

การพัฒนาไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ

สมภพ เพ็ชรดี^{1*} ณัฏฐ์วุฒิ อริยะจินโณ²

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย^{1*}

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย²

อีเมล : sompoppetch@gmail.com^{1*}

วันที่รับบทความ 14 พฤศจิกายน 2566

วันแก้ไขบทความ 22 ธันวาคม 2566

วันตอบรับบทความ 25 ธันวาคม 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบ และเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุกับการทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ การเก็บข้อมูลเป็นการทำระดับสายการระดับวงรอบปิดระยะทาง 3.4 กิโลเมตร แบ่งวิธีการทำระดับเป็นสองวิธี คือ วิธีที่ 1 การทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ และวิธีที่ 2 การทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ โดยใช้เกณฑ์งานระดับชั้นที่ 3 ตามมาตรฐาน Federal Geodetic Control Committee 1984 ที่ยอมให้คลาดเคลื่อนเข้าบรรจบได้ไม่เกิน $12\sqrt{K}$ มิลลิเมตร หลังจากนั้นวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบด้วยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการทำระดับทั้งสองวิธี ด้วย t-test ผลการวิจัยพบว่า การทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุมีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบเฉลี่ย 6.2 มิลลิเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.7 มิลลิเมตร และการทำระดับด้วยไม้ระดับปกติมีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบเฉลี่ย 5.7 มิลลิเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งผ่านเกณฑ์งานระดับชั้นที่ 3 ที่ยอมให้คลาดเคลื่อนเข้าบรรจบได้ไม่เกิน 22 มิลลิเมตร ทั้งสองวิธี และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุกับการทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความถูกต้องเข้าบรรจบตามเกณฑ์งานระดับชั้นที่ 3 ตามมาตรฐาน Federal Geodetic Control Committee 1984 สามารถนำไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปใช้แก้ปัญหาในการทำระดับในพื้นที่ที่มีความลาดชันมากหรือพื้นที่ที่ต่างระดับกันมากที่ความยาวของไม้ระดับมีความยาวไม่ถึงแนวแกนกล้องระดับ และเป็นการประหยัดงบประมาณในการซื้อไม้ระดับใหม่ที่มีความยาวมากกว่า 3 เมตร

คำสำคัญ : การระดับ ไม้ระดับ ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบ



Development of Extended Staff Made from Reused Material

Somphop Petchdee^{1*}, Nattawut Ariyajinno²

Civil Engineering and Construction Management, Faculty of Industrial Technology,
Loei Rajabhat University^{1*}

Industrial Management Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Loei Rajabhat University²

E – mail : sompoppetch@gmail.com^{1*}

Received 14 November 2023

Revised 22 December 2023

Accepted 25 December 2023

Abstract

This research was aimed to study the errors of closure and their comparison between the method of leveling with regular staff and the extended staff made from reused material. The data was collected from the 3.4-km long closure leveling. Two methods of leveling were conducted: 1) leveling with extended staff made from reused material and 2) leveling with regular staff. The leveling complied with the Federal Geodetic Control Committee 1984 standard Class 3 which allows the error of closure of $12\sqrt{K}$ mm. or less. The errors were analyzed to find the averages and the standard deviations. The difference between the errors of closure from both methods was compared with t-test. The result suggests that the error of closure with extend staff has the average of 6.2 mm and the S.D. of 0.7 mm., while the error of closure with regular staff has the average of 5.7 mm and the S.D. of 0.5 mm. While, the Class 3 standard allows the maximum error of 22 mm for both methods. The comparison between the errors from both methods indicates that they are indifference with the significant level of .05. This reveals that leveling with extended staff made from reused material yields the error of closure according to the Class 3 standard. The method developed by the researcher can be used in terrains with steep slope and high difference of level that the regular leveling instrument cannot be used. The method is more economical than buying a new staff with the length of 3 m or more.

