | Northing    | Easting    | Latitude         | Longitude         | ellipsoidal hgt. |
|---------|-------------|------------|------------------|-------------------|------------------|
| BM10    | 2253799.257 | 636900.647 | N20°22'38.90680" | E100°18'42.49546" | 341.889          |
| CHKG    | 2236071.644 | 646644.591 | N20°12'59.76762" | E100°24'13.35026" | 327.750          |
| GPS3658 | 2239130.489 | 615890.671 | N20°14'46.83877" | E100°06'34.44953" | 331.710          |

### 3.1.2 การรังวัดหาค่าพิกัดทางราบของหมุดหลักฐานถาวร

#### (1) การรังวัดหาค่าพิกัดของหมุดหลักฐานถาวรแบบ ก.

ในการรังวัดหาค่าพิกัดทางราบของหมุดหลักฐานถาวรแบบ ก. นั้น ดำเนินการโดยใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS ในการรังวัดหาค่าพิกัด ด้วยวิธีการรังวัดแบบสถิตย์ (Static) ซึ่งเป็นวิธีการรังวัดที่ให้ความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดและเป็นวิธีการรังวัดที่มีความละเอียดถูกต้องมาก โดยใช้ค่าพิกัดอ้างอิงจากหมุดหลักฐานหลัก (Master Point) ทั้ง 3 จุด ที่ได้ดำเนินการรังวัดหาค่าพิกัดมาแล้ว โดยใช้เวลาในการรังวัดหาค่าพิกัดหมุดละ 30-50 นาที โดยที่ระยะของเส้นฐานในการรังวัดไม่เกิน 20 กิโลเมตร โดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3-3 ถึง 3-7 ตารางที่ 3-3 ถึง 3-5





ตารางที่ 3-3 รายละเอียดในการรังวัดหาค่าพิกัดของหมุดหลักฐานแบบ ก.

| Session | Baseline Name | ระยะเส้นฐาน (กม.) | เวลาในการรับสัญญาณ (นาที) |
|---------|---------------|-------------------|---------------------------|
| 1       | GPS3658>BM01  | 7.959             | 30                        |
| 2       | GPS3658>BM02  | 8.583             | 30                        |
| 3       | GPS3658>BM03  | 12.564            | 30                        |
| 4       | GPS3658>BM04  | 12.967            | 30                        |
| 5       | BM10>BM05     | 11.248            | 30                        |
| 6       | BM10>BM06     | 7.795             | 30                        |
| 7       | BM10>BM07     | 6.345             | 30                        |
| 8       | BM10>BM08     | 6.229             | 30                        |
| 9       | BM10>BM09     | 5.71              | 30                        |
| 10      | CHKG>BM11     | 17.186            | 50                        |
| 11      | CHKG>BM12     | 16.159            | 45                        |
| 12      | CHKG>BM13     | 15.791            | 40                        |
| 13      | CHKG>BM14     | 9.197             | 30                        |
| 14      | CHKG>BM15     | 7.914             | 30                        |
| 15      | CHKG>BM16     | 6.373             | 30                        |
| 16      | CHKG>BM17     | 5.729             | 30                        |
| 17      | CHKG>BM18     | 4.766             | 30                        |
| 18      | CHKG>BM19     | 2.974             | 30                        |
| 19      | CHKG>BM20     | 4.944             | 30                        |
| 20      | CHKG>BM21     | 3.07              | 30                        |
| 21      | CHKG>BM22     | 4.826             | 30                        |
| 22      | CHKG>BM23     | 5.6               | 30                        |
| 23      | CHKG>BM24     | 8.901             | 30                        |
| 24      | CHKG>BM25     | 13.805            | 30                        |
| 25      | CHKG>BM26     | 15.969            | 40                        |
| 26      | CHKG>BM27     | 15.951            | 40                        |

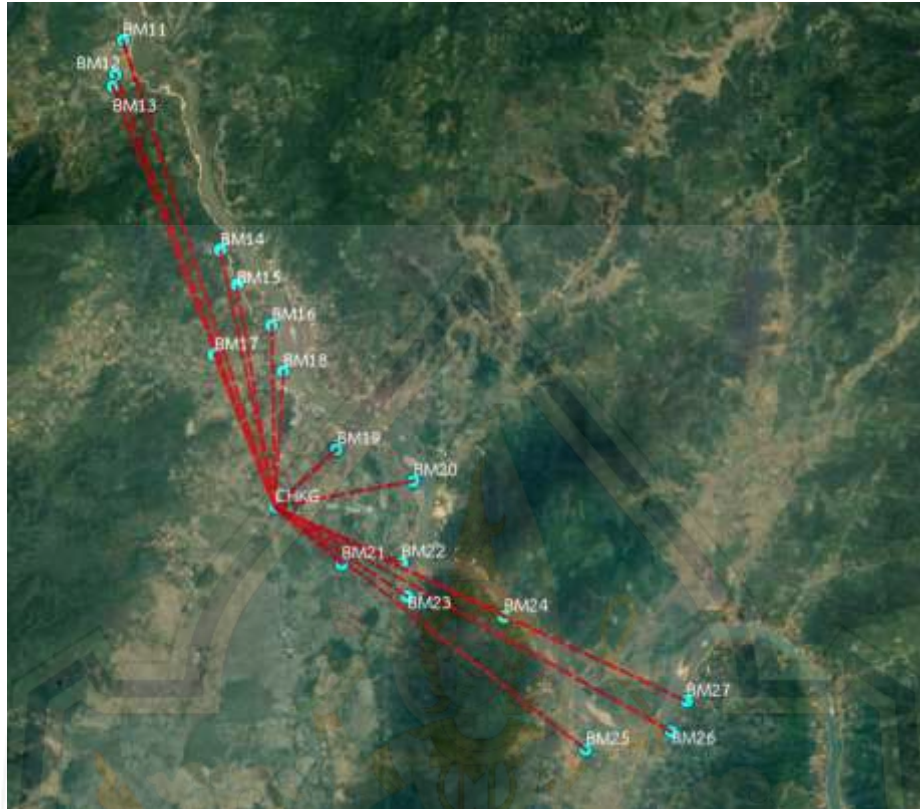




รูปที่ 3-3 โครงข่ายการรังวัดจากจุด GPS3658



รูปที่ 3-4 โครงข่ายการรังวัดจากจุด BM10



รูปที่ 3-5 โครงข่ายการรังวัดจากจุด Cors CHKG



รูปที่ 3-6 การรังวัดหาค่าพิกัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS (Static)



| ประเภทงานรังวัด  | ชั้นงาน | ความเชื่อมั่นระดับ 95 %      |                                     |           |
|--|---------|------------------------------|-------------------------------------|-----------|
|  |         | มาตรฐานความถูกต้องขั้นต่ำสุด |                                     |           |
|  |         | ความคลาดเคลื่อนฐาน           | ความคลาดเคลื่อนแปรผันกับระยะเส้นฐาน |           |
|  |         | $e$ (มม.)                    | $p$ (ppm, ต่อล้านส่วน)              | $a$ (1:a) |
| วัดการเคลื่อนตัวเปลือกโลกระดับภูมิภาค วัดการบิดเบี้ยวโครงสร้างขนาดใหญ่   | AA      | 3                            | 0.01                                | 100 ล้าน  |
| สร้างโครงข่ายหลักของหมุดหลักฐานของประเทศ วัดการเคลื่อนตัวเปลือกโลกระดับภูมิภาคถึงระดับท้องถิ่น วัดการบิดเบี้ยวโครงสร้างทั่วไป  | A       | 5                            | 0.1                                 | 10 ล้าน   |
| สร้างโครงข่ายรองของหมุดหลักฐานของประเทศ วัดการเคลื่อนตัวเปลือกโลกระดับท้องถิ่น วัดการบิดเบี้ยวโครงสร้าง รังวัดทางวิศวกรรมที่มีความถูกต้องสูง                                     | B       | 8                            | 1                                   | 1 ล้าน    |
| สร้างโครงข่ายหมุดหลักฐานเป็นกรอบพิกัดอ้างอิงสำหรับการทำงานรังวัดภาคพื้นดิน   | 1       | 10                           | 10                                  | 100,000   |
|  | 2       | 30                           | 50                                  | 20,000    |
|  | 3       | 50                           | 200                                 | 5,000     |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละองค์ประกอบของเวกเตอร์เส้นฐานของชั้นงานต่าง ๆ คำนวณจาก<br>$\sigma = \pm \sqrt{e^2 + (0.1d \cdot p)^2} / 1.96$ เมื่อ $d$ เป็นระยะเส้นฐานในหน่วยกิโลเมตร |         |                              |                                     |           |

รูปที่ 3-7 มาตรฐานความถูกต้องของหมุดหลักฐานแผนที่จากงานรังวัด (อ้างอิงมาตรฐานของ FGCC, 1989)

ซึ่งผลลัพธ์ของค่าพิกัดทางราบที่ได้จากการรังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS มีค่าของความคลาดเคลื่อน RMS อยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าชั้นงานที่ 3 ในการรังวัดหาค่าพิกัดทั้งหมด โดยมีรายละเอียดแสดงดังต่อไปนี้





ตารางที่ 3-4 แสดงรายละเอียดจากการรังวัดหาค่าพิกัดด้วย GNSS

| ลำดับ | ชื่อหมู่บ้าน    | ชื่อหมุด | RMS (m.) | H Precision (m.) |
|-------|-----------------|----------|----------|------------------|
| 1     | บ้านท่าขันทอง   | BM01     | 0.023    | 0.011            |
| 2     | บ้านสวนดอก      | BM02     | 0.018    | 0.009            |
| 3     | บ้านปางของเหนือ | BM03     | 0.025    | 0.009            |
| 4     | บ้านปางของ      | BM04     | 0.031    | 0.009            |
| 5     | บ้านสบยาบ       | BM06     | 0.023    | 0.009            |
| 6     | บ้านสันตันเปา   | BM07     | 0.017    | 0.007            |
| 7     | บ้านหาดทรายทอง  | BM08     | 0.018    | 0.006            |
| 8     | บ้านหาดบาย      | BM09     | 0.020    | 0.007            |
| 9     | บ้านดอนที่      | BM10     | 0.022    | 0.009            |
| 10    | บ้านสองพี่น้อง  | BM11     | 0.020    | 0.024            |
| 11    | บ้านเมืองกาญจน์ | BM12     | 0.033    | 0.014            |
| 12    | บ้านใหม่เจริญ   | BM13     | 0.023    | 0.012            |
| 13    | บ้านห้วยเย็น    | BM14     | 0.021    | 0.014            |
| 14    | บ้านห้วยเม็ง    | BM15     | 0.024    | 0.017            |
| 15    | บ้านห้วยกอก     | BM16     | 0.020    | 0.019            |
| 16    | บ้านหัวเวียง    | BM17     | 0.021    | 0.013            |
| 17    | บ้านทุ่งพัฒนา   | BM18     | 0.024    | 0.012            |
| 18    | บ้านเวียงแก้ว   | BM19     | 0.017    | 0.010            |
| 19    | บ้านใจโก้       | BM20     | 0.010    | 0.004            |
| 20    | บ้านดอนมหาวัน   | BM21     | 0.023    | 0.012            |
| 21    | บ้านเต็น        | BM22     | 0.029    | 0.013            |
| 22    | บ้านปากอิงใต้   | BM23     | 0.012    | 0.003            |
| 23    | บ้านปากอิง      | BM23     | 0.029    | 0.012            |
| 24    | บ้านห้วยเอียน   | BM24     | 0.027    | 0.014            |
| 25    | บ้านแจมป่อง     | BM25     | 0.031    | 0.018            |
| 26    | บ้านไทยเจริญ    | BM26     | 0.018    | 0.018            |
| 27    | บ้านห้วยลึก     | BM27     | 0.006    | 0.016            |





ตารางที่ 3-5 ค่าพิกัดของหมุดหลักฐานถาวรแบบ ก.

