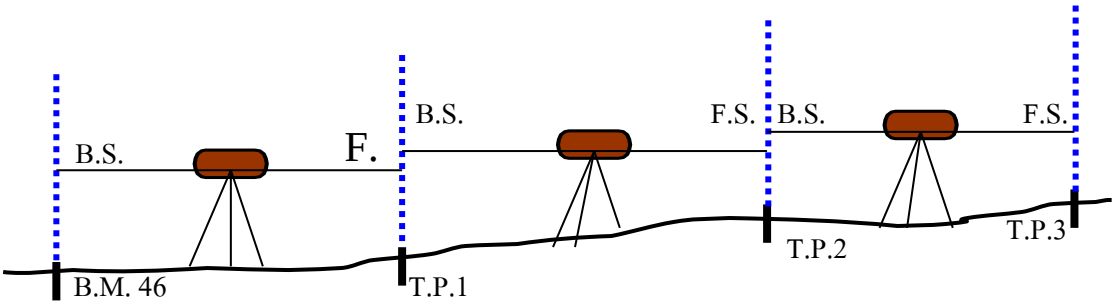
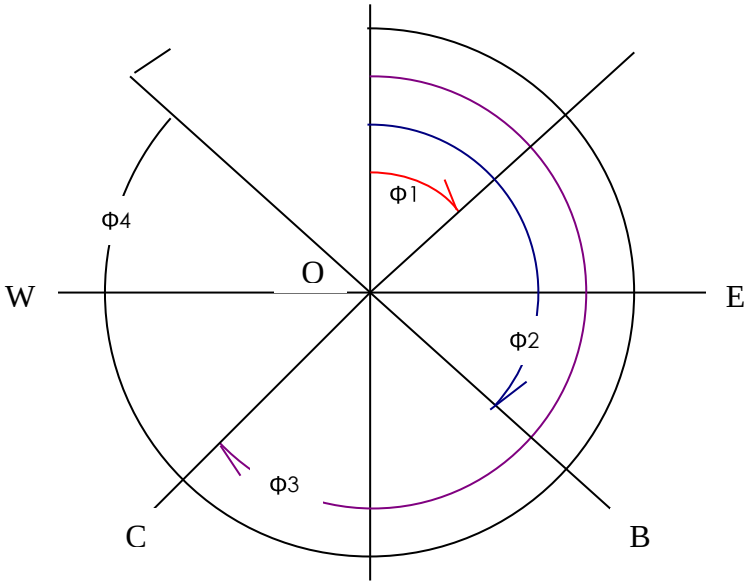
พื้นฐานงานสำรวจ





อ.มนัส ยอดทอง

วิทยาลัยเทคนิคน่าน

หน่วยการเรียนที่ 1

การวัดระยะ

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 1.1 การวัดระยะโดยตรง (DIRECT MEASUREMENT)

เรื่องที่ 1.2 การวัดระยะทางอ้อม (INDIRECT MEASUREMENT)

เรื่องที่ 1.3 หน่วยการวัดระยะ

เรื่องที่ 1.4 ใบงานที่ 1 การวัดระยะโดยเทปวัดระยะ

สาระสำคัญ

1. การวัดระยะโดยตรง (DIRECT MEASUREMENT) เป็นการวัดระยะโดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์วัดระยะนำไปรังวัดในตำแหน่งที่ต้องการวัดโดยตรง สามารถทำการวัดระยะได้หลายวิธีตั้งแต่วัดระยะโดยประมาณโดยการนับก้าว ไปจนถึงวัดระยะอย่างละเอียดโดยการใช้เทปอินวาร์
2. การวัดระยะทางอ้อม (INDIRECT MEASUREMENT) เป็นการวัดระยะโดยการวัดปริมาณอื่นที่ไม่ใช่การวัดระยะโดยตรง เช่นการวัดมุม หรือระยะอื่น หรือระยะเวลาแล้วนำมาคำนวณเพื่อให้ได้ระยะที่ต้องการ
3. การวางแนวฉากด้วยโซ่หรือเทป (Erecting perpendicular)
4. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติงานวัดระยะด้วยเทปและโซ่เพื่อให้มีความชำนาญและความอดทน ละเอียดรอบคอบ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. อธิบายความหมายของการวัดระยะทางตรงวิธีต่างๆ ได้
2. อธิบายความหมายของการวัดระยะทางอ้อมวิธีต่างๆ ได้
3. บอกขั้นตอนการวางแนวฉากด้วยโซ่หรือเทปได้
3. มีทักษะในการวัดระยะด้วยเทปและโซ่

เรื่องที่ 1.1การวัดระยะ

การวัดระยะ (DISTANCE MEASUREMENT) จากคำจำกัดความของการสำรวจ เจิมศักดิ์ หัวเพชร (2525 : 1) ได้ให้ความหมายของการสำรวจว่า เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการหาความสัมพันธ์ของตำแหน่งของจุดต่างๆ ที่อยู่บน เหนือ หรือใต้ผิวพิภพ หรือเป็นการสร้างจุดบังคับโดยการวัดระยะทิศทางและความสูง ทั้งทางตรงและทางอ้อม ระยะจึงเป็นสิ่งจำเป็นเบื้องต้นของการสำรวจที่ต้องการทราบตำแหน่งของจุด โดยใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับความละเอียดที่ต้องการในการวัดโดยทั่วไปเราจะวัดระยะราบ การกำหนดจุดเพื่องานสำรวจภูมิประเทศงานก่อสร้างต่างๆวิธีการวัดในปัจจุบันที่นิยมใช้ก็จะมีการวัดระยะด้วยเทปวัดระยะและวัดด้วยเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์(Electromagnetic Distance Measurement=EDM) และยังมีการวัดระยะหยาบๆ ด้วยวิธีอื่นๆอีกมากมายซึ่งจะได้กล่าวต่อไป ในปัจจุบันใช้วิธีทางดาวเทียม (GPS Satellite Method) ซึ่ง เราสามารถหา เวคเตอร์ ระหว่างจุดสองจุดที่ให้ความละเอียดถึง 1:1,000,000 เทปวัดระยะโดยทั่วไปที่ใช้ในงานต่างๆ จะมีระยะตั้งแต่ 10, 20, 25, 30, 50 ยาวที่สุด 100 ม. สำหรับการวัดในทางการสำรวจจะใช้เทปเหล็ก ซึ่งกำหนดมาตรฐานคืออุณหภูมิมาตรฐาน 20 องศา แรงดึงที่ใช้จะอยู่ประมาณ 50 - 80 N. สำหรับงานที่ต้องการความละเอียดมากจะใช้ในเทปอินวาร์ (Invar Tape)ซึ่งจะทำจากส่วนผสมของนิเกิล 35 % และเหล็ก 65% การปรับแก้เทปแทบจะไม่ต้องคิดสัมประสิทธิ์ของการขยายตัว และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะไม่มีผลต่อเทปอินวาร์มากนัก ความยาวเทปอินวาร์ที่นิยมใช้ยาว ๒๔ ม.โลวาร์เทป (Lovar Tape) เป็นเทปที่อยู่ระหว่างกลางระหว่างเทปเหล็กกับเทปอินวาร์ เทปอินวาร์หรือโลวาร์ จะมีไว้เพื่อการเปรียบเทียบระยะของเทปเหล็กต่างๆแต่ละเส้นจะมีใบรับรองและข้อกำหนดทางมาตรฐานของเทปเส้นนั้น

เราแบ่งการวัดระยะเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1. การวัดระยะโดยตรง (DIRECT MEASUREMENT) ซึ่งส่วนมากการวัดด้วยเทปวัดระยะ การวัดระยะโดยตรง แบ่งออกเป็นวิธีการต่างๆ ได้ดังนี้

1.1 การนับก้าว วิธีนี้ช่างผู้ทำการสำรวจจะต้องฝึกก้าวเท้าให้ได้ความยาวมาตรฐานสำหรับตัวเอง โดยการก้าวควรจะก้าวให้ยาวและให้สะดวกในการเดิน นำจำนวนก้าวคูณกับระยะมาตรฐานของตัวเองก็ได้ระยะโดยประมาณ

1.2. การวัดด้วย PASSOMETER มีลักษณะคล้ายๆ นาฬิกา เวลาใช้ก็จะใส่ไว้ในกระเป๋ากางเกง หรือ เอาไว้ที่ขาข้างใดข้างหนึ่ง การใช้ก็ใช้กับการนับก้าวหนึ่งก้าวตัวเลขจะขึ้น 1 ค่าโดยอัตโนมัติ

รูปที่ 1.1 PASSOMETER

1.3. การวัดด้วย PEDOMETER มีลักษณะคล้าย PASSOMTER แต่การใช้กดให้ตัวเลขขึ้นเมื่อเวลาก้าวแต่ละก้าวเครื่องมือนี้ใช้กับการนับรถยนต์ จำนวนผู้ใช้ห้องสมุด ก็ได้

รูปที่ 1.2 PEDOMETER

1.4. การวัดด้วย ODOMETER หรือ SPEEDO METER เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกจำนวนรอบของล้อ การใช้ต้องเข็นไปเป็นเส้นตรง หรือเส้นโค้งที่เหมาะแก่การรังวัดเส้นโค้ง แต่ระดับพื้นดินที่ใช้วัดระยะนี้จะต้องราบเรียบ ถ้ามีลักษณะเป็นคลื่นเป็นหลุมการรังวัดจะไม่ถูกต้อง ใช้ในการรังวัดเพื่อกำหนดหลักกิโลเมตรของถนนการรังวัดเพื่อการเกษตร การเก็บรายละเอียดของถนนเช่น ทางแยก ระยะระหว่างซอยต่างๆ

รูปที่ 1.3 ODOMETER

1.5. การวัดระยะด้วยเทปวัดระยะ เป็นเครื่องมือที่วัดระเอียดมากในทางสำรวจ ซึ่งใช้มากที่สุด มีทั้งเทปผ้าลินิน เทปเหล็ก เทปอินวาร์ (Invar tape) ในการสำรวจจะใช้เทปที่เป็นโลหะ ส่วนผ้าลินินจะใช้ในการเก็บรายละเอียดที่ไม่สำคัญ

รูปที่ 1.4 เทปวัดระยะ

1.6. การวัดระยะอย่างละเอียด การวัดระยะอย่างละเอียดจะต้องใช้เครื่องมือประกอบต่างๆ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ปอนด์ดึงโซ่ (Spring Balance) ไม้งัดเพื่อถ่วงน้ำหนักหรืองัดให้แรงดึงตามต้องการหรืออุปกรณ์ถ่วงน้ำหนักที่ปลายเทป กล้องระดับเพื่อ หาความต่างระดับวิธีนี้ใช้วัดระยะทีละ 1 เส้นเทป คือจากปลายถึงปลายเทป ปลายข้างหนึ่งจะถูกตึงให้คงที่ให้ขีดศูนย์ของเทปอยู่ตรงกับดัชนี ของโต๊ะวัดระยะอีกส่วนปลายข้างหนึ่งจะถูกถ่วงด้วยน้ำหนักตามมาตรฐาน แรงดึงเทปที่เอามาใช้จะต้องเทียบระยะกับเทปมาตรฐานเสียก่อน

รูปที่ 1.5 การวัดระยะอย่างละเอียดใช้ปอนด์ดึงโซ่

2. การวัดระยะทางอ้อม (INDIRECT MEASUREMENT)

ส่วนมากจะเป็นการวัดระยะด้วยกล้อง จะใช้ในการตรวจสอบหรือวัดระยะของรายละเอียดที่ไม่ต้องการความละเอียดมาก เช่นใช้วัดขอบเขต สระ หนองน้ำ เขตป่า หรือตำแหน่งโดยประมาณ การวัดจะแบ่งออกได้ดังนี้

2.1. การวัดโดยการใช้ Range Finder คือ Range Finder แบบฐานคงที่ (Fixed Base) คือตัวกล้องจะมีความยาวคงที่ปลายกล้องแต่ละข้างจะดึงภาพให้มาต่อกันทำให้ทราบระยะทางได้ จะใช้ในการหาระยะเพื่อประโยชน์ในทางการทหาร

Distance (m.)	20	50	100	200	500	1,000
Mean error (m.)	± 0.02	± 0.05	± 0.20	± 0.80	± 5.00	± 20.00

ตารางที่ 1.1 แสดงความคลาดเคลื่อนการวัดระยะด้วย Range Finder

2.2. การใช้กล้อง Theodolite วัดระยะ แบ่งออกได้ดังนี้

2.2.1 ใช้ Stadia Tacheometry

2.2.2 ใช้วิธี Tangential Tacheomtery

2.2.3 ใช้ Wedge Attachment ประกอบเข้ากับกล้อง Theodolite

2.3. การใช้กล้อง Tacheometer ซึ่งเราเรียกวิธีนี้ว่า Self Reducing Tacheometry จะแบ่งออกเป็น ชนิดใช้กับ Staff ตั้งในแนวดิ่ง (Vertical Staff) การส่องจะใช้สายใยโค้งส่องตัดกับขีดศูนย์ของ Staff จะสามารถหาระยะราบและระยะดิ่งได้

2.3.1 ชนิดใช้กับ Staff ในแนวนอน (Horizontal Staff) ปัจจุบัน Tacheometey จะไม่ใช้แล้ว

2.3.2 Invar Subtense bar หรือ Invar bar ลักษณะจะมีความยาวของ bar เท่ากับ 2 ม. จะวัดมุมระหว่างปลายทั้งสองข้าง ค่าระยะจะได้เท่ากับ cot (มุมที่วัดได้) ปัจจุบันเลิกใช้แล้ว

2.4. Invar Subtense bar หรือ Invar bar ลักษณะจะมีความยาวของ bar เท่ากับ 2 ม. จะวัดมุมระหว่างปลายทั้งสองข้าง ค่าระยะจะได้เท่ากับ cot (มุมที่วัดได้) ปัจจุบันได้เลิกใช้แล้ว

2.5. การวัดโดยใช้กล้อง Alidades ของโต๊ะแผนที่ ซึ่งจะมีลักษณะเป็นกล้องธรรมดาแล้วใช้วิธี Stadia ส่วนอีกชนิดอื่นเป็นกล้อง Tachometers ทุกประการ ปัจจุบันเลิกใช้แล้วเช่นเดียวกัน แต่มีการใช้กล้อง E.D.M. วัดระยะแทน ซึ่งจะทำได้เร็วมากเนื่องจากเรามีเทคโนโลยีสูงขึ้น

2.6. การวัดระยะด้วยเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ ปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายชนิด เช่น

2.6.1 การวัดระยะด้วยเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราเรียกว่า E.D.M. (Electronic Distance Measurement) เครื่องวัดจะใช้วิธีต่างๆ หลายอย่างเช่น โดยใช้คลื่นแสง (Optoelectronic)ซึ่งจะมีแสงธรรมดา, Laser, Infared

2.6.2 การวัดระยะด้วยคลื่นวิทยุ

2.6.3 การวัดระยะโดยวิธี Interferrometry ใช้ในการวัดระยะไกลๆ เรียกว่า VLBI. (Very Long Baseline Interferrometry) เช่นวัดระยะระหว่างทวีป ระยะระหว่างเกาะ

2.6.4 การวัดระยะด้วยดาวเทียม (Satellite Measurement) ในปัจจุบันการหาพิกัดด้วยดาวเทียมกับระยะจะมีความละเอียดมาก และถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย

2.6.5 การวัดระยะด้วยเครื่อง EDM. แบบมือถือ หลักการจะใช้การส่งแสงอินฟาเรด หรือเลเซอร์ไปยังวัตถุที่ต้องการวัดระยะแสงจะสะท้อนกลับมาทำให้ทราบระยะได้ ปัจจุบันนำมาใช้ในงานก่อสร้างเพื่อวัดระยะสั้นๆ เช่น ๓-๕ เมตร นอกจากนั้นยังมีการผลิตเครื่องวัดระยะเล็กๆ ติดกับหมวกเพื่อวัดระยะไกลๆ เพื่อใช้ประกอบกับเครื่องหาตำแหน่งด้วยดาวเทียม (Global Position system = G.P.S.) ในงานสำรวจข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)

3 หน่วยการวัด ระยะ

หน่วยพื้นฐาน เป็นหน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ เบื้องต้นของระบบ SI ประกอบด้วยการวัดปริมาณ 7 ประเภท ดังตารางที่ 1

ปริมาณ	ชื่อหน่วยวัด	สัญลักษณ์
ความยาว	เมตร (metre)	m
มวล	กิโลกรัม (kilogram)	k
เวลา	วินาที (second)	s
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์ (ampere)	A
อุณหภูมิ	เคลวิน (Kelvin)	K
จำนวนสาร	โมล (Mole)	mol
ความเข้มของการส่องสว่าง	แคนดล่า (Candla)	cd

ตารางที่ 1.2 หน่วยพื้นฐาน

ประเทศไทยใช้หน่วยการวัดระยะดังนี้

1 ฟุต	=	0.30479841	ม.
1 เมตร	=	0.025	เส้น
1 เส้นโซ่ฟุต(100 ฟุต)	=	0.761996	เส้นโซ่เส้น
1 เส้นโซ่เส้น(40 เมตร 100 ข้อ)	=	131.23428	ฟุต
	=	1.3123428	เส้นโซฟุต

หน่วยวัดระยะของไทย

12	นิ้ว	=	1	คืบ
2	คืบ	=	1	ศอก
4	ศอก	=	1	วา
20	วา	=	1	เส้น
400	เส้น	=	1	โยชน์

หน่วยวัดระยะของไทยเทียบกับระบบเมตริก

1	โยชน์	=	16	กิโลเมตร
25	เส้น	=	1	กิโลเมตร
1	เส้น	=	40	เมตร
1	ศอก	=	0.5	เมตร
1	คืบ	=	0.25	เมตร
1	นิ้ว	=	2.083	เซนติเมตร

หน่วยของโซ่เส้น

1	เส้น	=	100	ข้อ	=	40	เมตร
1	ข้อ	=	10	ปอยท์	=	40	เซนติเมตร
1	ปอยท์	=	10	ปวน	=	4	เซนติเมตร
			1	ปวน	=	4	มิลลิเมตร

หน่วยทั่วไป เป็นหน่วยอื่น ๆ ที่คณะกรรมการมาตรฐานหน่วยได้พิจารณาบรรจุไว้ในระบบ SI เนื่องจากเป็นหน่วยที่มีความสำคัญ ในทางปฏิบัติหน่วยต่างๆ มีดังตารางที่1.3

ปริมาณ	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์	คำจำกัดความ
เวลา	นาที ชั่วโมง วัน	min hr d	1 min = 60 sec 1 hr = 60 min = 3600 sec 1 d = 24 hr = 86400 sec
มุมระนาบ	องศา ลิบดา ฟิลิบดา	‘ “ “	1’ = 1/(/ 180) rad 1” = (1/60)’ = 2.909×10^{-4} rad 1” = (1/60)’ = 4.848×10^{-5} rad

ตารางที่1.3 หน่วยที่มีความสำคัญในทางปฏิบัติ

เรื่องที่ 1.4 ฝึกทักษะการวัดระยะโดยเทปวัดระยะ ดูรายละเอียดตามใบงานที่ 1

แบบทดสอบท้ายบทที่ 1

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. คำจำกัดความของการสำรวจได้ให้ความหมายของการสำรวจว่า
    ก. เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการหาความสัมพันธ์ของตำแหน่งของจุดต่างๆ
    ข. เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการหาความสัมพันธ์ของตำแหน่งของระยะทาง
    ค. เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการหาความสัมพันธ์ของตำแหน่งของมุม
    ง. เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการหาความสัมพันธ์ของตำแหน่งของเนื้อที่
2. เครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์(EDM)
    ก. Electromagnetic Distance Meter
    ข. Electromagnetic Distance Measurement
    ค. Electromagnetic Digital Meter
    ง. Electromagnetic Digital Measurement
3. จะใช้ในเทปอินวาร์ (Invar Tape)ในกรณีใด
    ก. สำหรับงานที่ต้องการความรวดเร็ว
    ข. สำหรับงานที่ต้องการความประหยัด
    ค. สำหรับงานที่ต้องการความละเอียดมาก
    ง. สำหรับงานที่ต้องการความน่าเชื่อถือ
4. เทปอินวาร์ (Invar Tape) ทำจากส่วนผสมของวัสดุใด
    ก. นิเกิล 35 % และทองเหลือง 65%
    ข. นิเกิล 65 % และทองเหลือง 35%
    ค. นิเกิล 35 % และเหล็ก 65%
    ง. นิเกิล 65 % และเหล็ก 35%
5. ข้อใดเป็นการวัดระยะที่ใช้อุปกรณ์น้อยที่สุด
    ก. การวัดระยะด้วยเทปวัดระยะ
    ข. การวัดระยะด้วย PEDOMETER
    ค. การวัดระยะด้วย SPEEDOMETER
    ง. การวัดระยะด้วยการนับก้าว
6. ความถูกต้องของการวัดระยะโดยการนับก้าวไม่ขึ้นกับข้อใด
    ก. การนับจำนวน

ข. การจดบันทึก

ค. การเดินเป็นแนวตรง

ง. การทำงานเป็นทีม

7 ระยะที่ได้นากการวัดระยะโดยการนับก้าวคือ

ก. ความยาวก้าวเฉลี่ย X อัตราเร็วในการเดิน

ข. ความยาวก้าวเฉลี่ย X ระยะทาง

ค. ความยาวก้าวเฉลี่ย X จำนวนก้าว

ง. ความยาวก้าวเฉลี่ย X เวลาที่ใช้ในการเดิน

8. เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกจำนวนรอบของล้อ

ก. การวัดระยะด้วย ODOMETER

ข. การวัดระยะด้วย PEDOMETER

ค. การวัดระยะด้วย SPEEDOMETER

ง. การวัดระยะด้วย RANGE FINDER

9 การวัดระยะโดยตรงวิธีใดนิยมใช้มากที่สุด

ก. การวัดระยะด้วยเทปวัดระยะ

ข. การวัดระยะด้วย PEDOMETER

ค. การวัดระยะด้วย SPEEDOMETER

ง. การวัดระยะด้วยการนับก้าว

10. ควรใช้วิธีการวัดระยะทางอ้อมเมื่อใด

ก. ใช้ในการตรวจสอบหรือวัดระยะของรายละเอียดที่ไม่ต้องการความละเอียดมาก

ข. ใช้ในการตรวจสอบหรือวัดระยะที่ต้องการความละเอียด

ค. ใช้ในการแก้ปัญหาการวัดระยะ

ง. ใช้ในการวัดระยะที่ไกลมากๆ

11. ข้อใดเป็นวิธีการวัดระยะทางอ้อม

ก. การวัดระยะด้วย ODOMETER

ข. การวัดระยะด้วย PEDOMETER

ค. การวัดระยะด้วย SPEEDOMETER

ง. การวัดระยะด้วย RANGE FINDER

12. ตัวกล้องจะมีความยาวคงที่ปลายกล้องแต่ละข้างจะดึงภาพให้มาต่อกันทำให้ทราบระยะทางได้ เป็นลักษณะของเครื่องมือชนิดใด

ก. ODOMETER

ข. PEDOMETER

ค. SPEEDOMETER

ง. RANGE FINDER

13. Invar bar ที่ใช้สำหรับการวัดระยะโดย Subtant bar จะมีความยาวของ bar เท่ากับท่าใด

ก. 1 เมตร

ข. 2 เมตร

ค. 3 เมตร

ง. 4 เมตร

14. ข้อใดเป็นการวัดระยะด้วยเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราเรียกว่า E.D.M. (Electronic Distance Measurement)

ก. การวัดระยะด้วยคลื่นแสง Laser, Infared

ข. การวัดระยะด้วยคลื่นวิทยุ

ค. การวัดระยะด้วยดาวเทียม (Satellite Measurement)

ง. ถูกทุกข้อ

15. ข้อใดไม่ใช่หน่วยการวัดระยะของไทย

ก. เส้น

ข. ข้อ

ค. ปอย

ง. หลา

16. ระยะทาง 1 เส้น เท่ากับข้อใด

ก. 20 เมตร

ข. 20 ฟุต

ค. 20 วา

ง. 20 หลา

17. ระยะทาง 4.5465 เส้นเป็นกี่เมตร

ก. 181.86 เมตร

ข. 281.86 เมตร

ค. 381.86 เมตร

ง. 481.86 เมตร

18. ระยะทาง 40 เมตร คือข้อใด

ก. 131.23428 ฟุต

ข. 20 วา

ค. 1 เส้น

ง. ถูกทุกข้อ

19. ระยะทาง 1 กิโลเมตรเป็นระยะทางกี่เส้น

ก. 10 เส้น

ข. 15 เส้น

ค. 20 เส้น

ง. 25 เส้น

20. ระยะทาง 3 วา 2 ศอก 1 คืบ เป็นระยะกี่เมตร

ก. 6.25 เมตร

ข. 7.25 เมตร

ค. 8.25 เมตร

ง. 9.25 เมตร

หน่วยการเรียนที่ 2

การแก้อุปสรรคในการวัดระยะ

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 2.1 การวางแนวฉากด้วยโซ่หรือเทป (Erecting perpendicular)

เรื่องที่ 2.2 การแก้อุปสรรคในการเล็งแนว

เรื่องที่ 2.3 การวัดระยะข้ามสิ่งกีดขวาง กรณีที่สามารถเล็งแนวได้

เรื่องที่ 2.4 การวัดระยะข้ามสิ่งกีดขวางที่วัดระยะผ่านไม่ได้

เรื่องที่ 2.5 ใบงานที่ 2 การแก้อุปสรรคในการวัดระยะ

สาระสำคัญ

1. การวางแนวฉากด้วยโซ่หรือเทปสามารถใช้วิธีนี้กำหนดตำแหน่งของจุดที่อยู่ในแบบก่อสร้างให้ปรากฏในสนาม หรือใช้ในการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง และอาจใช้เพื่อการตรวจสอบแนวฉากของอาคารได้
2. การแก้อุปสรรคในการเล็งแนว เช่นการวัดระยะข้ามเนินที่ไม่สามารถเล็งแนวผ่านเนินได้ หลักการของงานสำรวจคือการวัดระยะจะต้องวัดให้อยู่ในแนวตรงและเป็น
3. ระยะทางราบการวัดระยะข้ามสิ่งกีดขวาง กรณีที่สามารถเล็งแนวได้ เช่น ลำน้ำที่มีขนาดกว้าง หรือสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ไม่สามารถวัดผ่านได้ เนื่องจากระยะทางยาว ใช้หลักการสามเหลี่ยมคล้าย
4. การวัดระยะข้ามสิ่งกีดขวางที่วัดระยะผ่านไม่ได้ ใช้หลักการสี่เหลี่ยมผืนผ้า
5. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติงานวัดระยะด้วยเทปและโซ่เพื่อให้มีความชำนาญและความอดทน ละเอียดรอบคอบ

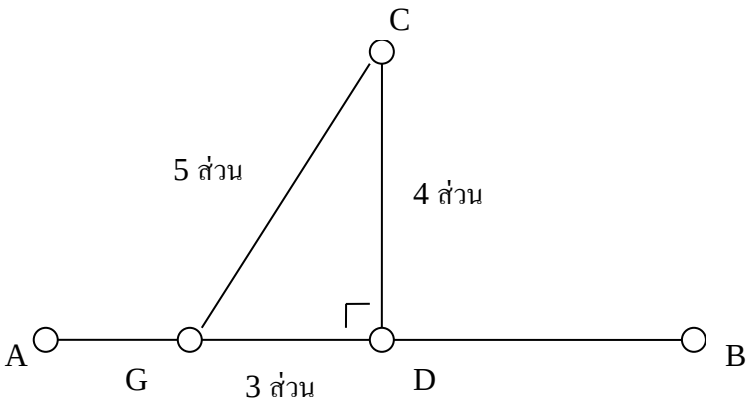
จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. อธิบายการทำมุมฉากด้วยเทปและโซ่วิธีต่างๆ ได้
2. บอกขั้นตอนการแก้อุปสรรคการวัดระยะได้
3. บอกขั้นตอนการวัดระยะข้ามสิ่งกีดขวางด้วยโซ่หรือเทปได้
3. มีทักษะในการวัดระยะด้วยเทปและโซ่

เรื่องที่ 2.1 การวางแนวฉากด้วยโซ่หรือเทป (Erecting perpendicular)

การวางแนวฉากด้วยโซ่หรือเทปเป็นวิธีที่สามารถนำไปใช้งานในการเก็บรายละเอียดของสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในสนาม และสามารถใช้วิธีนี้กำหนดตำแหน่งของจุดที่อยู่ในแบบก่อสร้างให้ปรากฏในสนาม หรือใช้ในการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง และอาจใช้เพื่อการตรวจสอบแนวฉากของอาคารได้ด้วย

1. การวางแนวฉากด้วยโซ่หรือเทป อาศัยหลักของเรขาคณิต คือหลักของสามเหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านอัตราส่วน 3 : 4 : 5 มีวิธีปฏิบัติ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 การวางแนวฉากโดยอาศัยหลักของเรขาคณิต

1. จากรูปต้องการวางแนวฉาก (CD) กับแนวเส้นตรง AB

2. กำหนดจุด A และจุด B โดยกำหนดให้ AB เป็น Base line ในที่นี้สมมติเท่ากับ 0.2000 เส้นโซ่ ใช้ห่วงคะแนนปักระยะไว้

3. ใช้จุด A เป็นจุดเริ่มต้นเล็งแนวให้จุด A, จุด G, จุด D, จุด B เป็นแนวเส้นตรง วัดระยะ GD เท่ากับ 3 ส่วน หรือเท่ากับ 0.0900 เส้นโซ่ ใช้ห่วงคะแนนปักระยะไว้ จะได้จุด D ในสนาม

4. ใช้โซ่ลานเส้น 2 เส้นวัดระยะ เส้นที่ 1 วัดระยะจากจุด G ไปจุด C เท่ากับ 5 ส่วนหรือเท่ากับ 0.1500 เส้นโซ่ เส้นที่ 2 วัดระยะจากจุด D ไปจุด C เท่ากับ 4 ส่วน หรือเท่ากับ 0.1200 เส้นโซ่ จะเกิดการตัดกันของแนวทั้งสองจุดตัดนั้นก็คือจุด C ใช้ห่วงคะแนนปักระยะไว้ ซึ่งแนว CD จะตั้งได้ฉากกับแนวเส้นตรง AB ตามต้องการ

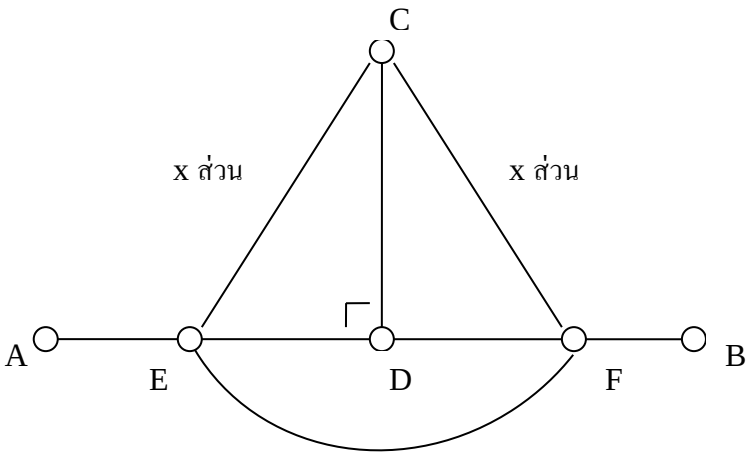
2. การวางแนวฉากโดยวิธีแบ่งครึ่งคอร์ด (Chord bisection)

2.1. จากรูปต้องการวางแนวฉากจากจุด C ซึ่งอยู่ภายนอกเข้าหาแนวเส้นตรง AB

2.2. กำหนดแนวเส้นตรง AB โดยให้มีระยะห่างกัน 0.3000 เส้นโซ่ และจุด C ห่างจากแนวเส้นตรง AB ตามจุดที่ต้องการวางแนวฉาก ขึ้นในสนาม ใช้ห่วงคะแนนปักไว้

2.3. ใช้จุด C เป็นจุดศูนย์กลางลากโซ่หรือเทปรัศมีเท่ากับ CE สมมติเท่ากับ 0.2000 เส้นโซ่ ให้ตัดกับแนวเส้นตรง AB โดยที่จุด A จะมีคนเล็งแนว ให้ห่วงคะแนนที่จุด E จุด F และจุด B เป็นแนวเดียวกันก็จะได้จุด E และจุด F ในสนาม ใช้ห่วงคะแนนปักไว้

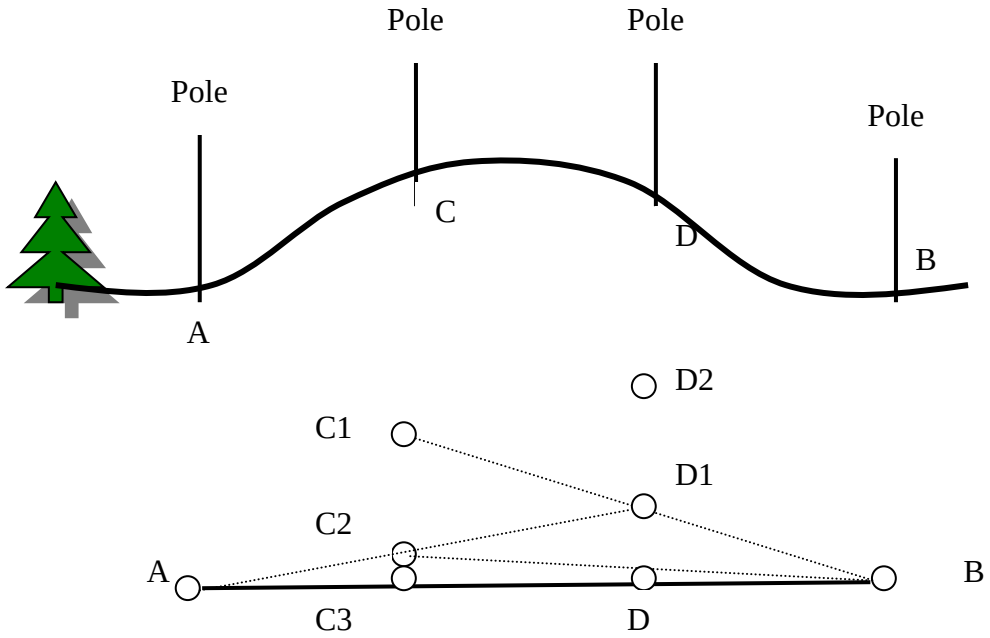
2.4. วัดระยะ EF สมมติวัดได้เท่ากับ 0.0800 เส้นโซ่ แบ่งครึ่งระยะ EF ที่จุด D ได้เท่ากับ 0.0400 เส้นโซ่ นำระยะที่คำนวณได้ไปกำหนดในสนามก็จะได้แนว CD ตั้งฉากกับแนว AB ตามต้องการ