Keywords : Leveling , Staff, Closure Accuracy

1. บทนำ

การทำระดับเป็นวิธีการสำรวจวิธีหนึ่งเพื่อหาค่าระดับความสูง (Elevation) ของภูมิประเทศ ซึ่งการหาค่าระดับความสูงในงานด้านวิศวกรรมโยธาหรืองานก่อสร้างจะต้องอ้างอิงค่าระดับจากระดับทะเลปานกลางโดยจะต้องทำระดับด้วยวิธีหาค่าต่างระดับไป - กลับ (Differential Double Run) จากหมุดหลักฐานการระดับหรือหมุดหลักฐานทางตั้ง (Bench Mark, BM) ที่ทราบค่าระดับจากระดับทะเลปานกลางแล้ว มายังโครงการก่อสร้างให้ครอบคลุมกับพื้นที่โครงการก่อสร้าง ซึ่งการทำระดับจะต้องมีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบตามข้อกำหนดชั้นงานระดับตามมาตรฐาน Federal Geodetic Control Committee 1984 หรือตามข้อกำหนดชั้นงานระดับของหน่วยงานนั้น ๆ ในส่วนของการทำระดับที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างทางวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม เป็นการทำระดับโดยใช้ข้อกำหนดชั้นงานระดับงานชั้นที่ 3 (วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2557 : 5) ที่ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $12\sqrt{K}$ โดยจะต้องทำระดับไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นเลยหรือให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการทำระดับที่สำคัญได้แก่ กล้องระดับ และไม้ระดับ เป็นเครื่องมือในการหาความต่างระดับระหว่างจุดสองจุด หรือจุดต่าง ๆ ที่ต้องการทราบค่าระดับความสูง และนำไปคำนวณหาค่าระดับของจุดที่ต้องการทราบค่าระดับความสูงนั้นจากระดับทะเลปานกลาง สำหรับกล้องระดับและไม้ระดับที่ใช้เป็นเครื่องมือในการทำระดับมีหลายชนิด โดยบริษัทผู้ผลิตจะผลิตให้เหมาะสมกับงานในแต่ละชนิด เช่น ระยะเวลาส่องไม้ระดับ ความยาวของไม้ระดับ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ ในส่วนของไม้ระดับมีทั้งไม้ระดับอินวาร์ (Invar staff) ที่เป็นไม้ระดับสำหรับงานโครงการยาวระดับชั้นที่ 1 ไม้ระดับธรรมดาความยาว 3 เมตร 4 เมตร สำหรับงานทำแผนที่ภูมิประเทศ ดังนั้นผู้ทำระดับจะต้องใช้เครื่องมือในการทำระดับให้เหมาะสมกับลักษณะงาน เพื่อให้ผลงานออกมาดีและประหยัด (ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2557 : 33) โดยกล้องระดับและไม้ระดับของแต่ละหน่วยงานจะมีรายละเอียดคุณลักษณะของเครื่องมือที่แตกต่างกันไปบ้างตามการได้รับจัดสรรงบประมาณในการจัดหาเครื่องมือและตามภารกิจหน้าที่ของแต่ละหน่วยงาน ซึ่งรายละเอียดคุณลักษณะของเครื่องมือที่แตกต่างกันอาจจะมีผลต่อปัญหาอุปสรรคในการทำระดับที่แตกต่างกันไปบ้างตามรายละเอียดคุณลักษณะของเครื่องมือ นั้น ๆ อย่างไรก็ตามผู้ที่ปฏิบัติงานการทำระดับจะต้องหาวิธีการแก้ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นจากรายละเอียดคุณลักษณะของเครื่องมือที่แตกต่างกันไปเพื่อให้ผลงานที่ได้รับมอบหมายมีความละเอียดถูกต้อง

ในส่วนของการจัดการเรียนการสอนหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ซึ่งตามหลักสูตรกำหนดให้นักศึกษาเรียนวิชาวิศวกรรมสำรวจ วิศวกรรมสำรวจเพื่องานโยธา และการสำรวจเส้นทาง ซึ่งเป็นวิชาที่มุ่งเน้นการเรียนภาคทฤษฎีควบคู่กับภาคปฏิบัติ โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนรายวิชาดังกล่าวโดยตรง เมื่อนักศึกษาเรียนภาคทฤษฎีเสร็จสิ้นแล้ว ได้จัดกิจกรรมการเรียนภาคปฏิบัติโดยมอบหมายงานการทำระดับเพื่อหาระดับความสูงของภูมิประเทศสำหรับนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับทำแผนที่ภูมิประเทศ การออกแบบก่อสร้าง โดยใช้พื้นที่บริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยและพื้นที่บริเวณใกล้เคียงให้นักศึกษาได้ปฏิบัติงานภาคสนาม เมื่อนักศึกษาปฏิบัติงานการทำระดับภาคสนามโดยใช้กล้องระดับ และไม้ระดับความยาว 3 เมตร พบปัญหาว่าไม้ระดับมีความยาวไม่ถึงแนวแกนกล้องระดับทำให้ผู้ส่องกล้องระดับไม่สามารถอ่านค่าระดับจากไม้ระดับได้ เนื่องจากจุดที่ตั้งไม้ระดับเพื่อหาค่าระดับความสูงเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันมากตามลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดเลย และจากการที่ผู้สอนนำนักศึกษาออกค่ายวิศวกรรมสำรวจ ซึ่งเป็นการนำความรู้ในเนื้อหาวิชาวิศวกรรมสำรวจไปบริการวิชาการเพื่อพัฒนาชุมชนและท้องถิ่น พบปัญหาว่า สภาพพื้นที่ภูมิประเทศในการทำระดับมีความเปลี่ยนแปลงความสูงต่ำและมีความต่างระดับกันเป็นอย่างมาก ทำให้ผู้ส่องกล้องระดับไม่สามารถอ่านค่าระดับจากไม้ระดับได้ เนื่องจากไม้ระดับมีความยาว 3 เมตร ซึ่งมีความยาวไม่ถึงแนวแกนกล้องระดับเช่นเดียวกัน ในการทำระดับจึงต้องย้ายไม้ระดับและกล้องระดับให้มีระยะห่างน้อยลงเพื่อให้ผู้ส่องกล้องระดับสามารถอ่านค่าระดับจากไม้ระดับได้ ซึ่งจะทำให้เกิดความล่าช้าและไม่สะดวกต่อการปฏิบัติงาน

จากมูลเหตุปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาไม้ระดับให้มีความยาวมากขึ้นแทนการซื้อไม้ระดับใหม่ที่มีความยาวมากกว่า 3 เมตร โดยนำเศษวัสดุที่เหลือจากการฝึกปฏิบัติงานของนักศึกษาในวิชาปฏิบัติงานก่อสร้าง หรือ วัสดุที่เหลือจากการก่อสร้างและปรับปรุงอาคารมาใช้ให้เกิดประโยชน์และประหยัดงบประมาณ โดยผู้วิจัยได้เลือกเศษวัสดุอะลูมิเนียมมาต่อความยาวไม้ระดับ เนื่องจากเป็นวัสดุชนิดเดียวกันกับไม้ระดับความยาว 3 เมตร ที่มีอยู่เดิม สำหรับวิธีการต่อความยาวไม้ระดับเป็นการนำเศษอะลูมิเนียมความยาว 1 เมตร มาต่อกับปลายด้านล่างของไม้ระดับความยาว 3 เมตร ที่มีอยู่เดิม โดยมีข้อต่อเหล็กยึดด้วยสกรู และใช้ระดับน้ำแบบคลิปปิดกับอะลูมิเนียมที่ต่อความยาวของไม้ระดับ จะทำให้ได้ไม้ระดับที่มีความยาวเพิ่มขึ้นจาก 3 เมตร เป็น 4 เมตร ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาไม้ระดับมีความยาวไม่ถึงแนวแกนกล่องระดับ ทำให้ผู้ส่งกล่องระดับสามารถอ่านค่าระดับจากไม้ระดับได้ และในการทำระดับก็ไม่จำเป็นต้องย้ายไม้ระดับและกล่องระดับให้มีระยะห่างน้อยลงเพื่อให้ผู้ส่งกล่องระดับสามารถอ่านค่าระดับจาก ไม้ระดับได้ อันจะเป็นประโยชน์ทำให้การทำงานระดับมีความรวดเร็วขึ้นและสะดวกมากขึ้น และเป็นการประหยัดงบประมาณในการซื้อไม้ระดับใหม่ที่มีความยาวมากกว่า 3 เมตร

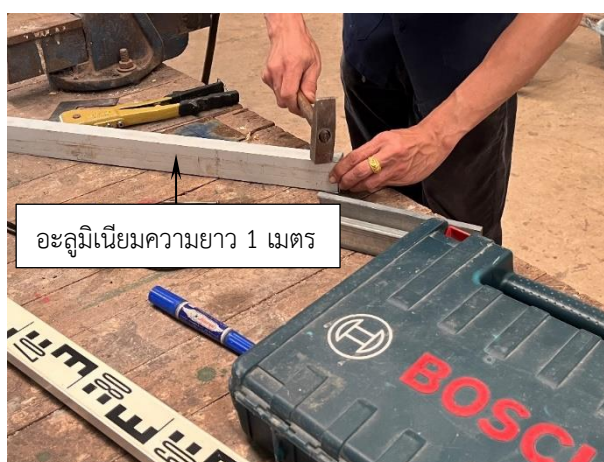
2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ
- 2.2 เพื่อศึกษาความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ
- 2.3 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุกับการทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ

3. วิธีการวิจัย

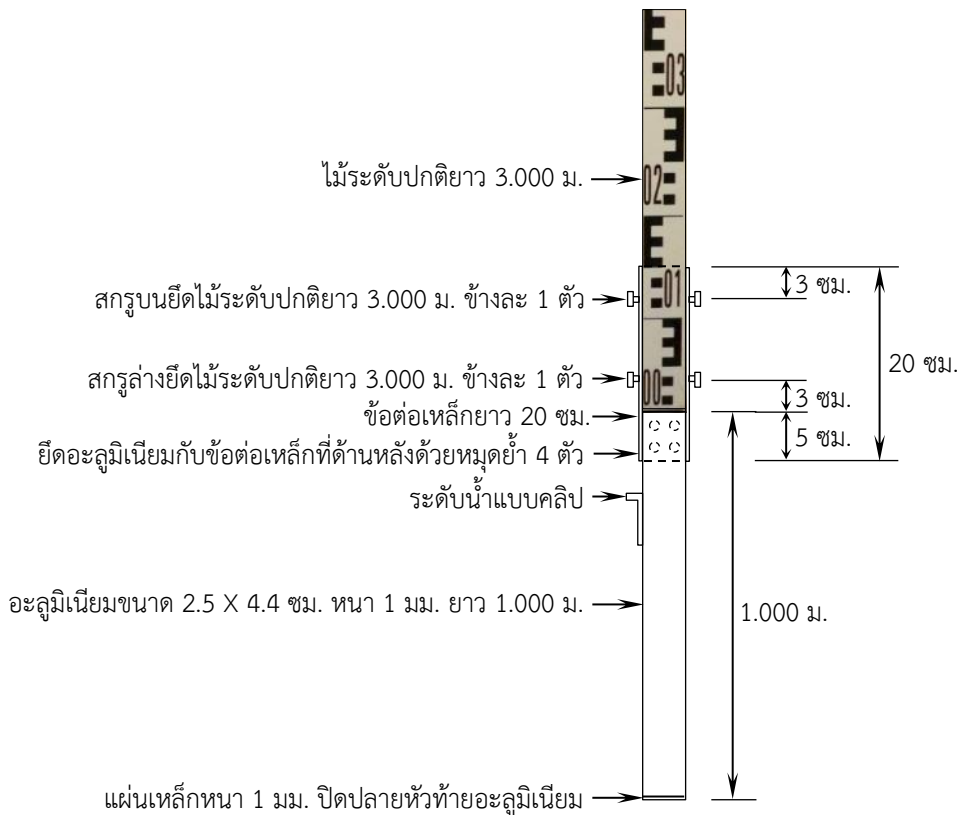
3.1 การต่อความยาวไม้ระดับด้วยเศษวัสดุ

3.1.1 นำอะลูมิเนียมขนาด 2.5 X 4.4 เซนติเมตร หนา 1 มิลลิเมตร ที่เหลือจากการใช้งานมาตัดให้ได้ความยาว 99.8 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อตัดให้ได้ความยาว 99.8 เซนติเมตรแล้วจะมีน้ำหนัก 419.40 กรัม และใช้เศษเหล็กความหนา 1 มิลลิเมตร ปิดปลายทั้งสองด้านของอะลูมิเนียมโดยยึดด้วยหมุดย้ำ จะได้ความยาวของอะลูมิเนียมเป็น 1 เมตร

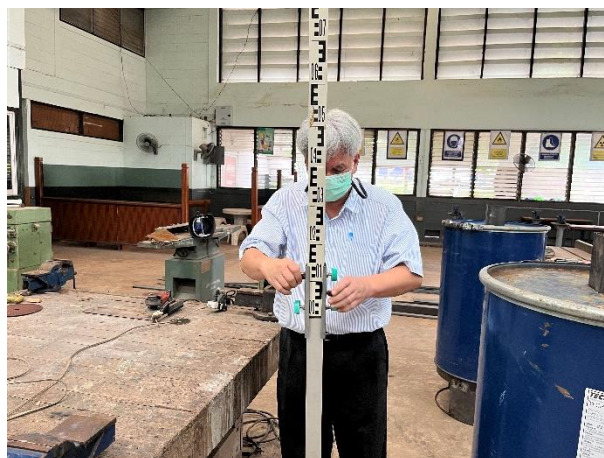


รูปที่ 1 อะลูมิเนียมความยาว 1 เมตร ที่ใช้ต่อความยาวไม้ระดับ

3.1.2 นำอะลูมิเนียมความยาว 1 เมตร ไปต่อกับไม้ระดับปกติความยาว 3 เมตร โดยมีข้อต่อเหล็กยึดด้วยสกรู และใช้ระดับน้ำแบบคลิติดกับอะลูมิเนียมที่ต่อความยาวของไม้ระดับ จะได้ไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุมีความยาว 4.000 เมตร ตามแบบร่างในรูปที่ 2



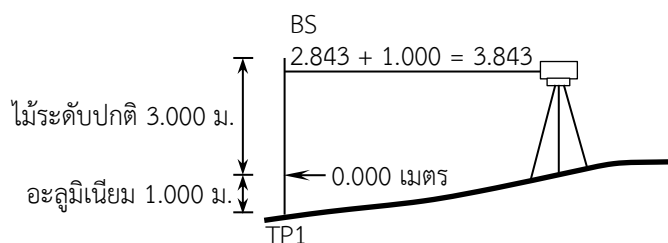
รูปที่ 2 แบบร่างไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ



