

การสร้างขาตั้งไม้ระดับเพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการทำระดับ
Staff Adjustable Tripod for Error Reduction in Leveling

สมภพ เพ็ชรดี

อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

sompoppetch@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างขาตั้งไม้ระดับ และเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับกับการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับ โดยขาตั้งไม้ระดับเมื่อสร้างเสร็จแล้วได้มีการประเมินการใช้งานขาตั้งไม้ระดับ การเก็บข้อมูลเป็นวิธีการทำระดับแบ่งวิธีการทำระดับเป็น 2 วิธี คือ การทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับ และการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้น โดยทำระดับ Differential Double Run สายการระดับวงรอบปิดออกจากหมุดหลักฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง หมายเลข ลย. 9 - 72 มีค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 241.410 เมตร แล้วเข้าบรรจบกับหมุดหลักฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง หมายเลข ลย. 9 - 72 ที่เป็นหมุดหลักฐานแรกออกกรมระยะทาง 1.4205 กิโลเมตร โดยใช้ข้อกำหนดชั้นงานระดับชั้นที่ 3 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบไม่เกิน $12\sqrt{K}$ หลังจากนั้นเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับกับการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับ ผลการวิจัยพบว่าขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้นสามารถทำให้ไม้ระดับทรงตัวนิ่งอยู่ในแนวตั้งได้โดยตำแหน่งของไม้ระดับในการเปลี่ยนจากไม้หน้าเป็นไม้หลังยังคงอยู่ในตำแหน่งและระดับตามเดิม และการทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับมีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบเฉลี่ย 0.0092 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.002 เมตร ส่วนการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับมีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบเฉลี่ย 0.0042 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.001 เมตร แสดงให้เห็นว่าการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับมีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบน้อยกว่าการทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับ 0.005 เมตร ซึ่งการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้นสามารถลดความคลาดเคลื่อนในการทำระดับลงได้

คำสำคัญ ขาตั้งไม้ระดับ, การระดับ, การสำรวจ

Abstract

This study was aimed to develop the staff adjustable tripod and to compare the closure from level loops using the manual method of holding staff and the one using adjustable tripod. The tripod was tested and evaluated. A comparison of two leveling tests: with manual staff holding, and with adjustable tripod, was made. The level loop tests were differential double run, against the Department of Public Works and Town & Country Planning's benchmark number Loei 9-72. with mean sea level of 241.410 m. around the designated area with the 1.4205 km. distance. The tests complied with the third order allowable error that is not greater than $12\sqrt{K}$. The closures from both methods were compared. The result shows that the adjustable tripod can support the staff to stand vertically and still. When turning the staff from fore-sight to back-sight, the position and level

of the staff stay the same. The error from manual staff holding method was 0.0092 m. with the standard deviation of 0.002 m. The error from adjustable tripod holding method was 0.0042 m. and the standard deviation of 0.001 m. This indicates that the error of leveling with adjustable tripod was 0.005 m. less. Therefore, the tripod can reduce the error for leveling work.

Keywords Tripod of Staff, Leveling, Surveying

บทนำ

การทำระดับเป็นวิธีการสำรวจจริงวิธีหนึ่งเพื่อหาค่าระดับความสูงต่ำของภูมิประเทศ โดยใช้เครื่องมือที่สำคัญได้แก่กล้องระดับ และไม้ระดับ (Staff) ข้อมูลที่ได้จากการทำระดับจะเป็นค่าระดับความสูงของสภาพภูมิประเทศจากระดับน้ำทะเลปานกลางสำหรับนำไปใช้ในการอ้างอิงและกำหนดระดับความสูงในการสำรวจทำแผนที่ภูมิประเทศ การออกแบบและก่อสร้างระบบภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศของงานด้านต่าง ๆ เพื่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ เช่น งานด้านวิศวกรรมโยธา เป็นการกำหนดระดับความสูงในการก่อสร้างถนนสะพาน เขื่อน คลองส่งน้ำ อ่างเก็บน้ำ การชลประทานระบบป้องกันอุทกภัยการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกการผังเมือง งานด้านทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม เป็นการกำหนดระดับความสูงหรือเส้นชั้นความสูงของพื้นที่แหล่งโบราณสถาน แหล่งวัฒนธรรม การท่องเที่ยว งานด้านการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ซึ่งงานด้านต่างๆ เหล่านี้จะต้องอาศัยข้อมูลค่าระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางจากการทำระดับและลงรายละเอียดทั้งในแผนที่ภูมิประเทศ แบบก่อสร้างและในขั้นตอนของการก่อสร้างจริง