รูปที่ 2.2 การวางแนวฉากโดยอาศัยเส้นคอร์ด

เรื่องที่ 2.2 การแก้อุปสรรคในการเล็งแนว

การวัดระยะข้ามอุปสรรคในในการเล็งแนวเช่นการวัดระยะข้ามเนินที่ไม่สามารถเล็งแนวผ่านเนินได้ ตัวอย่างจากรูป AB เป็นแนวที่ต้องการวัดระยะ แต่ไม่สามรถมองเห็น B จาก A ได้



รูปที่ 2.3 การเล็งแนวผ่านอุปสรรค

หลักการของงานสำรวจคือการวัดระยะจะต้องวัดให้อยู่ในแนวตรงและเป็นระยะทางราบ การแก้อุปสรรคแบบนี้สามารถทำได้ดังนี้

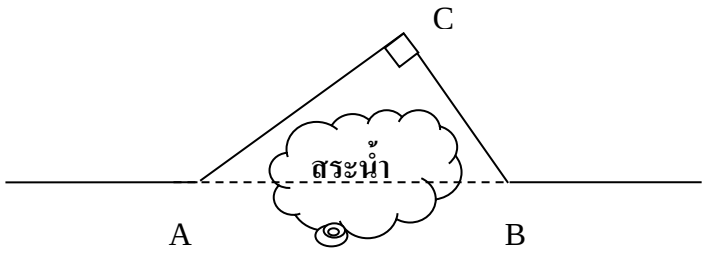
1. ปัก Pole ที่ C1 และ D2 อยู่บนเนินระหว่าง A และ B
2. เล็งแนวจาก B ในแนว D2 C1 ขยับ D2 ไปที่ D1 ให้อยู่ในแนว B C1
3. จาก A เล็งแนวไปที่ D1 ขยับ C2 ไปยัง C1 ให้อยู่ในแนว A D1
4. ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่ง แนว A B C D เป็นแนวเส้นตรงเดียวกัน

การวัดระยะแบบนี้ต้องใช้การวัดระยะแบบขั้นบันได เพื่อให้ได้ระยะทางเป็นระยะราบ

เรื่องที่ 2.3 การวัดระยะข้ามสิ่งกีดขวาง กรณีที่สามารถเล็งแนวได้ แต่ไม่สามารถวัดข้ามอุปสรรคโดยตรง สามารถวัดระยะข้ามอุปสรรคได้หลายวิธีได้แก่

1. ใช้หลักการสามเหลี่ยมมุมฉาก โดยทฤษฎี Pythagoras จากรูปจะได้ระยะ

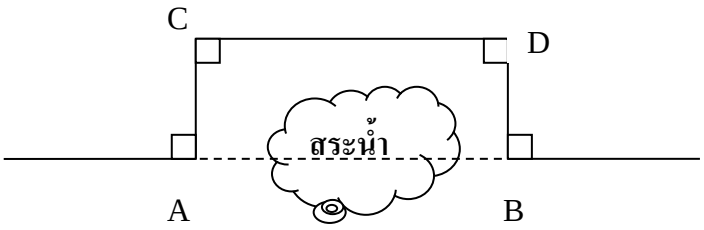
$$AB^2 = AC^2 + CB^2$$



รูปที่ 2.4 การวัดระยะผ่านอุปสรรคโดยใช้สามเหลี่ยมมุมฉาก

2. ใช้หลักการสี่เหลี่ยมผืนผ้า

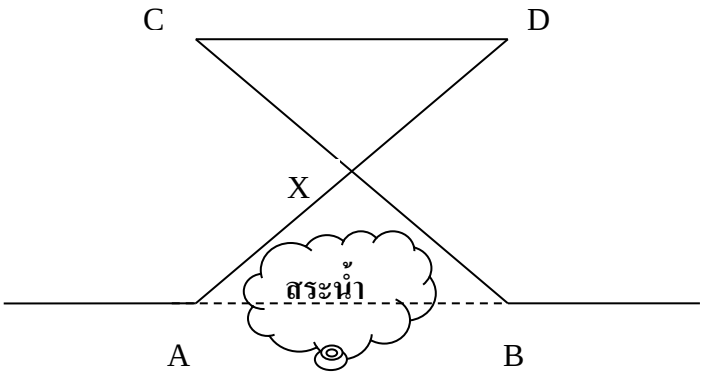
$$AB = CD$$



รูปที่ 2.5 การวัดระยะผ่านอุปสรรคโดยใช้สามเหลี่ยมมุมฉาก

3. ใช้หลักการของสามเหลี่ยมเท่ากันทุกประการ

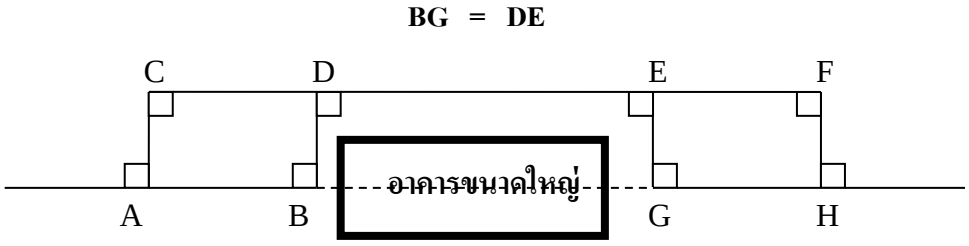
$$AB = CD$$



รูปที่ 2.6 การวัดระยะผ่านอุปสรรคโดยใช้หลักการสามเหลี่ยมเท่ากันทุกประการ

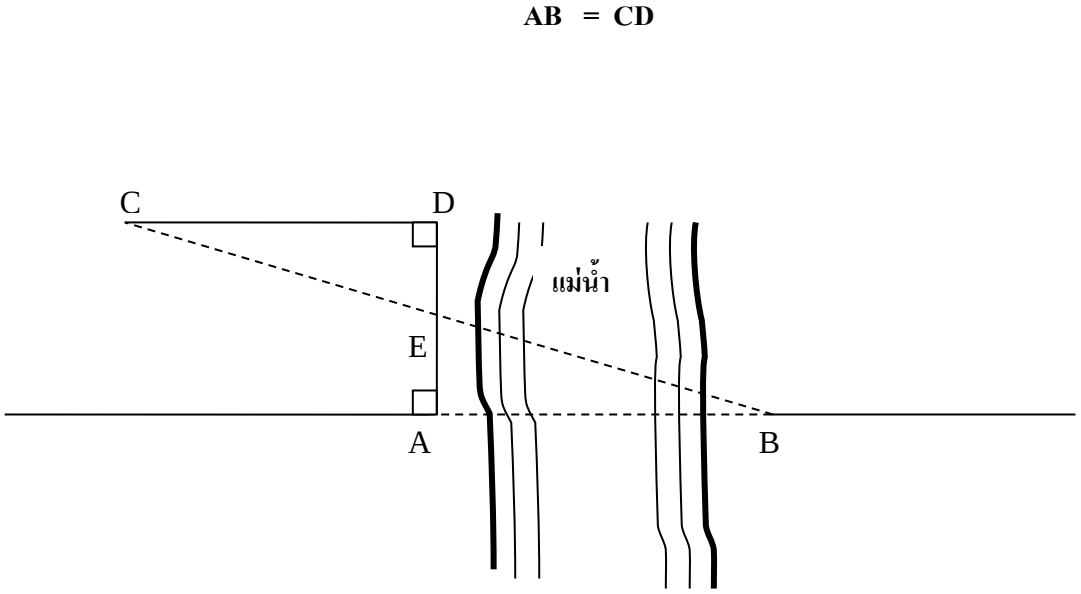
เรื่องที่ 2.3 การวัดระยะข้ามสิ่งกีดขวาง กรณีที่อุปสรรคมีขนาดใหญ่ เช่น ลำน้ำที่มีขนาดกว้าง หรือสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ไม่สามารถวัดผ่านได้

1. ใช้หลักการสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่ 2.7 การวัดระยะผ่านอุปสรรคโดยใช้หลักการสี่เหลี่ยมมุมฉาก

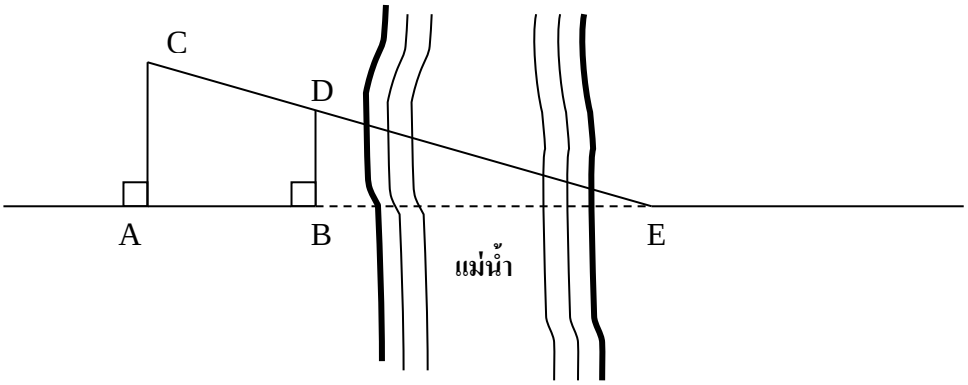
2. ใช้หลักการสามเหลี่ยมเท่ากันทุกประการ



รูปที่ 2.8 การวัดระยะผ่านอุปสรรคโดยใช้หลักการสามเหลี่ยมเท่ากันทุกประการ

3. ใช้หลักการอัตราส่วนสามเหลี่ยมคล้าย

$$BE = \frac{AB \times BD}{(AC-DB)}$$



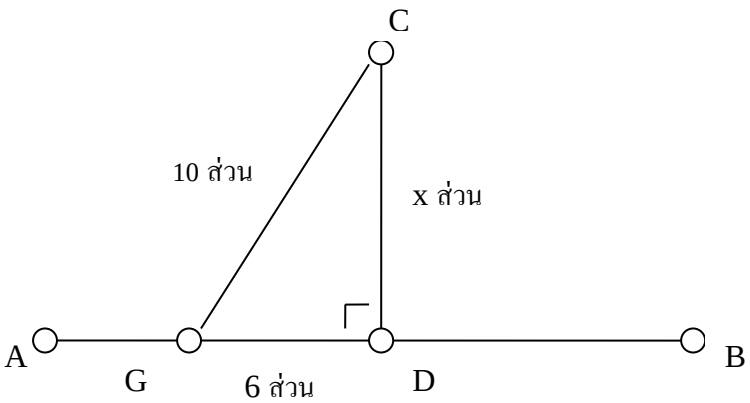
รูปที่ 2.10 การวัดระยะผ่านอุปสรรคโดยใช้หลักการสามเหลี่ยมคล้าย

เรื่องที่ 2.5 ฝึกทักษะการแก้อุปสรรคในการวัดระยะ ดูรายละเอียดตามใบงานที่ 2

แบบทดสอบท้ายบทที่ 2

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การสร้างมุมฉากในงานสำรวจใช้ประโยชน์ในข้อใด
   ก. ใช้กำหนดทิศทางการสำรวจ
   ข. ใช้หาความสูงของวัตถุ
   ค. เก็บรายละเอียดของวัตถุในสนาม
   ง. หาเนื้อที่ของที่ดิน



2. จากรูประยะ x เป็นเท่าใด
   ก. 7 ส่วน
   ข. 8 ส่วน
   ค. 9 ส่วน
   ง. 10 ส่วน
3. การสร้างมุมฉากโดยการใช้อัตราส่วนของสามเหลี่ยม 3:4:5 ด้านใดเป็นด้านตรงข้ามมุมฉาก
   ก. 3
   ข. 4
   ค. 5
   ง. ด้านใดก็ได้
4. การสร้างมุมฉากโดยวิธีแบ่งครึ่งคอร์ดมีข้อดีคือ
   ก. ใช้อุปกรณ์น้อย
   ข. ทำได้รวดเร็ว
   ค. ไม่ต้องใช้คนมาก
   ง. ถูกทุกข้อ

5. ข้อใดเป็นข้อจำกัดของการวางแนวฉากด้วยเทป

ก. ใช้เวลามาก

ข. ความละเอียด

ค. คนงานต้องมีความรู้

ง. มีค่าใช้จ่ายสูง

6. การวัดระยะข้อใดมีอุปสรรคในการเล็งแนว

ก. การวัดระยะข้ามลำน้ำขนาดใหญ่

ข. การวัดระยะข้ามบึง

ค. การวัดระยะข้ามเนิน

ง. ถูกทุกข้อ

7. การวัดระยะในทางลาดใช้วิธีใด

ก. การวัดระยะโดยการนับก้าว

ข. การวัดระยะโดยอาศัยรูปสามเหลี่ยม

ค. การวัดระยะเป็นแนวตรง

ง. การวัดระยะแบบขั้นบันได

8. การเล็งแนวข้ามเนินใช้หลักธงอย่างน้อยกี่ตัว

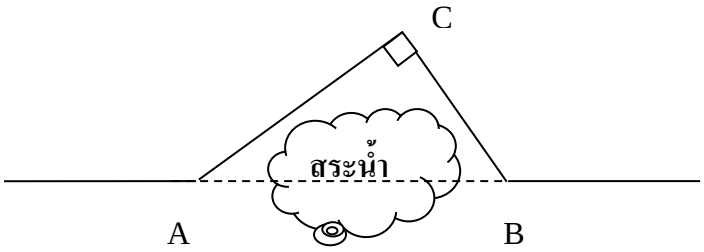
ก. 4

ข. 5

ค. 6

ง. 7

จากรูปใช้ตอบคำถามข้อ 9 - 11



9. การวัดระยะข้ามอุปสรรคจากรูปใช้สูตรใด

ก. $AB^2 = AC^2 + CB^2$

ข. $AB = AC \times BC / (AC-CB)$

ค. $AB = AC$

ง. $AB = AC+CB$

10. ถ้า AC = 48 และ BC = 36 จงหาระยะ AB

    ก. 45

    ข. 50

    ค. 55

    ง. 60

11. การวัดระยะข้ามอุปสรรควิธีนี้ไม่สามารถใช้ได้กรณีใด

    ก. ระยะ AB ไม่สามารถมองเห็นกันได้

    ข. ระยะ AB สามารถมองเห็นกันได้

    ค. ระยะ AC ไม่สามารถมองเห็นกันได้

    ง. ระยะ AC สามารถมองเห็นกันได้

12. การวางแนวฉากโดยวิธีแบ่งครึ่งคอร์ดไม่เหมาะกับพื้นที่ใด

    ก. พื้นที่ขนาดใหญ่

    ข. พื้นที่ขนาดเล็ก

    ค. พื้นที่รายละเอียดมาก

    ง. พื้นที่ราบ

13. การวางมุมฉากโดยแบ่งครึ่งคอร์ดต้องวัดระยะอย่างน้อยกี่ระยะ

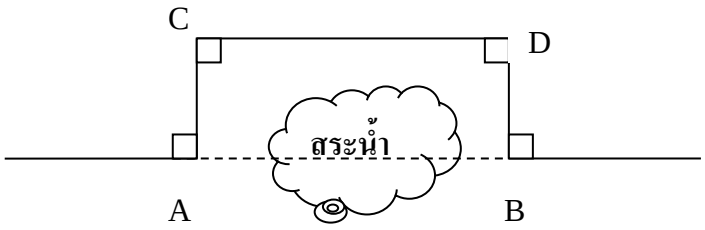
    ก. 3 ระยะ

    ข. 4 ระยะ

    ค. 5 ระยะ

    ง. 6 ระยะ

จากรูป ใช้ตอบคำถามข้อ 14 - 16



14. ถ้า AC = 28 เมตร และ CD = 56 เมตร ระยะ AB เป็นเท่าใด

    ก. 28 เมตร

    ข. 50 เมตร

    ค. 56 เมตร

    ง. 84 เมตร

15. กรณีใดที่ไม่เหมาะที่ใช้วิธีนี้ได้

ก. ระยะ AB ยาวมาก

ข. ระยะ AC ยาวมาก

ค. เล็งแนว CD ไม่ได้

ง. เล็งแนว AB ไม่ได้

16. ถ้า AC ไม่เท่ากับ DB มีสาเหตุจาก

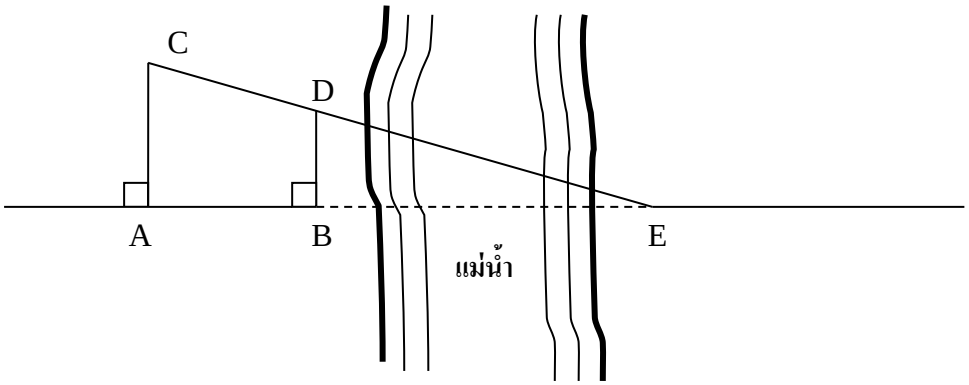
ก. การวางแนวฉากผิด

ข. การเล็งแนวผิด

ค. การวัดระยะผิด

ง. การวัดระยะและวางแนวฉากผิด

จากรูป ใช้ตอบคำถามข้อ 17 - 20



17. จากรูปใช้หลักการใด

ก. สามเหลี่ยมมุมฉาก

ข. สามเหลี่ยมคล้าย

ค. สามเหลี่ยมเท่ากันทุกประการ

ง. สามเหลี่ยมหน้าจั่ว

18. การคำนวณหาระยะ BE ใช้สูตรใด

ก. $BE^2 = AC^2 + CD^2$

ข. BE = AC

ค. BE = AC+BD

ง. $BE = \frac{AB \times BD}{(AC-DB)}$

19. ถ้า AC = 48 AB = 36 และ BD = 40 จงหาระยะ BE

ก. 140

ข. 160

ค. 180

ง. 200

20. การวางมุมฉากที่จุด A และ B ควรใช้วิธีใด

ก. อัตราส่วน 3:4:5

ข. การแบ่งครึ่งคอร์ด

ค. การวัดระยะสกัด

ง. การใช้กล้องวัดมุม

หน่วยการเรียนที่ 3

การสามเหลี่ยมด้วยโซ่

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 3.1 เส้นโครงงานสามเหลี่ยม

เรื่องที่ 3.2 การเก็บรายละเอียดของพื้นที่ด้วยโซ่

เรื่องที่ 3.3 การคำนวณเนื้อที่รูปหลายเหลี่ยมด้านไม่เท่า

เรื่องที่ 3.4 ใบงานที่ 2 การสามเหลี่ยมด้วยโซ่

สาระสำคัญ

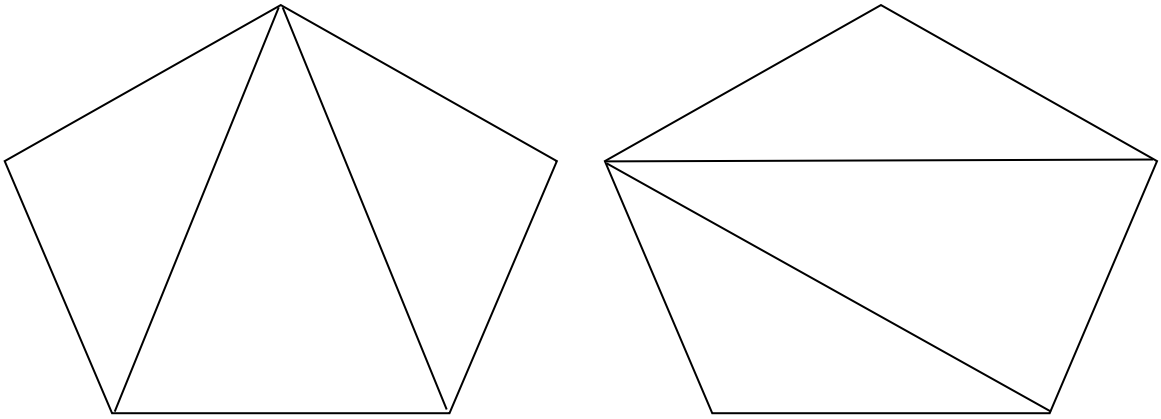
1. การสามเหลี่ยมด้วยโซ่ เป็นการสำรวจที่อาศัยหลักการวัดระยะในรูปสามเหลี่ยมและใช้หลักการสำรวจจากพื้นที่ใหญ่ไปสู่พื้นที่เล็ก โดยการใช้เส้นโครงงานซึ่งประกอบด้วย เส้นฐาน(Base Line) เส้นตรวจ (Check Line) และเส้นซอย(Tit Line)
2. การเก็บรายละเอียดของพื้นที่ด้วยโซ่ โดยอาศัยวิธีการวัดระยะฉากออกจากเส้นโครงงาน
3. การคำนวณเนื้อที่รูปหลายเหลี่ยมด้านไม่เท่า
4. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติงานการสามเหลี่ยมด้วยโซ่ เพื่อให้มีความชำนาญและความอดทน ละเอียดรอบคอบ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. อธิบายความหมายของการสามเหลี่ยมได้
2. บอกความมุ่งหมายของการสามเหลี่ยมได้
3. บอกขั้นตอนการสำรวจโดยการสามเหลี่ยมด้วยโซ่หรือเทปได้
3. มีทักษะในการวางแผนงานสามเหลี่ยมด้วยเทปและโซ่

เรื่องที่ 3.1 การสามเหลี่ยมด้วยโซ่

การสามเหลี่ยมด้วยโซ่ เป็นการสำรวจที่อาศัยหลักการวัดระยะในรูปสามเหลี่ยมและใช้หลักการสำรวจจากพื้นที่ใหญ่ไปสู่พื้นที่เล็ก ทำโดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นรูปสามเหลี่ยมแม้ว่าพื้นที่ที่ทำการสำรวจ จะมีหลายเหลี่ยมก็ตาม ทั้งนี้เพราะอาศัยหลักการของรูปสามเหลี่ยมที่มีคุณสมบัติในเรื่องของความแข็งแรง ซึ่งเมื่อเราวัดด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมแล้วเมื่อนำไปขึ้นรูปแผนที่จะไม่บิดเบี้ยว หรือโยกเยกทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของแผนที่ อีกทั้งการสามเหลี่ยมยังสามารถคำนวณหาเนื้อที่ของที่ดินที่ทำการสำรวจโดยหลักการของเรขาคณิต ทั้งนี้การสามเหลี่ยมยังมีข้อดีในงานสนามคือใช้เครื่องมืออุปกรณ์น้อยและไม่ต้องมีเทคโนโลยีสูง สะดวกในการเดินทาง แต่ก็มีข้อจำกัดเช่นกันคือไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่เพราะจะเสียเวลาในการทำงานมากและการวัดระยะที่ไกลๆ ก็เพิ่มความคลาดเคลื่อนในการวัดระยะและเล็งแนว อีกทั้งไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีรายละเอียดมากๆ เพราะไม่สามรถแบ่งพื้นที่ออกเป็นรูปสามเหลี่ยมได้เนื่องจากมีรายละเอียดบังแนวเล็งไม่สามารถวัดระยะผ่านได้ หรือเกิดความสับสนในการจดสมุดสนาม



(ก) (ข)

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการแบ่งรูปที่ดินเป็นรูปสามเหลี่ยมหลายๆ รูป

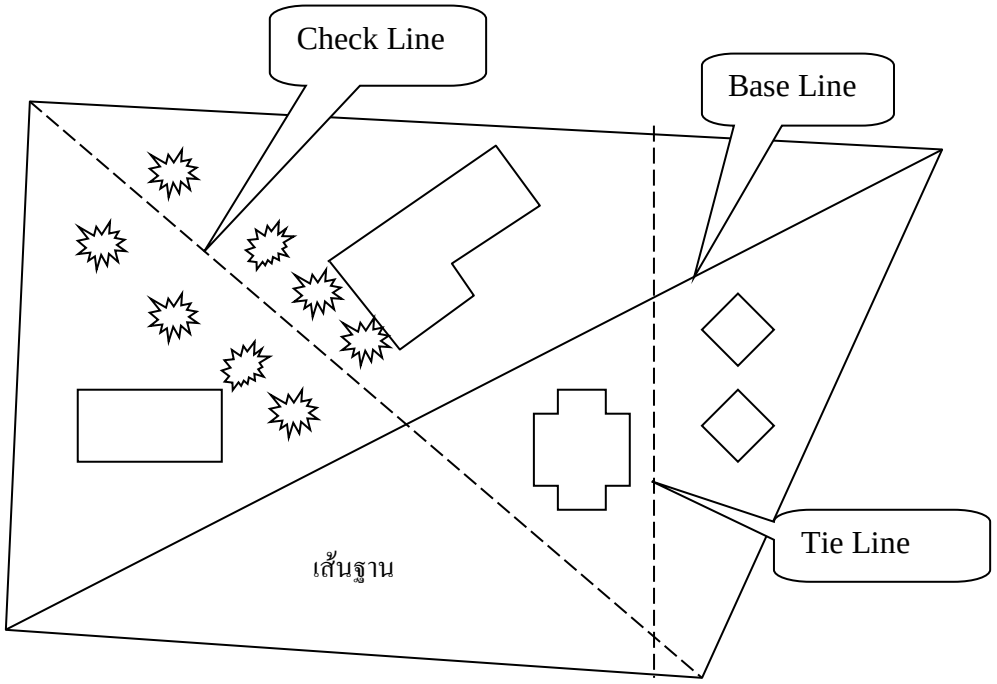
จากรูป 3.1 เราสามารถแบ่งรูปที่ดินให้เป็นรูปสามเหลี่ยมด้านใดก็ได้ อาจแบ่งแบบรูป (ก) หรือรูป (ข) ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความจำกัดของพื้นที่ และลักษณะที่ดีตามข้อกำหนดของเส้นฐาน รวมทั้งความสะดวกในการวัดระยะในสนาม

การสำรวจด้วยโซ่บางครั้งเรียกว่า การกำหนดเส้นโครงงานเพื่อให้ประกอบเป็นรูปสามเหลี่ยมที่ต่อเนื่องกันไป ซึ่งรูปสามเหลี่ยมที่ดีควรจะมีด้านที่ยาวใกล้เคียงกันจะทำให้ขึ้นรูปได้ง่าย ส่วนประกอบต่างๆ ของเส้นโครงงานในงานสามเหลี่ยมมีดังนี้

1. เส้นฐาน (Base Line) โดยทั่วไปเป็นเส้นขอบเขตที่ดิน หรือใช้สำหรับเก็บรายละเอียดขอบเขตที่ดิน เส้นฐานถือเป็นเส้นหลักในงานสามเหลี่ยม

2. เส้นตรวจ (Check Line or Proof Line) เป็นเส้นที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของการรังวัดในสนาม ซึ่งระยะในสนามจะต้องตรงกับระยะในแผนที่ ส่วนมากเส้นตรวจจะโยงระหว่างยอดของสามเหลี่ยม ซึ่งแต่ละสามเหลี่ยมจะต้องมีเส้นตรวจ

3. เส้นซอย (Tie Line) เป็นเส้นที่เชื่อมระหว่างจุดที่อยู่บนเส้นฐาน จุดประสงค์ของการวางเส้นซอยก็เพื่อที่จะเก็บรายละเอียดให้ได้ตามวัตถุประสงค์ ในขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่คล้ายเส้นตรวจ



รูปที่ 3.2 เส้นโครงงานต่างๆ

คุณสมบัติเส้นฐาน(ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย, Surveying,35)

1. จุดต่างๆ ที่อยู่บนเส้นฐานจะต้องเห็นซึ่งกันและกันได้
2. เส้นฐานหรือเส้นสำรวจอื่นจะต้องมีน้อยที่สุดเพื่อสะดวกในการขึ้นรูป

3. โครงงานจะต้องมีเส้นฐาน 1 หรือ 2 เส้น ซึ่งเส้นฐานเส้นหนึ่งจะต้องผ่านกลางพื้นที่ ถ้าใช้สองเส้นควรจะเป็นรูปกากบาท
4. เส้นโครงงานหรือเส้นสำรวจจะต้องผ่านพื้นที่ราบเรียบ
5. เส้นฐานควรมีด้านใกล้เคียงกัน
6. สามเหลี่ยมแต่ละรูปที่เป็นเส้นโครงจะต้องมีเส้นตรวจ
7. การกำหนดเส้นฐานจะต้องให้ใกล้ขอบเขตที่ดินมากที่สุด เพื่อจะทำการ Offset ในระยะใกล้
8. ไม่ควรกำหนดเส้นฐานผ่านสิ่งกีดขวาง
9. เส้นฐานควรจะเป็นเส้นบนขอบเขตที่ดิน

เรื่องที่ 3.2 การเก็บรายละเอียด *(Detail survey)* ด้วยโซ่หรือเทป

การเก็บรายละเอียดเป็นการวัดขนาดและระยะของรายละเอียด (สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นและสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ) เพื่อนำไปจำลองตามมาตราส่วนลงในแผนที่ ทำให้รายละเอียดถูกต้อง ตามภูมิประเทศจริง เส้นต่างๆ ที่ใช้เรียก เช่น เส้นโครงงาน (Frame work) เส้นรังวัดหรือเส้นสำรวจ (Survey line) เส้นฐาน (Base line) และระยะฉาก (Offset) จะไม่เขียนลงในแผนที่

1. โดยการจับฉากด้วยเทป จะใช้อัตราส่วนของด้านของสามเหลี่ยม เช่น 3 : 4 : 5

2. โดยการวัดระยะโยงยึด โดยใช้เส้นโยงยึด (Tie line) อย่างน้อยสองเส้น เส้นที่สามจะเป็นเส้นตรวจ (Check line) เวลานำระยะไปเขียนแผนที่จะต้องใช้วงเวียนสกัดกัน (Intersection)จึงจะได้จุดที่วัดมาตรงตามตำแหน่ง

3. การเก็บรายละเอียดแบบต่อเนื่อง เป็นการโยงยึดเส้นจากรายละเอียดต่อเนื่องกันไป อาจจะใช้ร่วมกับกล้องวัดมุมก็ได้

4. การจับฉากด้วย *Prism square* แล้ววัดระยะฉาก *(Offset)* วิธีนี้จะใช้กับขอบเขตที่เป็นแนวคดโค้ง เช่น การเก็บรายละเอียดที่เป็นลำน้ำ แนวเขตที่ดินที่คดเคี้ยวให้เส้น AB เป็นเส้นสำรวจหรือเส้นโครงงานวางเทปในแนว AB ใช้หักขาวแดง (Pole) ปักที่ A และ B ใช้ Prism square จับฉากตามวิธีการแล้ววัดระยะ Offset ไปยังแนวเขต อย่าลืมเขียน สมุดสนามให้ถูกต้อง ตัวเลขต้องตรวจสอบอย่างละเอียด

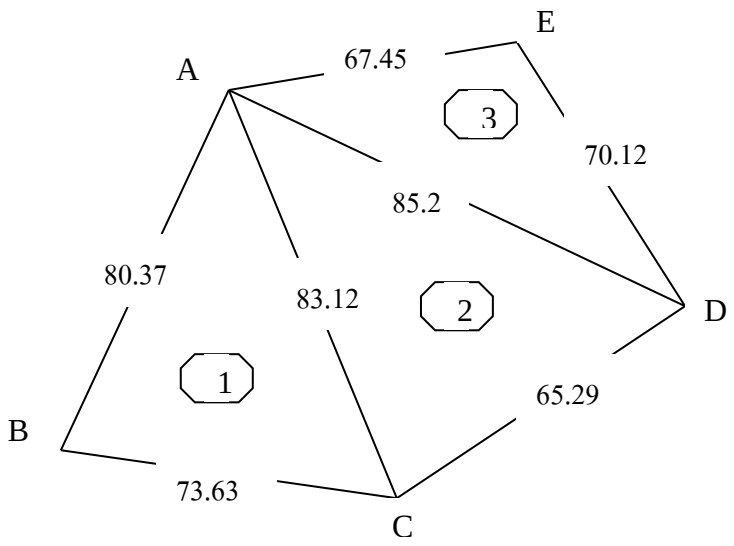
5. การเก็บรายละเอียดโดยการวัดแบบ *x y (Orthogonal survey)* วิธีนี้จะกำหนดแกน y ผ่านกลางรูปหรือตามความสะดวก โดยจุดแรกจะต้องออกจากหมุดหลักเขต (ระยะเป็นศูนย์) แกน y จะเป็นเส้นฐาน จับฉากด้วย Prism square ตามแนวแกน x วิธีนี้จะสามารถลงขอบเขตได้ และการคำนวณเนื้อที่ จะใช้สูตรของสามเหลี่ยม, สี่เหลี่ยมคางหมู, หรือพิกัดฉากก็ได้

6. การเก็บรายละเอียดโดยวิธีจับฉาก การเก็บรายละเอียดวิธีนี้เป็นการเก็บรายละเอียดตามเส้นรังวัด (Survey line) โดยการ จับฉากออกไปทั้งทางซ้ายและขวา จุดจับฉากจะต้องวัดระยะออกจากหมุดแรก ต่อเนื่องจนถึงหมุด ข้างหน้า การเขียนสมุดสนามจะนิยมเป็นเส้นคู่ ตรงกลางจะใส่ระยะตามแนวเส้นสำรวจ ระยะรวม ทั้งหมดจะใส่วงเล็บ

7. การเก็บรายละเอียดโดยใช้เส้นซอยหรือการโยงยึด *(Tie in survey)* การเก็บรายละเอียดวิธีนี้การวัดจะต้องมีเส้นทะแยง หรือเส้นฐานเพื่อตรวจสอบเนื้อที่ การวัดรายละเอียดจะเล็งกำหนดแนวเส้นซอยซึ่งอยู่ระหว่างเส้นโครงงานให้ตรงขอบรายละเอียด ดังรูปข้างล่าง เส้นซอยจะนานบ้านหรือตึก ตัวเลขที่ขีดเส้นใต้คู่แสดงว่าเป็นระยะรวม(หรือจะใช้วงเล็บก็ได้) ในรูปจะมีเขตที่ดิน 3 แปลง ถ้าวัดได้ถูกต้องและนำมาเขียนแผนที่จะสามารถใช้ Digital Planimeter หาเนื้อที่ได้