รูปที่ 3 ไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ

3.2 การอ่านไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ

เนื่องจากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุมีความยาว 4 เมตร โดยความยาว 1 เมตร แรกจากพื้น เป็นอะลูมิเนียมที่ต่อความยาวไม้ระดับให้มีความยาวขึ้นจาก 3 เมตร เป็น 4 เมตร โดยด้านปลายของไม้ระดับปกติ มีมาตรการอ่านเริ่มต้น 0.000 เมตร ดังนั้นค่าที่อ่านจากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุจึงต้องบวกด้วย 1 เมตร ซึ่งเป็นความยาวของอะลูมิเนียมที่ต่อความยาวไม้ระดับ



รูปที่ 4 การอ่านไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ

จากรูปที่ 4 ค่าที่อ่านได้จากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ ณ สถานี TP1 เป็น 2.843 เมตร ต้องบวกด้วยความยาวของอะลูมิเนียม 1 เมตร ดังนั้นค่า BS จึงเป็น 3.843 เมตร

3.3 การประเมินความถูกต้องของค่าที่อ่านได้จากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ

การประเมินความถูกต้องของค่าที่อ่านได้จากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ เป็นการตรวจสอบความยาวของอะลูมิเนียมที่นำมาต่อที่ปลายด้านล่างของไม้ระดับปกติ ซึ่งจะต้องได้ความยาว 1.000 เมตร โดยการอ่านค่าจากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุเทียบกับการอ่านค่าจากไม้ระดับปกติ ณ จุดตั้งไม้ระดับจุดเดียวกัน และจุดตั้งกล้องระดับและความสูงของกล้องระดับเดียวกันเพื่อตรวจสอบความยาวของอะลูมิเนียมที่นำมาต่อปลายด้านล่างของไม้ระดับปกติ



รูปที่ 5 การประเมินความถูกต้องของค่าที่อ่านได้จากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความถูกต้องของค่าที่อ่านได้จากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ

ชนิดของไม้ระดับ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ	0.438	0.266	0.579
ไม้ระดับปกติ	1.438	1.266	1.579
ความต่างของการอ่านค่าจากไม้ระดับ	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 1 จากการอ่านค่าจากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุเทียบกับการอ่านค่าจากไม้ระดับปกติ ณ จุดตั้งไม้ระดับจุดเดียวกัน และจุดตั้งกล้องระดับและความสูงของกล้องระดับเดียวกัน 3 ครั้ง พบว่า ครั้งที่ 1 อ่านค่าจากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุได้ 0.438 เมตร และอ่านค่าจากไม้ระดับปกติได้ 1.438 เมตร ครั้งที่ 2 อ่านค่าจากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุได้ 0.266 เมตร และอ่านค่าจากไม้ระดับปกติได้ 1.266 เมตร และครั้งที่ 3 อ่านค่าจากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุได้ 0.579 เมตร และอ่านค่าจากไม้ระดับปกติ 1.579 เมตร ซึ่งมีความต่าง 1.000 เมตร ทั้ง 3 ครั้ง แสดงให้เห็นว่า ความยาวของอะลูมิเนียมที่นำมาต่อความยาวไม้ระดับปกติ มีความยาว 1.000 เมตร ดังนั้น ค่าที่อ่านได้จากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุหลังจากที่บวกด้วยความยาว 1 เมตร จึงถือว่ามีความถูกต้อง ซึ่งการประเมินความถูกต้องจากการอ่านค่าจากไม้ระดับจำนวน 3 ครั้ง ถือว่าเพียงพอต่อการประเมินความถูกต้องของค่าที่อ่านได้ โดยการอ่านค่าในแต่ละครั้งได้ขจัดความเหลื่อมของภาพ (parallax) ในขณะที่อ่านแล้ว (วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2557 : 85)

3.4 การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลเป็นการทำระดับสายการระดับวงรอบปิดเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบแบ่งวิธีการเก็บข้อมูลเป็นสองวิธี คือ วิธีที่ 1 การทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ และวิธีที่ 2 การทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูล พื้นที่เก็บข้อมูลและทิศทางการเดินระดับ และขั้นตอนการเก็บข้อมูล ดังนี้

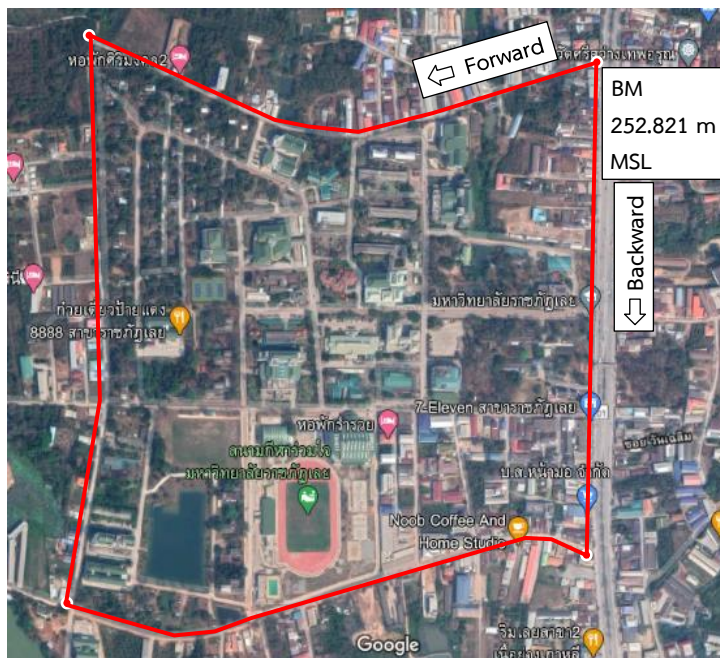
3.4.1 ตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