สำหรับการกำหนดค่าระดับความสูงในงานด้านวิศวกรรมโยธาหรืองานก่อสร้างต่าง ๆ จะต้องอ้างอิงค่าระดับจากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยจะต้องทำระดับด้วยวิธีหาค่าต่างระดับไป-กลับ (Differential Double Run) จากหมุดหลักฐานการระดับหรือหมุดหลักฐานทางตั้ง(Bench Mark, BM)ที่ทราบค่าระดับน้ำทะเลปานกลางแล้วมายังโครงการก่อสร้างให้ครอบคลุมกับพื้นที่โครงการก่อสร้าง ซึ่งการทำระดับจะต้องมีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบตามข้อกำหนดชั้นงานระดับตามมาตรฐานFederal Geodetic Control Committee 1984 หรือตามข้อกำหนดชั้นงานระดับของหน่วยงานนั้น ๆ ในส่วนของการทำระดับที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างทางวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม เป็นการทำระดับโดยใช้ข้อกำหนดชั้นงานระดับ งานชั้นที่ 3 (วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2557: 5) ที่ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $12\sqrt{K}$ โดยจะต้องทำระดับไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นเลยหรือให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ถึงแม้ว่าบุคคลที่ปฏิบัติงานจะปฏิบัติงานอย่างระมัดระวังแล้วก็ตามแต่ก็ไม่สามารถหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากบุคคลที่ปฏิบัติงานได้ (วัฒนวงศ์ รัตนวราห และธนช สุขวิมลเสรี. 2557 : 20) และจากการทำระดับเพื่อหาค่าระดับความสูงมักพบปัญหาว่าบุคคลที่ถือไม้ระดับ ถือไม้ระดับไม่นิ่งหรือไม่ได้ตั้ง และการยกไม้ระดับเพื่อเปลี่ยนจากไม้หน้าเป็นไม้หลังไม่อยู่ในตำแหน่งและระดับเดิมทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบมีค่ามากหรือใกล้เคียงกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ตามข้อกำหนดชั้นงานระดับ

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้สร้างขาตั้งไม้ระดับขึ้นแทนการใช้บุคคลถือไม้ระดับสำหรับแก้ปัญหาไม้ระดับไม่นิ่งหรือไม่ได้ตั้ง ให้ไม้ระดับมีความนิ่งและได้ตั้ง และแก้ปัญหาการยกไม้ระดับเพื่อเปลี่ยนจากไม้หน้าเป็นไม้หลังที่ไม่อยู่ในตำแหน่งเดิม ให้ไม้หน้าและไม้หลังอยู่ในตำแหน่งเดิม เพื่อลดความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบของการทำระดับอันจะเป็นประโยชน์และส่งผลให้การทำระดับเพื่ออ้างอิงค่าระดับความสูงในการสำรวจทำแผนที่ภูมิประเทศ การออกแบบและก่อสร้าง ระบบภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศของงานด้านต่าง ๆ เพื่อการพัฒนา

โครงสร้างพื้นฐานของประเทศดังกล่าวข้างต้นมีความละเอียดถูกต้องมากยิ่งขึ้น และเป็นฐานข้อมูลอ้างอิงค่าระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเดียวกันทั่วทั้งประเทศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างชาติตั้งไม้ระดับ
2. เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับกับการทำระดับโดยใช้ชาติตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้น