8. การเก็บรายละเอียดใช้วิธีร่วมระหว่างการโยงยึดและจับฉาก

เรื่องที่ 3.3 การคำนวณเนื้อที่รูปหลายเหลี่ยมด้านไม่เท่า



รูปที่ 3.3 รูป 5 เหลี่ยมแบ่งเป็น 3 เหลี่ยม 3 รูป

ขั้นตอนการคำนวณหาพื้นที่

1. จากรูปต้องการคำนวณหาเนื้อที่ของรูปหลายเหลี่ยมด้านไม่เท่า A B C D E 2 รูปเพื่อตรวจสอบเนื้อที่ซึ่งกันและกัน

2. คำนวณหาเนื้อที่รูปหลายเหลี่ยมด้านไม่เท่า A B C D E รูปที่ 1 โดยแบ่งคำนวณเป็นรูปสามเหลี่ยม แล้วนำเนื้อที่ที่คำนวณได้มารวมกัน

สูตร เนื้อที่ $= \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$

S = (a+b+c)/2

3. คำนวณหาเนื้อที่ Δ รูปที่ 1 คือ ABC

S = (a+b+c) /2

S = (80.37+73.63+83.12)/2

S = 118.56

A1 = $\sqrt{}$ 118.56(118.56-80.37)(118.56-73.63)(118.56-83.12)

= 2,685.09 ตารางเมตร

ทำเป็นไร่ หาร 1,600 = 1.6781818 ไร่

หาเศษงาน ลบ 1 คูณ 4 = 2.7127 งาน

ทำเนื้อที่ (A_1) ให้เป็นตารางวา ให้ลบด้วยจำนวนเต็มงานออก เอาเศษหลังจุดทศนิยมคูณด้วย 100

เพราะว่า 1 งาน เท่ากับ 100 ตารางวา = 71.27 ตารางวา

เนื้อที่ Δ รูปที่ 1 คือ ABC = 1 – 2 – 71.72 ไร่

หรือเนื้อที่ Δ รูปที่ 1 คือ ABC = ๑ ไร่ ๒ งาน ๗๑ ตารางวา

4. คำนวณหาเนื้อที่ Δ รูปที่ 2 คือ ACD

S = (a+b+c) /2

S = (85.20+65.29+83.12)/2

S = 116.805

A1 = $\sqrt{}$ 116.805 (116.805-85.20)(116.805-65.29)(116.805-83.12)

= 2,531.009 ตารางเมตร

ทำเป็นไร่ หาร 1,600 = 1.581881 ไร่

หาเศษงาน ลบ 1 คูณ 4 = 2.327523 งาน

ทำเนื้อที่ (A_2) ให้เป็นตารางวา ให้ลบด้วยจำนวนเต็มงานออก เอาเศษหลังจุดทศนิยมคูณด้วย 100

เพราะว่า 1 งาน เท่ากับ 100 ตารางวา = 32.75 ตารางวา

เนื้อที่ Δ รูปที่ 2 คือ ABC = 1 – 2 – 32.75 ไร่

หรือเนื้อที่ Δ รูปที่ 2 คือ ABC = ๑ ไร่ ๒ งาน ๓๒.๗ ตารางวา

5. คำนวณหาเนื้อที่ Δ รูปที่ 3 คือ ADE

S = (a+b+c) /2

S = (67.45+70.12+85.20)/2

S = 111.385

A3 = $\sqrt{}$ 111.385 (111.385-67.45)(111.385-70.12)(111.385-85.20)

= 2,299.513 ตารางเมตร

ทำเป็นไร่ หาร 1,600 = 1.437196 ไร่

หาเศษงาน ลบ 1 คูณ 4 = 1.748783 งาน

ทำเนื้อที่ (A_3) ให้เป็นตารางวา ให้ลบด้วยจำนวนเต็มงานออก เอาเศษหลังจุดทศนิยมคูณด้วย 100

เพราะว่า 1 งาน เท่ากับ 100 ตารางวา = 74.87 ตารางวา

เนื้อที่ Δ รูปที่ 3 คือ ADE = 1 – 1 – 74.87 ไร่

หรือเนื้อที่ Δ รูปที่ 3 คือ ADE = ๑ ไร่ ๑ งาน ๗๔.๘๗ ตารางวา

6. คำนวณหาเนื้อที่ทั้งหมดจาก

Σ Area = Area Δ ABC + Area Δ ACD + Area Δ ADE

Area Δ ABC = 1 – 2 – 67.85

Area Δ ACD = 1 – 2 – 32.75

Area Δ ADE = 1 – 1 – 74.87

= 4 – 2 – 75.48 ไร่

เนื้อที่รูป 5 เหลี่ยม ABCDE = ๔ ไร่ ๒ งาน ๗๕.๔๘ ตารางวา

เรื่องที่ 3.4 ฝึกทักษะการสามเหลี่ยมด้วยโซ่ ดูรายละเอียดตามใบงานที่ 3

แบบทดสอบท้ายบทที่ 3

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. หลักการสามเหลี่ยมด้วยโซ่หรือเทปคือ
    ก. หลักการวัดระยะในรูปสามเหลี่ยม
    ข. และใช้หลักการสำรวจจากพื้นที่ใหญ่ไปสู่พื้นที่เล็ก
    ค. ทำโดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นรูปสามเหลี่ยมแม้ว่าพื้นที่สำรวจ จะมีหลายเหลี่ยม
    ง. ถูกทุกข้อ
2. การสำรวจด้วยโซ่บางครั้งเรียกว่า
    ก. การกำหนดเส้นโครงงาน
    ข. การสำรวจจากพื้นที่ใหญ่ไปสู่พื้นที่เล็ก
    ค. การแบ่งพื้นที่
    ง. การหาเนื้อที่โดยการสามเหลี่ยม
3. เส้นฐาน (Base Line)
    ก. โดยทั่วไปเป็นเส้นขอบเขตที่ดิน
    ข. หรือใช้สำหรับเก็บรายละเอียดขอบเขตที่ดิน
    ค. เส้นฐานถือเป็นเส้นหลักในงานสามเหลี่ยม
    ง. ถูกทุกข้อ
4. เส้นตรวจ (Check Line or Proof Line)
    ก. เป็นเส้นที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของการรังวัดในสนาม
    ข. ระยะในสนามจะต้องตรงกับระยะในแผนที่
    ค. ส่วนมากเส้นตรวจจะโยงระหว่างยอดของสามเหลี่ยม
    ง. ถูกทุกข้อ
5. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติเส้นฐาน
    ก. เส้นโครงงานหรือเส้นสำรวจจะต้องผ่านพื้นที่ราบเรียบ
    ข. ระยะในสนามจะต้องตรงกับระยะในแผนที่
    ค. สามเหลี่ยมแต่ละรูปที่เป็นเส้นโครงจะต้องมีเส้นตรวจ
    ง. เส้นฐานควรมีด้านใกล้เคียงกัน
6. จุดประสงค์หลักของการวางเส้นซอยคือ
    ก. ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของการรังวัดในสนาม

ข. ใช้เป็นเส้นตรวจ

ค. ใช้ในการแบ่งพื้นที่

ง. เพื่อที่จะเก็บรายละเอียด

7. การเก็บรายละเอียด

ก. เป็นการวัดขนาดและระยะของรายละเอียดเพื่อนำไปจำลองตามมาตราส่วนลงในแผนที่

ข. การจดบันทึก

ค. ทำให้รายละเอียดถูกต้อง ตามภูมิประเทศจริง

ง. การทำงานเป็นทีม

8 โดยการวัดระยะโยงยึด โดยใช้เส้นโยงยึด (Tie line) อย่างน้อย

ก. สองเส้น

ข. สามเส้น

ค. สี่เส้น

ง. ห้าเส้น

9. การโยงยึดเส้นจากรายละเอียดต่อเนื่องกันไปเรียกว่า

ก. การวัดระยะโยงยึด

ข. การวัดระยะโยงยึดต่อเนื่อง

ค. การเก็บรายละเอียด

ง. การเก็บรายละเอียดต่อเนื่อง

10. . การจับฉากด้วย *Prism square* แล้ววัดระยะฉาก *(Offset)* วิธีนี้จะนิยมใช้กับ

ก. ขอบเขตที่เป็นแนวคดโค้ง

ข. รายละเอียดขนาดเล็ก

ค. รายละเอียดที่สำคัญมากๆ

ง. อาคารสิ่งปลูกสร้าง

11. การเขียนสมุดสนามจะนิยมเป็นเส้นคู่ ตรงกลางจะใส่ระยะตามแนวเส้นสำรวจจาก

ก. หมุดแรกต่อเนื่องกันไปถึงหมุดข้างหน้า

ข. เส้นสำรวจไปถึงรายละเอียดที่ต้องการเก็บ

ค. ระยะจากรายละเอียดถึงรายละเอียด

ง. ขนาดของรายละเอียด

12. การเขียนสมุดสนามเส้นคู่ระยะรวมนิยมเขียนโดย

ก. ตัวเลขสีแดง

ข. ขีดเส้นใต้

ค. ใส่วงเล็บ

ง. เขียนเป็นเลขไทย

13. Digital Planimeter เป็นเครื่องมือสำหรับ

ก. ใช้ในการเขียนแผนที่

ข. ใช้ในการตรวจสอบระยะที่ต้องการความละเอียด

ค. ใช้ในการแก้ปัญหาการวัดระยะ

ง. ใช้ในการวัดเนื้อที่จากแผนที่

14. การคำนวณเนื้อที่รูปหลายเหลี่ยมด้านไม่เท่าคือข้อใด

ก. $\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$

ข. (a+b+c)/2

ค. (ฐานxสูง)/2

ง. ½ (a .b. sin C)

15. การที่สามเหลี่ยมมีขนาดด้านใกล้เคียงกันมีผลดีในงานสำรวจคือ

ก. สามเหลี่ยมมีความแข็งแรง

ข. การเขียนรูปแผนที่ทำได้ง่ายขึ้น

ค. ให้ความถูกต้องสูงกว่า

ง. ถูกทุกข้อ

16. ***Prism square*** เป็นเครื่องมือสำหรับ

ก. วัดเนื้อที่ในสนาม

ข. วัดมุมฉากในสนาม

ค. ตรวจสอบระยะในสนาม

ง. เขียนแผนที่

17. มาตราส่วนหลักกรมที่ดินคือ

ก. 1 : 1,000

ข. 1 : 2,000

ค. 1 : 3,000

ง. 1 : 4,000

18. 2 ไร่ 3 งาน 24 ตารางวาเป็นกี่ตารางเมตร

ก. 2,324 ตารางเมตร

ข. 3,200 ตารางเมตร

ค. 4,400 ตารางเมตร

ง. 4,496 ตารางเมตร

19. 10,200 ตารางเมตร คือข้อใด

ก. 6 ไร่ 3 งาน 75 ตารางวา

ข. 6 ไร่ 1 งาน 05 ตารางวา

ค. 6 ไร่ 1 งาน 50 ตารางวา

ง. 6 ไร่ 3 งาน 50 ตารางวา

20. ขนาดเนื้อที่ 1 ไร่ในแผนที่มาตราส่วน 1:4,000 มีขนาด

ก. 1 ตารางเซ็นติเมตร

ข. 2 ตารางเซ็นติเมตร

ค. 3 ตารางเซ็นติเมตร

ง. 4 ตารางเซ็นติเมตร

หน่วยการเรียนที่ 4
มุมและทิศทาง

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 4.1 มุมทิศและมุม

เรื่องที่ 4.2 ชนิดของมุมทิศ

เรื่องที่ 4.3 การคำนวณหามุมจากภาคของทิศและมุมทิศ

เรื่องที่ 4.4 ใบงานที่ 4 การหาทิศทางจากมุม

สาระสำคัญ

1. มุมและทิศทางเป็นปริมาณที่ถูกวัดเพื่อใช้ใน การบอกตำแหน่งของจุดใดๆ สามารถบอกด้วยปริมาณที่เป็น ทิศทางของแนวสำรวจสามารถที่จะกำหนดได้โดยการถ่ายมาจากเส้นสำรวจเส้นอื่นหรือโดยวัดออกจากแนวอ้างอิงเช่น เมอริเดียน
2. ชนิดของมุมทิศ เราแบ่งชนิดของมุมทิศออกเป็น 2 ชนิด ตามการวัดมุมคือมุมทิศ (Bearing) หรือภาคของทิศ (Azimuth) ซึ่งทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกันทั้งวิธีการรังวัดและการเขียนบอกค่ามุม
3. การคำนวณหาค่ามุมจากภาคของทิศและมุมทิศ W.C.B. system

   สูตร มุม = FB. ของธงหน้า – FB. ของธงหลัง(ถ้าลบไม่ได้ให้เอา 360 ไปบวก)

   การคำนวณหา Azimuth จากมุมนี้ ก็เพื่อที่จะเอาค่า Azimuth ที่คำนวณได้ไปคำนวณตรวจสอบการวัดค่ามุมว่าวัดถูกหรือไม่ แล้วนำไปคำนวณหาค่าพิกัดฉากต่อไป

   สูตร อาซิมุทที่ชี้ไป = อาซิมุทที่ชี้มา + มุม ± 180

   หรือ F.B. ธงหน้า = (B.B.ธงหลัง + มุม) ± 180

4. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการคำนวณการหาค่ามุมจากเพื่อให้มีความชำนาญและความอดทน ละเอียดรอบคอบ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. อธิบายความหมายของมุมทิศและมุมได้
2. บอกชนิดของมุมทิศได้
3. คำนวณหาค่ามุมจากภาคของทิศและมุมทิศได้
3. มีทักษะในการหาทิศทางจากมุม

เรื่องที่ 4.1 มุมและทิศทาง (ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย, Surveying,35)

การบอกตำแหน่งของจุดใดๆ สามารถบอกด้วยปริมาณที่เป็นระยะและระยะเช่น ระบบพิกัดฉาก และสามารถบอกเป็นระยะและทิศทางคือระบบขั้ว(Polar) ได้เช่นกัน ทิศทางของแนวสำรวจสามารถที่จะกำหนดได้โดยการถ่ายมาจากเส้นสำรวจเส้นอื่นหรือโดยวัดออกจากเมอริเดียน ซึ่งจะต้องอาศัยมุมและมุมทิศ (Bearing) หรือภาคของทิศ (Azimuth) ถ้าวัดออกจากเมอริเดียนเราก็เรียกว่า มุมทิศ มุมทิศ (Bearing) และภาคของทิศ (Azimuth) วัดออกจากแนวอ้างอิงดังนี้

1. เมอริเดียนจริง (True Meridian) คือเมอริเดียนที่ผ่านจุดที่อยู่บน Plane ซึ่งผ่านจุดขั้วโลกเหนือ และขั้วโลกใต้ แนวเมอริเดียนจริงนี้จะคำนวณหาได้โดยการรังวัดจากดาวหรือดวงอาทิตย์ สัญลักษณ์ที่ใช้คือดาว

มุมทิศจริง (True Bearing) มุมทิศจริงของเส้นสำรวจใดๆ คือมุมราบที่วัดออกจากแนวเมอริเดียนจริงไปยังเส้นสำรวจนั้นๆ

2. เมอริเดียนแม่เหล็ก (Magnetic Meridian) คือแนวเมอริเดียนที่กำหนดขึ้นโดยเข็มทิศเมื่อวางตัวอยู่นิ่งอิสระและอยู่ในแนวราบ สัญลักษณ์ที่ใช้คือลูกศรครึ่งซีก

มุมทิศของแม่เหล็ก (Magnetic Bearing) ของเส้นสำรวจใดๆ คือมุมราบที่วัดออกจากแนวเมอริเดียนแม่เหล็กไปยังแนวของเส้นสำรวจเส้นนั้น การวัดจะใช้เข็มทิศแม่เหล็ก

3. กริดเมอริเดียน (Grid Meridian) คือแนวเมอริเดียนที่กำหนดขึ้นโดยเส้นกริดหรือเส้นในแนวเหนือใต้บนแผนที่ สัญลักษณ์ของทิศเหนือกริดใช้ **GN**

4. เมอริเดียนสมมุติ (Arbitrary Meridian) เป็นแนวเมอริเดียนที่กำหนดขึ้น โดยให้สิ่งก่อสร้างที่ถาวรที่อยู่ในแนวทิศเหนือโดยประมาณเป็นจุดอ้างอิง วิธีใช้กับงานเล็กๆ ที่ไม่ต้องการความละเอียด

มุมทิศสมมุติ (Arbitrary Beraing) คือง่ามมุมราบที่วัดออกจากทิศเหนือสมมุติไปยังเส้นสำรวจนั้น เครื่องมือที่ใช้เช่นกล้อง Theodolite

4.2 ทิศเหนือ

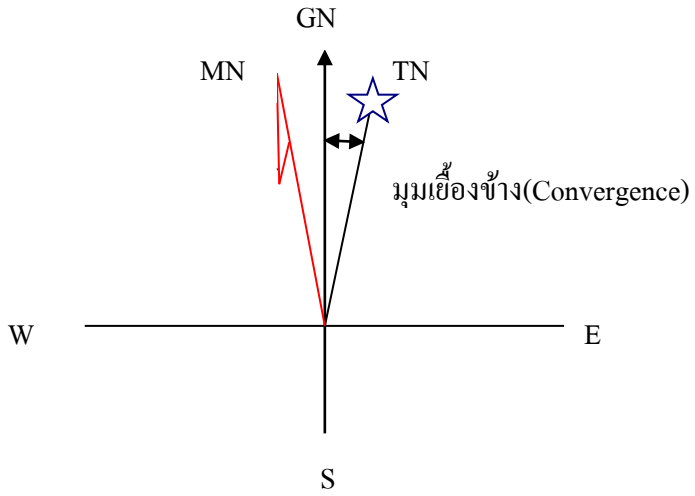
ทิศเหนือมีหลายชนิด ซึ่งการใช้จะใช้ตามความต้องการของงาน เช่น แผนที่ แบบสำรวจ แบบแปลน ทิศเหนือแบ่งออกได้ดังนี้

1. ทิศเหนือจริง (True north = TN) เป็นทิศเหนือที่ถูกต้อง การหาทิศเหนือชนิดนี้หาได้จากการสำรวจทาง ดาราศาสตร์ และเครื่องมือพิเศษในการหาทิศ เช่น Gyro attachment ทิศเหนือจริงจะไม่ใช้ในงานแบบวิศวกรรม แต่การที่จะวางผังปักหมุดจะต้องทราบทิศเหนือจริงจึงจะถูกต้อง

2. ทิศเหนือแม่เหล็ก (Magnetic North = MN) เป็นทิศเหนือที่ได้จากการแขวนลอยแม่เหล็กให้อยู่อย่างอิสระซึ่งปลายแม่เหล็กจะชี้ขั้วเหนือใต้ ในทางสำรวจจะสร้างเครื่องมือขึ้นมาวัดหาทิศเหนือแม่เหล็กโดยเฉพาะ เช่น Prismatic Compass หรือเราเรียกว่า ตลับเข็มทิศ , WILD B3, WILD TO

3. ทิศเหนือสมมุติ (Abritrary-North = AN) ทิศเหนือสมมุตินี้จะใช้มากที่สุดในงานก่อสร้างที่ไม่ใหญ่โตมากมายนัก ซึ่งส่วนมากก็กะเอาสำหรับในประเทศไทย ละเอียดขึ้นมาอีกนิดก็โดยการใช้ทิศเหนือแม่เหล็ก

4. ทิศเหนือกริด (Grid North = GN) หมายถึง ทิศเหนือของแผนที่ ซึ่งเป็นทิศเหนือตามเส้นแกนตั้งของเส้นกริดทิศเหนือชนิดนี้ถ้าการก่อสร้างใหญ่โตจะกำหนดพิกัดเป็นระบบ UTM บางทีก็ใส่ค่า Convergence © ไว้ด้วย บางทีไม่ใส่แต่ต้องคำนวณเอง เพื่อเอาไปแก้ทิศเหนือและให้ตำแหน่งของสิ่งก่อสร้างถูกต้อง (ศึกษาได้จากหนังสือ Advanced Survey)



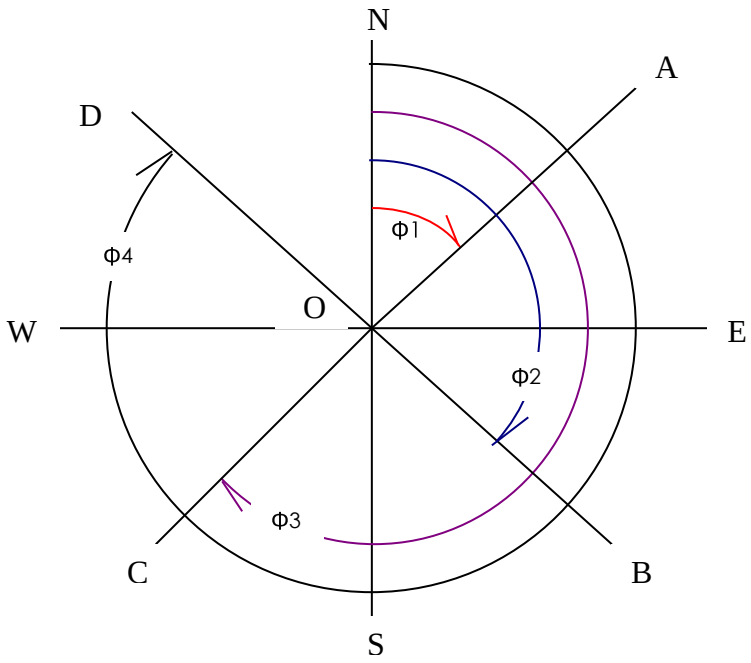
รูปที่ 4.1 ทิศเหนือแบบต่างๆ

4.3 ชนิดของมุมทิศ (BEARING)

มุมทิศจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

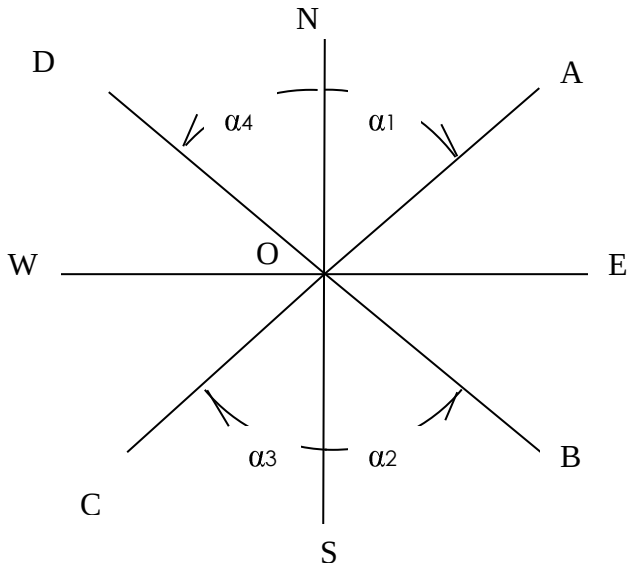
4.3.1) WHOLE CIRCLE BEARING SYSTEM (WCB) หรือ AZIMUTH SYSTEM

หมายถึงง่ามมุมที่วัดจากทิศเหนือหรือใต้ใดๆ ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ภาคของทิศ (Azimuth) จะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 360 ตัวอย่างเช่น



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะการวัดมุมแบบ AZIMUTH

4.3.2) THE QUADRANTAL BEARING SYSTEM หรือ REDUCED BEARING (RB) หมายถึงง่ามมุมที่วัดไปทางตะวันตกและตะวันออก โดยนับเนื่องจากทิศเหนือและทิศใต้ ซึ่งการวัดจะวัดออกจากแนวเมอริเดียนทั้งตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะการวัดมุมแบบ BEARING

แนว OA จะมีมุมทิศ (RB) = N α_1 E

แนว OB จะมีมุมทิศ (RB) = S α_2 E

แนว OC จะมีมุมทิศ (RB) = S α_3 W

แนว OD จะมีมุมทิศ (RB) = N α4 W

4.4 การเปลี่ยน WCB เป็น RB เป็น WCB

4.4.1) การเปลี่ยน WCB เป็น RB

Quadrant	ค่า WCB (α)	RB (α)	Quadrant
I	0 – 90 = Φ_1	RB = WCB	NE
II	90 – 180 = Φ_2	RB = 180 – WCB	SE
III	180 – 270 = Φ_3	RB = WCB – 180	SW
IV	270 – 360 = Φ_4	RB = 360 - WCB	NW

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปลี่ยนค่า WBC.เป็น RB

4.4.2) การเปลี่ยน RB เป็น WCB

Quadrant	ค่า WCB ( )	สูตร WCB ( )	RB (α)
I	0 – 90	WCB = RB	N α1 E
II	90 – 180	WCB = 180 – RB	S α2 E
III	180 – 270	WCB = 180 + RB	S α3 W
IV	270 – 360	WCB = 360 - RB	N α4 W

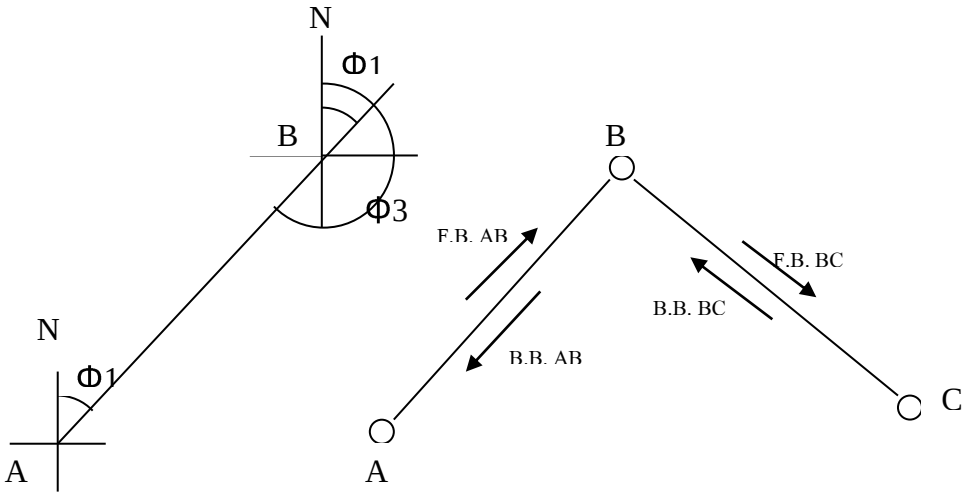
ตารางที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนค่า RB.เป็น WBC

4.5 ภาคของทิศหน้าและภาคของทิศหลัง หรือภาคของทิศไปและภาคของทิศกลับ

(FOREBEARING AND BACK BEARING ของสองระบบมีดังนี้)

4.5.1) W.C.B. SYSTEM

FORE BEARING (F.B.) หรือภาคของทิศไป คืองามที่วัดจากทิศเหนือไปยังหมุดที่ต้องการทราบภาคของทิศ เช่น ตั้งเข็มทิศที่ A วัดง่ามมุมจากทิศเหนือไปยัง B ได้ค่าเท่ากับ ดังรูปข้างล่าง



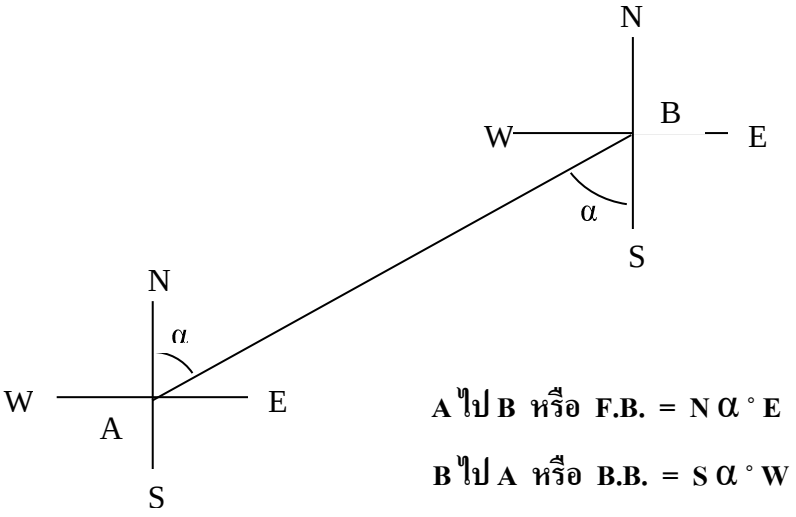
รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะภาคของทิศไปและภาคของทิศกลับ

BACK BEARING (B.B) หรือภาคของทิศกลับ หมายถึงมุมภาคของทิศที่วัดจากทิศเหนือไปยังจุดที่วัด F.B. มาในรูปคือการวัดจาก B ไป A ซึ่งก็คือ = +180 นั่นเอง ในทำนองเดียวกันถ้าให้ BA เป็น F.B. AB ก็จะเป็น B.B. เพราะฉะนั้น สรุปเป็นสูตรได้ว่า B.B. = F.B. ± 180

ใช้เป็นเครื่องหมายบวกเมื่อ F.B < 180

ใช้เครื่องหมายลบเมื่อ F.B. > 180

4.5.2) R.B. SYSTEM ในระบบนี้เพียงแต่เปลี่ยนตัวอักษรให้เป็นตรงกันข้ามก็จะได้ F.B. และ B.B. ตามความต้องการในรูปข้างล่า $\alpha 1 = \alpha 2 = \alpha$ ใดๆ

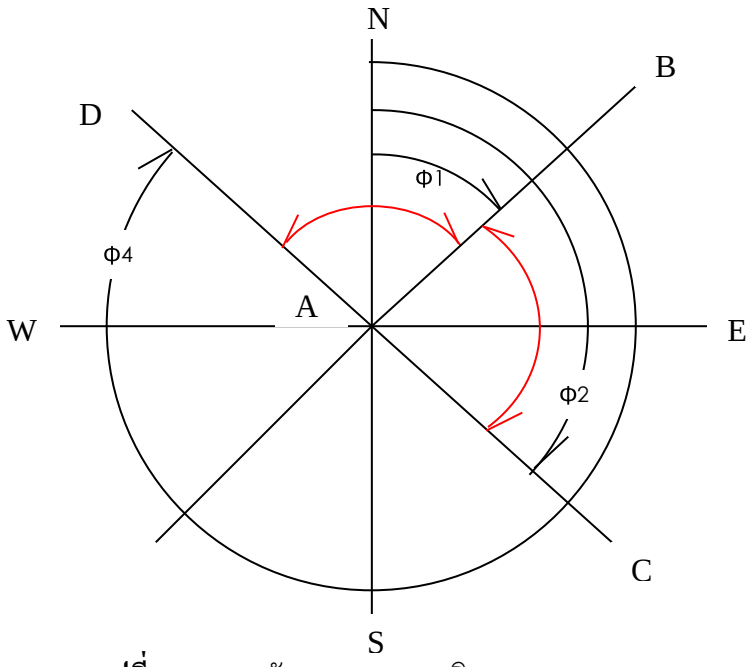


รูปที่ 4.5 แสดงภาพมุมทิศไปและมุมทิศกลับ

4.6 การคำนวณหามุมจากภาคของทิศและมุมทิศ (Azimuth and Bearing)

4.6.1 W.C.B. system

สูตร มุม = FB. ของธงหน้า – FB. ของธงหลัง(ถ้าลบไม่ได้ให้เอา 360 ไปบวก)



รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะภาคของทิศ(AZIMUTH)

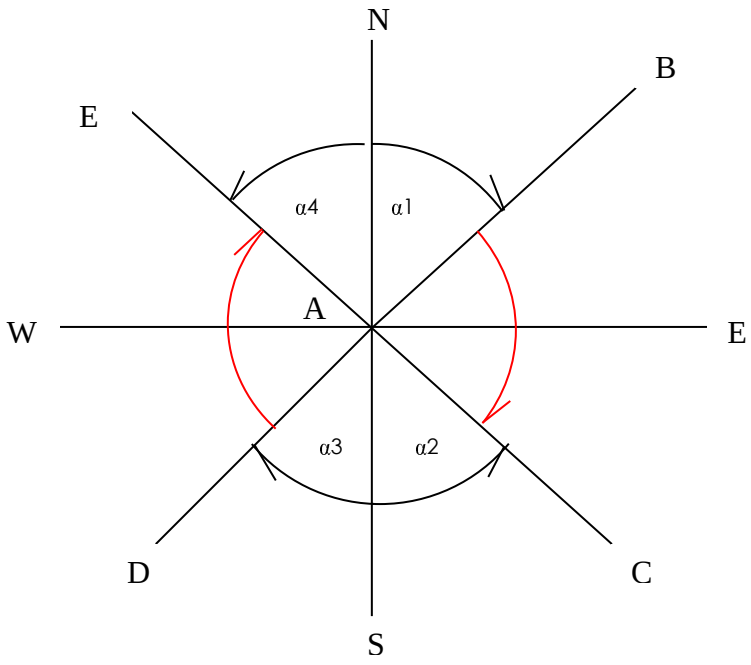
ตัวอย่าง

มุม BAC = $\Phi 2 - \Phi 1$

DAB = $\Phi 1 + 360 - \Phi 4$

CAD = $\Phi 4 - \Phi 2$

4.6.2) **R.B SYSTEM**



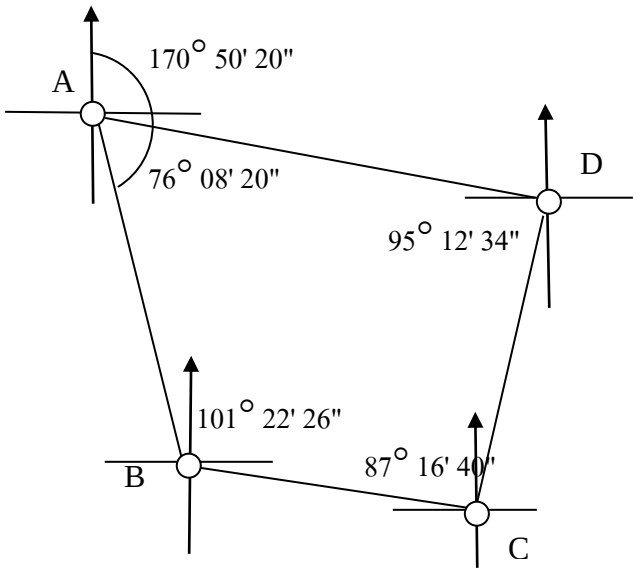
รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะมุมทิศ (BEARING)