| Point | ชื่อหมุดบ้าน    | Northing   | Easting     | Latitude         | Longitude         | ellipsoidal hgt. |
|-------|-----------------|------------|-------------|------------------|-------------------|------------------|
| BM01  | บ้านท่าขันทอง   | 623449.395 | 2241618.257 | N20°16'06.04987" | E100°10'55.55128" | 332.020          |
| BM02  | บ้านสวนดอก      | 622384.366 | 2244739.498 | N20°17'47.81227" | E100°10'19.60635" | 329.875          |
| BM03  | บ้านปงของเหนือ  | 626396.993 | 2246015.444 | N20°18'28.36930" | E100°12'38.25464" | 328.827          |
| BM04  | บ้านปงของ       | 626957.591 | 2245883.076 | N20°18'23.93019" | E100°12'57.54759" | 328.854          |
| BM05  | บ้านสบยาบ       | 628097.251 | 2246801.318 | N20°18'53.52029" | E100°13'37.07213" | 331.057          |
| BM06  | บ้านสันตันเปา   | 629973.415 | 2250227.924 | N20°20'44.50724" | E100°14'42.64709" | 330.017          |
| BM07  | บ้านหาดทรายทอง  | 630712.769 | 2252399.244 | N20°21'54.94273" | E100°15'08.71145" | 328.019          |
| BM08  | บ้านหาดบาย      | 630680.096 | 2253488.400 | N20°22'30.37335" | E100°15'07.87044" | 331.979          |
| BM09  | บ้านดอนती       | 631243.221 | 2254567.952 | N20°23'05.34370" | E100°15'27.57685" | 328.816          |
| BM10  | บ้านสองพี่น้อง  | 636900.647 | 2253799.257 | N20°22'38.90680" | E100°18'42.49546" | 341.889          |
| BM11  | บ้านเมืองกาญจน์ | 641319.654 | 2252409.759 | N20°21'52.55372" | E100°21'14.50682" | 324.634          |
| BM12  | บ้านใหม่เจริญ   | 641058.852 | 2251231.812 | N20°21'14.31464" | E100°21'05.17950" | 322.452          |
| BM13  | บ้านห้วยเย็น    | 640965.239 | 2250803.032 | N20°21'00.39496" | E100°21'01.83019" | 322.470          |
| BM14  | บ้านห้วยเม็ง    | 644744.924 | 2245069.478 | N20°17'52.91101" | E100°23'10.49988" | 318.664          |
| BM15  | บ้านห้วยกอก     | 645308.244 | 2243870.575 | N20°17'13.76699" | E100°23'29.56949" | 321.144          |
| BM16  | บ้านหัวเวียง    | 646540.919 | 2242442.768 | N20°16'26.99385" | E100°24'11.63918" | 328.463          |
| BM17  | บ้านทุ่งพัฒนา   | 644525.833 | 2241393.308 | N20°15'53.41623" | E100°23'01.88661" | 337.305          |
| BM18  | บ้านเวียงแก้ว   | 646948.853 | 2240827.318 | N20°15'34.34465" | E100°24'25.22483" | 324.057          |
| BM19  | บ้านโจโก้       | 648816.147 | 2238102.624 | N20°14'05.21496" | E100°25'28.76616" | 324.244          |
| BM20  | บ้านดอนมหาวัน   | 651501.355 | 2236994.360 | N20°13'28.41544" | E100°27'00.95225" | 321.865          |
| BM21  | บ้านเด่น        | 648986.458 | 2234087.910 | N20°11'54.60419" | E100°25'33.44442" | 320.410          |
| BM22  | บ้านปากอิงใต้   | 651067.908 | 2234143.127 | N20°11'55.81404" | E100°26'45.16197" | 317.448          |
| BM23  | บ้านปากอิง      | 651286.901 | 2232941.615 | N20°11'16.67763" | E100°26'52.34460" | 323.178          |
| BM24  | บ้านห้วยเอียน   | 654679.399 | 2232244.203 | N20°10'53.02432" | E100°28'48.98453" | 321.251          |
| BM25  | บ้านแจ่มป่อง    | 657537.083 | 2227592.168 | N20°08'20.90319" | E100°30'25.95856" | 318.409          |
| BM26  | บ้านไทยเจริญ    | 660540.406 | 2228206.464 | N20°08'39.98675" | E100°32'09.56801" | 325.891          |
| BM27  | บ้านห้วยลิก     | 661072.604 | 2229273.478 | N20°09'14.52565" | E100°32'28.23430" | 318.939          |





(2) การรังวัดหาค่าพิกัดของหมุดหลักฐานถาวรแบบ ข.

ในการรังวัดหาค่าพิกัดทางราบของหมุดหลักฐานถาวรแบบ ข. นั้น ดำเนินการโดยใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS ในการรังวัดหาค่าพิกัด ด้วยวิธีการรังวัดแบบจลน์ในทันที (Real Time Kinematic : RTK) เนื่องจากเป็นวิธีการรังวัดที่ให้ความคลาดเคลื่อนและความละเอียดถูกต้องของข้อมูลค่าพิกัด โดยใช้ค่าพิกัดอ้างอิงจากหมุดหลักฐานถาวรแบบ ก. ทั้ง 27 จุด ที่ได้ดำเนินการรังวัดหาค่าพิกัดมาแล้ว โดยจะใช้เวลาในการรังวัดหาค่าพิกัดหมุดละไม่น้อยกว่า 10 วินาที แสดงดังรูปที่ 3-8 และ 3-9 ตารางที่ 3-6



รูปที่ 3-8 เส้นฐานของการรังวัดหาค่าพิกัดด้วยวิธี RTK (บ้านดอนมหาวัน)



รูปที่ 3-9 การรังวัดหาค่าพิกัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS (RTK)



ตารางที่ 3-6 ค่าพิกัดของหมุดหลักฐานถาวรแบบ ข.

| Point  | ชื่อหมู่บ้าน    | Northing    | Easting    | Latitude        | Longitude        | ellipsoidal hgt. |
|--------|-----------------|-------------|------------|-----------------|------------------|------------------|
| CP01/1 | บ้านท่าขันทอง   | 2241565.962 | 623494.179 | 20°16'04.33860" | 100°10'57.08192" | 331.660          |
| CP01/2 | บ้านท่าขันทอง   | 2241686.590 | 623406.619 | 20°16'08.28229" | 100°10'54.09373" | 331.776          |
| CP02/1 | บ้านสวนดอก      | 2244757.381 | 622352.370 | 20°17'48.40128" | 100°10'18.50772" | 330.045          |
| CP02/2 | บ้านสวนดอก      | 2244808.830 | 622395.162 | 20°17'50.06472" | 100°10'19.99546" | 330.934          |
| CP03/1 | บ้านปางของเหนือ | 2246011.964 | 626320.940 | 20°18'28.27425" | 100°12'35.63185" | 328.280          |
| CP03/2 | บ้านปางของเหนือ | 2245996.188 | 626454.991 | 20°18'27.72918" | 100°12'40.24924" | 327.995          |
| CP04/1 | บ้านปางของ      | 2245917.549 | 626892.576 | 20°18'25.06696" | 100°12'55.31495" | 328.012          |
| CP04/2 | บ้านปางของ      | 2245826.865 | 627010.114 | 20°18'22.08942" | 100°12'59.34401" | 329.093          |
| CP05/1 | บ้านสบยาบ       | 2246721.291 | 628120.313 | 20°18'50.91196" | 100°13'37.84668" | 332.130          |
| CP05/2 | บ้านสบยาบ       | 2246912.581 | 628103.893 | 20°18'57.13736" | 100°13'37.32963" | 330.328          |
| CP06/1 | บ้านสันตันเปา   | 2250132.509 | 629950.332 | 20°20'41.40971" | 100°14'41.82627" | 330.115          |
| CP06/2 | บ้านสันตันเปา   | 2250325.017 | 630015.613 | 20°20'47.65463" | 100°14'44.12751" | 330.130          |
| CP07/1 | บ้านหาดทรายทอง  | 2252352.961 | 630750.380 | 20°21'53.42817" | 100°15'09.99642" | 327.624          |
| CP07/2 | บ้านหาดทรายทอง  | 2252458.720 | 630706.952 | 20°21'56.87851" | 100°15'08.52645" | 328.389          |
| CP08/1 | บ้านหาดบ้าย     | 2253422.014 | 630673.522 | 20°22'28.21588" | 100°15'07.62629" | 331.269          |
| CP08/2 | บ้านหาดบ้าย     | 2253565.083 | 630712.583 | 20°22'32.85924" | 100°15'09.01104" | 331.539          |
| CP09/2 | บ้านดอนที่      | 2254641.284 | 631272.927 | 20°23'07.72128" | 100°15'28.62080" | 331.040          |
| CP09/1 | บ้านดอนที่      | 2254463.930 | 631175.131 | 20°23'01.97754" | 100°15'25.20092" | 330.908          |
| CP10/1 | บ้านสองพี่น้อง  | 2253826.732 | 636816.675 | 20°22'39.82212" | 100°18'39.60687" | 339.651          |
| CP10/2 | บ้านสองพี่น้อง  | 2253732.209 | 636925.397 | 20°22'36.71983" | 100°18'43.33060" | 345.707          |
| CP11/1 | บ้านเมืองกาญจน  | 2252489.015 | 641265.797 | 20°21'55.14566" | 100°21'12.67199" | 324.283          |
| CP11/2 | บ้านเมืองกาญจน  | 2252346.244 | 641352.315 | 20°21'50.47939" | 100°21'15.61511" | 324.207          |
| CP12/1 | บ้านใหม่เจริญ   | 2251324.032 | 641076.667 | 20°21'17.30903" | 100°21'05.81991" | 323.215          |
| CP12/2 | บ้านใหม่เจริญ   | 2251158.425 | 641018.856 | 20°21'11.93865" | 100°21'03.77955" | 322.129          |
| CP13/1 | บ้านห้วยเย็น    | 2250887.343 | 640916.728 | 20°21'03.14984" | 100°21'00.18122" | 321.756          |
| CP13/2 | บ้านห้วยเย็น    | 2250729.595 | 641030.633 | 20°20'57.98923" | 100°21'04.06435" | 324.200          |
| CP14/1 | บ้านห้วยเม็ง    | 2245134.541 | 644755.395 | 20°17'55.02409" | 100°23'10.87965" | 320.285          |
| CP14/2 | บ้านห้วยเม็ง    | 2245047.064 | 644680.966 | 20°17'52.19955" | 100°23'08.28873" | 320.637          |