3.4.1.1 ตัวแปรที่ใช้ควบคุมในการเก็บข้อมูล คือ ไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ และไม้ระดับปกติความยาว 3.000 เมตร

3.4.1.2 ตัวแปรที่ยกเว้นการควบคุมในการเก็บข้อมูล คือ ความคลาดเคลื่อนชนิดที่เป็น Systematic Error และ Random Error

3.4.2 พื้นที่เก็บข้อมูลและทิศทางการเดินระดับ

พื้นที่เก็บข้อมูลใช้พื้นที่ถนนรอบมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย และทางหลวงหมายเลข 201 ด้านหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏเลย โดยทำระดับสายการระดับวงรอบปิดออกจากหมุด BM ทางเข้าวัดศรีสว่างเทพอรุณ ซึ่งมีค่าระดับจากระดับทะเลปานกลาง 252.821 เมตร และเข้าบรรจบกับหมุด BM ตรงข้ามทางเข้าวัดศรีสว่างเทพอรุณ ที่เป็นหมุด BM แรกออก



รูปที่ 6 พื้นที่เก็บข้อมูลและทิศทางการเดินระดับ
(ที่มา : ดัดแปลงจาก <http://www.google.com>)

3.4.3 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

3.4.3.1 ทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเชือกวัสดุ โดยทำระดับสายการระดับวงรอบปิดออกจากหมุด BM ตรงข้ามทางเข้าวัดศรีสว่างเทพอรุณ ซึ่งมีค่าระดับ 252.821 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง และเข้าบรรจบกับหมุด BM ตรงข้ามทางเข้าวัดศรีสว่างเทพอรุณ ที่เป็นหมุด BM แรกออก โดยทำระดับเที่ยวไป 3 เที่ยว เทียบกลับ 3 เที่ยว



รูปที่ 7 การทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเชือกวัสดุ

3.4.3.2 ทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ โดยทำระดับสายการระดับวงรอบปิดออกจากหมุด BM ตรงข้ามทางเข้าวัดศรีสว่างเทพอรุณ ซึ่งมีค่าระดับ 252.821 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง และเข้าบรรจบกับหมุด BM ตรงข้ามทางเข้าวัดศรีสว่างเทพอรุณ ที่เป็นหมุด BM แรกออก โดยทำระดับเที่ยวไป 3 เที่ยว เทียวกลับ 3 เที่ยว



รูปที่ 8 การทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ

4. ผลการวิจัย

4.1 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ

ตารางที่ 2 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ

เที่ยว ที่	ระยะ (กม.)	ค่าระดับ คงที่ (ม.)	ค่าระดับ เข้า บรรจบ (ม.)	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจบ ที่เกิดขึ้น (มม.)	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจบ ที่ยอมให้ (มม.)	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจบ ที่เกิดขึ้นเฉลี่ย (มม.)	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (มม.)
1	3.400	252.821	252.828	7	22	6.2	0.7
2	3.400	252.821	252.815	6	22		
3	3.400	252.821	252.828	7	22		
4	3.400	252.821	252.816	5	22		
5	3.400	252.821	252.827	6	22		
6	3.400	252.821	252.815	6	22		

จากตารางที่ 2 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ โดยทำระดับสายการระดับวงรอบปิดระยะ 3.400 กิโลเมตร ออกจากหมุดหลักฐานการระดับที่มีค่าระดับแรกออกคงที่เท่ากับ 252.821 เมตร จำนวน 6 เที่ยว พบว่า ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบที่เกิดขึ้นเท่ากับ 7 มิลลิเมตร 6 มิลลิเมตร 7 มิลลิเมตร 5 มิลลิเมตร 6 มิลลิเมตร และ 6 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์งานชั้นที่ 3 ทั้ง 6 เที่ยว