มุม BAC = $180 - (\alpha 1 + \alpha 1)$

DAE = $\alpha 2 + \alpha 3$

EAB = $\alpha 1 + \alpha 4$

4.7 การคำนวณหา AZIMUTH จากมุม (WCB SYSTEM)



รูปที่ 4.8 วงรอบมุมภายใน 4 ด้าน

การคำนวณหา Azimuth จากมุมนี้ ก็เพื่อที่จะเอาค่า Azimuth ที่คำนวณได้ไปคำนวณตรวจสอบการวัดค่ามุมว่าวัดถูกหรือไม่ แล้วนำไปคำนวณหาค่าพิกัดฉากต่อไป

สูตร อาซิมุทที่ชี้ไป = อาซิมุทที่ชี้มา + มุม ± 180

หรือ F.B. ธงหน้า = (B.B.ธงหลัง + มุม) ± 180

ใช้เครื่องหมายบวกเมื่อผลบวกได้น้อยกว่า 180 และใช้เครื่องหมายลบเมื่อผลบวกมากกว่า 180

ตัวอย่าง จากรูปที่ 8 กำหนดให้ Azimuth คงที่ของ **AB = 170 ° 50' 20"**

สูตร F.B. = B.B. + มุม ± 180

F.B. ของ BC = 170 ° 50' 20" + 101 ° 22' 26" – 180

= 92 ° 12' 46"

F.B. ของ CD = 92 ° 12' 46" + 87 ° 16' 40" + 180

= 359 ° 29' 24"

F.B. ของ DA = 359 ๐ 29' 24" + 95 ๐ 12' 34" + 180

= 274 ๐ 42' 00"

F.B. ของ AB = 274 ๐ 42' 00"+ 76 ๐ 08' 28" - 180

Bearing ที่คำนวณได้ = 170 ๐ 50' 28"

Bearing คงที่ = 170 ๐ 50' 20"

ความคลาดเคลื่อน = 8"

เรื่องที่ 4.4 ฝึกทักษะการหาทิศทางจากมุม ดูรายละเอียดในใบงานที่ 4

แบบทดสอบท้ายบทที่ 4

1. จงแปลง Bearing ต่อไปนี้ให้เป็น Azimuth

    1.1 S 15 ° 25' 20" E

    1.2 N 18 ° 16' 30" E

    1.3 S 15 ° 25' 20" W

    1.4 S 27 ° 20' 15" W

    1.5 S 88 ° 16' 40" E

2. จงแปลง Bearing ต่อไปนี้ให้เป็น Azimuth

    2.1 N 45 ° 27' 45" E

    2.2 N 27 ° 20' 35" E

    2.3 S 27 ° 20' 35" W

    2.4 S 77 ° 20' 15" W

    2.5 N 89 ° 10' 15" E

3. จงแปลง Azimuth ต่อไปนี้ให้เป็น Bearing

    3.1 106 ° 22' 10"

    3.2 57 ° 18' 50"

    3.3 327 ° 24' 20"

    3.4 267 ° 53' 15"

    3.5 178 ° 14' 20"

4. จงแปลง Azimuth ต่อไปนี้ให้เป็น Bearing

    4.1 106 ° 22' 10"

    4.2 57 ° 18' 50"

    4.3 327 ° 24' 20"

    4.4 267 ° 53' 15"

    4.5 178 ° 14' 20"

หน่วยการเรียนที่ 5

กล้องวัดมุม (THEODOLITE)

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 5.1 กล้องวัดมุมและการใช้งาน

เรื่องที่ 5.2 การแบ่งชนิดของกล้องวัดมุมวิธีต่างๆ

เรื่องที่ 5.3 ส่วนประกอบของกล้องวัดมุม

เรื่องที่ 5.4 ใบงานที่ 5 การตั้งกล้องวัดมุม

สาระสำคัญ

1. กล้องวัดมุมเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดมุมไม่ว่าจะเป็นมุมราบ หรือมุมดิ่ง การทั้ง 4 กลุ่มที่กล่าวถึงนี้ปัจจุบันกำลังจะล้าสมัยและทำการเลิกผลิต รวมทั้ง 4 กลุ่มนี้ เรียกกล้องชนิดเหล่านี้ว่า Mechanical Theodolite
2. กล้องวัดมุมแบบเดิมเรียกว่า Mechanical Theodolite ปัจจุบันกล้องจะประดิษฐ์ร่วมกับเครื่องมือวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ หรือประกอบกับเครื่องมือวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ หรือประกอบกับเครื่องมือวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์สามารถรังวัดและคำนวณพิกัดตำแหน่งของจุดต่างๆ ที่ต้องการได้
3. ส่วนประกอบของกล้องวัดมุม
4. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติการตั้งกล้องวัดมุมเพื่อให้มีความชำนาญและความอดทน ละเอียดรอบคอบ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. อธิบายความหมายของกล้องวัดมุมได้
2. บอกชนิดของกล้องวัดมุมได้
3. บอกขั้นตอนการตั้งกล้องวัดมุมได้
4. มีทักษะในการตั้งกล้องวัดมุม

เรื่องที่ 5.1 กล้องวัดมุม (THEODOLITE)

รูปที่ 5.1 กล้องวัดมุม Wunderman Theodolite ปี 1890

5.1 กล้องวัดมุมและการใช้งาน(Introduction to Theodolite and usages)

งานสำรวจภาคสนาม ปริมาณที่ต้องการรังวัดเก็บรายละเอียด ประกอบด้วยปริมาณต่างๆ ได้แก่ ระยะลาด(Slope Distance, OC) ระยะราบ (Horizontal Distance, OB) ระยะดิ่ง (Vertical Distance, CB) มุมราบ(Horizontal Angle) มุมดิ่ง (Vertical Angle) มุมดิ่งบน (Zenith Angle) โดยค่าที่วัดได้ในสนามสามารถนำมาคำนวณปริมาณอื่นได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ทางเรขาคณิต ซึ่งในงานสำรวจรังวัดมุม ก็เป็นปริมาณหนึ่งที่มีความสำคัญในเชิงเรขาคณิต การวัดมุมจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญ ในการสำรวจภาคสนาม และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดมุมไม่ว่าจะเป็นมุมราบหรือมุมดิ่ง เรียกว่า “กล้องวัดมุม”(Theodolite)

กล้องวัดมุมในสมัยก่อนจะแบ่งเป็นกล้อง Transit และ Theodolite ซึ่งใช้สำรวจทำแผนที่สามารถวัดมุมราบและสูง การวัดระยะราบ และวัดระยะดิ่งความต่างระดับใช้ในการวางแนวทางต่างๆ ตลอดจนการทำระดับอย่างหยาบๆ

การแยกชนิดของกล้องวัดมุมเป็นกล้อง Transit และ Theodolite นั้น จะไม่เป็นสากล เพียงแต่เป็นการรู้กันในระหว่างช่างสำรวจว่าอันไหนเป็นกล้อง Transit หรือ Theodolite

ในยุโรปเมื่อก่อนเรียกเครื่องมือวัดมุมว่า Transiting Theodolite คำว่า Transiting หมายความว่ากล้องสามารถกระดกกลับได้ คือกระดกส่องหน้าและส่องหลังได้ แต่ชาวยุโรปชองเรียก Transiting Theodolite ว่า Theodolite ในขณะเดียวกันชาวอเมริกันชอบเรียกว่า Transit เฉยๆ

เมื่อนานเข้าก็เกิดความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดขึ้นแต่หลักการออกแบบเหมือนกัน ในสมัยก่อนกล้องจะเป็นระบบ Vernier จานองศาจะเป็นโลหะและมี Vernier ช่วยในการอ่าน และกล้อง Transit จะมีหลอดระดับติดอยู่กับ Telescope

ในปี 1992 Carl Zeiss Jena ได้ประดิษฐ์กล้อง Optical Theodolite ขึ้นเป็นครั้งแรก เพราะก่อนหน้านั้นไม่มีการประดิษฐ์จานองศาที่ใช้แก้วและได้พบระบบ Micrometer ในยุโรป

นับเป็นความแตกต่างประการหนึ่งของกล้อง Transit และ Theodolite ส่วนใหญ่ Transit ของอเมริกาจะมี 4 Foot screw

เรื่องที่ 5.2 การแบ่งชนิดของกล้องวัดมุม การแบ่งชนิดของกล้องวัดมุมมีหลายวิธี ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นกล้องสมัยเก่าซึ่งจานองศาเป็นโลหะ มี Vernier ช่วยในการอ่านเศษองศา แบ่งออกได้ดังนี้

1. กล้อง Transit มีหลอดระดับอยู่บน Telescope

รูปที่ 5.2 กล้องวัดมุม Pike & Son Transit ปี 1840

2. กล้อง Theodolite ไม่มีหลอดระดับอยู่บน Telescope

รูปที่ 5.3 กล้องวัดมุมไม่มีหลอดระดับอยู่บน Telescope

กลุ่มที่ 2 แบ่งตามระบบการอ่านมุมจะแบ่งออกเป็น

1. Vernier Theodolite หมายถึงกล้องที่ใช้ Vernier ก็คือกล้องกลุ่มที่ 1 นั่นเอง แต่จะมีจานองศาที่เป็นแก้วบ้าง

รูปที่ 5.4 กล้องวัดมุมแบบ Vernier

2. Optical Theodolite หมายถึงกล้องที่ใช้ระบบ Len และ Prism จานองศาที่เป็นแก้ว

รูปที่ 5.5 กล้องวัดมุม Optical Theodolite ยี่ห้อ Sokkisha TM1A

กลุ่มที่ 3 แบ่งตามระบบการอ่าน ซึ่งก็คือกล้องกลุ่มที่ 2 ชนิดที่ 2 ซึ่งจะเรียกว่า Optical Reading Theodolite ซึ่งจะแบ่งออกเป็น

1. Direct Reading Theodolite หรือ Scale Reading Theodolite ซึ่งจะมี Glass Scale ช่วยในการอ่านเศษ เช่น T16

รูปที่ 5.6 กล้องวัดมุม Direct Reading Theodolite กล้อง Wild T16

2. Single Reading Optical Micrometer Theodolite เรียกสั้นๆ ว่า Micrometer Theodolite เช่น กล้อง WILDT1

รูปที่ 5.7 กล้องวัดมุม Micrometer Theodolite กล้อง WILDT1

3. Double Reading Optical Micrometer กล้องชนิดนี้จะใช้การอ่านค่าองศาจากจานองศาทั้งสองหน้า เรียกว่า Double Image ตัวอย่างเช่น กล้อง T2

รูปที่ 5.8 กล้องวัดมุมแบบ Double Image กล้อง Wild T2

กลุ่มที่ 4 แบ่งกล้องออกตามลักษณะการวัดมุมคือ

1. Repeating Theodolite เป็นกล้องที่ใช้วัดมุมแบบซ้ำหรือแบบทวน บางทีเรียกว่า Double Center หรือ Double Axis Theodolit เป็นกล้องชนิด Vernier จานองศาเป็นโลหะ

รูปที่ 5.9 กล้องวัดมุม Double Axis Theodolit เป็นกล้องชนิด Vernier

2. Optical Theodolite แต่จานองศาจะเป็นแก้ว มี Micrometer และเป็นกล้อง Double Axis เหมือนกัน สามารถวัดมุมแบบ Repetition ได้ มีจานบนจานล่างเหมือนกล้อง Vernier ตัวอย่างเช่นกล้อง T1

รูปที่ 5.10 กล้องวัดมุม Optical Theodolite กล้อง Wild T1

3. Direction Theodolite หรือเป็นกล้องชนิด Single Axis ไม่สามารถวัดมุมแบบ Repetition ได้ มีสกรูตั้งองศาและเป็นกล้องชนิด Double Image ตัวอย่างเช่น กล้อง WILDT2

4. **รูปที่ 5.11** กล้องวัดมุม WILDT2

ทั้ง 4 กลุ่มที่กล่าวถึงนี้ปัจจุบันกำลังจะล้าสมัยและทำการเลิกผลิต รวมทั้ง 4 กลุ่มนี้เรียกกล้องชนิดเหล่านี้ว่า Mechanical Theodolite

กลุ่มที่ 5 กล้องชนิดนี้เป็นกล้องที่ได้พัฒนามาใช้งานประมาณปี 1965 รุ่นเก่าๆ ก็ล้าสมัยไป ปัจจุบันกล้องจะประดิษฐ์ร่วมกับเครื่องมือวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ หรือประกอบกับเครื่องมือวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ หรือประกอบกับเครื่องมือวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ได้ กล้องชนิดนี้แบ่งออกได้ดังนี้

1. Digital Theodolite เป็นกล้องที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์แต่ไม่มีจอบอกค่าองศา กล้องจะอ่านเหมือนกล้อง Theodolite ทั่วไป แต่จะต้องใช้แบตเตอรี่

รูปที่ 5.11 กล้องวัดมุม Digital Theodolite

2. Electronic Digital Theodolite เป็นกล้องที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ และมีจอสำหรับบอกค่าองศา บางทีเรียกกล้องชนิดนี้ว่า Electronic Theodolite

รูปที่ 5.12 กล้องวัดมุม Electronic Digital Theodolite

3. Electronic Tacheometer กล้องที่สร้างประกอบกับเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์

กล้อง Electronic Theodolite นี้ บางชนิดจะสามารถวัดมุมแบบ Repettion ได้ และในปัจจุบันได้มีการประดิษฐ์ระบบการเก็บข้อมูลในสนามเรียกว่า Electronic field book ซึ่งสามารถนำไปต่อ Computer และเครื่อง Plot ได้ ในสมัยปัจจุบันมักจะเรียกว่า Electronic Total Station หรือ Electronic Modular System

รูปที่ 5.13 กล้องวัดมุม Electronic Tacheometer

เรื่องที่ 5.3 ส่วนประกอบต่างๆ ของกล้อง VERNIER THRODOLITE หรือ TRANSIT

ส่วนประกอบใหญ่ๆ ของกล้องจะแบ่งออกได้ดังนี้

1. ตัวกล้อง (TELESCOPES) ในปัจจุบันนี้ตัวกล้องนิยมออกแบบมาให้สามารถส่องเพื่อการวัดมุม และใช้เป็นที่ส่งลำแสงและรับลำแสง Infar-red หรือ Laser เพื่อการวัดระยะ ซึ่งเราเรียกว่า Coaxial telescope ซึ่งต้องรักษาคุณสมบัติต่างๆ ไว้อย่างครบถ้วนคือ กำลังขยายมาก ตัวกล้องสั้น สามารถที่จะหมุนรอบแกนได้ และจะต้องมีความละเอียดในการส่องวัดมุมส่วนประกอบของตัวกล้องมีดังนี้

1.1 เลนส์ปรับความชัด (FOCUSSING LENS)

1.1.1 External focusing หมายถึงกล้องที่ใช้ Eyepiece หรือ Objective ทำหน้าที่ปรับภาพให้ชัดเจนแทนเลนส์โฟกัส ปัจจุบันได้ล้าสมัยแล้ว แต่ก็ยังมีการใช้กับตัวกล้องของเข็มทิศ ข้อสังเกตตัวกล้องชนิดนี้ก็คือ Eyepiece และ Objective จะเคลื่อนที่เข้า – ออกเมื่อเวลาปรับภาพ

1.1.2 Internal focusing หมายถึงตัวกล้องที่บรรจุเลนส์โฟกัสเข้าไปข้างในตัวกล้อง ส่วนมากจะเป็นเลนส์เว้า เพื่อทำหน้าที่ปรับภาพให้ชัดเจน และมี Anallatic lens ประกอบด้วย เพื่อทำให้ตัวบวกคงที่ของสเตเดียเป็นศูนย์ ปัจจุบันจะใช้ตัวกล้องชนิดนี้เป็นส่วนมาก ไม่ว่าจะเป็นกล้องระดับ และ Theodolite ข้อสังเกตของกล้องชนิดนี้ก็คือ Eyepiece และ Objective lens จะติดตาย

1.2 EYEPIECE ทำหน้าที่ขยายภาพและสายใยให้ชัดเจน

1.3 สายใยกล้อง (CROSS HAIR หรือ HAIR LINE) ปัจจุบันสายใยกล้อง จะใช้วิธีการขีดลงบนแผ่นแก้ว และนำอีกแผ่นหนึ่งมาประกบโดยใช้กาวพิเศษ ทั้งนี้เพื่อป้องกันความสกปรกและการลบเลือน สายใยราบและสายใยดิ่งจะต้องตั้งได้ฉากซึ่งกันและกัน และจุดตัดของสายใยก็คือแนวแกนกล้อง สายใยดิ่งจะมีสายใยเล็กๆ อีกสองสายใยเรียกว่า สายใยบนและสายใยล่าง (Upper and Lower hair line) ผลต่างของสายใยทั้งสองเรียกว่า ย่านสเตเดีย ใช้ในการหาระยะราบหรือระยะดิ่ง

2. จานบน (UPPER PLATE) จานบนจะต้องอยู่ในแนวระดับ มีแกนสวมทับแกนของจานองศา ซึ่งจานองศาจะเป็นจานล่าง จานบนจะหมุนรอบแกนดิ่งของกล้อง (Standing axis หรือ Vertical axis) ส่วนประกอบของจานบนมีดังนี้

2.1 หลอดระดับฟองยาว (Tubular level) อาจจะมีหนึ่งหรือสองหลอดซึ่งตั้งได้ฉากซึ่งกันและกัน เราเรียกว่า Plate Level หรือ ระดับตัวล่าง เวลาวัดมุมราบหรือมุมดิ่งจะต้องได้ระดับ

2.2 ระดับตัวบน (Index level) เป็นระดับของจานองศาดิ่ง ตัวระดับจะติดอยู่กับ Vernier แต่ตัวกล้องจะติดอยู่กับจานองศา ซึ่งแนว 0 จะต้องอยู่ในแนวของแกนกล้อง

2.3 ควงสัมผัสทางราบ (Upper tangent screw) ใช้หมุนกล้องให้สายใยไปตัดกับที่หมายเล็ง

2.4 ควงบังคับจานองศาดิ่ง (Vertical circle clamp screw) เพื่อ Clamp กล้องให้อยู่ในแนวราบ โดยให้ศูนย์ของจานองศาตรงกับ Index ของ Vernier เพื่อวัดมุมดิ่ง

2.5 ความสัมผัสจานองศาดิ่ง (Vertical circle tangent screw) เป็นควงที่ใช้สำหรับเลื่อนให้สายใยราบของกล้องสัมผัสจุดที่ต้องการวัดมุมดิ่ง

3. จานล่าง (LOWERPLATE) หรือจานองศาราบของกล้อง ซึ่งจะติดกับแกนเพื่อสวมเข้ากับแกนล่างสุดที่ติดกับ Foot screw ส่วนประกอบของจานล่างจะมี Lower clamp screw หรือควงบังคับทางราบ สำหรับนำค่าองศาไปทิ้งธงหลัง

4. ควงตั้งระดับ (LEVELLING SCREW) ชุดของควงตั้งระดับหรือควงสามเส้านี้จะประกอบไปด้วย

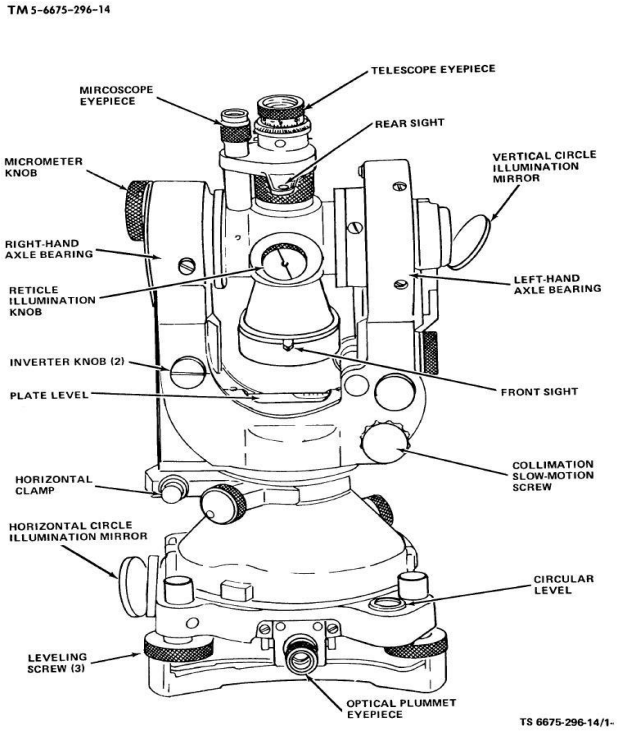
4.1 ควงสามเส้าใช้ตั้งระดับราบของกล้อง (Plate level) ซึ่งควงสามเส้านี้จะเป็นตัว Support แท่นบนของควงสามาเส้า (Tribach)

4.2 แท่นบนของควงสามเส้า (Tribach) จะเป็นโครงสร้างที่รับส่วนต่างๆ ของกล้อง

4.3 Trivet stage หรือฐานของกล้อง เป็นฐานที่ใช้ขันควงของขากล้องให้ขากล้องติดกับกล้อง

4.4 ถ้าเป็นกล้อง Optical reading theodolite จะมีแผ่นสปริง(Sprimg plate) กดส่วนล่างของ Foot screw ถ้าขันสกรูขากล้องแน่น แผ่นสปริงจะกดแน่น ทำให้ตั้งระดับลำบาก

4.5 ควงสัมผัสทางราบของจานล่าง (Lower tangent screw) ใช้หมุนให้สายใยตัดกับที่หมายหรือธงหลังหรือเป้าหลัง



รูปที่ 5.14 ส่วนประกอบของกล้องวัดมุม

ลักษณะแกนต่างๆ ของกล้อง

1. แกนกล้อง (Telescope axis) คือแนวเส้นตรงที่ผ่านจุดตัดของสายใยราบกับสายใยดิ่ง และจุดศูนย์อ๊อฟติก (Optic center)ของเลนส์ปากกล้อง (Objective)

2. แกนดิ่งของกล้อง (Vertical axis) คือแนวเส้นตรงที่ผ่านแกนของอาการหมุนในทางราบของกล้อง

3. แกนราบของกล้อง (Horizontal axis) คือแนวเส้นตรงที่ผ่านแกนของอาการหมุนของตัวกล้อง(Telescope) ในทางดิ่ง

4. แกนของหลอดระดับ (Bubble tube axis) คือแนวเส้นตรงที่สัมผัสกับจุดสูงสุดของส่วนโค้งของหลอดระดับ

5. จุดศูนย์กลางของกล้อง Theodolite คือจุดตัดของแกนราบ แกนดิ่งและแกนกล้องตัดกัน

ลักษณะอันพึงประสงค์ของกล้อง THEODOLITE สำหรับกล้องวัดมุมที่ถูกต้องจะต้องมีลักษณะดังนี้

1. สายใยดิ่งจะต้องตั้งได้ฉากกับแกนราบของกล้อง จะทำให้จุดต่างๆ บนสายใยดิ่งสามารถใช้ในการวัดมุมราบได้อย่างถูกต้อง หรือทำให้วางแนวได้อย่างถูกต้อง

2. แกนของระดับล่าง (Plate level) จะต้องตั้งได้ฉากกับแกนดิ่ง ทั้งนี้เพื่อว่าเมื่อกล้องได้ระดับแล้ว แกนดิ่งของกล้องจะอยู่ในแนวดิ่งจริง ๆ นั่นคือมุมราบจะถูกวัดอยู่ใน Horizontal plane และมุมดิ่งจะถูกวัดได้โดยปราศจาก Index error เนื่องจากการเอียงของแกนดิ่ง

3. แนวเล็ง (Line of sight) จะต้องตั้งได้ฉากกับแกรนราบที่จุดตัดกับแกนดิ่งและแกนกล้อง แกนกล้องจะต้องเป็นแกนเดียวกับแนวเล็ง ซึ่งถ้าเป็นอย่างนี้แล้ว ถ้าหมุนตัวกล้องรอบๆ แกนราบ แนวเล็งจะอยู่ในลักษณะที่เป็น Plane เมื่อเราปรับโฟกัส ไม่ว่าส่องที่หมายใกล้หรือไกล จุดที่หมายนั้นก็จะอยู่บน Plane ของแนวเล็ง ซึ่งจะผ่านแนวแกนดิ่ง

4. แกนราบจะต้องตั้งได้ฉากกับแกนดิ่ง ดังนั้นเมื่อกระดกกล้องแนวเล็งจะอยู่ในพื้นดิ่ง (Vertical plane)

5. แกนของหลอดระดับตัวบนจะต้องขนานกับแกนกล้องในกรณีที่ต้องการหาค่าระดับ หรือเพื่อให้การวัดมุมสูงได้ถูกต้อง ปราศจาก Index error

6. ในกรณีที่ระดับดิ่งได้ระดับ แนวกล้องอยู่ในแนวระดับ Vernier ของกล้องจะต้องได้ศูนย์พอดี เพื่อให้การวัดมุมสูงได้ถูกต้องไม่มีความคาดเคลื่อนจาก Vernier

7. แกนกล้องจะต้องตั้งได้ฉากกับแกนราบ

8. จุดตัดของสายใยราบและสายใยดิ่งจะต้องอยู่กึ่งกลางของ Field of view ที่มองเห็นใน Eyepiece

9. ในกรณีที่กล้องใช้ Striding level เพื่อแก้การเอียงของแกนราบท แกนของ Striding level จะต้องขนานกับแกนราบของกล้อง และถ้าสมมุติว่า หมุนกล้องได้แนวเล็งจะต้องอยู่ใน Vertical Plane

10. ในกล้องที่มี Optical plummet หรือกล้องเล็งหัวหมุด แนวเล็งในทางดิ่งจะต้องอยู่ในแนวดิ่ง (Plumb line)

เรื่องที่ 5.5 ฝึกทักษะการตั้งกล้องวัดมุม Theodolite ดูรายละเอียดในใบงานที่ 5

แบบทดสอบท้ายบทที่ 5

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. THEODOLITEเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับ
   ก. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดมุมราบ และมุมดิ่ง
   ข. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดระยะราบ และระยะดิ่ง
   ค. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดพื้นที่
   ง. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดมุมและระยะทาง
2. Transit เป็นเครื่องมือสำหรับ
   ก. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดมุมราบ และมุมดิ่ง
   ข. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดระยะราบ และระยะดิ่ง
   ค. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดพื้นที่
   ง. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดมุมและระยะทาง
3. Carl Zeiss Jena ได้ประดิษฐ์กล้อง Optical Theodolite ในปี
   ก. ค.ศ. 1962
   ข. ค.ศ. 1972
   ค. ค.ศ. 1982
   ง. ค.ศ. 1992
4. Optical Theodolite หมายถึง
   ก. กล้องที่ใช้ Vernier ช่วยในการอ่านมุม
   ข. กล้องที่ใช้ระบบ Len และ Prism จานองศาที่เป็นแก้ว
   ค. กล้องที่ใช้ Vernier ช่วยในการอ่านมุมและจานองศาที่เป็นแก้ว
   ง. กล้อง Theodolite ไม่มีหลอดระดับอยู่บน Telescope
5. Direct Reading Theodolite หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า
   ก. Optical Theodolite
   ข. Vernier Theodolite
   ค. Scale Reading Theodolite
   ง. Direction Theodolite
6. กล้องชนิดใดที่อ่านมุมแบบ Scale Reading Theodolite
   ก. Wild T0
   ข. Wild T1

ค. Wild T2

ง. Wild T16

7. ข้อใดเป็นกล้องชนิด Single Reading Optical Micrometer Theodolite

ก. Wild T0

ข. Wild T1

ค. Wild T2

ง. Wild T16

8. กล้องชนิดใดที่อ่านมุมแบบ Scale Reading Theodolite

ก. Wild T0

ข. Wild T1

ค. Wild T2

ง. Wild T16

9. Repeating Theodolite เป็นกล้องที่ใช้วัดมุมแบบ

ก. แบบซ้ำหรือแบบทวน

ข. แบบDirection

ค. แบบหน้าซ้ายหน้าขวา

ง. แบบ Vernier

10. เป็นกล้องที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์แต่ไม่มีจอบอกค่าองศา คือกล้องชนิดใด

ก. Repeating Theodolite

ข. Digital Theodolite

ค. Electronic Digital Theodolite

ง. Direction Theodolite

11. เป็นกล้องที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ และมีจอสำหรับบอกค่าองศา

ก. Repeating Theodolite

ข. Digital Theodolite

ค. Electronic Digital Theodolite

ง. Electronic Tacheometer

12. เป็นกล้องที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ และมีจอสำหรับบอกค่าองศา

ก. Repeating Theodolite

ข. Digital Theodolite

ค. Electronic Digital Theodolite

ง. Electronic Tacheometer

13. กล้องที่สร้างประกอบกับเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์

ก. Repeating Theodolite

ข. Digital Theodolite

ค. Electronic Digital Theodolite

ง. Electronic Tacheometer

14. FOCUSSING LENS

ก. Repeating Theodolite

ข. ควงสัมผัสทางราบ

ค. ทำหน้าที่ขยายภาพและสายใยให้ชัดเจน

ง. เลนส์ปรับความชัด

15. ส่วนประกอบกล้องที่ใช้ในการตั้งระดับอย่างละเอียด

ก. หลอดระดับฟองยาว

ข. ควงสัมผัสทางราบ

ค. ควงสามเส้า

ง. หลอดระดับฟองกลม

16. แกนราบของกล้อง (Horizontal axis) คือ

ก. แนวเส้นตรงที่ผ่านจุดตัดของสายใยราบกับสายใยดิ่ง และจุดศูนย์อ๊อฟติก

ข. แนวเส้นตรงที่สัมผัสกับจุดสูงสุดของส่วนโค้งของหลอดระดับ

ค. แนวเส้นตรงที่ผ่านแกนของอาการหมุนของตัวกล้อง(Telescope) ในทางดิ่ง

ง. แนวเส้นตรงที่ผ่านจุดตัดของสายใยราบกับสายใยดิ่ง

17. แกนกล้อง (Telescope axis) คือ

ก. แนวเส้นตรงที่ผ่านจุดตัดของสายใยราบกับสายใยดิ่ง และจุดศูนย์อ๊อฟติก

ข. แนวเส้นตรงที่สัมผัสกับจุดสูงสุดของส่วนโค้งของหลอดระดับ

ค. แนวเส้นตรงที่ผ่านแกนของอาการหมุนของตัวกล้อง(Telescope) ในทางดิ่ง

ง. แนวเส้นตรงที่ผ่านจุดตัดของสายใยราบกับสายใยดิ่ง

18. แกนของหลอดระดับ (Bubble tube axis) คือ

ก. แนวเส้นตรงที่ผ่านจุดตัดของสายใยราบกับสายใยดิ่ง และจุดศูนย์อ๊อฟติก

ข. แนวเส้นตรงที่สัมผัสกับจุดสูงสุดของส่วนโค้งของหลอดระดับ

ค. แนวเส้นตรงที่ผ่านแกนของอาการหมุนของตัวกล้อง(Telescope) ในทางดิ่ง

ง. แนวเส้นตรงที่ผ่านจุดตัดของสายใยราบกับสายใยดิ่ง

19. แกนดิ่งของกล้อง (Vertical axis)

ก. แนวเส้นตรงที่ผ่านจุดตัดของสายใยราบกับสายใยดิ่ง และจุดศูนย์อ๊อฟติก

ข. คือแนวเส้นตรงที่ผ่านแกนของอาการหมุนในทางราบของกล้อง

ค. แนวเส้นตรงที่ผ่านแกนของอาการหมุนของตัวกล้อง(Telescope) ในทางดิ่ง

ง. แนวเส้นตรงที่ผ่านจุดตัดของสายใยราบกับสายใยดิ่ง

20. Optical plummet คือ

ก. กล้องเล็งหัวหมุด

ข. ควงสัมผัสทางราบ

ค. ควงสามเส้า

ง. หลอดระดับฟองกลม

หน่วยการเรียนที่ 6

การวัดมุมราบ

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 6.1 การอ่านค่ามุมแบบต่างๆของกล้องวัดมุม

เรื่องที่ 6.2 การวัดมุมราบ

เรื่องที่ 6.3 การตั้งศูนย์กล้อง

เรื่องที่ 6.4 ใบงานที่ 6 การวัดมุมราบ

สาระสำคัญ

1. การอ่านค่ามุมจากกล้องวัดมุมมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของกล้องวัดมุม ซึ่งผู้ผลิตออกแบบวิธีการวัดมุมที่แตกต่างกันตามความละเอียดของกล้องวัดมุม
2. การวัดมุมราบก็ขึ้นอยู่กับชนิดของกล้องที่ใช้และความละเอียดที่ต้องการ เช่นกล้องแบบ Direction และกล้องแบบ Repeating ก็มีวิธีการวัดมุมที่แตกต่างกัน
3. การตั้งศูนย์กล้องเพื่อเพิ่มความละเอียดในการวัดมุมกรณีที่งานต้องการความละเอียดมาก เพื่อเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนในการแบ่งจานองศา
4. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติงานวัดมุมราบและมุมดิ่งเพื่อให้มีความชำนาญ ความอดทน และละเอียดรอบคอบ

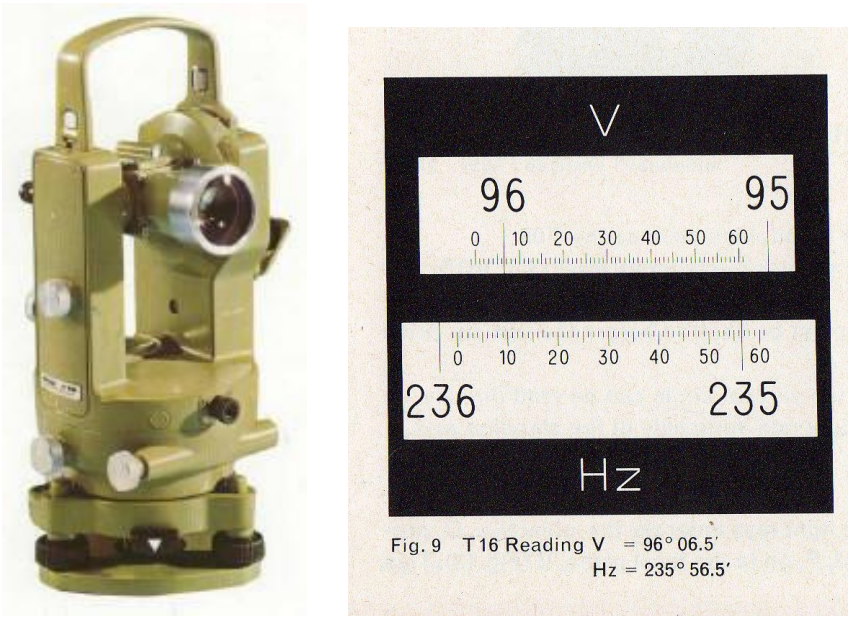
จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกชนิดของกล้องตามวิธีการอ่านค่ามุมได้
2. อธิบายขั้นตอนการวัดมุมราบได้
3. หาค่าการตั้งศูนย์กล้องเพื่อวัดมุมราบได้
4. มีทักษะในการวัดมุมราบด้วยกล้องวัดมุม