ตารางที่ 3-6 ค่าพิกัดของหมุดหลักฐานถาวรแบบ ข. (ต่อ)

| Point  | ชื่อหมุดบ้าน  | Northing    | Easting    | Latitude        | Longitude        | ellipsoidal hgt. |
|--------|---------------|-------------|------------|-----------------|------------------|------------------|
| CP15/1 | บ้านห้วยกอก   | 2243955.773 | 645266.813 | 20°17'16.54907" | 100°23'28.16618" | 320.022          |
| CP15/2 | บ้านห้วยกอก   | 2243811.064 | 645381.385 | 20°17'11.81158" | 100°23'32.07322" | 322.403          |
| CP16/1 | บ้านหัวเวียง  | 2242528.822 | 646534.086 | 20°16'29.79432" | 100°24'11.42882" | 328.208          |
| CP16/2 | บ้านหัวเวียง  | 2242398.684 | 646559.181 | 20°16'25.55516" | 100°24'12.25566" | 327.761          |
| CP17/1 | บ้านทุ่งพัฒนา | 2241383.017 | 644595.177 | 20°15'53.06269" | 100°23'04.27346" | 336.144          |
| CP17/2 | บ้านทุ่งพัฒนา | 2241370.382 | 644421.454 | 20°15'52.69903" | 100°22'58.28278" | 336.014          |
| CP18/1 | บ้านเวียงแก้ว | 2240789.133 | 646953.776 | 20°15'33.10146" | 100°24'25.38327" | 323.252          |
| CP18/2 | บ้านเวียงแก้ว | 2240769.882 | 646974.090 | 20°15'32.46980" | 100°24'26.07768" | 322.614          |
| CP19/1 | บ้านใจโก้     | 2238135.870 | 648760.108 | 20°14'06.31184" | 100°25'26.84514" | 324.165          |
| CP19/2 | บ้านใจโก้     | 2238063.458 | 648883.743 | 20°14'03.92234" | 100°25'31.08364" | 324.173          |
| CP20/1 | บ้านดอนมหาวัน | 2236998.364 | 651434.514 | 20°13'28.56470" | 100°26'58.65058" | 321.958          |
| CP20/2 | บ้านดอนมหาวัน | 2237009.089 | 651528.410 | 20°13'28.88673" | 100°27'01.88881" | 321.957          |
| CP21/1 | บ้านเด่น      | 2234074.825 | 648889.266 | 20°11'54.20580" | 100°25'30.09250" | 320.454          |
| CP21/2 | บ้านเด่น      | 2234058.521 | 649065.696 | 20°11'53.62626" | 100°25'36.16529" | 320.257          |
| CP22/1 | บ้านปากอิงใต้ | 2234055.685 | 650992.061 | 20°11'52.99182" | 100°26'42.52300" | 316.887          |
| CP22/2 | บ้านปากอิงใต้ | 2234240.644 | 651075.098 | 20°11'58.98332" | 100°26'45.43893" | 316.940          |
| CP23/1 | บ้านปากอิง    | 2233005.135 | 651360.319 | 20°11'18.72251" | 100°26'54.89261" | 325.446          |
| CP23/2 | บ้านปากอิง    | 2232835.994 | 651213.825 | 20°11'13.26345" | 100°26'49.79580" | 322.918          |
| CP24/1 | บ้านห้วยเอียน | 2232274.860 | 654631.533 | 20°10'54.03518" | 100°28'47.34528" | 319.908          |
| CP24/2 | บ้านห้วยเอียน | 2232212.832 | 654724.885 | 20°10'51.99095" | 100°28'50.54158" | 322.120          |
| CP25/1 | บ้านแจมป่อง   | 2227649.691 | 657609.926 | 20°08'22.75240" | 100°30'28.48477" | 317.731          |
| CP25/2 | บ้านแจมป่อง   | 2227525.224 | 657510.421 | 20°08'18.73402" | 100°30'25.01963" | 317.453          |
| CP26/1 | บ้านไทยเจริญ  | 2228168.191 | 660540.686 | 20°08'38.74204" | 100°32'09.56547" | 325.724          |
| CP26/2 | บ้านไทยเจริญ  | 2228263.481 | 660568.594 | 20°08'41.83246" | 100°32'10.55677" | 323.834          |
| CP27/1 | บ้านห้วยลิก   | 2229203.860 | 661038.733 | 20°09'12.27189" | 100°32'27.04572" | 323.824          |
| CP27/2 | บ้านห้วยลิก   | 2229315.562 | 661100.457 | 20°09'15.88580" | 100°32'29.20690" | 315.895          |



### 3.2 วิธีการรังวัดหาค่าพิกัดทางตั้ง

ดำเนินการสำรวจรังวัดหาค่าพิกัดทางตั้งของหมุดหลักฐานถาวรทั้งแบบ ก. และแบบ ข. ที่ก่อสร้างขึ้นใหม่ในโครงการ โดยใช้วิธีการหาค่าพิกัดทางตั้งด้วยการทำระดับ ด้วยวิธีการทำระดับแบบเดินไปและกลับ (Double Run) โดยกำหนดเกณฑ์ชั้นของงานสำรวจ ที่งานระดับชั้นที่ 3 ( $\pm 12\sqrt{K}$  มม. โดย K คือ ระยะทางหน่วยเป็นกิโลเมตร) โดยอ้างอิงค่าพิกัดทางตั้งออกงานจากหมุดระดับชั้นที่ 1 ของกรมแผนที่ทหาร ซึ่งตั้งอยู่ ณ บริเวณที่ว่าการ อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ซึ่งสายการระดับจะเริ่มต้นค่าพิกัดออกจากหมุดประธานของโครงการเข้าสู่หมุดหลักฐานถาวรของโครงการศึกษา (แบบ ก. และแบบ ข.) โดยสายการระดับนี้มีแนวของสายการระดับตามชายฝั่งแม่น้ำโขง ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่บริเวณท่าเรือเชียงแสน 2 อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ไปจนถึงบริเวณหมู่บ้านห้วยลึก อำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย รวมระยะทางประมาณ 118 กิโลเมตร แสดงดังรูปที่ 3-10 และ 3-11



รูปที่ 3-10 ภาพแสดงพื้นที่โครงการสำรวจโดยสังเขป

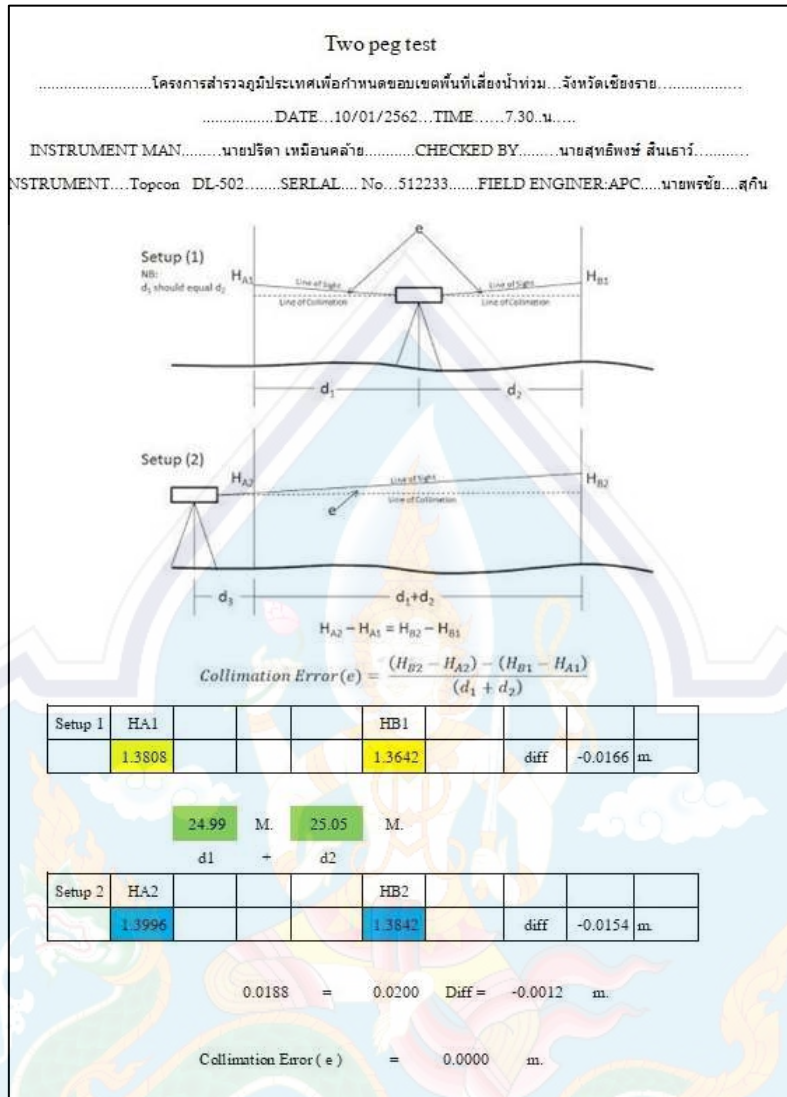


รูปที่ 3-11 การปฏิบัติทำงานระดับในพื้นที่โครงการ

และระหว่างทางของสายการระดับจะมีสร้างหมุดหลักฐานชั่วคราว (Temporary Bench Mark : TBM) ไว้ทุก ๆ 2 กิโลเมตร ตลอดสายการระดับของโครงการ พร้อมทั้งจัดทำเอกสารประกอบการรังวัดภาคสนาม และการคำนวณงานโยงค่าพิกัดด้วยวิธีการทำระดับชั้นที่ 3 แสดงดังรูปที่ 4-12 และ 4-13



รูปที่ 3-12 หมุดชั่วคราว (TBM) ตลอดสายการระดับโครงการ



รูปที่ 3-13 การทดสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดก่อนดำเนินการสำรวจ

ในการสำรวจหาค่าพิกัดทางตั้งด้วยการทำระดับนั้น ได้ดำเนินการประมวลและตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลค่าระดับที่สำรวจรวมถึงหมุดที่ใช้ยึดโยงค่าพิกัดทางตั้งในโครงการได้แก่ หมุด ระดับชั้นที่ 1 กรมแผนที่ทหาร (RTSD\_Y28) และ หมุดของสำนักงานพลังงานแห่งชาติ (HYDRO) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ในการทำงานในส่วนของการหาค่าระดับนี้ ได้เลือกใช้วิธีการหาค่าโดยวิธีการทำระดับแบบ ไป-กลับ (Double Run) โดยสายการระดับนี้มีความยาวทั้งหมด 118 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่บริเวณท่าเรือ เชียงแสน 2 อำเภอ เชียงแสน จังหวัดเชียงราย ไปจนถึงบริเวณหมู่บ้านห้วยลึก อำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย โดยใช้เกณฑ์ความถูกต้องของงานระดับชั้นที่ 3 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทรัพยากรน้ำ ที่ได้ระบุไว้ โดยในการปฏิบัติงานในพื้นที่ของโครงการศึกษา จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ทีม (เดินไป-เดินกลับ) และมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. กล้องระดับแบบดิจิตอล จำนวน 2 เครื่อง (แสดงดังรูปที่ 3-14)  
- ยี่ห้อ : Topcon รุ่น : DL-502 Serial Number : 512231 / 512233



รูปที่ 3-14 กล้องระดับแบบอัตโนมัติที่ใช้สำรวจในโครงการ

2. ไม้สตาฟแบบบาร์โค้ด จำนวน 4 ชั้น (แสดงดังรูปที่ 3-15)



รูปที่ 3-15 ไม้สตาฟแบบบาร์โค้ดที่ใช้สำรวจในโครงการ

## การประมวลผลและคุณภาพงานระดับ

### 1. การเลือกหมุดระดับออกงาน

ในโครงการมีการกำหนด หมุดระดับอ้างอิงไว้ 2 แห่ง คือ RTSD\_Y28 (กรมแผนที่ทหาร) และ HYDRO (หมุดของสำนักงานพลังงานแห่งชาติ) โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 รายละเอียดของหมุด RTSD\_Y28 และหมุด HYDRO ข้อมูลระบุไว้ภาคผนวกคตาม TOR

| ชื่อหมุด | Latitude            | Longitude            | Elevation (m.) |
|----------|---------------------|----------------------|----------------|
| RTSD_Y28 | 20° 16' 31.32889" N | 100° 05' 16.99517" E | 370.278        |
| HYDRO    | 20° 14' 34.28473" N | 100° 08' 58.46922" N | 369.663        |

โดยหมุด RTSD\_Y28 ตั้งอยู่ ณ บริเวณที่ว่าการอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย และหมุด HYDRO ตั้งอยู่ ณ บริเวณสบกก บ้านแซว ตำบลบ้านแซว อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย

### 2. ผลการปรับแก้แบบโครงข่ายอิสระ (Free-Net)

ในการเดินระดับชั้น 3 จากหมุด RTSD\_Y28 ผ่านหมุดระดับหลักในโครงการ BM1 จากด้านตะวันตก ตามริมตลิ่งแม่น้ำโขงไปสิ้นสุดทางด้านตะวันออกสุดของโครงการที่หมุดระดับ BM27 ปรากฏดังรูปที่ 3-16