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา
การวิจัยในครั้งนี้ใช้เนื้อหาการทำระดับ Differential Double Run สายการระดับวงรอบปิด โดยใช้ข้อกำหนดชั้นงานระดับ งานชั้นที่ 3 ตามมาตรฐานของ Federal Geodetic Control Committee 1984ที่ยอมให้คลาดเคลื่อนเข้าบรรจบได้ไม่เกิน $12\sqrt{K}$
2. ขอบเขตด้านพื้นที่
พื้นที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลใช้พื้นที่รอบสวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติเทศบาลเมืองเลย อ.เมืองเลย จ.เลย โดยทำระดับ Differential Double Run สายการระดับวงรอบปิดออกจากหมุดหลักฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง หน้าสำนักงานเทศบาลเมืองเลย หมายเลข ลย. 9 – 72 ซึ่งมีค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 241.410 เมตร แล้วเข้าบรรจบกับหมุดหลักฐานของกรมโยธาธิการและผังเมืองหมายเลข ลย. 9 - 72 ซึ่งเป็นหมุดหลักฐานแรกออก ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 พื้นที่ที่ใช้เก็บข้อมูลรอบสวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติเทศบาลเมืองเลย
ที่มา : <http://www.google.go.th>

การทบทวนวรรณกรรม

1. ความหมายของการทำระดับ หรือการระดับ
วิชัย เยี่ยงวีรชน. (2557 : 77-79) ได้ให้ความหมายของการทำระดับหรือการระดับไว้ว่าการทำระดับเป็นวิธีการหาค่าระดับความสูง การหาค่าระดับความสูงของจุดใด ๆ ใช้วิธีการหาค่าความต่างระดับของจุดนั้น

เทียบกับจุดที่ทราบค่าระดับอยู่แล้วที่เรียกว่าหมุดหลักฐาน หรือหมุดระดับ (Bench Mark, BM) ด้วยการวัดด้วยกล้องระดับ และอ่านค่าความสูงของแนวเส้นจากไม้ระดับ(Staff)สำหรับค่าระดับความสูงของหมุดระดับของประเทศไทยใช้พื้นหลักฐานอ้างอิงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่เกาะหลักจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

2. ข้อกำหนดชั้นงานระดับ

ข้อกำหนดชั้นงานระดับเป็นการกำหนดความละเอียดถูกต้องหรือความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ในการทำระดับ ตามมาตรฐาน Federal Geodetic Control Committee 1984ซึ่งได้กำหนดชั้นของงานระดับเป็น 3 ชั้นงาน สำหรับการวิจัยครั้งนี้จะกล่าวเฉพาะความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบเท่านั้น ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบตามมาตรฐาน Federal Geodetic Control Committee 1984

Classification	งานชั้นที่ 1		งานชั้นที่ 2		งานชั้นที่ 3
	Class 1	Class 2	Class 1	Class 2	
ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบ					
- ตอนการระดับไปและกลับ	3 มม. \sqrt{K}	4 มม. \sqrt{K}	6 มม. \sqrt{K}	8 มม. \sqrt{K}	12 มม. \sqrt{K}
- สายการระดับหรือวงรอบปิด	4 มม. \sqrt{K}	5 มม. \sqrt{K}	6 มม. \sqrt{K}	8 มม. \sqrt{K}	12 มม. \sqrt{K}

หมายเหตุ : K มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

ที่มา: Barry, F. K. & Dianne, K.S. (2015 : 96)

3. การทำระดับสายการระดับวงรอบปิด

วัฒนวงศ์ รัตนวราห และธนัช สุขวิมลเสรี. (2557 : 117-119)ได้ให้ความหมายและแสดงตัวอย่างการตรวจสอบเกณฑ์ความถูกต้องของการทำระดับสายการระดับวงรอบปิดไว้ดังนี้

3.1 การทำระดับสายการระดับวงรอบปิด หมายถึงการทำระดับที่เป็นชุดต่อเนื่องกันซึ่งเริ่มทำระดับจากหมุดระดับที่ทราบค่าระดับแล้ว ไปยังจุดถ่ายระดับต่าง ๆ (Turning Point, TP) และวนกลับมาสิ้นสุดยังหมุดระดับเดิมที่เริ่มต้นการทำระดับ