เรื่องที่ 6.1 การอ่านค่ามุมแบบต่างๆ ของกล้องวัดมุม

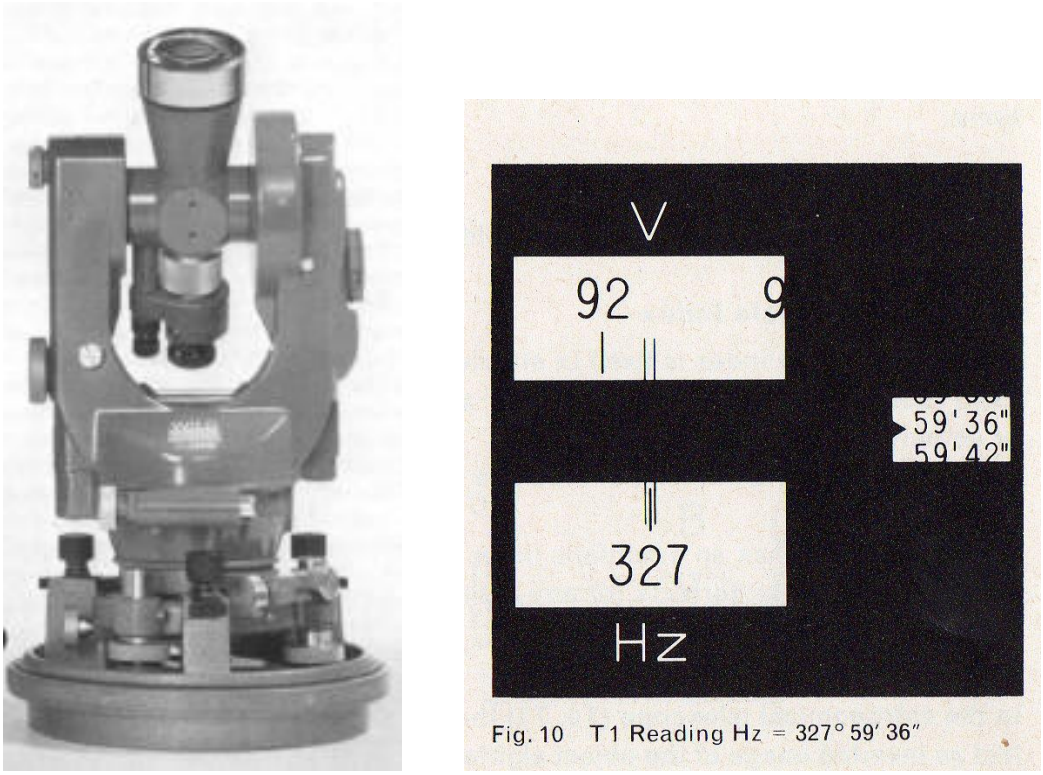
กล้องวัดมุมชนิดที่ จานองศาจะเป็นแก้ว และมี Prism , Lens ต่างๆ มากมายในตัวกล้อง การอ่านองศาจะมีหลายระบบเช่น

1. DIRECT READING THEODOLITE หรือ Scale reading theodolite ทั้งนี้เพราะว่า การอ่านองศาอ่านจากจานองศาเพียงหน้าเดียว และขีดขององศาก็ทำหน้าที่เป็น Index ซึ่งตัดกับ Glass scale ซึ่งทำหน้าที่เป็น Vernier สำหรับอ่านเศษขององศา ตัวอย่างกล้องชนิดนี้ก็คือ WILDT 16



รูปที่ 6.1 กล้อง Wild 16 อ่านแบบ Direct Reading theodolite

2. SINGLE READING OPTICAL MICROMETTER THEODOLITE หรือเรียกสั้นๆ ว่า Micrometer Theodolite เช่น WILD T 1 ระบบของแสงและองศาจะคล้ายๆ กับแบบแรก แต่ระบบการอ่านจะไม่เหมือนกัน เพราะแบบแรกนั้น Optical scale จะติดอยู่กับที่ แต่กล้องชนิดนี้จะเคลื่อนที่ และการอ่านเศษองศาจะใช้ Parallel sided glass block หรือ Plane parallel plate ซึ่งเราเรียกว่า Optical micrometer เพื่อเปลี่ยนแนวของแสงที่ผ่านองศามา ซึ่งเราสามารถที่จะหมุน micrometer Screw ถ้าแสงตั้งได้ฉากกับ Glass block องศาจะเป็นจำนวนเต็ม ถ้า หมุน micrometer Screw ไม่ได้ปรับเลยองศาก็จะออกมาเป็นจำนวนเต็ม ถ้าปรับแล้วอยู่ในลักษณะเป็นมุมฉาก ตัว Micrometer จะทำหน้าที่อ่านเศษระยะที่เคลื่อนที่ไปเป็นมุม θ และระยะเท่ากับ d ซึ่งสัดส่วน 2 อันนี้จะสัมพันธ์กันเพื่อให้เป็นเศษองศาที่ต้องการ ในแผนกมีกล้องที่อ่านระบบนี้ คือ กล้อง Sokkisha T60D และกล้อง Wild 16



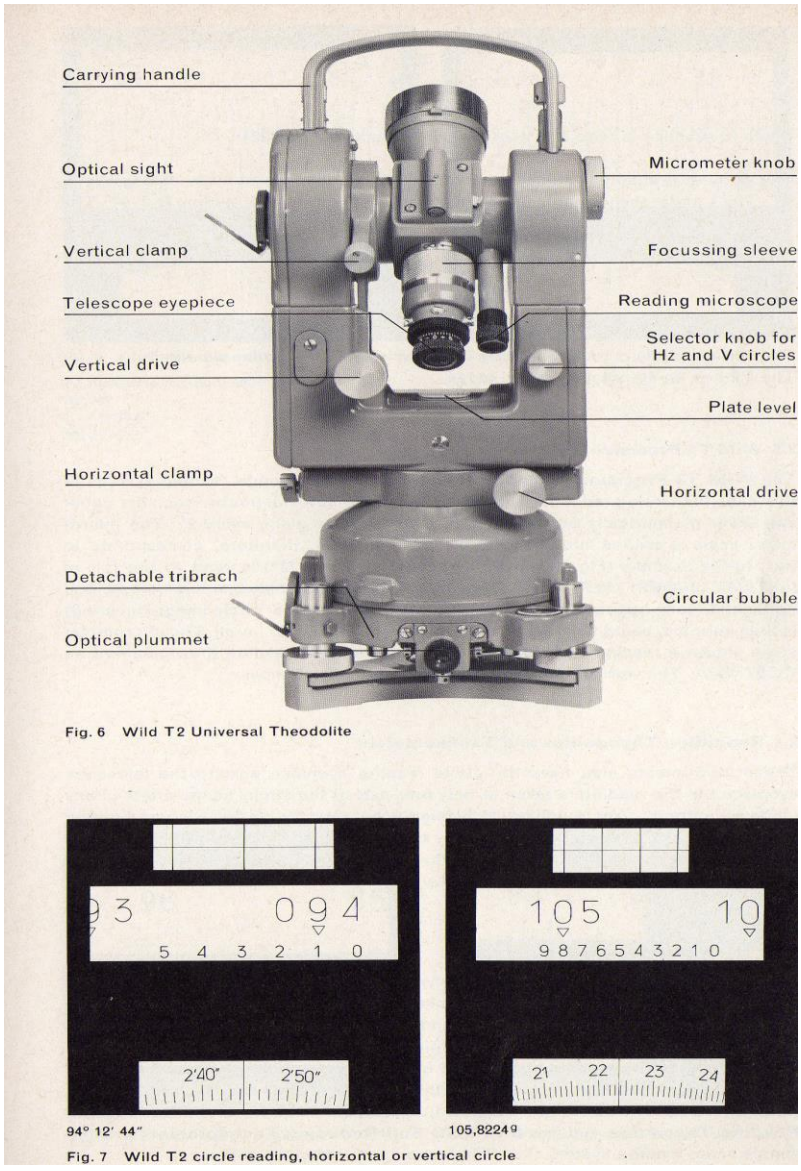
รูปที่ 6.2 การอ่านมุมราบจากกล้อง WILD T 1 แบบ SINGLE READING OPTICAL MICROMETTER

จากรูป เมื่อจะทำการอ่านองศาเราจะต้องปรับ Micrometer ให้ Index เข้ากลางระหว่างขีดองศา ซึ่งก็คือแสงตั้งได้ฉากกับ Glass block สมมุติว่าเราอ่านองศาราบตามรูป ก่อนอ่าน Index จะอยู่นอกขีดองศา เราจะต้องปรับให้ขีดองศาเข้ามากึ่งกลาง Index ระยะทางที่เคลื่อนมาเท่ากับ x การปรับใช้ Micrometer Screw จากรูปจะอ่านได้ 327 องศา เมื่อแสงตั้งได้ฉากกับ Glass block แล้ว เศษที่จะอ่านจาก Micrometer เท่ากับ x ซึ่งจะได้จากสัดส่วนของมุม θ และนั่นเอง รูปตัวอย่างเป็นกล้อง WILD T 1

กล้องชนิดนี้จะอ่านได้โดยตรง (Direct reading) เท่ากับ 6 Second แต่ถ้าอ่านโดยประมาณจะได้ละเอียด 3 Second ในแผนกมีกล้องที่อ่านระบบนี้ คือ กล้อง PENTAX TH20D และ PENTAX TH10D

3. DOUBLE READING OPTICAL MICROMETER กล้องชนิดนี้ค่ามุมจะได้จากการเฉลี่ยจานองศาทั้งสองด้านซึ่งอยู่ตรงกันข้ามกัน โดยใช้ Prism ที่เป็นแท่งอยู่ด้านล่างจานองศาเป็นตัวสะท้อน ซึ่งเป็น Double image เพราะฉะนั้นเราจะเห็นค่าองศาต่างกัน 180 องศา ตัวเลขตัวบนจะเป็นหัวกลับ กล้องชนิดนี้จึงวัดมุมได้ละเอียดมากถึง 1 Second หรือประมาณก็ได้เป็นจุดของ Second

เมื่อองศามาจากทั้งสองด้าน Optical micrometer ควรจะมีทั้งสองด้าน แต่เพื่อความสะดวกก็จะสร้าง Micrometer ให้เป็นชนิด Double reading และทำการเฉลี่ยในตัวเสร็จ ทำให้สะดวกแก่การใช้ ตัวอย่างเช่น กล้อง WILD T 2 Universal Theodolite ซึ่ง Parallel-sided glass plates จะมี 2 ตัว ดังรูป

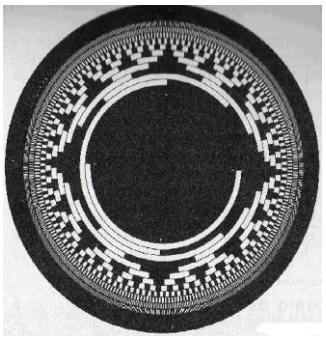


รูปที่ 6.3 ตัวอย่างการการอ่านค่ามุมราบกล้อง Wild T2 Universal Theodolite

Parallel-sided glass blocks จะหมุมสวนกันหรือหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกัน เพราะฉะนั้นเวลาอ่านจะต้องปรับ Micrometer ให้ขีดขององศาขบกัน (Coincidence)

4. DIGITAL THEODOLITE หรือ ELECTRONIC THEODOLITE

กล้องวัดมุมชนิดนี้จะมี จานองศาราบและองศาดิ่งเป็นรหัสแถบ จานองศาจึงเรียกว่า Code disks หรือ Glass encoder disk ลักษณะของรหัสแถบจะมีแตกต่างกันไปแล้วแต่บริษัทผู้ผลิต การทำงานของระบบการอ่านจะต้องใช้ระบบ Electro-optical system ค่าองศาจะสามารถอ่านได้ทุกระบบที่มีอยู่ เช่น 400 gon, 360° decimal, 6400 mil.



รูปที่ 6.5 ตัวอย่าง ELECTRONIC THEODOLITE

เรื่องที่ 6. 2 วิธีการวัดมุมราบด้วยกล้องวัดมุม

6.2.1 แบ่งตามวิธีการวัดมุม จะได้ 2 ชนิด คือ

1. REPEATING THEODOLITE เป็นกล้องวัดมุมที่ใช้ในการวัดมุมซ้ำหรือมุมทวนได้ เนื่องจากว่าระบบการอ่านองศาไม่ละเอียด เหมือนกล้องที่ใช้ Vernier หรือ Optical scale ดังที่ได้กล่าวแล้ว เพราะฉะนั้นถ้าสามารถทำการวัดมุมซ้ำๆ กันหลายครั้งก็จะให้ความละเอียดมากขึ้น บางทีกล้องชนิดนี้จะเรียกว่า Double center หรือ Double axis theodolite ขณะที่วัดมุมนั้น จานองศาจะเคลื่อนที่ เช่นการนำค่ามุมไปทิ้งธงหลัง ตัวอย่างเช่น กล้อง T 1 , T 16

2. DIRECTION THEODOLITE เป็นกล้องวัดมุมที่ขณะทำการวัดจานองศาจะไม่เคลื่อนที่ และจะมีสกรูสำหรับเปลี่ยนศูนย์กล้องใหม่ซึ่งเรียกว่า Coarse motion horizontal circle ส่วนที่

เคลื่อนที่คือส่วนที่เรียกว่า Alidade หรือตัวกล้องและ Support เพราะฉะนั้นเมื่อส่องธงหน้าหรือธงหลัง หรือเป้าหน้า เป้าหลัง ค่าองศาจะออกมาเท่าเดิม เพราะฉะนั้นจึงต้องเปลี่ยนองศาใหม่ กล้องชนิดนี้จะอ่านค่าได้ละเอียดมาก

6.2.2 การเรียกหน้ากล้องในขณะส่องกล้อง ถ้าจานองศาดิ่งอยู่ทางซ้ายมือเราจะเรียกว่า กล้องหน้าซ้าย (Face Left = FL หรือ L) หรือ Telescope Normal (N) หรือ Direct (D) ในทำนองเดียวกัน ถ้ากลับกล้องให้จานองศาดิ่งอยู่ทางขวามือ เราจะเรียกว่า กล้องหน้าขวา (Face Right = FR หรือ R) หรือ Telescope Inverted (I) หรือ Reversed (R) สัญลักษณ์นี้จะใช้เมื่อเวลาวัดมุมราบหรือมุมสูง

6.2.3 การใช้กล้องวัดมุม

หลังจากตั้งกล้องวัดมุม Theodolite ได้ระดับ ในการใช้กล้องวัดมุม Theodolite มีส่วนประกอบของกล้องที่ต้องทำความรู้จักและใช้อย่างถูกต้องคือ

1) Upper Clamp คือ ควงล็อคการหมุนรอบแกนดิ่งในทางราบตัวบนของกล้อง มิให้เคลื่อนที่ ใช้เมื่อเล็งที่หมายที่ต้องการโดยประมาณ

2) Upper Tangent Screw คือ ควงสำหรับปรับเคลื่อนแนวเล็งในแนวราบอย่างช้าๆ เพื่อให้สายใยเข้ากลางตำแหน่งจุดที่หมายในแนวราบ

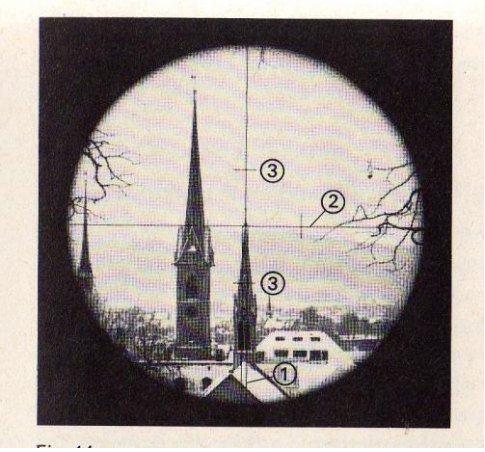
3) Vertical Clamp เป็นควงล็อคแนวเล็งกล้องไม่ให้เคลื่อนในแนวระนาบดิ่ง ใช้สำหรับเล็งตำแหน่งที่หมายให้ได้ในแนวดิ่ง และใช้ในการวัดมุมบนระนาบดิ่ง เมื่อเล็งได้ตำแหน่งโดยประมาณต้องล็อคเช่นเดียวกับข้อที่ 1

4) Vertical Tangent Screw คือ ปุ่มสำหรับปรับเคลื่อนแนวเล็งในแนวดิ่งอย่างช้าๆ เพื่อให้สายใยเข้ากลางตำแหน่งจุดที่วัดในแนวดิ่ง

การปรับภาพชัดที่กล้องเล็ง ต้องทำการปรับไม่ให้เกิดภาพเหลื่อม (Parallax) ระหว่างภาพของสายใยและภาพวัตถุ สังเกตได้จากการขยับตาไปมา ภาพของสายใยและภาพวัตถุไม่ขยับแยกจากกัน การปรับให้ปรับความคมชัดของสายใยที่เลนส์ตา (Eye piece Focus) ก่อน แล้วจึงปรับความคมชัดของภาพวัตถุที่เล็ง โดยปรับที่เลนส์ปรับระยะชัด (Focus Knob)การอ่านค่าจานองศาของทิศทางที่เล็ง ต้องศึกษาวิธีการอ่านของกล้องแต่ละชนิดจากคู่มือหากเป็นระบบเลนส์ จะต้องไม่ลืมที่จะปรับความคมชัดเสียก่อนจึงอ่านค่า

6.2.4 การเล็งเป้าหมาย

การเล็งไปยังตำแหน่งที่ต้องการวัดให้ทำการเล็งโดยประมาณด้วยศูนย์เล็งของกล้อง แล้วจึงล็อคการเคลื่อนที่ด้วยปุ่ม Upper Clamp และ Vertical Clamp ให้ปรับความคมชัดของสายใยและภาพป้าหมาย ไม่ให้เกิดภาพเหลื่อม (Parallax) ส่องกล้องและปรับ Tangent Screw ทั้ง Upper และVertical ให้สายใยเข้ากลางตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องเล็ง ดังรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 ตัวอย่างการเล็งเป้าหมายเพื่อการวัดมุมราบและมุมดิ่ง

6.2.5 ตำแหน่งการใช้กล้อง

กล้องวัดมุม สามารถทำการวัดจากด้านใดของกล้องก็ได้ ซึ่งจะให้ค่าที่แตกต่างกัน เนื่องจากตำแหน่งการวางตัวแต่ละด้านอยู่คนละตำแหน่งกันของจานองศา ดังนั้น การทำงานจึงมีการกำหนดตำแหน่งด้านของกล้องวัดมุม 2 ลักษณะตามตำแหน่งของจานองศาดิ่ง คือ

1) ตำแหน่งที่ I หรือกล้องหน้าซ้าย (Face Left) คือ ตำแหน่งที่อ่านค่าจานองศาดิ่งได้น้อยกว่า 180^{o} โดยใช้ตัวย่อว่า “L” (Left) และบางครั้งจะพบการใช้ตัวย่อ “D” (Direct)ตำแหน่งที่ II หรือกล้องหน้าขวา (Face Right) คือ ตำแหน่งที่อ่านค่าจานองศาดิ่งได้มากกว่า 180^{o}โดยใช้ตัวย่อว่า “R” (Right or Reverse)

2) ความสัมพันธ์ค่าจานองศาราบและดิ่งที่อ่านได้จากตำแหน่งกล้องทั้งสอง คือ ค่าจานองศาราบมีค่าแตกต่างกัน 180^{o} และค่าจานองศาดิ่งมีค่ารวมกันเท่ากับ 360^{o}

6.2.6 การวัดมุมราบแบบทิศทาง(Direction)

การวัดมุมแบบทิศทาง คือ การวัดค่าจานองศาราบของแนวเล็งแต่ละแนวเทียบกับการวางตัวของจานองศาขณะตั้งกล้องครั้งนั้นๆ ซึ่งการวัดมุมแบบทิศทางที่ต้องการความถูกต้องสูงขึ้นจะทำการวัดเป็นชุด โดย 1 ชุดประกอบด้วยการวัดด้วยตำแหน่งกล้องทั้งสองตำแหน่ง คือ I และ II หรือ ซ้ายและขวา ในแต่ละทิศทางของแนวเล็ง

6.2.7 การบันทึกข้อมูล

ในการทำงานสำรวจการบันทึกข้อมูลเป็นสิ่งสำคัญ การมีขั้นตอนจะช่วยป้องกันการเกิดความผิดพลาด (Mistake) ในระหว่างปฏิบัติงาน โดยต้องมีผู้ช่วยบันทึกข้อมูลและให้ปฏิบัติดังนี้

1. ผู้ใช้เครื่องมือขานข้อมูลที่อ่านได้จากเครื่อง และผู้บันทึกทำหน้าที่บันทึกข้อมูล
2. ผู้บันทึกข้อมูลเมื่อบันทึกเสร็จแล้ว ต้องทวนข้อมูลที่บันทึกให้ผู้ใช้เครื่องมืออีกครั้ง

3. ผู้ใช้เครื่องมือต้องฟังการทวนข้อมูล พร้อมกับการทวนค่าที่ได้จากเครื่องมือว่าถูกต้องหรือไม่

เรื่องที่ 6.3 การตั้งศูนย์กล้อง

ในการวัดมุมราบด้วยกล้องวัดมุมจำเป็นต้องมีการตั้งค่ามุมเริ่มต้น หรือการตั้งศูนย์กล้องโดยเฉพาะงานที่ต้องการความละเอียดมาก เพื่อขจัดความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากศูนย์กลางของจานองศาราบไม่อยู่ในแนวแกนดิ่งของกล้องอย่างสมบูรณ์ ถ้าพื้นที่การวัดมุมน้อยก็จะอ่านมุมได้น้อย จึงจำเป็นต้องให้ทุกส่วนในจานองศาถูกใช้งาน เราทำโดยการตั้งศูนย์กล้องตามชุดที่ต้องการรังวัด โดยการเริ่มวัดมุมตั้งแต่ 2 set จนถึง 16 set สำหรับงานที่ต้องการความละเอียดสูง

สูตรการตังศูนย์กล้อง $I = \frac{180}{N} + \frac{\text{ค่าสูงสุดของ Micrometer}}{N}$

เมื่อ

I = Iinterval ของค่าองศา

N = จำนวนศูนย์หรือจำนวนชุดการรังวัด

Two position of Circle

set	D	M	S
1	0	01	00
2	90	03	00

Four position of Circle

set	D	M	S
1	0	01	30
2	45	01	30
3	90	02	30
4	135	03	30

Eight position of Circle

set	D	M	S
1	0	01	30
2	22	01	30
3	45	02	30

4	**67**	**03**	**30**
5	**90**	**00**	**30**
6	**112**	**01**	**30**
7	**135**	**02**	**30**
8	**157**	**03**	**30**

Sixteen position of Circle

set	**D**	**M**	**S**
1	**0**	**01**	**40**
2	**11**	**01**	**50**
3	**22**	**03**	**10**
4	**33**	**04**	**20**
5	**45**	**01**	**40**
6	**56**	**01**	**50**
7	**67**	**03**	**10**
8	**78**	**04**	**20**
9	**90**	**01**	**40**
10	**101**	**01**	**50**
11	**112**	**03**	**10**
12	**123**	**04**	**20**
13	**135**	**01**	**40**
14	**146**	**01**	**50**
15	**157**	**03**	**10**
16	**168**	**04**	**20**

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าการตั้งศูนย์กล้อง

เรื่องที่ 6.4 ฝึกทักษะการวัดมุมราบ ดูรายละเอียดตามใบงานที่ 6

แบบทดสอบท้ายบทที่ 6

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การอ่านองศาอ่านจากจานองศาเพียงหน้าเดียว และขีดขององศาก็ทำหน้าที่เป็น Index ซึ่งตัดกับ Glass scale

ก. DIRECT READING THEODOLITE

ข. SINGLE READING OPTICAL MICROMETTER THEODOLITE

ค. DOUBLE READING OPTICAL MICROMETER

ง. DIGITAL THEODOLITE

2. การอ่านองศาอ่านจากจานองศาเพียงหน้าเดียวและ Optical scale จะเคลื่อนที่ และการอ่านเศษองศาจะใช้ Parallel sided glass block หรือ Plane parallel plate ซึ่งเราเรียกว่า Optical micrometer เพื่อเปลี่ยนแนวของแสงที่ผ่านองศามา

ก. DIRECT READING THEODOLITE

ข. SINGLE READING OPTICAL MICROMETTER THEODOLITE

ค. DOUBLE READING OPTICAL MICROMETER

ง. DIGITAL THEODOLITE

3. ค่ามุมจะได้จากการเฉลี่ยจานองศาทั้งสองด้านซึ่งอยู่ตรงกันข้ามกัน โดยใช้ Prism ที่เป็นแท่งอยู่ด้านล่างจานองศาเป็นตัวสะท้อน ซึ่งเป็น Double

ก. DIRECT READING THEODOLITE

ข. SINGLE READING OPTICAL MICROMETTER THEODOLITE

ค. DOUBLE READING OPTICAL MICROMETER

ง. DIGITAL THEODOLITE

4. จานองศาราบและองศาดิ่งเป็นรหัสแถบ จานองศาจึงเรียกว่า Code disks หรือ Glass encoder disk

ก. DIRECT READING THEODOLITE

ข. SINGLE READING OPTICAL MICROMETTER THEODOLITE

ค. DOUBLE READING OPTICAL MICROMETER

ง. DIGITAL THEODOLITE

5. วิธีการวัดมุมราบด้วยกล้องวัดมุมแบ่งตามวิธีการวัดมุม

ก. 2 วิธี

ข. 3 วิธี

ค. 4 วิธี

ง. 5 วิธี

6. กล้องวัดมุมที่ใช้ในการวัดมุมซ้ำหรือมุมทวน
    ก. DIRECT READING THEODOLITE
    ข. REPEATING THEODOLITE
    ค. DOUBLE READING OPTICAL THEODOLITE
    ง. DIGITAL THEODOLITE
7. กล้องหน้าซ้าย
    ก. ในขณะส่องกล้อง จานองศาดิ่งอยู่ทางซ้ายมือ
    ข. ในขณะส่องกล้อง จานองศาราบอยู่ทางซ้ายมือ
    ค. ในขณะส่องกล้องเป้าธงหน้าอยู่ทางซ้ายมือ
    ง. ในขณะส่องกล้องเป้าธงหลังอยู่ทางซ้ายมือ
8. Telescope Normal (N) เรียกอีกอย่างว่า
    ก. Telescope Inverted (I)
    ข. Reversed (R)
    ค. Direct (D)
    ง. Face Right
9. ควงล็อคการหมุนรอบแกนดิ่งในทางราบตัวบนของกล้อง
    ก. Vertical Tangent Screw
    ข. Vertical Clamp
    ค. Upper Tangent Screw
    ง. Upper Clamp
10. ควงสำหรับปรับเคลื่อนแนวเล็งในแนวราบอย่างช้าๆ
    ก. Vertical Tangent Screw
    ข. Vertical Clamp
    ค. Upper Tangent Screw
    ง. Upper Clamp
11. ควงล็อคแนวเล็งกล้องไม่ให้เคลื่อนในแนวระนาบดิ่ง
    ก. Vertical Tangent Screw
    ข. Vertical Clamp
    ค. Upper Tangent Screw
    ง. Upper Clamp

12. การขยับตาไปมา ภาพของสายใยและภาพวัตถุขยับแยกจากกันเรียกว่า

ก. ภาพซ้อน

ข. ภาพเหลื่อม

ค. ภาพสามมิติ

ง. ภาพเสมือน

13. การวัดค่าจานองศาราบของแนวเล็งแต่ละแนวเทียบกับการวางตัวของจานองศาขณะตั้งกล้องครั้งนั้นๆ เรียกว่า

ก. การวัดมุมแบบทิศทาง

ข. การวัดมุมแบบแนวราบ

ค. การวัดมุมแบบไปกลับ

ง. การวัดมุมแบบมุมเห

14. ค่าจานองศาราบหน้าซ้ายและหน้าขวาจะมีค่าแตกต่างกันเท่าใด

ก. 90 องศา

ข. 180 องศา

ค. 270 องศา

ง. 360 องศา

15. ค่าจานองศาดิ่งหน้าซ้ายและหน้าขวามีค่ารวมกันเท่ากับ

ก. 90 องศา

ข. 180 องศา

ค. 270 องศา

ง. 360 องศา

16. การตั้งศูนย์กล้องหมายถึง

ก. การตั้งค่ามุมเริ่มต้นในการวัดมุมราบ

ข. การปรับกล้องให้ตรงทิศทาง

ค. การปรับแก้แนวเล็งกล้อง

ง. การแก้ความผิดของกล้องเนื่องจากการอ่าน

17. การรังวัดมุม 1 set จะประกอบด้วยค่ามุมกี่ค่า

ก. 1

ข. 2

ค. 3

ง. 4

18. จำนวนศูนย์กล้องที่น้อยที่สุดคือ

ก. 2 set

ข. 3 set

ค. 4 set

ง. 5 set

19. จำนวนศูนย์กล้องที่มากที่สุดคือ

ก. 12 set

ข. 14 set

ค. 16 set

ง. 18 set

20. จำนวนศูนย์กล้องหาจากสูตรใด

ก. $\frac{90}{N} + \frac{\text{ค่าสูงสุดของ Micrometer}}{N}$

ข. $\frac{180}{N} + \frac{\text{ค่าสูงสุดของ Micrometer}}{N}$

ค. $\frac{270}{N} + \frac{\text{ค่าสูงสุดของ Micrometer}}{N}$

ง. $\frac{360}{N} + \frac{\text{ค่าสูงสุดของ Micrometer}}{N}$

หน่วยการเรียนที่ 7
การวัดมุมดิ่ง

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 7.1 ลักษณะจานองศาดิ่ง

เรื่องที่ 7.2 การวัดมุมสูงด้วยกล้องแบบต่างๆ

เรื่องที่ 7.3 ความคลาดเคลื่อนของการวัดมุม

เรื่องที่ 7.4 ใบงานที่ 7 การวัดมุมดิ่ง

สาระสำคัญ

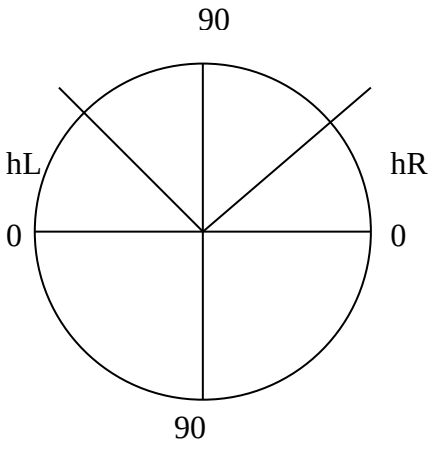
1. ลักษณะจานองศาดิ่ง แบ่งเป็น 2 ลักษณะตามบริษัทผู้ผลิต คือแบบ Transit และแบบ Theodolite
2. การวัดมุมสูงด้วยกล้อง Repeating การวัดมุมสูงด้วยกล้องที่มี Micrometer การวัดมุมสูงด้วยกล้อง Scale Reading Theodolite
3. ความคลาดเคลื่อนของการวัดมุมแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เกิดจากบุคล เครื่องมือ และธรรมชาติ ซึ่งสามารถแก้ไขและป้องกันได้
4. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติงานวัดมุมดิ่งเพื่อให้มีความชำนาญความอดทนและละเอียดรอบคอบ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

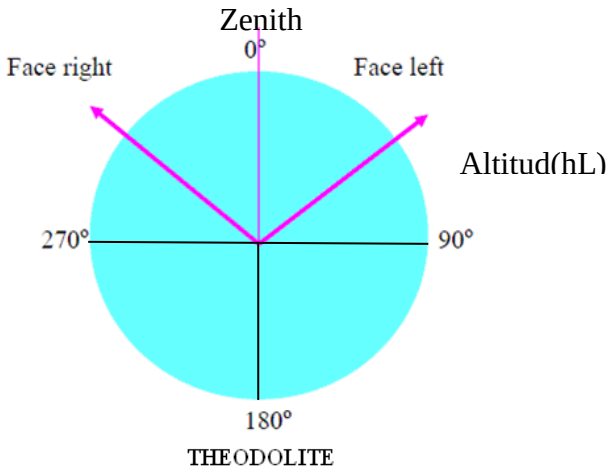
1. บอกลักษณะของจานองศาดิ่งได้
2. อธิบายขั้นตอนการวัดมุมดิ่งด้วยกล้องชนิดต่างๆได้
3. บอกสาเหตุความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัดมุมได้
3. มีทักษะในการวัดมุมดิ่งด้วยกล้องวัดมุม

เรื่องที่ 7.1 ลักษณะจานองศาดิ่ง

การวัดมุมดิ่งบางครั้งเรียกว่าการวัดมุมสูง ซึ่งใช้กับงานทำระดับตรีโกณ งาน Tacheometer แบบต่างๆ และงานรังวัดทางดาราศาสตร์ มีทั้งแบบ Repeating , Direction และ Optical reading theodolite ลักษณะของจานองศาดิ่งมี 2 แบบคือ



รูปที่ 7.1 ลักษณะจานองศาดิ่งกล้อง Transit



รูปที่ 7.2 ลักษณะจานองศาดิ่งกล้อง Theodolite

วิธี Double Distance (กล้อง THEODOLITE)

จากรูป 7.2 เป็นลักษณะจานองศาดิ่งของกล้อง Optical reading Theodolite ทั่วไป

h = มุมสูงเป็นค่ามุมที่วัดจากแนวราบ(90)ไปยังตำแหน่งวัตถุที่ต้องการวัดมุมสูง

Z = Zenith angle เป็นมุมที่วัดจากจุด Zenith ไปยังตำแหน่งวัตถุที่ต้องการวัดมุมสูง

AL = ค่ามุม Zenith ที่อ่านได้จากกล้องหน้าซ้าย

AR = ค่ามุม Zenith ที่อ่านได้จากกล้องหน้าขวา

$$2Z = AL + 360 - AR$$

$$Z = \frac{AL + 360 - AR}{2}$$

$$h = 90 - Z$$

หรือมุมสูงหน้าซ้าย $hL = 90 - AL$

มุมสูงหน้าขวา $hR = 90 - AR$

$$h = \frac{hL+hR}{2}$$

$$ALl + AR = 360$$

เรื่องที่ 7.2 การวัดมุมสูง

1. การวัดมุมสูงด้วยกล้อง Repeating ชนิดจานองศาเป็นเวอร์เนียร์ ซึ่งจานองศาจะติดตายกับตัวกล้อง เวอร์เนียร์จะติดตายอยู่กับระดับตัวบน เมื่อกล้องได้ระดับแกน 0-0 ของเวอร์เนียร์จะอยู่ในแนวราบ จานองศาจะหมุนพร้อมกับการกระดกกล้อง