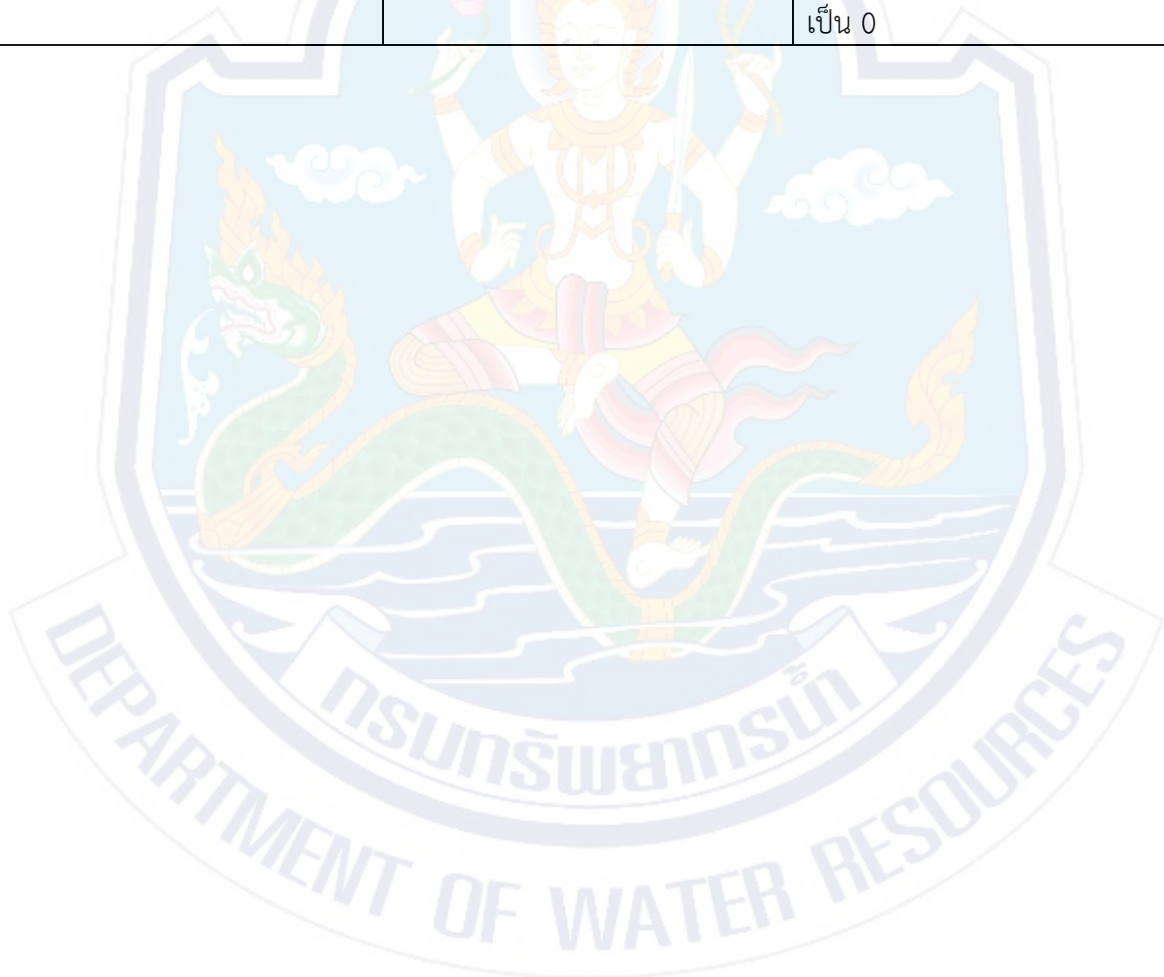
รูปที่ 3-16 สายการระดับของพื้นที่โครงการ





เพื่อให้ผลลัพธ์ของค่าระดับที่ได้จากการเดินระดับ ไป-กลับทุกช่วงสายระดับ (ระยะทางประมาณ 1 กิโลเมตร) มีความละเอียดถูกต้องและผลของค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จึงมีขั้นตอนของการตรวจสอบค่าแย้ง (Clousure) โดยค่าแย้งในแต่ละช่วง จะต้องมีความแย้ง ไม่เกินเกณฑ์  $12\sqrt{k}$  โดยที่ k คือระยะห่างระหว่างหมุดสองหมุด ซึ่งเป็นขั้นตอนเพื่อการตรวจสอบคุณภาพภายในของโครงข่ายระดับชนิดไม่มีการบังคับ (Zero Constraint) ซึ่งหลังจากการตรวจสอบค่าแย้งเสร็จ จึงทำการปรับแก้โครงข่ายด้วย Free Levelling Net Adjustment ผลปรากฏเป็นที่พอใจ ไม่พบความผิดปกติใด

| พารามิเตอร์                      | ค่าที่ได้                | ข้อสังเกต  |
|----------------------------------|--------------------------|--|
| A posteriori Sigma0              | 4.1 mm.                  |  |
| ความแม่นยำ S.D. ของ BM1 ถึง BM27 | 8.3 ถึง 17.5 มม.         | ปกติ สอดคล้อง 1 กิโลเมตร ควรจะอยู่ในช่วง 12 มิลลิเมตร            |
| Norm of Unknown X : -            | 1.8474111129762605e-12 m | ข้อมูลค่าต่างระดับโยงยึดอิสระ ผลรวมค่าระดับของทุกหมุดมีค่าเป็น 0 |





ค่าระดับสมมุติและความแม่นยำที่เป็นไปตามเกณฑ์การปรับแก้แบบโครงข่ายอิสระ (Free-Net)  
SADD SADSDADAS

| ลำดับ | ชื่อหมู่บ้าน    | ชื่อหมุด | ความแม่นยำ (mm.) | S.D. (mm.) |
|-------|-----------------|----------|------------------|------------|
| 1     | บ้านท่าขันทอง   | BM01     | 3.7444           | 13.4       |
| 2     | บ้านสวนดอก      | BM02     | 2.0944           | 12.6       |
| 3     | บ้านปางของเหนือ | BM03     | 0.4251           | 11.5       |
| 4     | บ้านปางของ      | BM04     | 0.4508           | 11.4       |
| 5     | บ้านสบยาบ       | BM05     | 2.7820           | 10.7       |
| 6     | บ้านสันตันเปา   | BM06     | 1.6163           | 10.0       |
| 7     | บ้านหาดทรายทอง  | BM07     | -0.4346          | 9.6        |
| 8     | บ้านหาดบาย      | BM08     | 3.5232           | 9.4        |
| 9     | บ้านดอนที่      | BM09     | 0.3679           | 9.3        |
| 10    | บ้านสองพี่น้อง  | BM10     | 13.2406          | 9.7        |
| 11    | บ้านเมืองกาญจน์ | BM11     | -4.1031          | 8.3        |
| 12    | บ้านใหม่เจริญ   | BM12     | -6.3183          | 8.3        |
| 13    | บ้านห้วยเย็น    | BM13     | -6.4931          | 8.3        |
| 14    | บ้านห้วยเม็ง    | BM14     | -10.1294         | 8.9        |
| 15    | บ้านห้วยกอก     | BM15     | -7.6378          | 8.8        |
| 16    | บ้านหัวเวียง    | BM16     | -0.1745          | 9.1        |
| 17    | บ้านทุ่งพัฒนา   | BM17     | 8.5103           | 10.1       |
| 18    | บ้านเวียงแก้ว   | BM18     | -4.7274          | 9.3        |
| 19    | บ้านโจโก้       | BM19     | -4.5914          | 10.4       |
| 20    | บ้านดอนมหาวัน   | BM20     | -7.0254          | 11.6       |
| 21    | บ้านเต็น        | BM21     | -8.4524          | 11.2       |
| 22    | บ้านปากอิงใต้   | BM22     | -11.3959         | 11.7       |
| 23    | บ้านปากอิง      | BM23     | -5.6832          | 12.1       |
| 24    | บ้านห้วยเอียน   | BM24     | -7.7949          | 13.0       |
| 25    | บ้านแจมป่อง     | BM25     | -10.8140         | 14.5       |





ผลการปรับแก้แบบโครงข่ายบังคับขั้นต่ำสุด (Minimally Constraint) ในการตรวจสอบสายระดับที่ต่อเชื่อมกันจากตะวันตกไปยังตะวันออกกว่า 80 กิโลเมตร โครงการได้กำหนดโครงข่ายเป็นช่วงด้วยหมุดระดับ RTSD\_Y28, HYDRO, BM-19, P2556 และ BM27 หมุดระดับเหล่านี้ ได้ทำการรังวัด Precise Point Positioning ข้อมูล 12 ชั่วโมงรับสัญญาณ GPS และ GLONASS ค่าระดับที่คำนวณร่วมกับ precise orbit and clock จากบริการ Trimble RTX Service จะให้ค่าระดับเหนือทรวงรี จากนั้นได้ปรับทอนค่าลงบนย็อยด์ Thai Geoid Model 2017 (TGM2017) ปรากฏในตารางต่อไปนี้ หมุดระดับ RTSD\_Y28, HYDRO, BM-19, P2556 และ BM27 จะมีค่าระดับ รทก. ไว้ใช้ตรวจสอบการประกอบสายระดับทั้งโครงการ

| Point          | Lat                 | Long                 | ELL.Hgt | TGM-2017  | MSL-TGM2017 |
|----------------|---------------------|----------------------|---------|-----------|-------------|
| Y28_PPP12Hr    | 20° 16' 31.32889" N | 100° 05' 16.99517" E | 332.869 | -37.23928 | 370.108     |
| HYDRO_PPP12Hr  | 20° 14' 34.28473"   | 100° 08' 58.46922"   | 328.471 | -37.06199 | 365.533     |
| P.2556_PPP12Hr | 20° 15' 33.54830" N | 100° 24' 25.03228" E | 324.631 | -36.39804 | 361.029     |
| BM27_PPP12Hr   | 20° 09' 14.53587" N | 100° 32' 28.22837" E | 318.937 | -35.91454 | 354.852     |

ขาด BM19 via #BM19 : 360.6639 # via base3km->CHKG Ellp.H 324.311

ในการทดสอบ โครงการฯ ได้ตรึงยึดค่าระดับหมุดระดับที่จุดเริ่มต้นโครงการที่ RTSD\_Y28 ที่เกือบกึ่งกลาง BM19 ปลายโครงการ BM27 แล้วทำการคำนวณปรับแก้ทั้ง 3 กรณีด้วย การปรับแก้แบบโครงข่ายบังคับขั้นต่ำสุด (Minimally Constraint) จากนั้นนำค่าระดับของหมุดต่าง ๆ ที่เลือกไว้ตรวจสอบตามสายระดับไปหาผลต่าง ได้ผลสรุปในตารางต่อไปนี้

| การกำหนดระดับ      | RTSD_Y28 | HYDRO   | BM-19   | P2556   | BM-27   | Apos.S0 |
|--------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1.PPP-24hr/TGM2017 | 370.108  | 365.533 | 360.664 | 361.029 | 354.852 |         |
| 2. ตรึง RTSD_Y28   |          | 365.528 | 360.735 | 361.124 | 354.939 | 4.1 mm  |
| ค่าต่าง            |          | 0.005   | -0.072  | -0.095  | -0.087  |         |
| 3. ตรึง BM-19      | 370.037  | 365.456 |         | 361.053 | 354.868 | 4.1 mm  |
| ค่าต่าง            | 0.072    | 0.077   |         | -0.024  | -0.016  |         |
| 4. ตรึง BM27       | 370.021  | 365.440 | 360.648 | 361.037 |         | 4.1 mm  |
| ค่าต่าง            | 0.087    | 0.093   | 0.016   | -0.008  |         |         |





จากค่าต่าง ๆ ของหมุดระดับที่กำหนดไว้ตรวจสอบ RTSD\_Y28, BM-19, P2556 และ BM27 โดยรวมค่าต่างระดับมีค่าน้อยกว่า 95 มิลลิเมตร เกิดขึ้นที่หมุด P2556 สำหรับโครงข่ายระยะเกือบ 80 กิโลเมตร หากประมาณค่าแย้งระดับงานชั้น 3 ที่ยอมให้ ค่าแย้ง (Clousure) ไม่เกินเกณฑ์ 12 มิลลิเมตร ต่อ  $\sqrt{k}$  ซึ่งเท่ากับ 107 มิลลิเมตร