3.2 การตรวจสอบเกณฑ์ความถูกต้องของการทำระดับเป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการเข้าบรรจบโดยเปรียบเทียบกับข้อกำหนดชั้นของงานระดับ ซึ่งจะต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินชั้นของงานระดับ เช่น การทำระดับวงรอบปิดใช้ข้อกำหนดงานชั้นที่ 3 ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบได้ไม่เกิน $12\sqrt{K}$ โดยทำระดับออกจากหมุดBM1 ซึ่งมีค่าระดับ 1.002 เมตร ไปยัง TP1 TP2 TP3 และวนกลับมายัง BM1 ซึ่งเป็นหมุดระดับเดิมที่เริ่มต้นการทำระดับมีระยะเป็น 0.397 กิโลเมตร ผลจากการทำระดับปรากฏว่าค่าระดับของหมุด BM1ที่เข้าบรรจบมีค่าระดับ 1.003 เมตร เมื่อคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ตามข้อกำหนดชั้นงานระดับ ชั้นที่ 3 คือ $12\sqrt{K}$ (มิลลิเมตร) เมื่อ K คือความยาวเส้นระดับเป็นกิโลเมตร จะได้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เท่ากับ 7.56 มิลลิเมตร ดังนั้นการทำระดับสายการระดับวงรอบปิดนี้ยอมรับได้สำหรับข้อกำหนดชั้นงานระดับ ชั้นที่ 3 เนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนในการเข้าบรรจบไปเพียง 1 มิลลิเมตร ซึ่งน้อยกว่า 7.56 มิลลิเมตร

4. ความคลาดเคลื่อนในการทำระดับ

ความคลาดเคลื่อนในการทำระดับเป็นความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานโดยได้ศึกษาความผิดพลาดในขณะที่ทำงาน และมีข้อเสนอแนะสำหรับการตั้งไม้ระดับดังนี้

4.1 ความผิดพลาดในขณะที่ทำงาน

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. (2557 :75) ได้กล่าวถึงความผิดพลาดในขณะที่ทำงานไว้ว่า ความผิดพลาดในขณะที่ทำงานมีสาเหตุมาจากการตั้งไม้ระดับไม่ตรงดิ่ง และควรตรวจสอบระดับฟองกลมการตั้ง ground plate หรือตอกจุดถ่ายระดับในดินอ่อนจะทำให้เกิดการทรุดตัว

วิชัย เยี่ยงวีรชน. (2557 : 99, 103) ได้กล่าวถึงความผิดพลาดในขณะที่ทำงานไว้ว่า ความผิดพลาดในขณะที่ทำงานมีสาเหตุมาจากการวางไม้ระดับผิดตำแหน่งในขณะที่ทำงาน โดยเฉพาะตำแหน่งจุดเปลี่ยนถ่ายระดับ และการถือไม้ระดับเอียงไม่ได้ระดับ

4.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการตั้งไม้ระดับ

Barry, F. K. & Dianne, K.S. (2015 : 110-111) ได้เสนอแนะการตั้งไม้ระดับไว้ดังนี้ การตั้งไม้ระดับต้องตั้งไม้ระดับให้อยู่ในแนวตรงดิ่งและได้ระดับในแนวดิ่ง และต้องตั้งไม้ระดับให้ตรงตำแหน่งเดิมเมื่อตำแหน่งนั้นเปลี่ยนการอ่านจากไม้หน้าเป็นไม้หลัง

4.3 วิธีการทำระดับคุณภาพสูง หรือการทำระดับพิเศษ

Busko, M., Frukacz, M., & Szczutko, T. (2014) ได้กล่าวถึงการทำระดับคุณภาพสูงไว้ว่าการทำระดับคุณภาพสูงนั้นควรใช้ไม้ระดับ Invar Staff ที่ทำจากโลหะ Invar เพื่อช่วยให้ไม้ระดับตั้งในแนวดิ่ง แต่เนื่องจาก Invar Staff มีราคาแพง จึงอาจใช้แท่งไฟเบอร์กลาสหรือไม้อัดที่มีราคาถูกกว่าแต่มีข้อเสียคือมีข้อต่อที่อาจทำให้มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อสร้างขาตั้งไม้ระดับและเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับกับการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้น