ตัวอย่าง การวัดมุมสูงด้วยกล้องเวอร์เนียร์

sta	Obj.	D/R	C	D	(C+D)/2	V<	MEAN	Sketch
		D	0 ° 00' 00"	00' 00"	0 ° 00' 00"			
			22 ° 08' 25"	08' 25"	22 ° 08' 25"	22 ° 08' 25"		
A	pole							
			0 ° 00' 00"	00' 00"	0 ° 00' 00"			
		R	22 ° 08' 35"	08' 35"	22 ° 08' 35"	22 ° 08' 35"	76 ° 08' 30"	

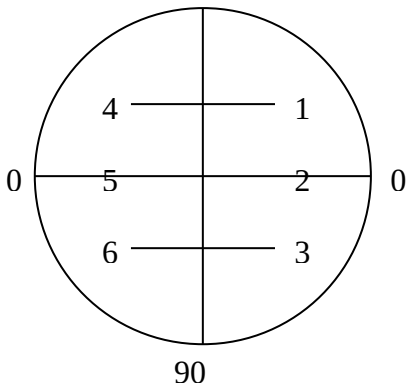
ตารางที่ 7.1 การวัดมุมดิ่งด้วยกล้องเวอร์เนียร์

2. การวัดมุมสูงด้วยกล้องที่มี Micrometer ลักษณะจานองศาดิ่งจะเป็นเหมือนรูปที่ 7.2 ดังนั้นการคำนวณหาค่ามุมดิ่งจะใช้วิธี Double zenith distance ถ้าไม่ต้องการความละเอียดมาก ก็สามารถอ่านค่ามุมโดยหมุน Micrometer ได้เลย ถ้าต้องการความละเอียดต้องหมุน Micrometer แล้วอ่านค่าหลายๆ ครั้ง

sta	Obj.	D/R	Reading	V<	Mean	RMK
		D	76 ° 08' 30.2"			
			30.5"			
			30.4"			
			30.8"			
			30.6"			
O	เสาTV.	AL	76 ° 08' 30.5"	13 ° 51' 30.50"		
		R	283 ° 51' 22.7"			
			22.6"			
			22.4"			
			22.7"			
			23.0"			
		AR	283 ° 51' 22.0"	13 ° 51' 22.68"	13 ° 51' 26.59"	

ตารางที่ 7.2 การวัดมุมดิ่งด้วยกล้องที่มี Micrometer

3. การวัดมุมสูงด้วยกล้อง Scale Reading Theodolite กล้องชนิดนี้ใช้ Glass Scale เป็นตัวอ่านเศษองศา ไม่มี Micrometer ถ้าใช้กับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนักก็ใช้วิธี Double Zenith Distance ถ้าต้องการความละเอียดมากขึ้นก็ใช้วัดมุมแบบสามสายใยดังตัวอย่าง



อ่านมุมหน้าซ้าย- สายใยบน(1) >- สายใยกลาง(2) >- สายใยล่าง(3) >---

อ่านมุมหน้าขวา- สายใยล่าง(6) -< สายใยกลาง(5) -< สายใยล่าง(4) <-

มุม	1	2	3	RMK
AL	79 ° 14'	79 ° 31'	76 ° 48.1'	
AR	281 ° 07'	280 ° 50.2'	280 ° 33.3'	
2Z	158 ° 07'	158 ° 40.8'	159 ° 14.8'	
Mean 2Z	**158 ° 40' 52"**			

ตารางที่ 7.3 การวัดมุมดิ่งด้วยกล้องScale Reading แบบสามสายใย

h = 90 – Z

= 90 - (158 ° 40' 52")/2

H = 10 ° 39' 34"

เรื่องที่ 7.3 ความคลาดเคลื่อนของการวัดมุม

1. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากเครื่องมือ : Instrumental Errors

- แกนดิ่งต้องตั้งฉากกับแกนหลอดระดับจานองศาราบ
- แกนราบต้องตั้งฉากกับแกนดิ่ง
- แกนแนวเล็งตั้งฉากกับแนวราบ
- ดัชนีจานองศาดิ่ง (Vertical-circle index errors)
- การเยื้องศูนย์ของจานองศา (Eccentricity of centers)
- การแบ่งขีดบนจานองศา (Circle graduation errors)

- อุปกรณ์ประกอบต่างๆ (Errors due to peripheral equipment) เช่น optical plummets, tribrachs

2. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากธรรมชาติ : Natural Errors

- ลม มีผลต่อการใช้ลูกดิ่ง ให้ใช้ optical plummet แทน

- อุณหภูมิ ความร้อนมีผลต่อตัวกล้อง ทำให้การขยายตัวของกล้องไม่เท่ากันในแต่ละส่วนของกล้อง เช่น หลอดระดับเคลื่อน

- การหักเหของแสงตามแนวเล็งของกล้อง สภาพอากาศตามแนวเล็งต้องมีทัศนะวิสัยดี คือ ไม่มีหมอกควัน ไม่ใกล้สิ่งต่างๆ ทำให้เกิดการหักเหของแนวเล็งได้

- การตั้งกล้อง ต้องอยู่บนพื้นที่ที่มั่นคง ไม่ควรตั้งอยู่บนพื้นดินอ่อน และควรทำงานให้เสร็จโดยเร็วไม่ตั้งกล้องทิ้งไว้นาน

3. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมบุคล : Personal Errors

- ตั้งกล้องและเป้าเล็งไม่ตรงจุดสถานี

- ตั้งหลอดระดับจานองศาราบไม่เข้ากลาง ควรทำการตรวจสอบทั้งก่อนเริ่มและหลังเสร็จงานในแต่ละสถานี

- การหยุดตัวของกล้องทั้งในส่วนการเล็งหยาบและละเอียดควรหยุดในทิศทางเดียวกัน ไม่หมุนทวน กันการเกิด backlash

- การปรับโฟกัสของทั้งสายใยและภาพไม่ชัดเจน ทำให้เกิดภาพเหลื่อม

- การเล็งเป้าหมายไม่ดี การถือเป้า หรือ การตั้งเป้าไม่ดี

ความผิดพลาดในการวัดมุม (Mistakes)

- ตั้งกล้องและเป้าเล็งผิดจุด

- การขานค่ารังวัดและจดผิด

- อ่านค่าจานองศาผิดทิศทาง คือ ทวนเข็มแทนตามเข็มนาฬิกา

- พิง เกาะ เท้าแขน วางมือ บนตัวกล้องหรือขากล้อง

เรื่องที่ 7.4 ฝึกทักษะในการวัดมุมดิ่ง ดูรายละเอียดตาม ใบงานที่ 7

แบบทดสอบท้ายบทที่ 7

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การวัดมุมดิ่งบางครั้งเรียกว่า
   ก. การวัดมุมสูง
   ข. การวัดมุมก้ม
   ค. การวัดมุมเงย
   ง. การวัดมุมเซนิท
2. การวัดมุมดิ่งส่วนใหญ่ใช้กับงาน
   ก. งานทำวงรอบ
   ข. งานทำระดับตรีโกณ
   ค. งานวัดระยะจำลอง
   ง. งานก่อสร้างอาคารสูง
3. ลักษณะของจานองศาดิ่งของกล้องประเภทใดที่จุดเซนิทมีค่าเป็น 0 องศา
   ก. COMPASS
   ข. LEVEL
   ค. TRANSIT
   ง. THEODOLITE
4. ลักษณะของจานองศาดิ่งของกล้องประเภทใดที่จุดเซนิทมีค่าเป็น 90 องศา
   ก. COMPASS
   ข. LEVEL
   ค. TRANSIT
   ง. THEODOLITE
5. Zenith angle เป็นมุมที่
   ก. มุมที่วัดจากแนวราบไปยังตำแหน่งวัตถุที่ต้องการวัดมุมสูง
   ข. มุมที่วัดจากจุด Zenith ไปยังตำแหน่งวัตถุที่ต้องการวัดมุมสูง
   ค. มุมที่วัดจากจุด Zenith ไปยังแนวราบ
   ง. มุมที่วัดจากจุด Zenith ไปยังตำแหน่งวัตถุที่ต้องการวัดมุมสูง
6. หลักการของการวัดมุมดิ่งวิธี Double Distance
   ก. การวัดมุมแบบสามสายใยแล้วเฉลี่ย
   ข. การวัดมุมสูงแบบวัดซ้ำและวัดทวน
   ค. การวัดมุมดิ่งหน้าซ้ายและหน้าขวาแล้วนำมาเฉลี่ย
   ง. มุมที่วัดจากจุด Zenith และวัดมุมสูงพร้อมกัน

7. การวัดมุมสูงด้วยกล้องเวอร์เนียร์
    ก. การวัดมุมสูงด้วยกล้อง Repeating
    ข. ใช้วิธี Double zenith distance
    ค. ใช้ Glass Scale เป็นตัวอ่านเศษองศา
    ง. วัดมุมแบบสามสายใย
8. การวัดมุมสูงด้วยกล้องที่มี Micrometer
    ก. การวัดมุมสูงด้วยกล้อง Repeating
    ข. ใช้วิธี Double zenith distance
    ค. ใช้ Glass Scale เป็นตัวอ่านเศษองศา
    ง. วัดมุมแบบสามสายใย
9. การวัดมุมสูงด้วยกล้อง Scale Reading Theodolite
    ก. การวัดมุมสูงด้วยกล้อง Repeating
    ข. ใช้วิธี Double zenith distance
    ค. ใช้ Glass Scale เป็นตัวอ่านเศษองศา
    ง. วัดมุมแบบสามสายใย
10. การวัดมุมสูงด้วยกล้องที่มี Micrometer ถ้าต้องการความละเอียด
    ก. อ่านหน้าซ้ายหน้าขวา
    ข. วัดมุมแบบสามสายใย
    ค. หมุน Micrometer แล้วอ่านค่าหลายๆ ครั้ง
    ง. วัดมุมหลาย set
11. ข้อใดไม่ใช่ลักษณะของกล้องวัดมุมที่ถูกต้อง
    ก. แกนดิ่งต้องตั้งฉากกับแกนหลอดระดับจานองศาราบ
    ข. แกนราบต้องตั้งฉากกับแกนดิ่ง
    ค. แกนแนวเล็งตั้งฉากกับแนวราบ
    ง. แกนดิ่งต้องตั้งฉากกับแกนหลอดระดับจานองศาดิ่ง
12. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากเครื่องมือ
    ก. อุณหภูมิ ความร้อนมีผลต่อตัวกล้อง
    ข. แกนราบต้องตั้งฉากกับแกนดิ่ง
    ค. อ่านค่าจานองศาผิดทิศทาง
    ง. ตั้งกล้องและเป้าเล็งไม่ตรงจุดสถานี
13. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมจากบุคล
    ก. อุณหภูมิ ความร้อนมีผลต่อตัวกล้อง

ข. แกนราบต้องตั้งฉากกับแกนดิ่ง

ค. อ่านค่าจานองศาผิดทิศทาง

ง. ตั้งกล้องและเป้าเล็งไม่ตรงจุดสถานี

14. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากธรรมชาติ

ก. อุณหภูมิ ความร้อนมีผลต่อตัวกล้อง

ข. แกนราบต้องตั้งฉากกับแกนดิ่ง

ค. อ่านค่าจานองศาผิดทิศทาง

ง. ตั้งกล้องและเป้าเล็งไม่ตรงจุดสถานี

15. การหักเหของแสงตามแนวเล็งของกล้อง

ก. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากเครื่องมือ

ข. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากธรรมชาติ

ค. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมบุคล

ง. ความผิดพลาดในการวัดมุม

16. การตั้งกล้อง ต้องอยู่บนพื้นที่ที่มั่นคง

ก. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากเครื่องมือ

ข. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากธรรมชาติ

ค. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมบุคล

ง. ความผิดพลาดในการวัดมุม

17. การเยื้องศูนย์ของจานองศา

ก. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากเครื่องมือ

ข. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากธรรมชาติ

ค. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมบุคล

ง. ความผิดพลาดในการวัดมุม

18. ตั้งกล้องและเป้าเล็งไม่ตรงจุดสถานี

ก. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากเครื่องมือ

ข. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากธรรมชาติ

ค. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมบุคล

ง. ความผิดพลาดในการวัดมุม

19. การปรับโฟกัสของทั้งสายใยและภาพไม่ชัดเจน

ก. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากเครื่องมือ

ข. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากธรรมชาติ

ค. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมบุคล

ง. ความผิดพลาดในการวัดมุม

20. อ่านค่าจานองศาผิดทิศทาง

ก. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากเครื่องมือ

ข. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมที่เกิดจากธรรมชาติ

ค. ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมบุคคล

ง. ความผิดพลาดในการวัดมุม

หน่วยการเรียนที่ 8

การหาความสูงของวัตถุด้วยกล้องวัดมุม

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 8.1 หลักการของตรีโกณมิติ

เรื่องที่ 8.2 การหาความสูงของวัตถุที่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้

เรื่องที่ 8.3 การหาความสูงของวัตถุที่ไม่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้

เรื่องที่ 8.4 ใบงานที่ 8 การหาความสูงของวัตถุด้วยกล้องวัดมุม

สาระสำคัญ

1. งานระดับตรีโกณมิติ เป็นการหาค่าระดับจุดที่มีความสูงหรือยอดเขาที่การทำระดับด้วยกล้องระดับทำได้ไม่สะดวกเนื่องจากพื้นที่รก มีลักษณะสูงๆต่ำๆ มีความลาดชันมาก การใช้ประยุกต์ใช้หลักการทางตรีโกณมิติ
2. การหาความสูงของวัตถุที่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุ เป็นวิธีการทำระดับตรีโกณอย่างง่าย สามารถทำงานได้รวดเร็ว
3. การหาความสูงของวัตถุที่ไม่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุ เป็นวิธีการทำระดับตรีโกณที่ซับซ้อนกว่าวิธีแรก เพราะต้องแก้ปัญหาอันเนื่องจากไม่สามารถวัดระยะฐานสามเหลี่ยมได้ ต้องใช้วิธีการคำนวณช่วย
4. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติหาความสูงของวัตถุด้วยกล้องวัดมุมชำนาญและความอดทน ละเอียดรอบคอบ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. อธิบายหลักการของการระดับตรีโกณมิติได้
2. บอกขั้นตอนของการหาความสูงของวัตถุที่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้
3. บอกขั้นตอนของการหาความสูงของวัตถุที่ไม่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้
4. มีทักษะในการหาความสูงของวัตถุด้วยกล้องวัดมุม

เรื่องที่ 8.1 หลักการของตรีโกณมิติ

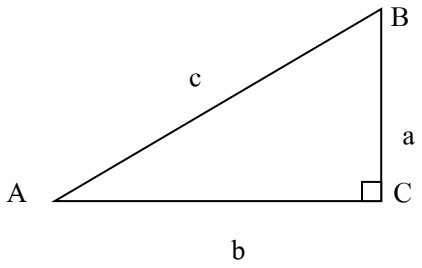
1. อัตราส่วนรูปสามเหลี่ยม

ชาวอียิปต์โบราณทำการวัดฐานของพีระมิดโดยการแบ่งเส้นเชือกออกเป็น **12** ส่วนเท่าๆกัน แล้วทำเชือกให้เป็นปมตรงส่วนที่แบ่งนั้น แล้วดึงให้ตึงเป็นรูปสามเหลี่ยม ด้วยอัตราส่วนของด้าน **3 : 4 : 5** และมุมที่อยู่ตรงข้ามกับด้านที่ยาวที่สุดจะเป็นมุมฉากเสมอ จึงเป็นที่น่าเชื่อได้ว่าทฤษฎีปีทาโกรัสเป็นที่รู้จักกันมาแพร่หลายแล้ว

ทฤษฎีบทปีทาโกรัส

ในรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ด้านตรงข้ามมุมฉากยกกำลังสองมีค่าเท่ากับผลบวกของกำลังสองของอีกสองด้าน

พิจารณา รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ABC



สูตร $c^2 = a^2 + b^2$

a แทนความยาวของด้านตรงข้ามมุม A

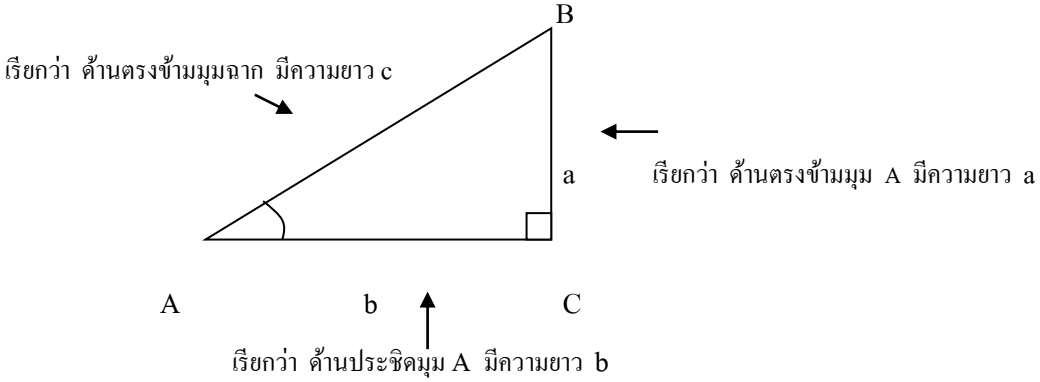
b แทนความยาวของด้านตรงข้ามมุม B

c แทนความยาวของด้านตรงข้ามมุม C

2. อัตราส่วนตรีโกณมิติ(Trigonometric ratios)

อัตราส่วนตรีโกณมิติเป็นอัตราส่วนที่เกี่ยวกับด้านและมุมของรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่เป็นมุมแหลม

กำหนดให้ ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่มุม ACB เป็นมุมฉาก ดังรูป



ไซน์ของมุม A $= \dfrac{\text{ความยาวของด้านตรงข้ามมุม A}}{\text{ความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉาก}} = \dfrac{a}{c}$

ไซน์ของมุม A เขียนว่า sine A หรือเขียนย่อว่า sin A เช่น ไซน์ของมุม 60° เขียนว่า sine 60° หรือเขียนย่อว่า sin 60°

$$\textbf{โคไซน์ของมุม A} = \frac{\text{ความยาวของด้านประชิดมุม A}}{\text{ความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉาก}} = \frac{b}{c}$$

โคไซน์มุม A เขียนว่า cosine A หรือเขียนย่อว่า cos A เช่น โคไซน์ของมุม 45° เขียนว่า cosine 45° หรือเขียนย่อว่า cos 45°

$$\textbf{แทนเจนต์ของมุม A} = \frac{\text{ความยาวของด้านตรงข้ามมุม A}}{\text{ความยาวของด้านประชิดมุม A}} = \frac{a}{b}$$

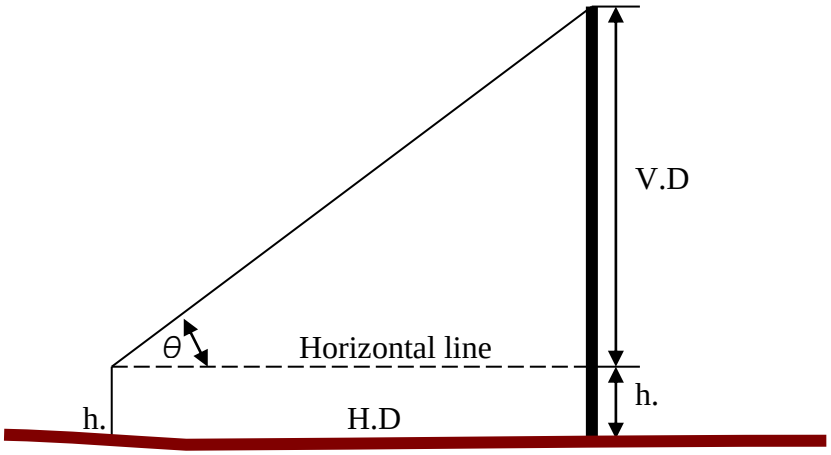
แทนเจนต์ของมุม A เขียนว่า tangent A หรือเขียนย่อว่า tan A เช่น แทนเจนต์ของมุม 30° เขียนว่า tangent 30° หรือเขียนย่อว่า tan 30°

3. งานระดับตรีโกณมิติ(Trigonometric Leveling)

งานระดับตรีโกณมิติ เป็นการหาค่าระดับจุดที่มีความสูงหรือยอดเขาที่การทำระดับด้วยกล้องระดับทำได้ไม่สะดวกเนื่องจากพื้นที่รก มีลักษณะสูงๆต่ำๆ มีความลาดชันมาก การใช้ประยุกต์ใช้หลักการทางตรีโกณมิติและ Tacheometry ทำให้การหาค่าต่างระดับของจุดสูงที่อยู่ห่างกันสามารถทำได้สะดวกยิ่งขึ้น ถึงแม้จะให้ความถูกต้องดีไม่เท่ากับการใช้กล้องระดับก็ตาม แต่หากทำงานด้วยความระมัดระวัง และใช้เครื่องมือที่มีความถูกต้องสูง ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะมีความละเอียดถูกต้องเพียงพอที่จะใช้กับงานแผนที่ทั่วไปได้ การใช้กล้อง Total Station ที่มีความถูกต้องในการวัดสูง การวัดแบบ Electronic Tacheometry ก็สามารถใช้งานแทนกล้องระดับในการหาค่าต่างระดับได้เช่นกัน แต่จะมีข้อกำหนดกรรมวิธีการทำงานที่เคร่งครัด ที่เรียกว่า “Precise Trigonometric leveling” ซึ่งต้องมีความเข้าใจจึงสามารถให้ผลเทียบเท่ากับการใช้กล้องระดับได้ งานระดับรีโกณมิตินิยมใช้ในการหาค่าความสูงของยอดเขา อาคาร ยอดเจดีย์ เสาวิทยุ เป็นต้น

เรื่องที่ 8.2 การหาความสูงของวัตถุที่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้

8.2.1 กรณีระดับเสมอกัน



รูปที่ 7.1 วัตถุที่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้

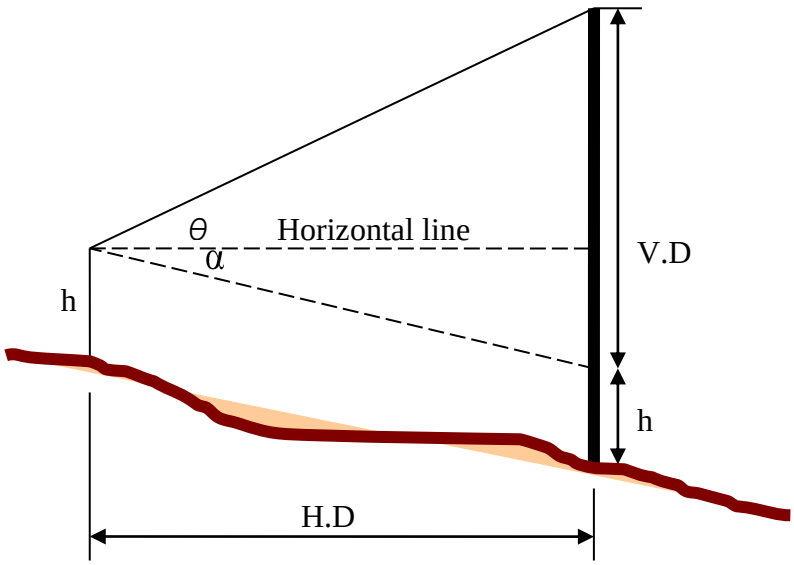
ความสูงของผู้สำรวจ = h มุมสูง = θ

HD = ระยะราบ VD = ระยะดิ่ง

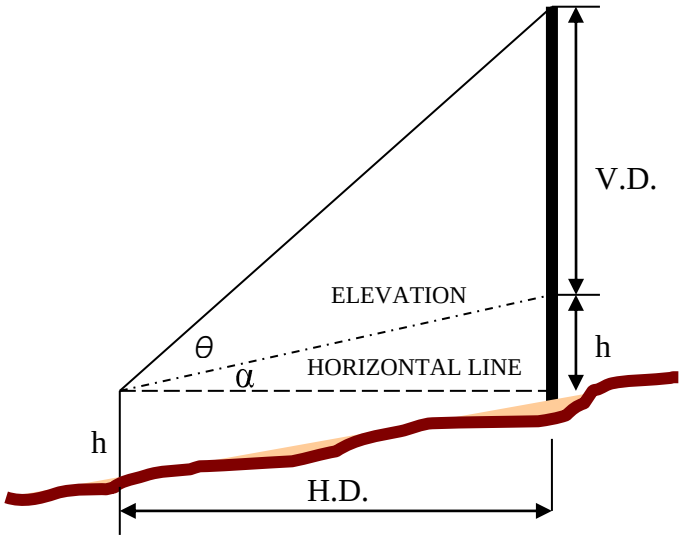
$$VD = HD \cdot \tan\theta \quad \text{.....(1)}$$

ความสูงของวัตถุเหนือพื้นดิน = VD + h

8.2.2 กรณีระดับดินลาดเอียง



รูปที่ 7.2 วัตถุที่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้ระดับดินลาดเอียงลง



รูปที่ 7.3 วัตถุที่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้ระดับดินลาดเอียงขึ้น

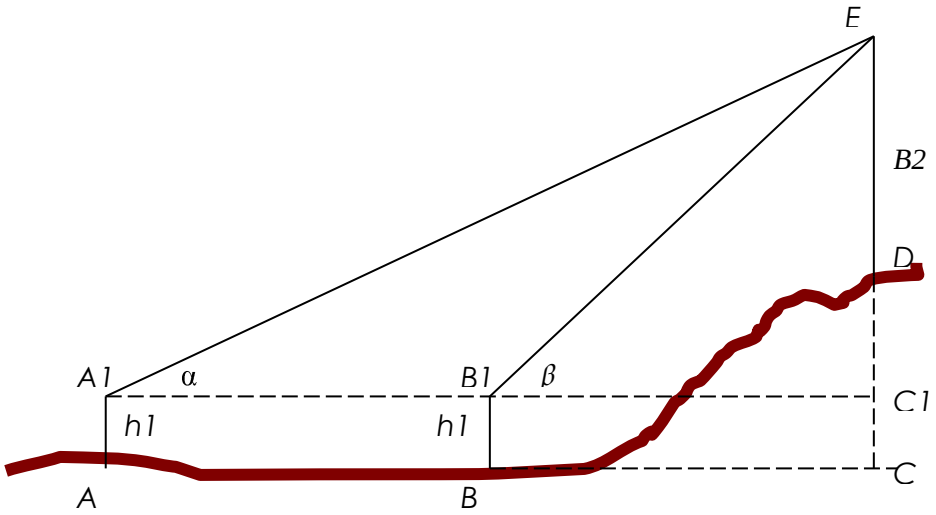
$$VD = HD(\tan\theta \pm \tan\alpha) \quad \text{.....(2)}$$

รูป(7.1)ใช้เครื่องหมายบวก (+) รูป(7.2)ใช้เครื่องหมายลบ (-)

ความสูงของวัตถุเหนือพื้นดิน = VD + h

เรื่องที่ 8.3 การหาความสูงของวัตถุที่ไม่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้

8.3.1 Base line อยู่ในแนวเดียวกันกับวัตถุ



รูปที่ 7.4 วัตถุที่ไม่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้

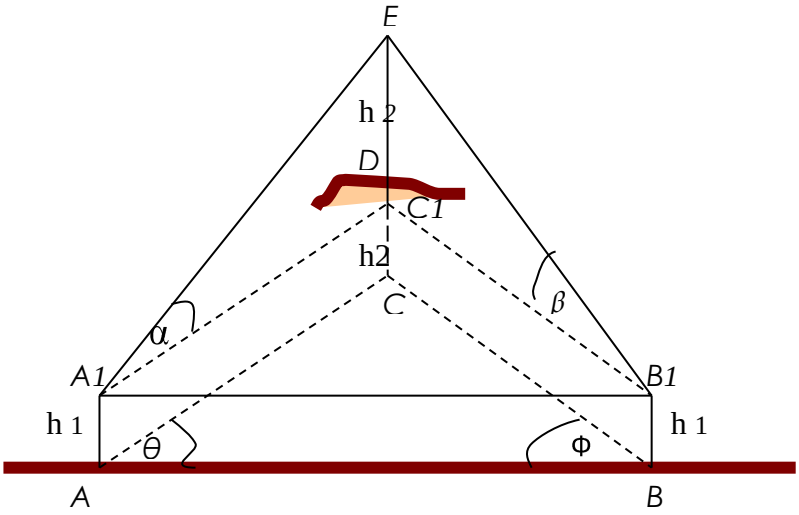
$$A1C1 = BC1 \cot \alpha$$

$$B1C1 = BC1 \cot \beta$$

$$A1B1 = A1C1 - B1C1 = BC1(\cot \alpha - \cot \beta)$$

และ $$\mathbf{BC1 = \frac{AB.....}{\cot \alpha - \cot \beta}} \quad \mathbf{.....(3)}$$

8.3.1 Base line ไม่อยู่ในแนวเดียวกันกับวัตถุ



รูปที่ 7.5 วัตถุที่ไม่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้และBase line ไม่อยู่ในแนวเดียวกัน

การวัดมุมที่ A มุมราบ = θ

มุมสูง = α

การวัดมุมที่ B มุมราบ = Φ

มุมสูง = β

ในสามเหลี่ยม ABC

จาก Sin law $AC = AB \sin \Phi \ \text{cosec}(\theta + \Phi)$

และ $BC = AB \sin \theta \ \text{cosec}(\theta + \Phi)$

เนื่องจาก $C1E = AC \tan \alpha$

แทนค่า $\mathbf{C1E = AC \sin \Phi \ \text{cosec}(\theta + \Phi) \tan \alpha .....(4)}$

ทำนองเดียวกัน $C1E = BC \tan \beta$

แทนค่า $\mathbf{C1E = AB \sin \theta \ \text{cosec}(\theta + \Phi) \tan \beta .....(5)}$

ความสูงของวัตถุ E เหนือพื้นดินที่ A = C1E + h1

ความสูงของวัตถุ D เหนือพื้นดินที่ A = C1E + h1 – h2

การวัดมุมในงานระดับตรีโกณมิติต้องการความประณีตอย่างยิ่ง เพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุดมีความคลาดเคลื่อนในการส่องเป้าระยะไกลน้อยที่สุด ดังนั้นงานที่ต้องการความถูกต้องสูงมาก ต้องใช้กล้องที่สามารถวัดมุมได้ละเอียดถึง 1 พิลิปดาหรือดีกว่า หลอดระดับมีความไวถึง 2 พิลิปดา ทำการวัดทั้งหน้าซ้ายและหน้าขวา อย่างน้อย 2 ชุด และต้องจดค่าตำแหน่งของหลอดระดับไว้เพื่อคำนวณค่าปรับแก้ด้วย รวมทั้งการวัดความสูงของกล้องและเป้า เพื่อแก้ค่า Eye and Object Correction

ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความโค้งของผิวโลก

แนวเล็งของกล้องโทรทัศน์ถือว่าเป็นเส้นตรง เมื่อกล้องโทรทัศน์อยู่ในแนวราบคือ จะมีแนวเส้นราบตั้งฉากกับแกนดิ่งที่ตำแหน่งตั้งกล้องนั้น หรือปรากฏบนระนาบราบ ในขณะที่ผิวระดับ (Level Surface) ไม่ใช่ผิวระนาบราบ แต่เป็นผิวโค้งของผิวโลก ดังนั้น เมื่อระยะที่ห่างไกลออกไปจากจุดตั้งกล้องมากขึ้น จะเห็นว่า พื้นผิวทั้งสองจะค่อยๆ แยกจากกัน โดยระนาบราบจะอยู่สูงกว่า ซึ่งทำให้ค่าที่อ่านได้บนไม้ระดับมากกว่าที่เป็น ค่าแก้ผลกระทบจากความโค้งของผิวโลกสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Cc = 0.0785K^2 \quad \text{เมตร}$$

เมื่อ K คือระยะระหว่างกล้องถึงเป้าหรือไม้ระดับ

ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการหักเหของแสง

เนื่องจากงานระดับตรีโกณมิติ ทำการวัดมุมดิ่งระหว่างจุดตั้งกล้องและเป้าที่มีความสูงต่างกันค่อนข้างมาก ทำให้เส้นเล็งเกิดการหักเหเนื่องจากความหนาแน่นของชั้นบรรยากาศเปลี่ยนไป (Atmospheric Refraction) อันเป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมดิ่งกรณีที่ใช้เป้าเล็ง หรือ ค่าระยะที่อ่านบนไม้ระดับผิดไปจากที่ควรเป็นที่ได้จากการวัดมุมดิ่งนั้น การหาขนาดของความคลาดเคลื่อนจากการหักเหเพื่อนำมาปรับแก้สามารถทำได้ แต่ค่า Atmospheric Refraction นี้มีค่าไม่แน่นอนเปลี่ยนไปตามความเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ การแก้ปัญหานี้ทำได้โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของการหักเหซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างมุมหักเห (มุมระหว่างเส้นเล็งที่สมมติว่าเป็นเส้นตรงกับเส้นเล็งที่เกิดขึ้นจริงซึ่งเป็นเส้นโค้ง) กับ มุมที่ศูนย์กลางโลกรองรับโดยสถานีทั้งสอง ความหักเหของแสงแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความสูง ค่าความหักเหจึงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยจะมีขนาดโตที่สุดในตอนเช้าและตอนเย็น และมีขนาดเล็กที่สุดกับทั้งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปในช่วงกลางของวัน ดังนั้นการวัดมุมดิ่งจึงทำกันในช่วง

ระหว่างเวลา 10.00 น. ถึง 16.00 น. โดยเฉพาะช่วงเวลา 12.00 น.ถึง 15.00 น. เป็นช่วงที่ดีที่สุด ผลกระทบจากการหักเหของแสงทำให้ค่าที่อ่านได้บนไม้ระดับน้อยกว่าที่เป็น ดังนั้น สำหรับค่าแก้ความหักเหสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Cr = 0.14Cc = 0.0110K^2 \text{ เมตร}$$