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การเดินระดับชั้น 3 ที่ต่อเชื่อมกันจากตะวันตกไปยังตะวันออกได้คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ผ่าน มีความละเอียดถูกต้อง ไม่มีความผิดพลาดอย่างเป็นระบบ ไม่มีความผิดพลาดอื่นใดแฝง

### 3. การคำนวณสรุปค่าระดับของหมุดระดับ

ในโครงการฯ พื้นที่ที่จะประเมินความเสี่ยงภัยน้ำท่วมมี 27 หมู่บ้าน โครงการได้ทำการสร้างหมุด BMx, CPx/1 และ CPx/2 ซึ่งได้มีการเดินระดับผ่านร้อยเรียงเข้าเป็นสายระดับทั้งหมดข้อมูลมีความละเอียดถูกต้องและมีคุณภาพพอที่จะคำนวณค่าระดับของหมุดหลักและหมุดรองที่เหลือทั้งหมดในโครงข่าย

โครงการฯ ตัดสินใจเลือก หมุด RTSD\_Y28 เป็นหมุดออกงาน เพราะมีความสอดคล้องกับผลการตรวจสอบ ด้วยการรังวัด (Precise Point Positioning : PPP) 12 ชั่วโมงและแบบจำลอง TGM2017 โดยมีผลต่างอยู่ 0.170 เมตร ซึ่งอยู่เกณฑ์ความละเอียดถูกต้องของแบบจำลองย้อยดีไทย (TGM2017) อีกทั้งอาจเป็นความละเอียดถูกต้องของ RTSD\_Y28 ที่เป็นหมุดระดับอยู่ปลายโครงข่าย เหนือสุดของประเทศ ซึ่งอีกเหตุผลประกอบเพื่อใช้พิจารณาในการใช้หมุด RTSD\_Y28 ออกงานนี้ นั่นคือจากการตรวจสอบ ด้วยการรังวัด (Precise Point Positioning : PPP) 12 ชั่วโมงและแบบจำลอง TGM2017 ของหมุด HYDRO มีผลต่างอยู่ 4.130 เมตร ซึ่งไม่สามารถใช้เป็นหมุดออกงานได้

```
#RTSD_Y28 : 370.2780
#RTSD_Y28 : 370.108 # via TGM2017 PPP-12hr 332.869
ค่าต่าง 0.170
#HYDRO : 369.663
#RTSD_Y28 : 369.663 # via TGM2017 PPP-12hr 365.533
ค่าต่าง 4.130
```

ค่าระดับ RTSD\_Y28 ที่เลือกใช้ 370.2780 เมตร ถูกนำไปคำนวณร่วมกับค่าต่างระดับที่ประกอบรวมเป็นโครงข่ายฯ ตรวจสอบแล้วข้างต้น ผลการคำนวณค่าระดับของทุกหมุดและความแม่นยำ (S.D.) ปรากฏในตารางต่อไปนี้





ตารางที่ 3-8 ผลการคำนวณค่าระดับและความแม่นยำ (S.D.)

| No. | Name            | Point No. | Height (m.) | S.D.(mm.) |
|-----|-----------------|-----------|-------------|-----------|
| 1   | บ้านท่าขันทอง   | BM01      | 369.241     | 12.2      |
| 2   | บ้านสวนดอก      | BM02      | 367.591     | 13.3      |
| 3   | บ้านปางของเหนือ | BM03      | 365.922     | 14.7      |
| 4   | บ้านปางของ      | BM04      | 365.948     | 14.9      |
| 5   | บ้านสบยาบ       | BM05      | 368.279     | 15.9      |
| 6   | บ้านสันตันเปา   | BM06      | 367.113     | 16.9      |
| 7   | บ้านหาดทรายทอง  | BM07      | 365.062     | 17.6      |
| 8   | บ้านหาดบ้าย     | BM08      | 369.02      | 17.9      |
| 9   | บ้านดอนठी       | BM09      | 365.865     | 18.1      |
| 10  | บ้านสองพี่น้อง  | BM10      | 378.737     | 20.4      |
| 11  | บ้านเมืองกาญจน์ | BM11      | 361.394     | 21.0      |
| 12  | บ้านใหม่เจริญ   | BM12      | 359.178     | 21.3      |
| 13  | บ้านห้วยเย็น    | BM13      | 359.004     | 21.4      |
| 14  | บ้านห้วยเม็ง    | BM14      | 355.367     | 23.3      |
| 15  | บ้านห้วยกอก     | BM15      | 357.859     | 23.4      |
| 16  | บ้านหัวเวียง    | BM16      | 365.322     | 23.9      |
| 17  | บ้านทุ่งพัฒนา   | BM17      | 374.007     | 24.4      |
| 18  | บ้านเวียงแก้ว   | BM18      | 360.769     | 24.2      |
| 19  | บ้านโจโก้       | BM19      | 360.905     | 24.9      |
| 20  | บ้านดอนมหาวัน   | BM20      | 358.471     | 25.4      |
| 21  | บ้านเต็น        | BM21      | 357.044     | 25.7      |
| 22  | บ้านปากอิงใต้   | BM22      | 354.101     | 26.1      |
| 23  | บ้านปากอิง      | BM23      | 359.814     | 26.4      |
| 24  | บ้านห้วยเอียน   | BM24      | 357.702     | 27.0      |
| 25  | บ้านแจมป่อง     | BM25      | 354.683     | 28.0      |
| 26  | บ้านไทยเจริญ    | BM26      | 362.008     | 29.6      |
| 27  | บ้านห้วยลึก     | BM27      | 355.109     | 29.8      |





ตารางที่ 3-8 ผลการคำนวณค่าระดับและความแม่นยำ (S.D.) (ต่อ)

| No. | Name            | Point No. | Height (m.) | S.D.(mm.) |
|-----|-----------------|-----------|-------------|-----------|
| 28  | บ้านท่าขันทอง   | CP01/1    | 368.877     | 12.2      |
|     |                 | CP01/2    | 368.987     | 12.2      |
| 29  | บ้านสวนดอก      | CP02/1    | 367.766     | 13.3      |
|     |                 | CP02/2    | 368.65      | 13.4      |
| 30  | บ้านปางของเหนือ | CP03/1    | 365.487     | 14.7      |
|     |                 | CP03/2    | 365.177     | 14.7      |
| 31  | บ้านปางของ      | CP04/1    | 365.094     | 14.9      |
|     |                 | CP04/2    | 366.208     | 14.9      |
| 32  | บ้านสบยาบ       | CP05/1    | 369.332     | 16.0      |
|     |                 | CP05/2    | 367.505     | 15.9      |
| 33  | บ้านสันตันเปา   | CP06/1    | 367.203     | 16.9      |
|     |                 | CP06/2    | 367.23      | 16.9      |
| 34  | บ้านหาดทรายทอง  | CP07/1    | 364.673     | 17.6      |
|     |                 | CP07/2    | 365.45      | 17.6      |
| 35  | บ้านหาดบ้าย     | CP08/1    | 368.31      | 17.8      |
|     |                 | CP08/2    | 368.586     | 17.9      |
| 36  | บ้านดอนती       | CP09/1    | 367.945     | 18.1      |
|     |                 | CP09/2    | 368.099     | 18.2      |
| 37  | บ้านสองพี่น้อง  | CP10/1    | 382.523     | 20.4      |
|     |                 | CP10/2    | 376.491     | 20.4      |
| 38  | บ้านเมืองกาญจัน | CP11/1    | 361.039     | 21.0      |
|     |                 | CP11/2    | 360.958     | 21.1      |
| 39  | บ้านใหม่เจริญ   | CP12/1    | 359.927     | 21.3      |
|     |                 | CP12/2    | 358.863     | 21.3      |
| 40  | บ้านห้วยเย็น    | CP13/1    | 358.466     | 21.4      |
|     |                 | CP13/2    | 360.899     | 21.4      |





ตารางที่ 3-8 ผลการคำนวณค่าระดับและความแม่นยำ (S.D.) (ต่อ)

| No. | Name          | Point No. | Height (m.) | S.D.(mm.) |
|-----|---------------|-----------|-------------|-----------|
| 41  | บ้านห้วยเม็ง  | CP14/1    | 357.349     | 23.2      |
|     |               | CP14/2    | 357.057     | 23.3      |
| 42  | บ้านห้วยกอก   | CP15/1    | 356.74      | 23.4      |
|     |               | CP15/2    | 359.123     | 23.5      |
| 43  | บ้านหัวเวียง  | CP16/1    | 365.071     | 23.9      |
|     |               | CP16/2    | 364.631     | 23.9      |
| 44  | บ้านทุ่งพัฒนา | CP17/1    | 373.517     | 24.4      |
|     |               | CP17/2    | 373.296     | 24.4      |
| 45  | บ้านเวียงแก้ว | CP18/1    | 359.936     | 24.2      |
|     |               | CP18/2    | 359.324     | 24.2      |
| 46  | บ้านใจโก้     | CP19/1    | 360.833     | 24.8      |
|     |               | CP19/2    | 360.837     | 24.9      |
| 47  | บ้านดอนมหาวัน | CP20/1    | 358.58      | 25.4      |
|     |               | CP20/2    | 358.577     | 25.4      |
| 48  | บ้านเต็น      | CP21/1    | 357.086     | 25.7      |
|     |               | CP21/2    | 356.883     | 25.8      |
| 49  | บ้านปากอิงใต้ | CP22/1    | 353.629     | 26.1      |
|     |               | CP22/2    | 353.685     | 26.1      |
| 50  | บ้านปากอิง    | CP23/1    | 362.092     | 26.4      |
|     |               | CP23/2    | 359.543     | 26.4      |
| 51  | บ้านห้วยเอียน | CP24/1    | 356.368     | 27.0      |
|     |               | CP24/2    | 358.555     | 27.0      |
| 52  | บ้านแจมป่อง   | CP25/1    | 353.985     | 28.0      |
|     |               | CP25/2    | 353.726     | 28.0      |
| 53  | บ้านไทยเจริญ  | CP26/1    | 361.854     | 29.6      |
|     |               | CP26/2    | 359.952     | 29.6      |
| 54  | บ้านห้วยลี้ก  | CP27/1    | 359.993     | 29.8      |
|     |               | CP27/2    | 352.053     | 29.8      |





ตารางที่ 3-9 ผลการคำนวณค่าระดับและความแม่นยำ (S.D.) หมุดชั่วคราวและหมุดที่ใช้อ้างอิง

| No. | Point No. | Height (m.) | S.D.(mm.) |
|-----|-----------|-------------|-----------|
| 1   | HYDRO     | 365.697     | 10.4      |
| 2   | P2556     | 361.294     | 24.2      |
| 3   | TBM001    | 370.350     | 2.9       |
| 4   | TBM002    | 370.408     | 4.1       |
| 5   | TBM003    | 367.693     | 5.1       |
| 6   | TBM004    | 368.890     | 5.8       |
| 7   | TBM005    | 371.082     | 6.5       |
| 8   | TBM006    | 367.709     | 7.1       |
| 9   | TBM007    | 366.862     | 7.7       |
| 10  | TBM008    | 385.877     | 8.3       |
| 11  | TBM009    | 375.136     | 8.7       |
| 12  | TBM010    | 370.176     | 9.2       |
| 13  | TBM011    | 366.709     | 9.6       |
| 14  | TBM012    | 366.897     | 10.1      |
| 15  | TBM012/1  | 365.297     | 10.3      |
| 16  | TBM013    | 373.496     | 10.5      |
| 17  | TBM014    | 369.125     | 10.9      |
| 18  | TBM015    | 369.891     | 11.3      |
| 19  | TBM016    | 369.835     | 11.6      |
| 20  | TBM017    | 369.114     | 12.0      |
| 21  | TBM018    | 369.348     | 12.3      |
| 22  | TBM019    | 370.192     | 12.7      |
| 23  | TBM020    | 366.627     | 13.0      |
| 24  | TBM021    | 366.544     | 13.3      |
| 25  | TBM022    | 368.74      | 13.6      |
| 26  | TBM023    | 365.812     | 13.9      |
| 27  | TBM024    | 366.133     | 14.2      |
| 28  | TBM025    | 364.166     | 14.5      |
| 29  | TBM026    | 365.905     | 14.8      |
| 30  | TBM027    | 368.512     | 15.1      |
| 31  | TBM028    | 366.079     | 15.3      |
| 32  | TBM029    | 375.997     | 15.6      |
| 33  | TBM030    | 367.777     | 15.9      |
| 34  | TBM031    | 368.976     | 16.1      |