ที่ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุได้ไม่เกิน 22 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน FGCC 1984 โดยความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุที่เกิดขึ้นน้อยสุดเท่ากับ 5 มิลลิเมตร และความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุที่เกิดขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 7 มิลลิเมตร และเมื่อเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุที่เกิดขึ้น พบว่า ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุที่เกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 6.2 มิลลิเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.7 มิลลิเมตร ทั้งนี้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากลักษณะเกิดความคลาดเคลื่อนเป็นแบบสะสมจากการทำระดับต่อเนื่อง (วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2559 : 83) ซึ่งในความเป็นจริงแล้วอาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นขณะปฏิบัติงานที่สามารถยอมรับได้ตามข้อกำหนดชั้นของงานระดับ (วัฒนวงศ์ รัตนวรท และ ธนัช สุขวิมลเสรี. 2557 : 117) ดังนั้นความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุที่เกิดขึ้นดังกล่าวถือว่าผ่านเกณฑ์งานชั้นที่ 3 ตามมาตรฐาน FGCC 1984 ที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างทางวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม (วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2557 : 5)

4.2 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุจากการทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ

ตารางที่ 3 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุจากการทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ

เที่ยว ที่	ระยะ (กม.)	ค่าระดับ คงที่ (ม.)	ค่าระดับ เข้า บรรจุ (ม.)	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจุ ที่เกิดขึ้น (มม.)	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจุ ที่ยอมให้ (มม.)	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจุ ที่เกิดขึ้นเฉลี่ย (มม.)	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (มม.)
1	3.400	252.821	252.827	6	22	5.7	0.5
2	3.400	252.821	252.816	5	22		
3	3.400	252.821	252.815	6	22		
4	3.400	252.821	252.816	5	22		
5	3.400	252.821	252.827	6	22		
6	3.400	252.821	252.815	6	22		

จากตารางที่ 3 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุจากการทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ โดยทำระดับสายการระดับวงรอบปิดระยะ 3.400 กิโลเมตร ออกจากหมุดหลักฐานการระดับที่มีค่าระดับแรกออกคงที่เท่ากับ 252.821 เมตร จำนวน 6 เที่ยว พบว่า ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุที่เกิดขึ้นเท่ากับ 6 มิลลิเมตร 5 มิลลิเมตร 6 มิลลิเมตร 5 มิลลิเมตร 6 มิลลิเมตร และ 6 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์งานชั้นที่ 3 ทั้ง 6 เที่ยว ที่ยอมให้เกิด ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุได้ไม่เกิน 22 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน FGCC 1984 โดยความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุที่เกิดขึ้นน้อยสุดเท่ากับ 5 มิลลิเมตร และความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุที่เกิดขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 6 มิลลิเมตร และเมื่อเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุที่เกิดขึ้น พบว่า ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุที่เกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 5.7 มิลลิเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.5 มิลลิเมตร ทั้งนี้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากลักษณะเกิดความคลาดเคลื่อนเป็นแบบสะสมจากการทำระดับต่อเนื่อง (วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2559 : 83) ซึ่งในความเป็นจริงแล้วอาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นขณะปฏิบัติงานที่สามารถยอมรับได้ตามข้อกำหนดชั้นของงานระดับ (วัฒนวงศ์ รัตนวรท และ ธนัช สุขวิมลเสรี. 2557 : 117) ดังนั้นความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจุที่เกิดขึ้นดังกล่าวถือว่าผ่านเกณฑ์งานชั้นที่ 3 ตามมาตรฐาน FGCC 1984 ที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างทางวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม (วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2557 : 5)

4.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุกับการทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ

ตารางที่ 4 ความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุกับการทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ

วิธีการทำระดับ	N	M	SD	t	p-value
ไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุ	6	6.2	0.7	1.342*	0.209
ไม้ระดับปกติ	6	5.7	0.5		

*p-Value > .05

จากตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุกับการทำระดับด้วยไม้ระดับปกติ เมื่อทดสอบความแตกต่างด้วยการแจกแจงของที (t) ชนิดที่ทำการทำระดับทั้งสองวิธีเป็นอิสระจากกัน (t-test Independent) พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความถูกต้องเข้าบรรจบตามเกณฑ์ข้อกำหนดดัชนีงานระดับชั้นที่ 3 ตามมาตรฐาน Federal Geodetic Control Committee 1984

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบเป็นไปตามเกณฑ์งานระดับชั้นที่ 3 ตามมาตรฐาน Federal Geodetic Control Committee 1984 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวัสดุที่ใช้ในการต่อความยาวไม้ระดับเป็นอะลูมิเนียมซึ่งเป็นวัสดุชนิดเดียวกันกับไม้ระดับปกติจึงมีคุณสมบัติในด้านการขยายตัวหรือหดตัวที่ไม่แตกต่างกัน และในการต่อความยาวไม้ระดับได้ทำการต่อความยาวด้วยความละเอียดประณีต ถูกต้องได้มาตรฐาน ประกอบกับได้มีการประเมินตรวจสอบความยาวของอะลูมิเนียมที่ใช้ต่อความยาวของไม้ระดับ โดยการอ่านค่าระดับจากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เปรียบเทียบกับการอ่านค่าระดับจากไม้ระดับปกติที่ผลิตมาจากบริษัทผู้ผลิต ซึ่งผลการตรวจสอบความยาวของอะลูมิเนียมที่ใช้ต่อความยาวไม้ระดับมีความยาว 1.00 เมตรพอดี ตามที่ได้ออกแบบและกำหนดวิธีการอ่านค่าจากไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุไว้ จึงทำให้การทำระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบเป็นไปตามเกณฑ์งานระดับชั้นที่ 3 ตามมาตรฐาน Federal Geodetic Control Committee 1984