เมื่อ K คือระยะระหว่างกล้องถึงเป้าหรือไม้ระดับ

เรื่องที่ 8.4 ฝึกทักษะการหาความสูงของวัตถุด้วยกล้องวัดมุม ดูรายละเอียดตาม ใบงานที่ 8

แบบทดสอบท้ายบทที่ 8

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ชาวอียิปต์โบราณทำการวัดฐานของพีระมิดโดยการแบ่งเส้นเชือกออกเป็น
   ก. **6** ส่วน
   ข. **12** ส่วน
   ค. **18** ส่วน
   ง. **20** ส่วน
2. ด้วยอัตราส่วนของด้าน **3 : 4 : 5** เป็นสามเหลี่ยมอะไร
   ก. หน้าจั่ว
   ข. ด้านเท่า
   ค. ด้านไม่เท่า
   ง. มุมฉาก
3. ทฤษฎีบทปีทาโกรัส คือข้อใด
   ก. ด้านตรงข้ามมุมฉากมีค่าเท่ากับผลบวกของอีกสองด้าน
   ข. ด้านตรงข้ามมุมฉากยกกำลังสองมีค่าเท่ากับผลบวกของอีกสองด้าน
   ค. ด้านตรงข้ามมุมฉากยกกำลังสองมีค่าเท่ากับผลบวกของกำลังสองของอีกสองด้าน
   ง. ผิดทุกข้อ
4. ค่าฟังชั่นใด $= \frac{\text{ความยาวของด้านตรงข้ามมุม A}}{\text{ความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉาก}}$
   ก. ไซน์ของมุม A
   ข. โคไซน์ของมุม A
   ค. แทนของมุม A
   ง. เซคของมุม A
5. ค่าฟังชั่นใด $= \frac{\text{ความยาวของด้านประชิดมุม A}}{\text{ความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉาก}}$
   ก. ไซน์ของมุม A
   ข. โคไซน์ของมุม A
   ค. แทนของมุม A
   ง. เซคของมุม A
6. ค่าฟังชั่นใด $= \frac{\text{ความยาวของด้านตรงข้ามมุม A}}{\text{ความยาวของด้านประชิดมุม A}}$
   ก. ไซน์ของมุม A

ข. โคไซน์ของมุม A

ค. แทนของมุม A

ง. เซคของมุม A

7. งานระดับตรีโกณมิติ จะใช้เครื่องมือใดเป็นหลัก

ก. กล้องระดับ

ข. กล้องวัดมุม

ค. เครื่องคำนวณ

ง. ไม้วัดระดับ

8. งานระดับตรีโกณมิติ จะไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือใด

ก. กล้องระดับ

ข. กล้องวัดมุม

ค. เครื่องคำนวณ

ง. ไม้วัดระดับ

9. งานระดับตรีโกณมิติ จะให้ความละเอียดสูงเมื่อใช้เครื่องมือชนิดใด

ก. กล้องระดับ

ข. กล้องวัดมุม

ค. Total Station

ง. Electronic Tacheometry

10. งานระดับตรีโกณมิติเหมาะกับภูมิประเทศแบบใด

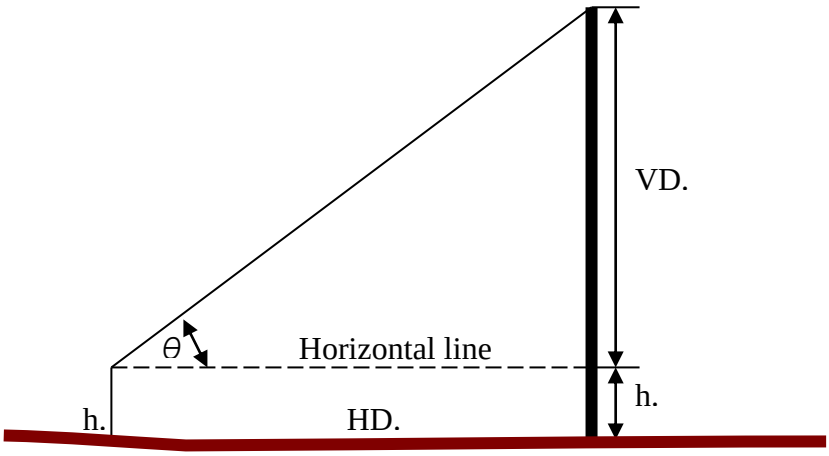
ก. ที่ราบเรียบ

ข. ที่รกร้าง

ค. ที่สูงชัน

ง. ใช้ได้ทุกที่

จากรูป ใช้ตอบคำถามข้อ 11 - 14



11. ความสูงของวัตถุคือข้อใด

ก. h

ข. HD

ค. VD

ง. VD + h

12. ถ้าต้องการหาความสูงของวัตถุต้องวัดปริมาณใดบ้าง

ก. HD และ θ

ข. HD , h และ θ

ค. VD , HD และHD

ง. θ และ VD

13. สูตรการหาความสูงของวัตถุคือข้อใด

ก. h + cos θ

ข. h + HD . cos θ

ค. h + tan θ

ง. h + HD . tan θ

14. ถ้าความสูงกล้อง 1.50 เมตร ระยะห่างกล้องและวัตถุ 35 เมตร วัดมุมสูงได้ 30 องศา ความสูงของวัตถุเป็นเท่าใด

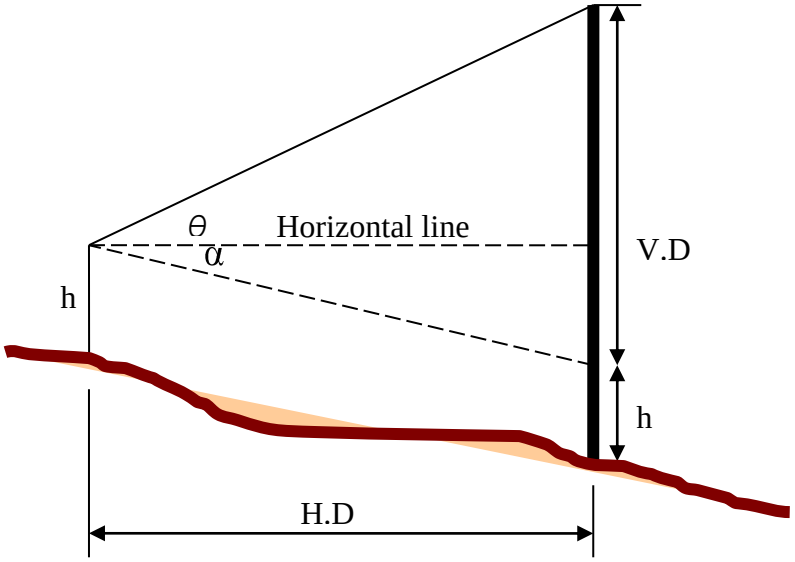
ก. 20.20 m.

ข. 21.70 m.

ค. 30.31 m.

ง. 31.81 m.

จากรูป ใช้ตอบคำถามข้อ 15 - 16



15. สูตรการหาความสูงของวัตถุคือข้อใด

ก. h + HD (tan θ + tan α)

ข. h + HD (sin θ + sin α)

ค. h + HD (cos θ + cos α)

ง. h + HD (tanθ +sin α)

16. ถ้าความสูงกล้อง 1.50 เมตร ระยะห่างกล้องและวัตถุ 35 เมตร วัดมุม θ ได้ 15 องศา และมุม α ได้ 8 องศา ความสูงของวัตถุเป็นเท่าใด

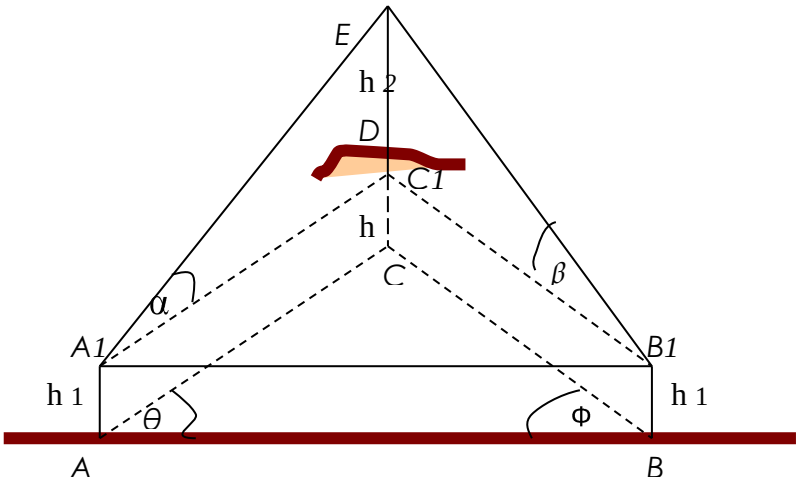
ก. 15.80 m.

ข. 15.43 m.

ค. 315.31 m.

ง. 531.37 m.

จากรูป ใช้ตอบคำถามข้อ 17 - 18



17. จากรูป สมการใดไม่ถูกต้อง

ก. AC = AB sin Φ cosec(θ + Φ)

ข. BC = AB sin θ

ค. C1E = AC tan α

ง. C1E = BC tan β

18. ถ้าความสูงกล้อง 1.50 เมตร ระยะ AB = 40 เมตร วัดมุม θ ได้ 30 องศา Φ ได้ 50 องศา มุมที่ ACB เป็นเท่าใด

ก. 90 องศา

ข. 100 องศา .

ค. 110 องศา

ง. 120 องศา

19. ค่าแก้ความโค้งของโลกมีค่าเป็น

ก. บวก

ข. ลบ

ค. ลบและบวก

ง. 0

20. ค่าแก้การหักเหของแสงมีค่าเป็น

ก. บวก

ข. ลบ

ค. ลบและบวก

ง. 0

หน่วยการเรียนที่ 9

วงรอบ (TRAVERSE)

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 9.1 จุดประสงค์และวิธีการทำวงรอบ

เรื่องที่ 9.2 ชนิดของวงรอบ

เรื่องที่ 9.3 การแบ่งชั้นงานวงรอบ

เรื่องที่ 9.4 ขั้นตอนการทำวงรอบ

เรื่องที่ 9.5 ใบงานที่ 8 การทำวงรอบปิด

สาระสำคัญ

1. วงรอบเป็นงานสำรวจที่ทำการวัดระยะและมุมเชื่อต่อกันนั่นคือวงรอบจะประกอบด้วยเส้นตรงหลายเส้น ที่ต่อเนื่องกันไปและที่จุดสุดท้ายของเส้นตรงแต่ละด้านจะมีหมุดวงรอบซึ่งเป็นหมุดถาวรหรือชั่วคราวก็แล้วแต่งานที่ต้องสำรวจ บางทีหมุดวงรอบเรียกว่า หมุดบังคับทางราบ

2. วงรอบปิด (CLOSED TRAVERSE) หมายถึงวงรอบที่หมุดแรกออกและเข้าบรรจบเป็นหมุดเดียวกัน และจุดออกจะต้องเป็นหมุดหลักฐานคู่หรือหมุดที่มีค่าพิกัดและมีหมุดอ้างอิง วงรอบเปิด (OPEN TRAVERSE) เป็นการทำวงรอบออกจากหมุดหลักฐานคู่หนึ่งซึ่งเป็นวงรอบเดิม ที่รู้ค่าพิกัดทั้งสองหมุด แล้วทำไปเข้าบรรจบกับหมุดหลักฐานอีกคู่หนึ่งที่ทราบค่าพิกัดเช่นเดียวกัน

3. ความละเอียดถูกต้องของงานวงรอบขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือ บุคคล ผู้ทำการรังวัด วิธีการวัด และสภาพดินฟ้าอากาศ งานแต่ละโครงการย่อมต้องการความละเอียดถูกต้องต่างกันตามแต่วัตถุประสงค์ของงานนั้น

4. ขั้นตอนการทำวงรอบการทำวงรอบประกอบด้วยการรังวัดแยกกันออกไป 3 อย่าง ด้วยกันคือ การวัดระยะ การวัดมุมระหว่างระยะที่มาเชื่อมกัน และการวัดภาคของทิศ (Azimuth)

5. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติงานทำวงรอบเพื่อให้มีความชำนาญความอดทนและละเอียดรอบคอบ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกจุดประสงค์การทำวงรอบได้
2. บอกความแตกต่างวงรอบเปิดและวงรอบปิดได้
3. อธิบายความแตกต่างการแบ่งชั้นงานวงรอบได้
4. อธิบายขั้นตอนการทำวงรอบได้

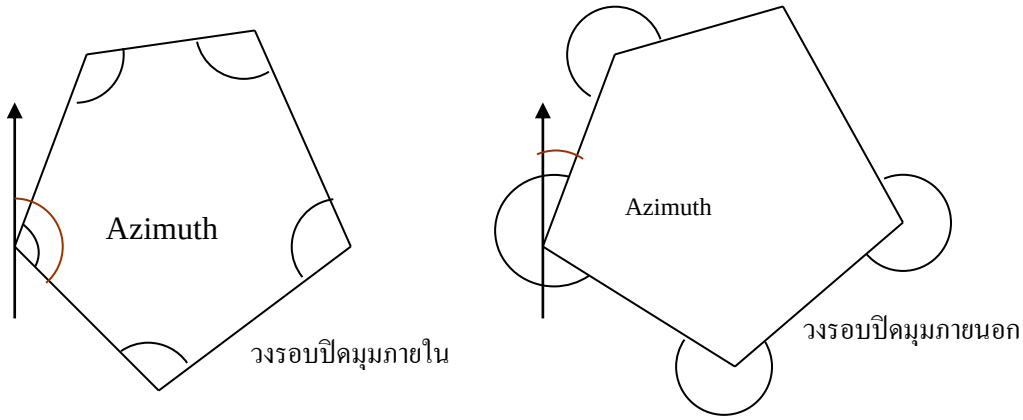
เรื่องที่ 8.1 จุดประสงค์ของการทำวงรอบ

วงรอบเป็นงานสำรวจที่ทำการวัดระยะและมุมเชื่อต่อกันนั่นคือวงรอบจะประกอบด้วยเส้นตรงหลายเส้น ที่ต่อเนื่องกันไปและที่จุดสุดท้ายของเส้นตรงแต่ละด้านจะมีหมุดวงรอบซึ่งเป็นหมุดถาวรหรือชั่วคราวก็แล้วแต่งานที่ต้องสำรวจ บางทีหมุดวงรอบเรียกว่า หมุดบังคับทางราบ (Horizontal control) ระยะทางระหว่างหมุดวงรอบจะต้องทำการรังวัดด้วยเทปเหล็ก แบบไปกลับ หรือทำการรังวัดด้วยเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Distance Measurement = EDM) โดยมีจุดประสงค์ของการทำวงรอบ

1. ใช้เพื่อการสำรวจเพื่อการออกแบบและก่อสร้าง งานทางด้านวิศวกรรม
2. ทำหมุดบังคับแผนที่เพื่อการสำรวจกรรมสิทธิ์ที่ดิน
3. หมุดบังคับทางราบ เพื่อการสำรวจและทำแผนที่ภูมิประเทศ
4. ใช้ในการทำจุดบังคับ (Ground control) เพื่อการทำแผนที่

เรื่องที่ 8.2 ลักษณะของวงรอบวงรอบจะแบ่งตามรูปร่างออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ

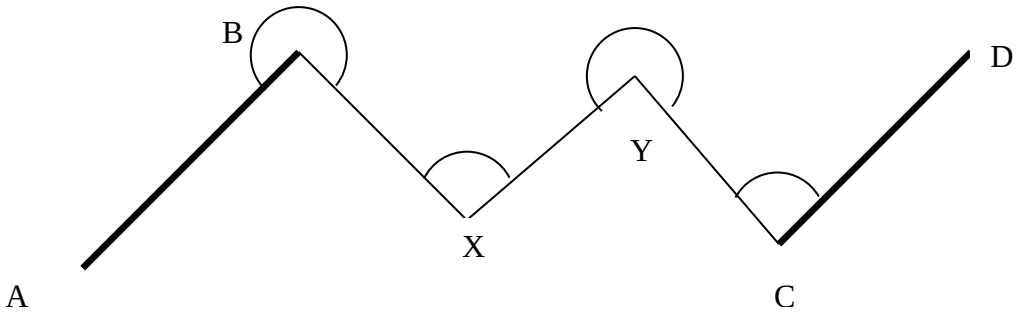
1. วงรอบปิด (CLOSED TRAVERSE) หมายถึงวงรอบที่หมุดแรกออกและเข้าบรรจบเป็นหมุดเดียวกัน และจุดออกจะต้องเป็นหมุดหลักฐานคู่หรือหมุดที่มีค่าพิกัดและมีหมุดอ้างอิง (Azimuth mark) วงรอบปิดสามารถจะตรวจสอบความผิดของการรังวัดมุมและระยะได้ การส่องกล้องจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ การวัดมุมภายนอก และการวัดมุมภายใน (ดังรูป)



รูปที่ 8.1 รูปวงรอบปิด

2.วงรอบเปิด (OPEN TRAVERSE) เป็นการทำวงรอบออกจากหมุดหลักฐานคู่หนึ่งซึ่งเป็นวงรอบเดิม ที่รู้ค่าพิกัดทั้งสองหมุด แล้วทำไปเข้าบรรจบกับหมุดหลักฐานอีกคู่หนึ่งที่ทราบค่าพิกัด

เช่นเดียวกัน จากการตรวจสอบมุมและคำนวณพิกัดจะสามารถตรวจสอบความผิดที่เกิดขึ้นได้ AB และ CD เป็นหมุดหลักฐานคู่ หรืออาจจะเป็นหมุดของการสามเหลี่ยมก็ได้



รูปที่ 8.2 รูปวงรอบเปิด

หมายเหตุ การทำวงรอบถ้าไม่ได้ออกจากหมุดที่ทราบค่าพิกัดหรือกำหนดเอง เราเรียกวงรอบนี้ว่า วงรอบลอย

เรื่องที่ 8.3 วิธีการทำวงรอบด้วยเครื่องมือชนิดต่างๆ

วิธีการทำวงรอบนี้มีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์และความละเอียดที่ต้องการ รวมทั้งเวลาที่กำหนดให้ในงานสำรวจเวลาน้อยก็จะต้องใช้วิธีที่ง่ายและรวดเร็ว การทำวงรอบนี้เครื่องมือและวิธีการจะแตกต่างกันไป แต่หลักการแล้วเหมือนกัน วิธีการการทำวงรอบแบ่งตามเครื่องมือที่ใช้ทำมีดังนี้

1. การทำวงรอบด้วยเข็มทิศ (Compass traverse) เครื่องมือที่ใช้จะเป็นเข็มทิศ หรือ Compass Theodolite เช่น WILD TO การรังวัดมุมจะอาศัยทิศเหนือแม่เหล็ก ค่าที่ได้ออกมาจะเป็น Azimuth แม่เหล็ก

2. การทำวงรอบด้วยกล้อง Theodolite วิธีนี้จะใช้กล้อง Theodolite วัดง่ามมุมต่อเนื่องกันไป จะเป็นมุมภายนอก หรือภายในก็แล้วแต่ทิศทางการทำวงรอบ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือ ถ้าผู้สำรวจเดินไปข้างหน้า มุมที่จะต้องวัดคือมุมทางซ้ายมือนั่นเอง ส่วนระยะจะวัดด้วยเทป หรือวัดด้วย EDM

3. การทำวงรอบด้วยวิธี Tacheometry วิธีนี้ถ้าใช้กล้อง Theodolite ธรรมดาก็จะใช้ Stadia หรือถ้าใช้กล้อง Tacheometer เช่น กล้อง WILD RDS ผลก็จะได้เหมือนกัน นอกจากนี้ยังมี

Invar bar การใช้วิธีนี้ก็เพื่อที่จะให้ผลการสำรวจได้เสร็จสิ้นอย่างรวดเร็ว เหมาะแก่การทำ Site survey งานเกษตรกรรม ฟาร์ม แผนที่ภูมิประเทศ

4. การทำวงรอบโดยการใช้ Electronic tacheometer วิธีนี้จะให้ความละเอียดมาก เพราะเครื่องมือที่ใช้นั้นเข้าสร้างให้ระบบการวัดระยะรวมกับ Digital theodolite สามารถอ่านระยะดิ่ง ระยะราบและค่ามุมออกมาเป็นตัวเลขเลย

5. การทำวงรอบโดยระบบ Electronic total station เครื่องมือที่ใช้นี้จะคล้ายกับแบบที่ 4 แต่ตัวกล้องมีระบบ Microprocessor และเครื่องวัดระยะมีทั้งชนิดติดตายและถอดออกได้ การวัดมุมอาจจะวัดหน้าเดียวเพราะมีระบบเฉลี่ยความผิดในตัว เครื่องสามารถต่อ Electronic field หรือ Data terminal ได้ ซึ่งสามารถเก็บได้เป็น 1,000 หมุด รวมทั้งสามารถเก็บรายละเอียดได้ด้วย ผลงานสามารถ On line กับ Computer ได้เลย หรือจะส่งข้อมูลทางโทรศัพท์ก็ได้

6. การทำวงรอบโดยระบบ Inertial position systems เครื่องมือจะติดตั้งบนรถยนต์ หรือเฮลิคอปเตอร์ ข้อมูลที่ได้จะทราบทั้งพิกัดในแนวราบและค่าระดับ สามารถนำมาออกแบบได้ เช่น การสำรวจการวางแนวท่อ สายไฟฟ้าแรงสูง ถนนเขื่อน ฯลฯ

7. การทำวงรอบโดยวิธี Deflection angle วิธีนี้ใช้ในการสำรวจแนวทางต่างๆ การรังวัดมุมจะวัดมุมแบบมุมเห

ชนิดของวงรอบตามความละเอียด (TYPES OF TRAVERSE SURVEY)

การทำการสำรวจด้วยวิธีการวงรอบนั้น จะมีความแตกต่างกันทั้งด้านความละเอียด เครื่องมือ วิธีการและจุดประสงค์ของการสำรวจ บางตำราจะแบ่งออกเป็น 2 ชั้นคือ

1. วงรอบธรรมดา (Ordinary traverse) กำหนดให้ความละเอียดสูงสุด 1: 10000 กล้องที่ใช้วัดอ่านได้ 20" หรือ 1" วัดระยะด้วยโซ่ เทป ระยะจะแก้ค่าต่างๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป

2. วงรอบพิเศษ (Precise traverse) กำหนดให้ความละเอียดเท่ากับ 1:10000 ถึง 1:100,000 กล้องที่ใช้เป็นชนิดที่อ่านได้ 1" , 0.1" เช่น T_2, T_3 ระยะเทปจะต้องแก้ทุกอย่าง หรือการวัดระยะจะใช้ EDM.ส่วนมากในประไทยนิยมเรียกว่าวงรอบ UTM ถ้าทำการสำรวจเพื่อสร้างตึกขนาดใหญ่ จะใช้ความละเอียด 1:40,000 กล้องที่ใช้ 1" เทปจะต้องเป็น Steel tape หรือ Invar tape แล้วแต่งาน การแก้ระยะของเทปจะแก้ทุกอย่าง หมุดหลักฐานจะต้องถาวร ความผิดทางมุม 2" N

เรื่องที่ 8.4 การแบ่งชั้นงานวงรอบ

การแบ่งชั้นงานวงรอบของกรมที่ดิน (ระเบียบกรมที่ดินว่าด้วยการสร้างและซ่อมแซมหมุดหลักฐาน โครงงานแผนที่, 2526)

ความละเอียดถูกต้องของงานวงรอบขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือ บุคคล ผู้ทำการรังวัด วิธีการวัด และสภาพดินฟ้าอากาศ งานแต่ละโครงการย่อมต้องการความละเอียดถูกต้องต่างกันตามแต่

วัตถุประสงค์ของงานนั้น จึงจำเป็นต้องแบ่งชั้นของงานวงรอบมีเกณฑ์กำหนดของงาน เพื่อให้ได้ความละเอียดถูกต้องตามจุดประสงค์

1. งานวงรอบชั้นที่ 1 (FIRST ORDER TRAVERSE) หมุดหลักฐานแผนที่หลัก ซึ่งกรมที่ดินจะนำไปใช้เป็นหมุดออกและเข้าบรรจบในการวางเส้นโครงงานหลักฐานแผนที่ชั้น 1 นั้น จะต้องเป็นหมุดหลักฐานแผนที่ที่ได้มาจากการรังวัดอาซิมุท (Azimuth) ให้ทำการรังวัดอาซิมุททุกๆ 20 หมุด และต้องไม้เกิน 10 กิโลเมตร

2. งานวงรอบชั้นที่ 2 (SEONND ORDER TRVERSE) ให้วางออกและเข้าบรรจบกับหมุดหลักฐานแผนที่ชั้นที่ 1 จุดประสงค์ในการสร้างเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ชั้น 2 ก็เพื่อใช้เป็นหลักในการสร้างเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ชั้น 3 ระยะระหว่างหมุดหลักฐานของเส้นโครงงานแผนที่ชั้นที่ 2 ไม่ควรยาวเกิน 12.5 เส้น และความยาวทั้งหมดของเส้นโครงงานไม่ควรเกิน 5 กิโลเมตร แต่ถ้ามีความจำเป็นในกรณีไม่อาจหาหมุดเข้าบรรจบได้ ก็ให้ยาวเกินกว่านี้ได้ แต่ต้องไม่เกิน 10 กิโลเมตร และให้สร้างหมุดหลักฐานถาวร เช่น งานวงรอบชั้น 1

การวัดมุมราบให้ใช้กล้องวัดมุมชนิดที่อ่านได้โดยตรงไม่ต่ำกว่า 1 ลิปดา ให้ทำการวัดอย่างน้อย 3 ชุด การวัด 1 ชุด หมายถึงการวัดด้วยกล้องหน้าซ้ายและหน้าขวาอย่างละ 1 ครั้ง ความแตกต่างของกล้องหน้าซ้ายและหน้าขวาต้องไม่เกิน 1 ลิปดา ความต่างของมุมแต่ละชุดที่จะมาเฉลี่ยใช้คำนวณต้องไม่เกิน 1 ลิปดา ในการวัดมุมแต่ละชุดให้เปลี่ยนมุมจากองศาราบไปประมาณ 108 องศา หารด้วยจำนวนชุดที่ทำการรังวัด และควรทำการวัดมุมโดยวิธีใช้ขากล้อง 3 ชุด (Method of Three Tripods Centering)

การรังวัดอาซิมุท (Azimuth) ให้ทำการรังวัดอาซิมุททุกๆ ช่วง ไม่เกิน 40 หมุด

3. งานวงรอบชั้นที่ 3 (THIRD ORDER TRAVERSE) ให้วางระหว่างหมุดหลักฐานแผนที่ของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ชั้นเดียวกันหรือสูงกว่า จุดประสงค์ในการสร้างเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ชั้น 3 ก็เพื่อจะสร้างหมุดหลักฐานแผนที่สำหรับเก็บรายละเอียดในบริเวณพื้นที่ดิน ระยะระหว่างหมุดหลักฐานแผนที่ไม่ควรเกิน 5 เส้น และความยาวทั้งหมดของเส้นโครงงานไม่ควรเกิน 2 กิโลเมตร ถ้ามีความจำเป็นในกรณีไม่อาจหาหมุดเข้าบรรจบได้ ก็ให้ยาวเกินกว่านี้ได้แต่ต้องไม่เกิน 4 กิโลเมตร

การวัดมุมราบให้ใช้กล้องวัดมุมชนิดที่อ่านได้โดยตรงไม่ต่ำกว่า 1 ลิปดา ให้ทำการวัดอย่างน้อย 2 ชุด การวัด 1 ชุด หมายถึง การวัดด้วยกล้องหน้าซ้ายและกล้องหน้าขาวอย่างละ 1 ครั้ง ความแตกต่างของกล้องหน้าซ้ายและหน้าขาว ต้องไม่เกิน 1 ลิปดา ความต่างของมุมแต่ละชุดที่จะนำมาเฉลี่ยใช้คำนวณต้องไม่เกิน

1 ลิปดา ความต่างของมุมแต่ละชุดที่จะนำมาเฉลี่ยใช้คำนวณต้องไม่เกิน 1 ลิปดา ในการวัดมุมแต่ละชุดให้เปลี่ยนมุมจานองศา

1. หมุดหลักฐานแผนที่ของกรมแผนที่ทหาร ซึ่งมีค่าพิกัดภูมิศาสตร์จากงานโครงข่ายสามเหลี่ยม หรืองานวงรอบชั้น 1

2. หมุดหลักฐานแผนที่ชั้น 1 ของกรมที่ดินที่ได้มาจากการวัดระยะด้วยเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งรังวัดออกและเข้าบรรจบจากหมุดหลักฐานของกรมแผนที่ทหารที่มีความละเอียดสูง

ส่วนการวางโครงหมุดหลักฐานแผนที่จะเป็นชนิดและวิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับ ขนาด รูปร่าง สภาพบริเวณ และตำแหน่งของหมุดหลักฐานแผนที่บริเวณพื้นที่นั้น ความยาวทั้งหมดของเส้นโครงงานไม่เกิน 20 กิโลเมตร ระยะระหว่างหมุดที่ทำการรังวัดด้วยโซ่ไม่ควรยาวเกิน 12.5 เส้น ระยะที่ยาวกว่านี้อาจทำการวัดระยะด้วยเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของสิ่งแวดล้อม ความยาวระหว่างหมุดหลักฐานแผนที่ ควรมีระยะเท่ากัน และให้สร้างหมุดหลักฐานแผนที่ถาวร 1 คู่ ทุกหมู่บ้าน ทุกแยกทางหลวง หรือทุกระยะประมาณ 5 กิโลเมตร โดยให้หล่อหมุดในที่มั่นคงถาวรใกล้กับหลักพยานที่ค้นหาง่ายเช่น หลักกิโลเมตร

ถ้าแนวเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ไม่เป็นไปตามนี้ ให้รังวัดด้วยวิธี จุดร่วม (Nodal Point) คือเป็นจุดซึ่งเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ซึ่งมีความยาวมาก มาบรรจบกันอย่างน้อย 3 เส้น เพื่อใช้ประกอบในการบังคับเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ เส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่แต่ละเส้นมาบรรจบกันที่จุดร่วม จะต้องมีลักษณะคล้ายคลึงกันแลออกมาจากหมุดหลักฐานแผนที่ชั้นเดียวกันเพื่อให้ผลของการคำนวณอยู่ในเกณฑ์เดียวกัน และที่จุดร่วมจะต้องทำการรังวัดอะซิมุท (Azimuth) กรณีหมุดหลักฐานแผนที่มีไม่เพียงพอหรือไม่อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมหรือสภาพภูมิประเทศไม่อำนวย อันจะจะทำให้เส้นโครงงานหลักฐานแผนที่แต่ละเส้นมีลักษณะไม่คล้ายคลึงกันก็ให้ทำได้โดยวิธีนี้

การวัดมุมราบให้ใช้กล้องวัดมุมชนิดที่อ่านได้โดยตรงไม่ต่ำกว่า 1 ฟิลิปดา ให้ทำการวัดอย่างน้อย 3 ชุด การวัด 1 ชุด หมายถึงการวัดด้วยกล้องหน้าซ้ายและหน้าขวา อย่างละ 1 ครั้ง ความแตกต่างของกล้องหน้าซ้ายและหน้าขวาต้องไม่เกิน 10 ฟิลิปดา ความต่างของมุมแต่ละชุดที่จะนำมาเฉลี่ยใช้คำนวณต้องไม่เกิน 10 ฟิลิปดา ในการวัดมุมแต่ละชุดให้เปลี่ยนมุมจานองศาราบไปประมาณ 180 องศาหารด้วยจำนวนชุดที่ทำการรังวัด และควรทำการวัดมุมโดยวิธีใช้ขากล้อง 3 ชุด (Method of Three Tripods Centering)

5. หมุดหลักฐานแผนที่

หมุดหลักฐานแผนที่ คือ หมุดแผนที่ที่ได้ทำการรังวัด วางต่อเนื่องกันไปบนพื้นดิน โดยทราบตำแหน่งทางค่าพิกัดภูมิศาสตร์หรือค่าพิกัดฉากที่นับเนื่องจากศูนย์กำเนิด หมุดแผนที่นี้ใช้สำหรับโยงยึดทำแผนที่ เพื่อให้รู้ตำแหน่งของที่ดิน หมุดต่างๆ ของประเทศไทยมีดังนี้

1.หมุดแผนที่ทหาร คือหมุดหลักฐานการแผนที่ ซึ่งทางราชการทหารทำขึ้นไว้ ได้แก่ งานสามเหลี่ยมใหญ่ งานวงรอบชั้นที่ 1 งานสามเหลี่ยมเล็ก งานวงรอบธรรมดา งานวงรอบโดยใช้เครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์และอื่นๆ ค่าพิกัดภูมิศาสตร์หรือพิกัดฉากของหมุดแผนที่ดังกล่าวให้

นำมาใช้เป็นหลักฐานในการรังวัดวางเส้นหมุดหลักฐานการแผนที่ที่จะทำขึ้นใหม่ได้ ค่าพิกัดต่างๆ ที่จะนำมาใช้นี้จะต้องพิจารณาเลือกใช้ค่าให้ถูกต้อง เพราะปัจจุบันนี้ได้ปรับปรุงแก้ไขค่าใหม่แล้ว

การวางหมุดหลักฐานทางแนวราบ เพื่อใช้ในการทำแผนที่และวิศวกรรมสาขาต่างๆ นั้น กรมแผนที่ทหารได้ดำเนินการรังวัดควบคุมเป็นโครงข่ายมาตั้งแต่ พ.ศ.2450 โดยการทำสามเหลี่ยมชั้นที่ 1 และวงรอบชั้นที่ 1 เพื่อใช้เป็นโครงข่ายหลักซึ่งเรียกว่า “โครงข่ายหมุดหลักฐานชั้นที่ 1 ”

องค์การแผนที่ กระทรวงกลาโหมสหรัฐฯ ได้ให้ความช่วยเหลือในการคำนวณการปรับแก้ เรียกการปรับแก้ครั้งนี้ว่า “พื้นหลักฐานอินเดียน 2497” หรือ “พื้นหลักฐานอินเดียน 1954” และหลังจากนั้น กรมแผนที่ทหารได้ทำการรังวัดงานสามเหลี่ยมชั้นที่ 1 เพิ่มเติมอีกหลายสาย รวมทั้งมีการรังวัดกำหนดตำแหน่งประเทศไทย โดยดาวเทียมด้วยวิธีการด๊อปเปลอร์ จำนวน 12 สถานีในช่วงเวลาเดียวกันนี้ด้วย ดังนั้นองค์การแผนที่กระทรวงกลาโหมสหรัฐฯ ได้ช่วยกรมแผนที่ทหาร จัดทำบัญชีพิกัดหมุดหลักฐาน พร้อมคำอธิบายประกอบหมุดหลักฐานทั่วประเทศไทยให้ใหม่ พร้อมกันนี้ได้นำเอาค่าที่ทำการรังวัดได้ทั้งค่าเก่าและค่าใหม่ดังกล่าว