ตารางที่ 3-9 ผลการคำนวณค่าระดับและความแม่นยำ (S.D.) หมุดชั่วคราวและหมุดที่ใช้อ้างอิง (ต่อ)

| No. | Point No. | Height (m.) | S.D.(mm.) |
|-----|-----------|-------------|-----------|
| 35  | TBM032    | 378.826     | 16.4      |
| 36  | TBM033    | 369.481     | 16.7      |
| 37  | TBM034    | 367.32      | 17        |
| 38  | TBM035    | 365.819     | 17.2      |
| 39  | TBM036    | 369.591     | 17.4      |
| 40  | TBM037    | 373.374     | 17.7      |
| 41  | TBM038    | 367.782     | 17.9      |
| 42  | TBM039    | 368.358     | 18.2      |
| 43  | TBM040    | 364.265     | 18.4      |
| 44  | TBM041    | 368.731     | 18.6      |
| 45  | TBM042    | 364.658     | 18.8      |
| 46  | TBM043    | 365.68      | 19.1      |
| 47  | TBM044    | 368.826     | 19.3      |
| 48  | TBM045    | 368.407     | 19.5      |
| 49  | TBM046    | 361.832     | 19.7      |
| 50  | TBM046/1  | 371.135     | 19.9      |
| 51  | TBM046/2  | 380.525     | 20.1      |
| 52  | TBM046/3  | 384.550     | 20.3      |
| 53  | TBM047    | 367.121     | 19.9      |
| 54  | TBM048    | 365.383     | 20.1      |
| 55  | TBM049    | 369.572     | 20.3      |
| 56  | TBM050    | 372.868     | 20.5      |
| 57  | TBM051    | 369.642     | 20.7      |
| 58  | TBM052    | 362.499     | 20.9      |
| 59  | TBM053    | 361.122     | 21.1      |
| 60  | TBM054    | 358.63      | 21.3      |
| 61  | TBM055    | 370.960     | 21.5      |
| 62  | TBM056    | 440.502     | 21.7      |
| 63  | TBM057    | 416.808     | 21.9      |
| 64  | TBM058    | 398.300     | 22.1      |
| 65  | TBM059    | 365.837     | 22.3      |
| 66  | TBM060    | 367.175     | 22.5      |
| 67  | TBM061    | 376.424     | 22.7      |





ตารางที่ 3-9 ผลการคำนวณค่าระดับและความแม่นยำ (S.D.) หมุดชั่วคราวและหมุดที่ใช้อ้างอิง (ต่อ)

| No. | Point No. | Height (m.) | S.D.(mm.) |
|-----|-----------|-------------|-----------|
| 68  | TBM062    | 363.444     | 22.9      |
| 69  | TBM063    | 366.919     | 23.1      |
| 70  | TBM063/1  | 358.779     | 23.2      |
| 71  | TBM064    | 385.951     | 23.3      |
| 72  | TBM065    | 357.730     | 23.5      |
| 73  | TBM066    | 393.228     | 23.6      |
| 74  | TBM067    | 363.263     | 23.8      |
| 75  | TBM067/1  | 362.881     | 24.0      |
| 76  | TBM067/2  | 357.572     | 24.2      |
| 77  | TBM067/3  | 372.784     | 24.4      |
| 78  | TBM068    | 362.053     | 24.0      |
| 79  | TBM069    | 360.983     | 24.2      |
| 80  | TBM070    | 361.115     | 24.4      |
| 81  | TBM070/1  | 359.538     | 24.5      |
| 82  | TBM070/2  | 361.721     | 24.7      |
| 83  | TBM070/3  | 361.093     | 24.9      |
| 84  | TBM070/4  | 360.028     | 25.1      |
| 85  | TBM070/5  | 358.119     | 25.2      |
| 86  | TBM070/6  | 357.084     | 25.4      |
| 87  | TBM071    | 360.150     | 24.6      |
| 88  | TBM072    | 361.602     | 24.7      |
| 89  | TBM073    | 358.355     | 24.9      |
| 90  | TBM074    | 359.684     | 25.1      |
| 91  | TBM075    | 358.541     | 25.2      |
| 92  | TBM076    | 357.097     | 25.4      |
| 93  | TBM077    | 357.016     | 25.6      |
| 94  | TBM078    | 357.185     | 25.7      |
| 95  | TBM079    | 354.120     | 25.9      |
| 96  | TBM080    | 354.259     | 26        |
| 97  | TBM081    | 355.031     | 26.2      |
| 98  | TBM081/1  | 362.228     | 26.3      |
| 99  | TBM082    | 361.353     | 26.4      |
| 100 | TBM083    | 361.794     | 26.6      |
| 101 | TBM084    | 373.227     | 26.7      |





ตารางที่ 3-9 ผลการคำนวณค่าระดับและความแม่นยำ (S.D.) หมุดชั่วคราวและหมุดที่ใช้อ้างอิง (ต่อ)

| No. | Point No. | Height (m.) | S.D.(mm.) |
|-----|-----------|-------------|-----------|
| 102 | TBM085    | 367.148     | 26.9      |
| 103 | TBM086    | 359.716     | 27.0      |
| 104 | TBM087    | 358.496     | 27.2      |
| 105 | TBM088    | 378.725     | 27.4      |
| 106 | TBM089    | 358.652     | 27.5      |
| 107 | TBM090    | 359.271     | 27.7      |
| 108 | TBM091    | 359.511     | 27.8      |
| 109 | TBM092    | 354.596     | 28        |
| 110 | TBM093    | 354.519     | 28.1      |
| 111 | TBM094    | 358.764     | 28.3      |
| 112 | TBM095    | 358.884     | 28.4      |
| 113 | TBM096    | 362.860     | 28.6      |
| 114 | TBM097    | 361.775     | 28.7      |
| 115 | TBM098    | 360.099     | 28.9      |
| 116 | TBM099    | 367.997     | 29.0      |
| 117 | TBM100    | 370.503     | 29.1      |
| 118 | TBM101    | 358.180     | 29.3      |
| 119 | TBM102    | 358.259     | 29.4      |
| 120 | TBM103    | 358.313     | 29.6      |
| 121 | TBM104    | 360.423     | 29.7      |





ตารางที่ 3-10 ค่าระดับของหมุดหลักฐานถาวรในโครงการ

| ลำดับ |                 | Point  | Elevation (m.) |
|-------|-----------------|--------|----------------|
| 1     | บ้านท่าขันทอง   | BM01   | 369.241        |
|       |                 | CP01/1 | 368.877        |
|       |                 | CP01/2 | 368.987        |
| 2     | บ้านสวนดอก      | BM02   | 367.591        |
|       |                 | CP02/1 | 367.766        |
|       |                 | CP02/2 | 368.650        |
| 3     | บ้านปางของเหนือ | BM03   | 365.922        |
|       |                 | CP03/1 | 365.487        |
|       |                 | CP03/2 | 365.177        |
| 4     | บ้านปางของ      | BM04   | 365.948        |
|       |                 | CP04/1 | 365.094        |
|       |                 | CP04/2 | 366.208        |
| 5     | บ้านสบบาย       | BM05   | 368.279        |
|       |                 | CP05/1 | 369.332        |
|       |                 | CP05/2 | 367.505        |
| 6     | บ้านสันตันเปา   | BM06   | 367.113        |
|       |                 | CP06/1 | 367.203        |
|       |                 | CP06/2 | 367.230        |
| 7     | บ้านหาดทรายทอง  | BM07   | 365.062        |
|       |                 | CP07/1 | 364.673        |
|       |                 | CP07/2 | 365.450        |
| 8     | บ้านหาดบ้าย     | BM08   | 369.020        |
|       |                 | CP08/1 | 368.310        |
|       |                 | CP08/2 | 368.586        |
| 9     | บ้านดอนที่      | BM09   | 365.865        |
|       |                 | CP09/1 | 367.945        |
|       |                 | CP09/2 | 368.099        |
| 10    | บ้านสองพี่น้อง  | BM10   | 378.737        |
|       |                 | CP10/1 | 382.523        |
|       |                 | CP10/2 | 376.491        |
| 11    | บ้านเมืองกาญจน์ | BM11   | 361.394        |
|       |                 | CP11/1 | 361.039        |
|       |                 | CP11/2 | 360.958        |





ตารางที่ 3-10 ค่าระดับของหมุดหลักฐานถาวรในโครงการ (ต่อ)

| ลำดับ |               | Point  | Elevation (m.) |
|-------|---------------|--------|----------------|
| 12    | บ้านใหม่เจริญ | BM12   | 359.178        |
|       |               | CP12/1 | 359.927        |
|       |               | CP12/2 | 358.863        |
| 13    | บ้านห้วยเย็น  | BM13   | 359.004        |
|       |               | CP13/1 | 358.466        |
|       |               | CP13/2 | 360.899        |
| 14    | บ้านห้วยเม็ง  | BM14   | 355.367        |
|       |               | CP14/1 | 357.349        |
|       |               | CP14/2 | 357.057        |
| 15    | บ้านห้วยกอก   | BM15   | 357.859        |
|       |               | CP15/1 | 356.740        |
|       |               | CP15/2 | 359.123        |
| 16    | บ้านหัวเวียง  | BM16   | 365.322        |
|       |               | CP16/1 | 365.071        |
|       |               | CP16/2 | 364.631        |
| 17    | บ้านทุ่งพัฒนา | BM17   | 374.007        |
|       |               | CP17/1 | 373.517        |
|       |               | CP17/2 | 373.296        |
| 18    | บ้านเวียงแก้ว | BM18   | 360.769        |
|       |               | CP18/1 | 359.936        |
|       |               | CP18/2 | 359.324        |
| 19    | บ้านใจโก้     | BM19   | 360.905        |
|       |               | CP19/1 | 360.833        |
|       |               | CP19/2 | 360.837        |
| 20    | บ้านดอนมหาวัน | BM20   | 358.471        |
|       |               | CP20/1 | 358.580        |
|       |               | CP20/2 | 358.577        |
| 21    | บ้านเต็น      | BM21   | 357.044        |
|       |               | CP21/1 | 357.086        |
|       |               | CP21/2 | 356.883        |
| 22    | บ้านปากอิงใต้ | BM22   | 354.101        |
|       |               | CP22/1 | 353.629        |
|       |               | CP22/2 | 353.685        |





ตารางที่ 3-10 ค่าระดับของหมุดหลักฐานถาวรในโครงการ (ต่อ)

| ลำดับ |               | Point  | Elevation (m.) |
|-------|---------------|--------|----------------|
| 23    | บ้านปากอิง    | BM23   | 359.814        |
|       |               | CP23/1 | 362.092        |
|       |               | CP23/2 | 359.543        |
| 24    | บ้านห้วยเอียน | BM24   | 357.702        |
|       |               | CP24/1 | 356.368        |
|       |               | CP24/2 | 358.555        |
| 25    | บ้านแจมป่อง   | BM25   | 354.683        |
|       |               | CP25/1 | 353.985        |
|       |               | CP25/2 | 353.726        |
| 26    | บ้านไทยเจริญ  | BM26   | 362.008        |
|       |               | CP26/1 | 361.854        |
|       |               | CP26/2 | 359.952        |
| 27    | บ้านห้วยลิก   | BM27   | 355.109        |
|       |               | CP27/1 | 359.993        |
|       |               | CP27/2 | 352.053        |