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

การใช้ไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ในการต่อความยาวของไม้ระดับในขณะทำการวัดควรต่อปลายด้านบนของอะลูมิเนียมกับปลายด้านล่างของไม้ระดับปกติให้สนิทพอดีกัน

6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- 6.2.1 ควรมีการพัฒนาการต่อความยาวของไม้ระดับด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น ต่อโดยการพับ หรือการเลื่อน
- 6.2.2 ควรมีการแก้ปัญหาพื้นที่ลาดเอียงด้วยการ Offset +1.00 เมตร เปรียบเทียบกับการต่อไม้ระดับ
- 6.2.3 ควรควบคุมจำนวนครั้งของการตั้งกล้องระดับ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นตัวแปรควบคุม

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีโดยได้รับทุนจากกองทุนสนับสนุนงานวิจัยของบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ ขอขอบคุณ นายสุรัช กองชนิน ที่ให้ความกรุณาในการต่อความยาวไม้ระดับด้วยเศษวัสดุ และขอขอบคุณนักศึกษาที่ได้ออกเก็บข้อมูลภาคสนาม ตลอดจนคณาจารย์ บุคลากร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่เป็นกำลังใจให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. (2557). **การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง**. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพมหานคร : คาโนทรัพย์สุขอำนวย.
- _____. (2555). **วิศวกรรมสำรวจ 1**. พิมพ์ครั้งที่ 16. กรุงเทพมหานคร : คาโนทรัพย์สุขอำนวย.
- วัฒนวงศ์ รัตนวราห์ และ ธนัช สุขวิมลเสรี. (2557). **วิศวกรรมสำรวจ**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิชัย เยี่ยมวีรชน. (2557). **การสำรวจทางวิศวกรรม 1**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2559). **การสำรวจรังวัด: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมศักดิ์ เอื้ออัชฌาลัย. (2556). **วิศวกรรมสำรวจ**. ปทุมธานี : วรณกวี.
- อนันต์ สันตยากร. (ม.ป.ป.). **การสำรวจ**. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- Barry F. Kavanagh. (2003). **Surveying Principles and Applications**. 6th ed. Prentice Hall.
- Barry, F. K. & Dianne, K. S. (2015). **Surveying with Construction Application**. 8th ed. Harlow, Essex: Pearson Education.
- Busko, M., Frukacz, M., & Szczutko, T. (2014). **Classification of precise Leveling instruments referring to the measurements of historic city centres**. The 9th International Conference “Environmental Engineering”. Vilnius, Lithuania: VGTU Press.
- Paul R. Wolf and Charles D. Ghilani (2006). **Elementary Surveying**. 7th ed. New Jersey: Pearson Education.

คุณค่าทางวิชาการ

การหาระดับด้วยไม้ระดับที่ต่อความยาวด้วยเศษวัสดุที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถนำไปแก้ปัญหการหาระดับที่เกิดปัญหาไม้ระดับมีความยาวไม่ถึงแนวแกนกล้องระดับ ซึ่งเป็นปัญหาที่พบบ่อยมากในการหาระดับ เนื่องจากจุดที่ตั้งไม้ระดับเพื่อหาาระดับความสูงเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก พื้นที่ที่ต่างระดับกันมาก พื้นที่ที่เป็นหุบเขาที่ความยาวของไม้ระดับมีความยาวไม่ถึงแนวแกนกล้องระดับ โดยในการหาระดับก็ไม่จำเป็นต้องย้ายไม้ระดับและกล้องระดับให้ระยะห่างน้อยลงเพื่อให้ผู้ส่องกล้องระดับสามารถอ่านค่าระดับจากไม้ระดับได้ อันจะเป็นประโยชน์ทำให้การทำงานระดับมีความรวดเร็วขึ้นและสะดวกมากขึ้น และเป็นการประหยัดงบประมาณในการซื้อไม้ระดับใหม่ที่มีความยาวมากกว่า 3 เมตร สำหรับการนำข้อมูลของค่าระดับไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบในงานวิศวกรรมโยธา และงานอื่นที่เกี่ยวข้องเพื่อการพัฒนา ชุมชน ท้องถิ่น และประเทศ