2. ขั้นตอนการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

- 1) กล้องระดับอัตโนมัติพร้อมขาตั้งกล้อง
- 2) ไม้ระดับ
- 3) ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้น
- 4) เทปวัดระยะ

2.2 การสร้างขาตั้งไม้ระดับและการประเมินการใช้งานขาตั้งไม้ระดับ

1) การสร้างขาตั้งไม้ระดับ ขาตั้งไม้ระดับที่ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลทำด้วยเหล็กกล่องขนาด 6 X 6 หุน โดยแบ่งส่วนประกอบเป็น 3 ส่วน คือ สกรูปรับระดับ ฐานยึดสกรูปรับระดับ และแกนยึดไม้ระดับปรับทิศทางแต่ละส่วนยึดติดกันด้วยการเชื่อมและการขันสกรู โดยในส่วนของแกนยึดไม้ระดับปรับทิศทางได้ติดตั้งสลักลูกปืนอยู่ที่ศูนย์กลางของฐานยึดสกรูปรับระดับทำหน้าที่เป็นตัวหมุนให้ไม้ระดับเปลี่ยนจากไม้หน้าเป็นไม้หลัง เมื่อสร้างแล้วเสร็จทาสีแดงสลักสีขาว ตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขาตั้งไม้ระดับ

2) การประเมินการใช้งานขาตั้งไม้ระดับหลังจากสร้างขาตั้งไม้ระดับเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้มีการประเมินการใช้งานขาตั้งไม้ระดับโดยนำไม้ระดับมาติดตั้งกับแกนยึดไม้ระดับปรับทิศทางแล้วหมุนให้ไม้ระดับเปลี่ยนจากไม้หน้าเป็นไม้หลัง พบว่าไม้ระดับสามารถทรงตัวนิ่งอยู่ในแนวตั้งได้ และจุดของไม้หน้าและไม้หลังยังคงอยู่ในตำแหน่งและระดับตามเดิมตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การประเมินการใช้งานขาตั้งไม้ระดับ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นการทำระดับ Differential Double Run สายการระดับวงรอบปิดโดยแบ่งการทำระดับเป็น 2 วิธี คือ การทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับกับการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับ ดังนี้

3.1 การทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับ เป็นการทำระดับ Differential Double Run สายการระดับวงรอบปิด โดยออกจากหมุดหลักฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง บริเวณหน้าสำนักงานเทศบาลเมืองเลย หมายเลข ลย. 9 - 72 ซึ่งมีค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 241.410 เมตร แล้วเข้าบรรจบกับหมุดหลักฐานของกรมโยธาธิการและผังเมืองหมายเลข ลย. 9 - 72 ซึ่งเป็นหมุดหลักฐานแรกออกจำนวน 5 รอบ

3.2 การทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับ เป็นการทำการระดับ Differential Double Run สายการระดับวงรอบปิด โดยออกจากหมุดหลักฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง บริเวณหน้าสำนักงานเทศบาลเมืองเลย หมายเลข ลย. 9 – 72 ซึ่งมีค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 241.410 เมตร แล้วเข้าบรรจบกับหมุดหลักฐานของกรมโยธาธิการและผังเมืองหมายเลข ลย. 9 - 72 ซึ่งเป็นหมุดหลักฐานแรกออกจำนวน 5 รอบ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ประเมินการใช้งานขาตั้งไม้ระดับ

4.2 เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างการทำการระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับกับการทำการระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้น

ผลการวิจัย

1. การสร้างขาตั้งไม้ระดับ จากการสร้างขาตั้งไม้ระดับเมื่อสร้างเสร็จแล้วได้มีการประเมินการใช้งานของขาตั้งไม้ระดับโดยนำไม้ระดับมาติดตั้งกับแกนยึดไม้ระดับปรับทิศทาง แล้วหมุนให้ไม้ระดับเปลี่ยนจากไม้หน้าเป็นไม้หลัง ผลการประเมินพบว่าขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้นสามารถทำให้ไม้ระดับทรงตัวนิ่งอยู่ในแนวตั้งได้ โดยตำแหน่งของไม้ระดับในการเปลี่ยนจากไม้หน้าเป็นไม้หลังยังคงอยู่ในตำแหน่งและระดับตามเดิม

2. เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำการระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับกับการทำการระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้น

2.1 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการทำการระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับ

ตารางที่ 2 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการทำการระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับ

รอบ	ระยะ ที่ (กม.)	ค่าระดับ คงที่ (ม.)	ค่าระดับ เข้าบรรจบ (ม.)	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจบ ที่เกิดขึ้น (ม.)	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจบ ที่ยอมให้ (ม.)	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจบ ที่เกิดขึ้นเฉลี่ย (ม.)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (ม.)
1	1.4205	241.410	241.418	0.008	0.014	0.0092	0.002
2	1.4205	241.410	241.403	0.007	0.014		
3	1.4205	241.410	241.423	0.013	0.014		
4	1.4205	241.410	241.418	0.008	0.014		
5	1.4205	241.410	241.420	0.010	0.014		

จากตารางที่ 2 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการทำการระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับ โดยทำการระดับสายการระดับวงรอบปิดมีระยะ 1.4205 กิโลเมตร จำนวน 5 รอบ ออกจากหมุดหลักฐานที่มีค่าระดับคงที่เท่ากับ 241.410 เมตรพบว่าค่าระดับเข้าบรรจบเท่ากับ 241.418 เมตร 241.403 เมตร 241.423 เมตร 241.418 เมตร และ 241.420 เมตร ตามลำดับ และมีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบที่เกิดขึ้นเท่ากับ 0.008 เมตร 0.007 เมตร 0.013 เมตร 0.008 เมตร และ 0.010 เมตร ตามลำดับ โดยการทำการระดับทั้ง 5 รอบ มีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบที่ยอมให้เท่ากับ 0.014 เมตร และเมื่อเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบที่เกิดขึ้นพบว่า ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบที่เกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.0092 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.002 เมตร

2.2 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับ

ตารางที่ 3 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับ

รอบ ที่	ระยะ (กม.)	ค่าระดับ คงที่ (ม.)	ค่าระดับ เข้าบรรจบ (ม.)	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจบ ที่เกิดขึ้น (ม.)	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจบ ที่ยอมให้ (ม.)	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจบ ที่เกิดขึ้นเฉลี่ย (ม.)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (ม.)
1	1.4205	241.410	241.415	0.005	0.014	0.0042	0.001
2	1.4205	241.410	241.413	0.003	0.014		
3	1.4205	241.410	241.414	0.004	0.014		
4	1.4205	241.410	241.405	0.005	0.014		
5	1.4205	241.410	241.414	0.004	0.014		

จากตารางที่ 3 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับ โดยทำระดับสายการระดับวงรอบปิดมีระยะ 1.4205 กิโลเมตร จำนวน 5 รอบ ออกจากหมุดหลักฐานที่มีค่าระดับคงที่เท่ากับ 241.410 เมตร พบว่าค่าระดับเข้าบรรจบเท่ากับ 241.415 เมตร 241.413 เมตร 241.414 เมตร 241.405 เมตร และ 241.414 เมตร ตามลำดับ และมีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบที่เกิดขึ้นเท่ากับ 0.005 เมตร 0.003 เมตร 0.004 เมตร 0.005 เมตร และ 0.004 เมตร ตามลำดับ โดยการทำระดับทั้ง 5 รอบ มีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบที่ยอมให้เท่ากับ 0.014 เมตร และเมื่อเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบที่เกิดขึ้นพบว่า ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบที่เกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.0042 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.001 เมตร

2.3 เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับกับการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับกับการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้น

วิธีการทำระดับ	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจบ ที่ยอมให้ (ม.)	ความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจบ ที่เกิดขึ้นเฉลี่ย (ม.)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (ม.)	ความแตกต่าง ของความ คลาดเคลื่อน เข้าบรรจบ (ม.)
การทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับ	0.014	0.0092	0.002	0.005
การทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับ	0.014	0.0042	0.001	