## การสำรวจเพื่อจัดทำภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV)

เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลระดับของพื้นที่ในแต่ละหมู่บ้านในการทำการประเมินความเสี่ยงและผลกระทบจากระดับน้ำที่คาดว่าจะสูงขึ้น โดยสามารถระบุจำนวนนับอาคารสิ่งปลูกสร้างที่ได้รับผลกระทบได้ ดังนั้นการจัดทำภาพถ่ายทางอากาศ จึงเป็นเทคนิควิธีการสำรวจที่เหมาะสม โดยการสำรวจในโครงการนี้ ได้จัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) ขึ้นใหม่ทั้งหมด เนื่องด้วยไม่อาจจัดหาภาพถ่ายอื่นๆ ที่มีในพื้นที่ที่แสดงถึงสภาพการใช้งานพื้นที่ที่เป็นปัจจุบัน ได้อย่างเหมาะสม โดยมีรายละเอียดการจัดทำภาพถ่ายทางอากาศดังนี้

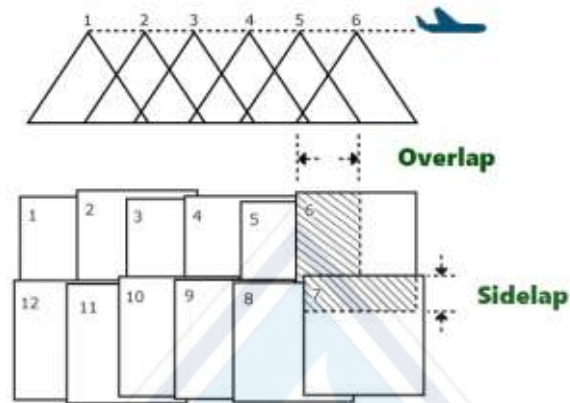
### 5.1 การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อวิเคราะห์และจัดทำข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ

การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ภาพถ่ายซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์และจัดทำแผนภาพออร์โธรี ซึ่งสามารถวิเคราะห์เพื่อจัดทำแผนที่ความสูงเชิงเลข (Digital elevation model : DEM) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะช่วยให้คณะที่ปรึกษาสามารถทำการกำหนดจุดก่อสร้างและติดตั้งเสาบ่อระดับภายในพื้นที่ 27 หมู่บ้าน จำนวนหมู่บ้านละ 3 ต้น รวมทั้งสิ้น 81 ต้น ได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งนำเอาข้อมูลแบบจำลองความสูงมาทำการวิเคราะห์หาพื้นที่ขอบเขตที่อาจได้รับผลกระทบของแนวระดับน้ำที่จะถูกยกตัวที่ระดับ +340, +345 และ +350 ม.รทก. รวมทั้งอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่อาจได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมกลับจำนวน 27 พื้นที่

เพื่อให้ข้อมูลจากภาพถ่ายโดยอากาศยานไร้คนขับมีความถูกต้องและสามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างเหมาะสมนั้น มีรายละเอียดการทำสำรวจไว้ดังนี้

- จัดทำแผนที่ภาพถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับโดยสามารถใช้ได้ทั้งชนิดหลายใบพัด (Multi-Rotor) รุ่น DJI Phantom 4 PRO V.2 ซึ่งมีความเหมาะสมกับขนาดของพื้นที่หมู่บ้าน ที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก และสามารถทำการบินสำรวจจบได้ในการขึ้นบินครั้งเดียว ในหลายๆหมู่บ้าน
- ความสูงในการบินและความละเอียดของบันทึกภาพถ่ายภาพต้องเลือกให้สัมพันธ์กับความละเอียดจุดภาพที่ต้องการโดยกำหนดให้ทำที่ความละเอียด GSD 10 cm หรือละเอียดกว่า
- ส่วนซ้อนในบลิ๊อคภาพให้เป็นสัดส่วน Front overlap=80% และ Side overlap=60%
- วิธีจัดทำจุดบังคับภาพจะใช้ค่าพิกัดทางราบ และพิกัดทางดิ่งด้วยวิธี RTK อย่างน้อย 5 จุด/หมู่บ้าน หรือกลุ่มหมู่บ้าน (CLUSTER)
- ทำการวางแผนแนวบินในมีแนวครอบคลุมไปยังบริเวณริมตลิ่งของแนวแม่น้ำโขงเพื่อให้สามารถสร้างแบบจำลองความสูงพื้นที่ได้ครอบคลุมจรดแนวพื้นที่



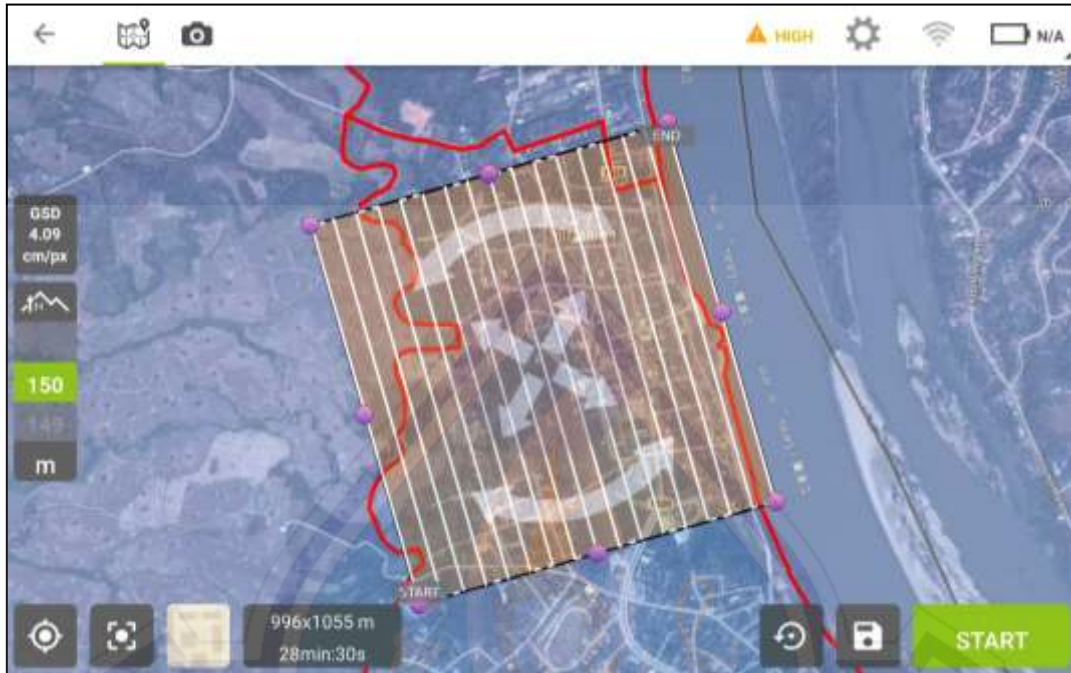


รูปที่ 4-1 การกำหนดพารามิเตอร์สำคัญของการรังวัดด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ



รูปที่ 4-2 จำนวนจุดที่มีการทำรังวัดค่าพิกัดเพื่อจัดทำจุดบังคับภาพถ่ายใน 1 หมู่บ้าน





รูปที่ 4-3 แนวบินสำรวจพื้นที่บินสำรวจครอบคลุมหมู่บ้านและริมฝั่งแม่น้ำโขงฝั่งไทย



รูปที่ 4-4 แนวการบินสำรวจ ตามพารามิเตอร์ค่าการซ้อนทับของภาพถ่าย



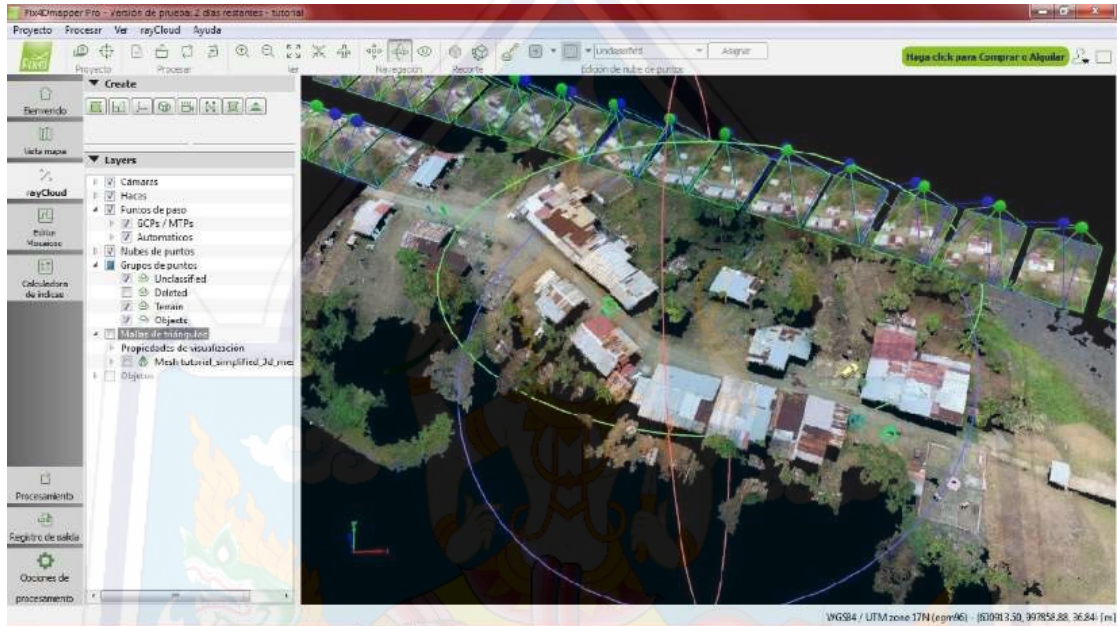
ตารางที่ 4-1 ขนาดพื้นที่โดยสังเขปของหมู่บ้านที่เสี่ยงภัยจากน้ำท่วมในพื้นที่โครงการ

| ลำดับที่ | หมู่บ้าน        | พื้นที่ขอบเขตหมู่บ้าน (ตร.กม.) |
|----------|-----------------|--------------------------------|
| 1        | บ้านท่าขันทอง   | 0.680                          |
| 2        | บ้านสวนดอก      | 0.498                          |
| 3        | บ้านปางของเหนือ | 0.485                          |
| 4        | บ้านปางของ      | 0.672                          |
| 5        | บ้านสบยาม       | 0.593                          |
| 6        | บ้านสันตันเปา   | 1.057                          |
| 7        | บ้านหาดทรายทอง  | 0.308                          |
| 8        | บ้านหาดบาย      | 0.522                          |
| 9        | บ้านดอนที       | 0.211                          |
| 10       | บ้านสองพี่น้อง  | 0.644                          |
| 11       | บ้านเมืองกาญจน์ | 0.454                          |
| 12       | บ้านใหม่เจริญ   | 0.213                          |
| 13       | บ้านห้วยเย็น    | 0.109                          |
| 14       | บ้านห้วยเม็ง    | 0.467                          |
| 15       | บ้านห้วยกอก     | 0.138                          |
| 16       | บ้านหัวเวียง    | 1.265                          |
| 17       | บ้านทุ่งพัฒนา   | 0.349                          |
| 18       | บ้านเวียงแก้ว   | 1.909                          |
| 19       | บ้านใจโก้       | 1.182                          |
| 20       | บ้านดอนมหาวัน   | 0.561                          |
| 21       | บ้านเต็น        | 0.252                          |
| 22       | บ้านปากอิงใต้   | 0.151                          |
| 23       | บ้านปากอิง      | 0.324                          |
| 24       | บ้านห้วยเอียน   | 0.276                          |
| 25       | บ้านแจมป๋อง     | 0.917                          |
| 26       | บ้านไทยเจริญ    | 0.272                          |
| 27       | บ้านห้วยลึก     | 0.461                          |



## 4.2 ซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ Pix4D Mapper

Pix4D Mapper เป็นซอฟต์แวร์ทางด้านงานโฟโตแกรมเมตรี ที่ใช้ในการนำเข้าประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ ในส่วนของหลักการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลจากซอฟต์แวร์คือ ภาพออร์โธรี สตรี ชุดข้อมูล Point Cloud และแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลข ซึ่งสามารถนำผลลัพธ์จากข้อมูลดังกล่าวที่ได้ไปใช้วิเคราะห์ในด้านต่าง ๆ หลายอย่าง อาทิเช่น ด้านการวัดปริมาตรของพื้นที่ ด้านการสร้างโมเดล 3 มิติ เป็นต้น



รูปที่ 4-5 ภาพซอฟต์แวร์ Pix4D Mapper



รูปที่ 4-6 ภาพออร์โธรีที่ผลิตได้



## Quality Report



Generated with Pix4Dmapper version 4.3.31

- Important:** Click on the different icons for:
- Help to analyze the results in the Quality Report
  - Additional information about the sections

Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

### Summary

|  |  |
|--|--|
| Project                                | Huay-leuk  |
| Processed                              | 2019-02-05 19:54:20  |
| Camera Model Name(s)                   | FC6310_8.8_5472x3648 (RGB)   |
| Average Ground Sampling Distance (GSD) | 3.78 cm / 1.49 in  |
| Area Covered                           | 0.990 km <sup>2</sup> / 98.9807 ha / 0.38 sq. mi. / 244.7133 acres |

### Quality Check

|                     |  |   |
|---------------------|--|---|
| Images              | median of 62904 keypoints per image  | ✓ |
| Dataset             | 343 out of 343 images calibrated (100%), all images enabled                        | ✓ |
| Camera Optimization | 1.46% relative difference between initial and optimized internal camera parameters | ✓ |
| Matching            | median of 14371 matches per calibrated image                                       | ✓ |
| Georeferencing      | yes, 5 GCPs (5 3D), mean RMS error = 0.005 m                                       | ✓ |

### Ground Control Points

| GCP Name      | Accuracy XYZ [m] | Error X [m] | Error Y [m] | Error Z [m] | Projection Error [pixel] | Verified/Marked |
|---------------|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-----------------|
| 2703-01 (3D)  | 0.020/0.020      | 0.004       | -0.004      | 0.005       | 0.518                    | 7/7             |
| 2706-01 (3D)  | 0.020/0.020      | -0.008      | 0.005       | 0.006       | 0.369                    | 7/7             |
| 27A2-01 (3D)  | 0.020/0.020      | 0.010       | -0.008      | -0.010      | 0.483                    | 7/7             |
| 2702-01 (3D)  | 0.020/0.020      | -0.006      | 0.004       | 0.004       | 0.376                    | 7/7             |
| 2722-01 (3D)  | 0.020/0.020      | -0.000      | 0.002       | -0.005      | 0.286                    | 6/6             |
| Mean [m]      |                  | -0.000074   | -0.000287   | -0.000041   |                          |                 |
| Sigma [m]     |                  | 0.006600    | 0.004900    | 0.006465    |                          |                 |
| RMS Error [m] |                  | 0.006601    | 0.004909    | 0.006466    |                          |                 |

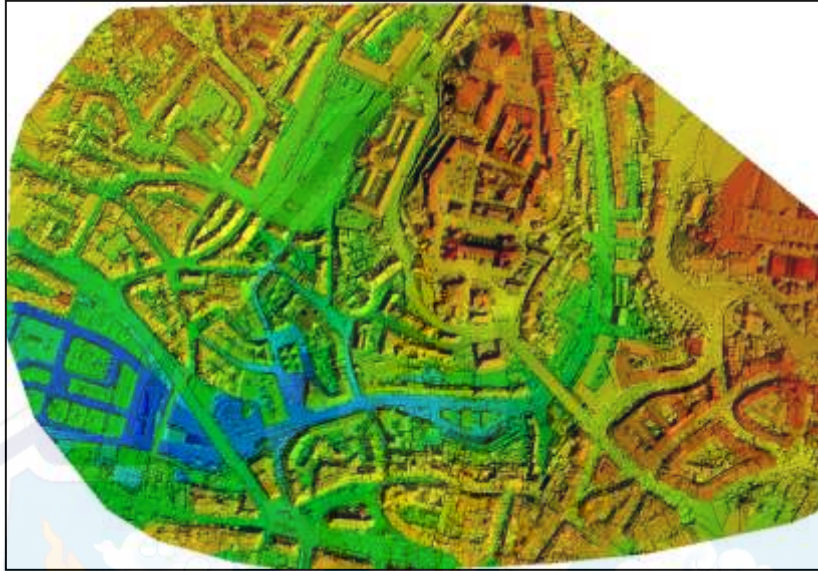
0 out of 2 check points have been labeled as inaccurate.

| Check Point Name | Accuracy XYZ [m] | Error X [m] | Error Y [m] | Error Z [m] | Projection Error [pixel] | Verified/Marked |
|------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-----------------|
| 27A1-01          |                  | 0.0646      | 0.0601      | -0.1333     | 0.2618                   | 7/7             |
| 2730-01          |                  | 0.0676      | -0.0561     | 0.0420      | 0.4639                   | 7/7             |
| Mean [m]         |                  | 0.066099    | 0.001972    | -0.045631   |                          |                 |
| Sigma [m]        |                  | 0.001460    | 0.058092    | 0.087670    |                          |                 |
| RMS Error [m]    |                  | 0.066115    | 0.058126    | 0.098834    |                          |                 |

รูปที่ 4-7 รายงานคุณภาพการประมวลผลและคุณภาพเชิงตำแหน่งของการรังวัดด้วยภาพตรวจสอบ

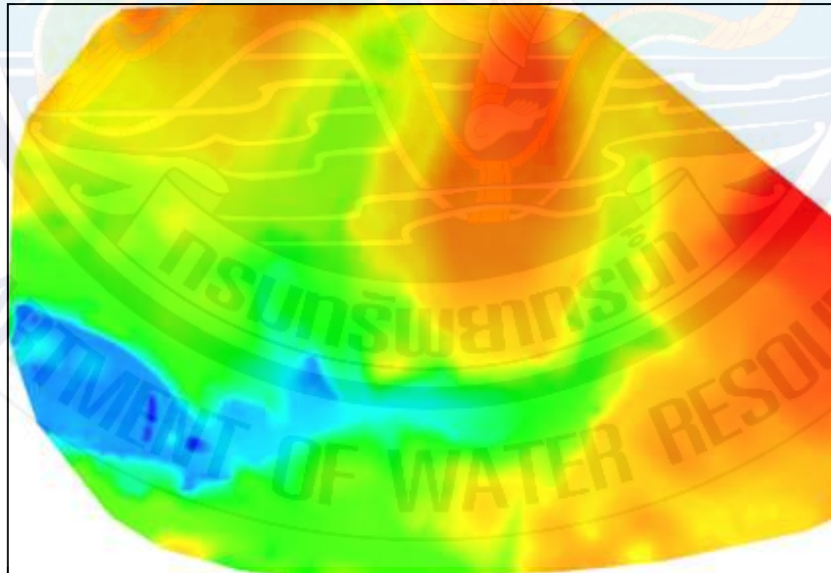


โดยผลผลิตของภาพถ่ายออร์โธรีโฟรีที่ได้ สามารถนำมาผลิตเป็นแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Terrain Model : DTM) และแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลข (Digital Surface Model : DSM) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น สามารถนำมาผลิตเส้นชั้นความสูง (Contour) เพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ความสูงของพื้นที่โครงการ



รูปที่ 4-8 ข้อมูลการวิเคราะห์ Raster DSM

ข้อมูลแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข (DTM) คือ แบบจำลองที่กำจัดความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวโลก และข้อมูลแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลข (DSM) คือ แบบจำลองที่รวมค่าความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวโลก เช่น ต้นไม้ อาคาร เป็นต้น



รูปที่ 4-9 ข้อมูลการวิเคราะห์ Raster DTM



ตารางที่ 4-2 สรุปผลการบินสำรวจด้วย UAV 27 หมู่บ้าน

| ลำดับ<br>หมู่บ้าน | ชื่อหมู่บ้าน    | ขนาด<br>พื้นที่ | จำนวน<br>รูปภาพ | GCPs | GSD  | ระยะเวลา<br>สำรวจ | วันที่สำรวจ |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|------|-------------------|-------------|
|                   |                 | (ตร.กม.)        |                 |      |      | (นาที)            |             |
| 1                 | บ้านท่าขันทอง   | 0.67            | 424             | 7    | 3.98 | 63                | 12/1/2018   |
| 2                 | บ้านสวนดอก      | 0.49            | 305             | 7    | 4.00 | 42                | 11/30/2018  |
| 3                 | บ้านปางของเหนือ | 0.48            | 663             | 10   | 4.08 | 127               | 1/9/2019    |
| 4                 | บ้านปางของ      | 0.67            |                 |      | 4.08 | 127               | 1/9/2019    |
| 5                 | บ้านสบบาย       | 0.59            | 380             | 7    | 4.00 | 56                | 1/10/2019   |
| 6                 | บ้านสันตันเปา   | 1.05            | 704             | 7    | 4.13 | 96                | 1/11/2019   |
| 7                 | บ้านหาดทรายทอง  | 0.30            | 556             | 10   | 4.14 | 114               | 1/10/2019   |
| 8                 | บ้านหาดบาย      | 0.52            |                 |      | 4.14 | 114               | 1/10/2019   |
| 9                 | บ้านดอนที       | 0.21            | 218             | 7    | 3.97 | 19                | 1/12/2019   |
| 10                | บ้านสองพี่น้อง  | 0.64            | 217             | 7    | 4.16 | 21                | 1/11/2019   |
| 11                | บ้านเมืองกาญจน์ | 0.45            | 440             | 10   | 4.10 | 68                | 1/12/2019   |
| 12                | บ้านใหม่เจริญ   | 0.21            |                 |      | 4.10 | 68                | 1/12/2019   |
| 13                | บ้านห้วยเย็น    | 0.11            | 106             | 7    | 4.10 | 12                | 11/30/2018  |
| 14                | บ้านห้วยเม็ง    | 0.46            | 255             | 7    | 4.06 | 15                | 1/13/2019   |
| 15                | บ้านห้วยกก      | 0.14            | 147             | 7    | 4.10 | 15                | 1/13/2019   |
| 16                | บ้านหัวเวียง    | 1.25            | 634             | 7    | 4.34 | 93                | 1/17/2019   |
| 17                | บ้านทุ่งพัฒนา   | 0.35            | 221             | 7    | 3.89 | 20                | 1/13/2019   |
| 18                | บ้านเวียงแก้ว   | 1.89            | 1109            | 7    | 4.05 | 190               | 1/18/2019   |
| 19                | บ้านใจโก้       | 1.17            | 768             | 7    | 4.11 | 129               | 1/19/2019   |
| 20                | บ้านดอนมหาวัน   | 0.56            | 324             | 7    | 4.09 | 37                | 1/14/2019   |
| 21                | บ้านเด่น        | 0.25            | 176             | 7    | 4.11 | 17                | 1/14/2019   |
| 22                | บ้านปากอิ่งใต้  | 0.15            | 172             | 7    | 4.00 | 14                | 1/14/2019   |
| 23                | บ้านปากอิ่ง     | 0.32            | 226             | 7    | 4.03 | 21                | 1/16/2019   |
| 24                | บ้านห้วยเอียน   | 0.27            | 173             | 7    | 4.23 | 34                | 1/15/2019   |
| 25                | บ้านแจ่มป่อง    | 0.91            | 552             | 7    | 4.17 | 79                | 1/16/2019   |
| 26                | บ้านไทยเจริญ    | 0.27            | 209             | 7    | 3.87 | 20                | 1/15/2019   |
| 27                | บ้านห้วยลี้ก    | 0.46            | 343             | 7    | 3.78 | 33                | 1/15/2019   |