จากตารางที่ 4 ความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับกับการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้นโดยใช้ข้อกำหนดงานชั้นที่ 3 ตามมาตรฐานของ Federal Geodetic Control Committee 1984 โดยความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบที่ยอมให้เท่ากับ 0.014 เมตร ผลการวิจัยพบว่า

การทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับมีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 0.0092 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.002 เมตร ส่วนการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับมีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 0.0042 เมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.001 เมตร โดยทั้งสองวิธีมีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบที่ยอมรับได้ไม่เกิน $12\sqrt{K}$ ตามข้อกำหนดงานชั้นที่ 3 ซึ่งยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบได้ไม่เกิน 0.014 เมตร และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับกับการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้นพบว่าการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับมีค่าความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบน้อยกว่าการทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับ 0.005 เมตร แสดงให้เห็นว่าการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้นสามารถลดความคลาดเคลื่อนในการทำระดับลงได้

อภิปรายผลการวิจัย

1. การสร้างขาตั้งไม้ระดับ ขาตั้งไม้ระดับเมื่อสร้างเสร็จแล้วได้มีการประเมินการใช้งานขาตั้งไม้ระดับโดยนำไม้ระดับมาติดตั้งกับแกนยึดไม้ระดับปรับทิศทางแล้วหมุนให้ไม้ระดับเปลี่ยนจากไม้หน้าเป็นไม้หลัง ผลการวิจัยพบว่าไม้ระดับสามารถทรงตัวนิ่งอยู่ในแนวตั้งได้ และจุดของไม้หน้าและไม้หลังยังคงอยู่ในตำแหน่งและระดับตามเดิม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฐานยึดสกรูปรับระดับใช้เหล็กกล่องขนาด 6 X 6 หุนยาว 35 เซนติเมตร จำนวน 3 ท่อน โดยทำมุม 120 องศาซึ่งกันและกัน ทำให้ขาตั้งไม้ระดับมีความมั่นคงเสถียรภาพซึ่งทำให้ไม้ระดับสามารถทรงตัวนิ่งอยู่ในแนวตั้งได้ ประกอบกับได้ติดตั้งล้อลูกปืนอยู่ที่ศูนย์กลางของฐานยึดสกรูปรับระดับเพื่อช่วยในการหมุนไม้ระดับได้ง่ายทำให้จุดของไม้หน้าและไม้หลังยังคงอยู่ในตำแหน่งและระดับตามเดิม ในส่วนของสกรูปรับระดับใช้นอตเกลียวละเอียดเบอร์ 21 ยาว 30 เซนติเมตร เป็นตัวปรับระดับของไม้ระดับทำให้สามารถปรับระดับของไม้ระดับให้ตั้งได้ตั้งได้ตั้งขึ้นและละเอียดขึ้น

2. เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบระหว่างการทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับกับการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้นผลการวิจัยพบว่า การทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้นมีความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบน้อยกว่าการทำระดับโดยใช้บุคคลถือไม้ระดับ 0.005 เมตร แสดงให้เห็นว่าการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้นสามารถลดความคลาดเคลื่อนในการทำระดับลงได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับผลของการศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนในการทำระดับของ Zrinjski, M., Barkovic, D., Baricevic, S., & Alaupovic, L. (2018) ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 0.0079 เมตร ถือว่าการทำระดับโดยใช้ขาตั้งไม้ระดับมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้นมีความมั่นคงเสถียรภาพสามารถทรงตัวนิ่งอยู่ในแนวตั้งได้ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาจากบุคคลที่ถือไม้ระดับไม่นิ่งหรือไม่ได้ตั้งลงได้และขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้นได้ติดตั้งล้อลูกปืนอยู่ที่ศูนย์กลางของฐานยึดสกรูปรับระดับเพื่อช่วยในการหมุนไม้ระดับได้ง่ายทำให้จุดของไม้หน้าและไม้หลังยังคงอยู่ในตำแหน่งและระดับตามเดิม และการใช้สกรูปรับระดับที่เป็นเกลียวละเอียดซึ่งสามารถแก้ปัญหาการยกไม้ระดับเพื่อเปลี่ยนไม้ระดับจากไม้หน้าเป็นไม้หลังที่ไม่อยู่ในตำแหน่งและระดับเดิมลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. (2557 : 75) ที่กล่าวว่าความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดในขณะทำงานเกิดจากการตั้งไม้ระดับไม่ตรงดิ่ง และสอดคล้องกับ วิชัย เยี่ยงวีรชน. (2557 : 99, 103) ที่กล่าวว่าความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดในขณะทำงานเกิดจากการถือไม้ระดับเอียงไม้ได้ระดับ และการวางไม้ระดับผิดตำแหน่ง โดยเฉพาะตำแหน่งที่เป็นจุดเปลี่ยนถ่ายระดับ และสอดคล้องกับ Barry, F. K. & Dianne, K.S. (2015 : 110-111) ที่ได้เสนอแนะการตั้งไม้ระดับไว้ว่า ต้องตั้งไม้ระดับให้อยู่ในแนวตรงดิ่งและได้ระดับในแนวตั้ง และต้องตั้งไม้ระดับให้ตรงตำแหน่งเดิมเมื่อตำแหน่งนั้นเปลี่ยนการอ่านจากไม้หน้าเป็นไม้หลังซึ่งจะทำให้การทำระดับสามารถลดความคลาดเคลื่อนในการทำระดับลงได้

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าขาตั้งไม้ระดับที่สร้างขึ้นสามารถลดความคลาดเคลื่อนในการทำระดับลงได้ แต่ในลักษณะการใช้งานอาจยังมีความไม่สะดวกในการขนย้ายหรือการย้ายตำแหน่งในการตั้งไม้ระดับเนื่องจากไม่สามารถถอดประกอบหรือพับได้ และหากทำระดับในพื้นที่ที่เป็นดินอ่อนเมื่อเวลาปรับระดับให้ไม้ระดับได้ตั้งปลายของสกรูอาจจมลงไปในดินทำให้ปรับระดับไม้ระดับได้ยาก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้งาน

ใช้เป็นขาตั้งไม้ระดับแทนการใช้บุคคลถือไม้ระดับสำหรับการทำระดับเพื่อสร้างหมุดระดับอ้างอิง และกำหนดระดับความสูงในการสำรวจทำแผนที่ภูมิประเทศ การออกแบบและก่อสร้าง หรืองานอื่นที่เกี่ยวข้องให้มีความละเอียดถูกต้องมากยิ่งขึ้น เนื่องจากสามารถลดความคลาดเคลื่อนในการทำระดับลงได้

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

การสร้างขาตั้งไม้ระดับในครั้งต่อไปควรมีชิ้นส่วนให้น้อยลงและสามารถถอดประกอบหรือสามารถพับได้ และควรออกแบบให้มีแผ่นเหล็กรองรับที่ปลายของสกรูปรับระดับ เนื่องจากเวลาทำระดับในพื้นที่ที่เป็นดินอ่อนปลายของสกรูปรับระดับอาจจมลงในพื้นที่ที่เป็นดินอ่อนทำให้ปรับระดับไม้ระดับได้ยาก

เอกสารอ้างอิง

- ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. (2557). การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง (พิมพ์ครั้งที่ 11). กรุงเทพฯ: คาไนท์ทรัพย์สุขอำนวย.
- วัฒนวงศ์ รัตนวราห และธนัช สุขวิมลเสรี. (2557). วิศวกรรมสำรวจ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิชัย เยี่ยงวีรชน. (2557). การสำรวจทางวิศวกรรม 1 (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Barry, F.K.&Dianne, K.S. (2015). Surveying with Construction Applications (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.
- Zrinjski, M., Barkovic, D., Baricevic, S., &Alaupovic, L. (2018). Accuracy Analysis of Geometric, Trigonometric and GNSS Height Difference Levelling. The 7th Land Administration Domain Model Workshop. Zagreb, Croatia.