แล้วมาปรับแก้ใหม่พร้อมกันทั่วประเทศ เมื่อปี พ.ศ.2518 ให้ชื่อผลลัพธ์ของการปรับแก้ในครั้งนี้ว่า “พื้นฐานอินเดียน 2518” เพราะฉะนั้นพิกัดต่างๆ ในปัจจุบันนี้จะต้องใช้ของ “พื้นฐานอินเดียน 2518”

2.หมุดแผนที่หลัก คือหมุดหลักฐานการแผนที่ที่กรมที่ดินจัดสร้างขึ้นตามเส้นทางหลวงทั่วประเทศ และเชื่อมโยงให้ครอบคลุมทั่วทุกหมู่บ้าน เพื่อใช้เป็นหมุดออกและหมุดเข้าบรรจบสำหรับเส้นโครงแผนที่ย่อย การวางโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่หลักนี้ จะทำด้วยความละเอียดชั้นใดและจะใช้วิธีใดนั้น กรมที่ดินจะได้กำหนดเป็นแห่งๆ ไป

6. สถานที่จะกำหนดเป็นหมุดวงรอบ

1. บริเวณที่จะฝังหมุด ควรจะมีดินแข็ง อยู่ในที่โล่ง
2. ควรจะใช้ตำแหน่งของสะพาน ฐานเจดีย์ สถานีรถไฟ หรือสิ่งก่อสร้างถาวรอื่นๆ
3. จะต้องอยู่ในบริเวณที่จะไม่ถูกทำลายได้ง่าย

7. การทำหมุดหมายพยานหรือหมุดอ้างอิง (TEFERENCE POINT)

การโยงยึดปกติจะใช้ระยะในการโยงยึด ไม่น้อยกว่า 3 หมุด

1.ต้นไม้ที่ทำเป็นหมุดอ้างอิงควรจะเป็นต้นไม้ยืนต้น และโตกว่าต้นอื่นๆ ในบริเวณนั้น

2. ต้นไม้บางชนิดเวลาออกดอกและผลัดใบจะมองเห็นได้เด่นชัดก็ควรจะเอาเป็นหมุดอ้างอิง เช่น ตะแบก มะขาม กัลปพฤกษ์

3. ใช้สิ่งก่อสร้างที่ถาวร เช่น มุมตึก เสาบ้าน เสาไฟฟ้า

4. .ใช้คันนาตัดกัน

8. การเก็บรายละเอียดด้วยกล้อง THEDOLITE

1. โดยการวัดมุมและระยะจากหมุดของวงรอบ การวัดมุมจะต้อง set 0 □ บนเส้นวงรอบแล้วก็เปิดมุมไปยังรายละเอียดที่ต้องเก็บนั้น ทำการวัดระยะ

2. โดยการเล็งสกัดจากกล้อง 2 เครื่อง

3. โดยการวัดระยะจากหมุดหนึ่งและวัดมุมจากอีกหมุดหนึ่ง

หลักการของการวงรอบ

1. ต้องออกจากจุดหนึ่งจุดใดที่ทราบพิกัดฉาก หรือภูมิศาสตร์ และค่าระดับ

2. ต้องทราบภาคของทิศ (Azimuth) ณ จุดที่ตั้งกล้อง ไปยังอีกจุดหนึ่งและจะทำการรังวัดออกจากจุดเดียวไม่ได้

3. ถ้า Azimuth เดิมไม่มีต้องทำการรังวัด Azimuth ขึ้นมาโดยอาศัยวิชาดาราศาสตร์

4. ต้องรังวัดมุมตรงหมุดแรกออกและเป็นหมุดที่เราทราบพิกัดแล้วเสมอ

5. ตรงจุดต่อระหว่างเส้นตรงนั้น ต้องทำการวัดมุม และชุดของเส้นตรงเหล่านั้น ก็ต้องวัดระยะมาด้วย

การปฏิบัติขั้นต้นของการทำวงรอบ

การทำวงรอบประกอบด้วยการรังวัดแยกกันออกไป 3 อย่างด้วยกันคือ

1. การวัดระยะ
2. วัดมุมระหว่างระยะที่มาเชื่อมกัน
3. วัดภาคของทิศ (Azimuth) หรือการรังวัดทางดาราศาสตร์

ก่อนที่จะทำการรังวัด 3 อย่างนี้ นักสำรวจทำวงรอบจะต้องกระทำในสิ่งเหล่านี้ก่อน

1. ต้องถากถางแนวเล็ง หรือแนวเส้นวงรอบที่ผ่านไป จะต้องพ้นจากสิ่งกีดขวาง
2. กำหนดหมุดที่ตั้งกล้องรังวัดมุมให้เรียบร้อย
3. ต้องสร้างหมุดทำที่หมายให้ชัดเจน และหมุดหมายพยานต่าง ๆ

การจัดหน่วยสนาม

หน่วยสนามจะแบ่งออกเป็น 2 อย่างคือ

1. การวัดมุมและภาคของทิศ
2. การวัดระยะ

ผู้ช่วยกล้องหรือหน่วยสำรวจเบื้องต้นทำการถากถางและสร้างหมุด ให้หน่วยสนามทั้งสองหน่วยวัดระยะจะทำการวัดระยะและเขียนรูป รายละเอียดของหมุดทุกหมุด หมุดหมายพยาน

1. หน่วยรังวัดมุมจะทำการวัดมุม หรือรังวัด Azimuth ระหว่างสถานีหลังและสถานีหน้า รวมทั้งมุมต่างๆ ที่ทำเป็นวงจร (Loop) หรือวงรอบและหมุดที่ส่องแยกออกไปจากสายการวงรอบเดิม ถ้าหากต้องการเชื่อมโยงกับจุดนั้น ณ จุดต่างๆ ที่กำหนดจะต้องมีความละเอียดถูกต้องอยู่ในเกณฑ์หรือตามบทบัญญัติของงานชั้นนั้นๆ หน่วยวัดมุมยังมีความจำเป็นต้องวัดภาคของทิศ (Azimuth) ภาคของ

ทิศนี้อาจจะเป็นภาคของทิศ ลาพลาส (Laplace azimuth) ภาคของทิศทางดาราศาสตร์ (จากการรังวัดดาวหรือดวงอาทิตย์) หรือภาคของทิศสถานีพื้นดิน (Ground station azimuth) โดยการส่องไปยังหมุดที่ได้สร้างทำไว้จากงานเก่าที่มีความละเอียดอย่างเดียวกันหรือมีความละเอียดสูงกว่า ภาคของทิศของสถานีพื้นดินยังมีความต้องการว่า หน่วยทำการรังวัดนั้นต้องเข้าทำการรังวัด ณ หมุดที่ได้สร้างขึ้น แล้วส่องไปยังหมุดภาคของทิศ (Azimuth mark) หรือหมุดอ้างอิง และทำการรังวัดมุมไปยังสถานีในสายเส้นวงรอบ

2. หน่วยรังวัดระยะรับผิดชอบในการรังวัดระยะตามความละเอียด ที่ได้ระบุไว้ในบทบัญญัติ (Specification) การวัดระยะอาจจะกระทำได้ด้วยเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ หรือวัดด้วยโซ่ ถ้างานหยาบก็วัดด้วยสตาเดียหรือ Subtense bar หรือใช้วิธีเส้นฐานระยะสั้น (Short base method)

เรื่องที่ 9.6 ฝึกทักษะการทำวงรอบปิด ดูรายละเอียดตามใบงานที่ 8

แบบทดสอบท้ายบทที่ 9

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. คำจำกัดความของวงรอบคือข้อใด
   ก. เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการหาความสัมพันธ์ของตำแหน่งของจุดต่างๆ
   ข. เป็นงานสำรวจที่ทำการวัดระยะและมุมเชื่อต่อกัน
   ค. เป็นการทำหมุดบังคับแผนที่เพื่อการสำรวจกรรมสิทธิ์ที่ดิน
   ง. เป็นการสำรวจเพื่อการออกแบบและก่อสร้าง
2. ข้อใดเป็นจุดประสงค์ของการสำรวจวงรอบ
   ก. ใช้เพื่อการสำรวจเพื่อการออกแบบและก่อสร้าง
   ข. ทำหมุดบังคับแผนที่เพื่อการสำรวจกรรมสิทธิ์ที่ดิน
   ค. ใช้ในการทำจุดบังคับ (Ground control) เพื่อการทำแผนที่
   ง. ถูกทุกข้อ
3. การทำวงรอบวิธีใดที่วัดค่าทิศทางออกมาจะเป็น Azimuth
   ก. การทำวงรอบด้วยเข็มทิศ
   ข. การทำวงรอบด้วยกล้อง Theodolite
   ค. การทำวงรอบด้วยวิธี Tacheometry
   ง. การทำวงรอบโดยการใช้ Electronic tacheometer
4. การทำวงรอบที่เหมาะกับงาน site survey
   ก. การทำวงรอบด้วยเข็มทิศ
   ข. การทำวงรอบด้วยกล้อง Theodolite
   ค. การทำวงรอบด้วยวิธี Tacheometry
   ง. การทำวงรอบโดยการใช้ Electronic tacheometer
5. การทำวงรอบโดยวิธีวัดมุมแบบมุมเห(Deflection angle) วิธีนี้ใช้ในการสำรวจประเภทใด
   ก. การสำรวจที่ดิน
   ข. การสำรวจทางอุทกวิทยา
   ค. การทำสำรวจเพื่อการก่อสร้าง
   ง. การสำรวจเส้นทาง
6. ชนิดของวงรอบแบ่งตามลักษณะของวงรอบจะแบ่งออกเป็นกี่ลักษณะ
   ก. 2 ลักษณะ
   ข. 3 ลักษณะ

ค. 4 ลักษณะ

ง. 5 ลักษณะ

7. วงรอบที่หมุดแรกออกและเข้าบรรจบเป็นหมุดเดียวกัน

ก. การทำวงรอบเข็มทิศ

ข. การทำวงรอบTheodolite

ค. การทำวงรอบปิด

ง. การทำวงรอบเปิด

8. วงรอบธรรมดา (Ordinary traverse) กำหนดให้ความละเอียดสูงสุด

ก. 1: 100000

ข. 1: 10000

ค. 1: 1000

ง. 1: 100

9. วงรอบพิเศษ (Precise traverse) กำหนดให้ความละเอียดสูงสุด

ก. 1: 100000

ข. 1: 10000

ค. 1: 1000

ง. 1: 100

10. สถานที่จะกำหนดเป็นหมุดวงรอบ

ก. บริเวณที่จะฝังหมุด ควรจะมีดินแข็ง อยู่ในที่โล่ง

ข. ตำแหน่งของสะพาน ฐานเจดีย์ สถานีรถไฟ หรือสิ่งก่อสร้างถาวร

ค. บริเวณที่จะไม่ถูกทำลายได้ง่าย

ง. ถูกทุกข้อ

11. การโยงยึดปกติจะใช้ระยะในการโยงยึด ไม่น้อยกว่า

ก. 2 หมุด

ข. 3 หมุด

ค. 4 หมุด

ง. 5 หมุด

12. การทำหมุดหมายพยานหรือหมุดอ้างอิงมีจุดประสงค์เพื่อ

ก. ตามข้อกำหนดชั้นงาน

ข. ป้องกันการสูญหาย

ค. ตรวจสอบค่าพิกัด

ง. ความถูกต้อง

13. การแบ่งชั้นงานวงรอบมีจุดประสงค์เพื่อ
    ก. เพื่อให้ได้ความละเอียดถูกต้องตามจุดประสงค์
    ข. เพื่อกำหนดชนิดของงานสำรวจ
    ค. เพื่อกำหนดชนิดของเครื่องมือ
    ง. เพื่อกำหนดชนิดของวิธีการ
14. การทำวงรอบจะเดินวงรอบลักษณะใด
    ก. ทวนเข็มนาฬิกา
    ข. ตามเข็มนาฬิกา
    ค. ตามเข็มหรือทวนเข็มก็ได้
    ง. ตามลักษณะภูมิประเทศ
15. การวัดมุมวงรอบจะวัดในลักษณะใด
    ก. ทวนเข็มนาฬิกา
    ข. ตามเข็มนาฬิกา
    ค. ตามเข็มหรือทวนเข็มก็ได้
    ง. ตามลักษณะภูมิประเทศ
16. การเลือกต้นไม้ทำหมุดหมายพยานควรเลือกต้นไม้ลักษณะใด
    ก. ไม้ยืนต้น
    ข. ต้นไม้อะไรก็ได้
    ค. ต้นไม้ที่เห็นเด่นชัด
    ง. ถูกทุกข้อ
17. การทำวงรอบประกอบด้วยการรังวัดแยกกันออกไป 3 อย่างคือ
    ก. การวางหมุด การทำหมุดหมายพยาน การวัดมุม
    ข. การทำหมุดหมายพยาน การวัดมุม การวัดระยะ
    ค. การทำหมุดหมายพยาน การวัดมุม การวัดภาคของทิศ
    ง. การวัดมุม การวัดระยะ การวัดภาคของทิศ
18. หน่วยสนามจะแบ่งออกเป็น 2 ชุดคือ
    ก. การวางหมุด การทำหมุดหมายพยาน
    ข. การวัดมุม การวัดระยะ
    ค. การวัดมุม การวัดภาคของทิศ
    ง. การวัดระยะ การวัดภาคของทิศ
19. ข้อใดไม่ใช่การเก็บรายละเอียดวงรอบด้วยกล้อง THEDOLITE
    ก. โดยการวัดมุมและระยะจากหมุดของวงรอบ

ข. โดยการเล็งสกัดจากกล้อง 2 เครื่อง

ค. โดยการวัดระยะจากหมุดหนึ่งและวัดมุมจากอีกหมุดหนึ่ง

ง. โดยการวัดระยะสกัด 2 ระยะ

20. การวัดระยะอาจจะกระทำได้หลายวิธี ถ้างานหยาบควรใช้วิธีใดวัดระยะทาง

ก. เครื่องมือวัดระยะทางอิเล็กทรอนิกส์

ข. เทปวัดระยะ

ค. ด้วยโซ่เส้น

ง. ด้วยสตาเดีย

หน่วยการเรียนที่ 10

การคำนวณพิกัดฉากจากงานวงรอบ

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 10.1 การคำนวณมุมและทิศทาง

เรื่องที่ 10.2 การคำนวณค่าระยะเหนือ (Latitude) และระยะตะวันออก(Departure)

เรื่องที่ 10.3 การคำนวณและปรับแก้ค่าพิกัดวงรอบ

เรื่องที่ 10.4 ใบงานที่ 10 การคำนวณวงรอบจากข้อมูลการปฏิบัติงานที่ 9

สาระสำคัญ

1. การคำนวณปรับแก้มุมและทิศทางวงรอบนำค่าที่ได้จากสนาม มาคำนวณความคลาดเคลื่อนบรรจบทางมุม ตามความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตของรูปวงรอบ
2. การคำนวณค่าระยะเหนือ (Latitude) และระยะตะวันออก(Departure)ทางเรขาคณิตของรูปวงรอบ
3. การคำนวณและปรับแก้ค่าพิกัดวงรอบการคำนวณค่าระยะเหนือ (Latitude) และระยะตะวันออก(Departure) ตรวจสอบการบรรจบของรูปวงรอบ ด้วยการหาผลรวมทางพีชคณิตของระยะเหนือและระยะตะวันออก ว่าเท่ากับ 0 หรือไม่ ถ้าไม่เท่า คือความคลาดเคลื่อนที่ต้องปรับแก้
4. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติคำนวณงานวงรอบเพื่อให้มีความชำนาญและความอดทน ละเอียดรอบคอบ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. ปรับแก้ค่ามุมของวงรอบชนิดต่างๆ จากงานสนามได้
2. คำนวณค่าพิกัดค่าระยะเหนือ (Latitude) และระยะตะวันออก(Departure)ได้
3. ปรับแก้ค่าพิกัดวงรอบการคำนวณค่าระยะเหนือ และระยะตะวันออกได้
3. มีทักษะในการคำนวณวงรอบ

เรื่องที่ 10.1 การคำนวณปรับแก้มุมและทิศทางวงรอบ

1. นำข้อมูลจากการบันทึกข้อมูลในสนาม พร้อมกับการตรวจสอบการรังวัดให้เป็นไปตามข้อกำหนดตามวิธีปฏิบัติข้อ 5 จะได้ค่าเฉลี่ยของมุมราบ ค่าเฉลี่ยระยะทางราบของด้านวงรอบ ดังแสดงในตารางที่ 10.1

หมุด	ค่าเฉลี่ยมุมที่รังวัดได้	ค่าเฉลี่ยระยะทาง
A	76 ° 08' 24"	122.57
B	101 ° 22' 20"	140.85
C	87 ° 16' 36"	113.55
D	95 ° 12' 04"	159.24

ตารางที่ 10.1 แสดงค่ามุมและระยะทางเฉลี่ยที่รังวัดได้จากการปฏิบัติงานสนาม

2. นำค่าที่ได้จากข้อที่ 1 มาคำนวณความคลาดเคลื่อนบรรจบทางมุม ตามความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตของรูปวงรอบ โดย n คือ จำนวนด้านของรูปวงรอบ

2.1 กรณีวัดมุมภายใน

ผลรวมมุมภายในต้องเท่ากับ $(n-2)180^{o}$

โดย n คือ จำนวนด้านของรูปวงรอบ

2.2 กรณีวัดมุมภายนอก

ผลรวมมุมภายในต้องเท่ากับ $(n+2)180^{o}$

โดย n คือ จำนวนด้านของรูปวงรอบ

2.3 เงื่อนไขทางมุมของเส้นเปิดต่อเนื่อง

ทิศอะซิมุทที่ได้จากการรังวัดของเส้นบรรจบต้องเท่ากับทิศอะซิมุทที่ทราบค่าของเส้นเข้าบรรจบนั้น

3. คำนวณปรับแก้มุมภายในโดยเฉลี่ยเท่าๆ กันทุกมุม แต่ค่าปรับแก้ต้องไม่ละเอียดกว่าค่าความละเอียดของกล้องที่อ่านได้ ดังตัวอย่างตารางที่ 10.2 เป็นการคำนวณวงรอบปิด 4 หมุด ที่วัดมุมภายใน

ผลรวมมุมภายใน $= (n-2)180^{o}$

แทนค่า $= (4-2)180^{o}$

$= 360^{o}$

จากข้อมูลการรังวัดผลรวมมุมภายใน = 359 ° 59' 24"

ดังนั้นความคลาดเคลื่อนจากการวัดมุม = 359 ° 59' 24" - 360 °

= 36"

เนื่องจากมุมที่รังวัดมีจำนวน 4 มุม จึงทำการปรับแก้มุมละเท่าๆ กัน

= 36"/4

= **9"**

นำค่าแก้ไปรวมกับค่ามุมที่รังวัดได้แต่ละมุม โดยค่าแก้จะมีเครื่องหมายตรงข้ามกับความคลาดเคลื่อนเสมอ

4. คำนวณค่าอะซิมุท (Azimuth) ของเส้นวงรอบ เริ่มจากเส้นที่ทราบค่าอะซิมุทเส้นแรกออก จากสูตร

Az. ชี้ไป = Az. ชี้มา + มุม ± 180 °

+ 180 เมื่อผลรวมน้อยกว่า 180 °

- 180 เมื่อผลรวมมากกว่า 180 °

- 540 เมื่อผลรวมมากกว่า 540 °

จากตัวอย่างกำหนด อาซิมุทแรกออกของด้าน DA = 172 ° 18' 35"

อาซิมุทของแนว AB = 172 ° 18' 35"+ 76 ° 08' 33" **± 180** °

กรณีนี้ผลรวมมากกว่า 180 ดังนั้นต้องลบด้วย 180

= 248 ° 27' 08" - 180 °

= **68** ° **27' 08"**

อาซิมุทของแนว BC = 68 ° 27' 08" + 101 ° 22' 29" **± 180** °

กรณีนี้ผลรวมน้อยกว่า 180 ดังนั้นต้องบวกด้วย 180

= 169 ° 49' 37" + 180 °

= **349** ° **49' 37"**

อาซิมุทของแนว CD = 349 ° 49' 37" + 87 ° 16' 45" **± 180** °

กรณีนี้ผลรวมมากกว่า 180 ดังนั้นต้องลบด้วย 180

= 437 ° 06' 22" - 180 °

= **257** ° **06' 22"**

อาซิมุทของแนว DA = 257 ° 06' 22" + 95 ° 12' 13" **± 180** °

กรณีนี้ผลรวมมากกว่า 180 ดังนั้นต้องลบด้วย 180

= 352 ° 18' 35" - 180 °

= **172** ° **18' 35"**

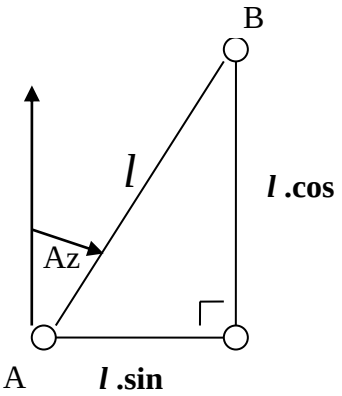
จะเห็นได้ว่าการคำนวณอาซิมุทของงานวงรอบปิดนั้น ค่าอาซิมุทเข้าบรรจบจะต้องเท่ากับอาซิมุทแรกออก ซึ่งเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณ ถ้าอาซิมุทเข้าบรรจบไม่เท่ากับอาซิมุทแรกออกจะต้องทำการคำนวณใหม่

หมุด	มุมที่รังวัด	ค่าแก้	มุมที่แก้แล้ว	อาซิมุท
D				
A	76 ° 08' 24"	09"	76 ° 08' 33"	**172 ° 18' 35"**
B	101 ° 22' 20"	09"	101 ° 22' 29"	68 ° 27' 08"
C	87 ° 16' 36"	09"	87 ° 16' 45"	349 ° 49' 37"
D	95 ° 12' 04"	09"	95 ° 12' 13"	257 ° 06' 22"
Sum	359 ° 59' 24"	36"	360 ° 00' 00"	172 ° 18' 35"
(n-2)180	**360 ° 00' 00"**			
ความคลาดเคลื่อน **36"**				

ตารางที่ 10.2 การปรับแก้มุมภายในวงรอบตามเงื่อนไข $(n - 2)180^{o}$ และหาอาซิมุท

เรื่องที่ 10.2 การคำนวณค่าระยะเหนือ (Latitude) และระยะตะวันออก(Departure)

1. นำค่าระยะทางราบและค่าอาซิมุทมาคำนวณระยะเหนือ (Latitude) และระยะตะวันออก (Departure)จากสูตร



รูปที่ 10.1 แสดงระยะทางเหนือและระยะทางตะวันออกของเส้นวงรอบ

ระยะเหนือ (Latitude) = $l \cos Az$.

ระยะตะวันออก(Departure) = $l \sin Az$.

ระยะทางเหนือของแนว AB = ระยะ AB x Cos 68 ° 27' 08"

= 122.57 x 0.36727

= 45.02

ระยะทางเตะวันออกของแนว AB = ระยะ AB x Sin 68 ° 27' 08"

= 122.57 x 0.930111

= 114.00

ระยะทางเหนือของแนว BC = ระยะ BC x Cos 349 ° 49' 37"

= 140.85 x 0.984278

= 138.64

ระยะทางเตะวันออกของแนว BC = ระยะ BC x Sin 349 ° 49' 37"

= 140.85 x -0.176621

= -24.88

ระยะทางเหนือของแนว CD = ระยะ CD x Cos 257 ° 06' 22"

= 113.55 x -0.223146

= -25.34

ระยะทางเตะวันออกของแนว CD = ระยะ CD x Sin 257 ° 06' 22"

= 113.55 x -0.974785

= -110.67

ระยะทางเหนือของแนว DA = ระยะ DA x Cos 172 ° 18' 35"

= 159.44 x -0.991006

= -158.01

ระยะทางเตะวันออกของแนว DA = ระยะ DA x Sin 172 ° 18' 35"

= 159.44 x 0.133818

= 21.34

2. ตรวจสอบการบรรจบของรูปวงรอบ ด้วยการหาผลรวมทางพีชคณิตของระยะเหนือและระยะตะวันออก ว่าเท่ากับ 0 หรือไม่ ถ้าไม่เท่า คือความคลาดเคลื่อน

ผลรวมทางพีชคณิตของระยะเหนือ = $\Sigma lat.$

ผลรวมทางพีชคณิตของระยะตะวันออก = $\Sigma dep.$

จากตัวอย่าง $\Sigma lat.$ = 0.31

$\Sigma dep.$ = -0.21

3. คำนวณค่าคลาดเคลื่อนบรรจบ (Linear misclosure)

ความคลาดเคลื่อนบรรจบ $= (\Sigma lat)^2 + (\Sigma dep)^2$

$= (0.31)^2 + (-0.21)^2$

$= 0.37$

4. คำนวณค่าความถูกต้องของงานวงรอบ (Accuracy)

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{ค่าคลาดเคลื่อนบรรจบ}}{\text{ผลรวมความยาวเส้นวงรอบ}}$$

$$= \frac{0.37}{536.21}$$

$$= \mathbf{1 : 1,449}$$

ค่า Accuracy จะเป็นข้อกำหนดชั้นของงานวงรอบ ถ้า Accuracy เกินข้อกำหนดของชั้นงาน ต้องทำการสำรวจข้อมูลในสนามใหม่

เรื่องที่ 10.3 การคำนวณและปรับแก้ค่าพิกัดวงรอบ

1. คำนวณปรับแก้ค่าระยะเหนือและระยะตะวันออก ด้วยกฎเข็มทิศ (Compass Rule) ดังแสดงตารางที่ 10.3

ค่าแก้ระยะเหนือ $= -\frac{\Sigma lat.\ (\text{ความยาวของเส้นวงรอบ})}{\text{ผลรวมความยาวเส้นวงรอบทั้งหมด}}$

ค่าแก้ระยะตะวันออก $= -\frac{\Sigma Dap.\ (\text{ความยาวของเส้นวงรอบ})}{\text{ผลรวมความยาวเส้นวงรอบทั้งหมด}}$

แนว AB

ค่าแก้ระยะเหนือ $= -\frac{0.31\ (122.57)}{536.21} = -0.07$

ค่าแก้ระยะตะวันออก $- \frac{0.21\ (122.57)}{536.21} = 0.05$

แนว BC

ค่าแก้ระยะเหนือ $= -\frac{0.31\ (140.85)}{536.21} = -0.08$

ค่าแก้ระยะตะวันออก $- \frac{0.21\ (140.85)}{536.21} = 0.06$

แนว CD

ค่าแก้ระยะเหนือ $= -\frac{0.31\ (113.55)}{536.21} = -0.07$

ค่าแก้ระยะตะวันออก $- \frac{0.21\ (113.55)}{536.21} = 0.04$

แนว DA

ค่าแก้ระยะเหนือ = $\frac{-0.31\ (159.44)}{536.21}$ = - 0.09

ค่าแก้ระยะตะวันออก - $\frac{0.21\ (159.44)}{536.21}$ = 0.06

2. คำนวณค่าพิกัดฉากของสถานีวงรอบโดยนำค่าพิกัดแรกออก จากตัวอย่างคือสถานีที่ A มีค่าพิกัดทางเหนือคือ 1,000.00 และทางตะวันออกคือ 500.00 นำมารวมกับค่า ระยะเหนือและค่าระยะตะวันออกแล้วจึงรวมค่าจำนวนแก้จึงจะได้ค่าพิกัดสถานีวงรอบจุดต่อไป เช่น

พิกัดทางเหนือ B = พิกัดทางเหนือของจุด A + ระยะทางเหนือของแนว AB + ค่าแก้

= 1,000.00 + 45.02 - 0.07

= 1,044.95

พิกัดทางตะวันออก B = พิกัดทางตะวันออกของจุด A + ระยะทางตะวันออกของแนว AB + ค่าแก้

= 500.00 + 114.00 + 0.05

= 614.05

พิกัดทางเหนือ C = พิกัดทางเหนือของจุด A + ระยะทางเหนือของแนว AB + ค่าแก้

= 1,044.95 + 138.64 - 0.08

= 1,183.51

พิกัดทางตะวันออก C = พิกัดทางตะวันออกของจุด A + ระยะทางตะวันออกของแนว AB + ค่าแก้

= 614.05 + -24.88+ 0.06

= 614.06

พิกัดทางเหนือ D = พิกัดทางเหนือของจุด A + ระยะทางเหนือของแนว AB + ค่าแก้

= 1,183.51 - 25.34 - 0.07

= 1,158.10

พิกัดทางตะวันออก D = พิกัดทางตะวันออกของจุด A + ระยะทางตะวันออกของแนว AB + ค่าแก้

= 614.06 -110.67+ 0.04

= 478.60

พิกัดทางเหนือ A = พิกัดทางเหนือของจุด A + ระยะทางเหนือของแนว AB + ค่าแก้

= 1,158.10 -158.01- 0.09

= 1,000.00

พิกัดทางตะวันออก A = พิกัดทางตะวันออกของจุด A + ระยะทางตะวันออกของแนว AB + ค่าแก้

= 478.60+ 21.34 + 0.06

= 500.00

Sta	Distance	Azimuth	Lat.	Cor.	Dep.	Cor.	Northing	Easting
A	122.57	68 ° 27' 08"	45.02	-0.07	114.00	0.05	**1,000.000**	**500.00**
B	140.85	349 ° 49' 37"	138.64	-0.08	-24.88	0.06	1044.95	614.05
C	113.55	257 ° 06' 22"	-25.34	-0.07	-110.67	0.04	1183.51	589.22
D	159.44	172 ° 18' 35"	-158.01	-0.09	21.34	0.06	1158.10	478.60
A							**1000.00**	**500.00**
	536.21		**0.31**	**-0.31**	**-0.21**	**0.21**		

ตารางที่ 10.3 รายการคำนวณปรับแก้วงรอบด้วยกฎเข็มทิศ

ตรวจสอบรายการคำนวณค่าพิกัดวงรอบที่ถูกต้อง ค่าพิกัดเข้าบรรจบจะต้องเท่ากับค่าพิกัดแรกออก จากตัวอย่างค่าพิกัดเข้าบรรจบเท่ากับค่าพิกัดแรกออกคือ พิกัดทางเหนือ 1,000 และพิกัดทางตะวันออกคือ 500.00

แบบทดสอบท้ายบทที่ 10

1. จงตรวจสอบและปรับแก้ค่ามุมวงรอบมุมภายใน 5 หมุด

หมุด	ค่ามุม		
B	104	13	15
C	165	58	38
D	142	28	15
E	151	36	58
F	107	54	8
G	149	17	38
H	167	37	53
A	90	52	53

2. จากค่ามุมวงรอบและระยะในตารางให้คำนวณพร้อมปรับแก้วงรอบให้สมบูรณ์

STA	DED	MIN	SEC	CORR	AZIMUTH	DIST.	LAT.	COR	DEP	COR	N	E
Azi	99	46	30									
A					99-46-30						1000.000	500.000
B	104	13	15			45.14						
C	165	58	38			48.1						
D	142	28	15			29.03						
E	151	36	58			31.9						
F	107	54	8			39.8						
G	149	17	38			42.5						
H	167	37	53			57.2						
A	90	52	53			69.76					1000.000	500.000
N =	8											
						Ec =						
						Accuracy= 1:						

หน่วยการเรียนที่ 11

การลงที่หมายวงรอบ

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 11.1 มาตราส่วนแผนที่ (Map scale)

เรื่องที่ 11.2 การเขียนแผนที่

เรื่องที่ 11.3 แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map)

เรื่องที่ 11.4 ใบงานที่ 8 การลงที่หมายวงรอบ

สาระสำคัญ

1. มาตราส่วนแผนที่ แผนที่คือรูปลายเส้นที่เขียนหรือกำหนดขึ้น เพื่อแสดงสัญญาลักษณ์ของพื้นผิวพิภพทั้งหมด หรือเพียงบางส่วน ลงบนพื้นราบ (กระดาษ)ตามมาตรส่วน โดยใช้สีและสัญลักษณ์แทนรายละเอียดของภูมิประเทศ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น
2. การเขียนแผนที่ประกอบด้วยการเขียนแผนที่ด้วยมือ และการเขียนแผนที่ด้วย PROGRAM สำรวจ ในปัจจุบัน Program สำรวจมีหลาย Program เช่น Geocomp หรือ Softdesk เป็นต้น
3. แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) การแสดงภาพของสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏบนพื้นผิวโลกลงบนระนาบสองมิติด้วยขนาดย่อส่วนหรือมาตราส่วน (Scale) ที่เหมาะสม โดยแทนสิ่งต่างๆ ด้วยสัญลักษณ์ทั้ง ชนิดเส้น (Line types) และเครื่องหมาย (Symbols)
4. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติการลงที่หมายวงรอบเพื่อให้มีความชำนาญและความอดทน ละเอียดรอบคอบ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. เลือกมาตราส่วนแผนที่ที่เหมาะสม ได้
2. อธิบายขั้นตอนการลงที่หมายแผนที่ได้
3. ตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ได้
4. มีทักษะในการลงที่หมายแผนที่

เรื่องที่ 11.1 มาตราส่วนแผนที่ (Map scale)

แผนที่คือรูปลายเส้นที่เขียนหรือกำหนดขึ้น เพื่อแสดงสัญญาลักษณ์ของพื้นผิวพิภพทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน ลงบนพื้นราบ (กระดาษ)ตามมาตรส่วน โดยใช้สีและสัญลักษณ์แทนรายละเอียดของภูมิประเทศ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น

สิ่งต่างๆ ที่ปรากฏบนแผนที่จะมีขนาดย่อส่วนจากขนาดจริงด้วยอัตราส่วนระยะบนแผนที่ต่อระยะเดียวกันบนพื้นผิวโลกโดยเทียบเศษเป็น 1

มาตราส่วนแผนที่ = ระยะบนแผนที่/ระยะเดียวกันบนพื้นดิน

ตัวอย่าง**:** แผนที่มาตราส่วน 1:1,000 หมายถึง วัดระยะบนแผนที่ได้ 1 มิลลิเมตร จะมีค่าเท่ากับระยะบนพื้นดิน 1,000 มิลลิเมตร หรือ 1 เมตร

11.1.1 มาตราส่วนแผนที่แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท:

1 แผนที่มาตราส่วนใหญ่ (Large scale map): คือ แผนที่มาตราส่วน 1:250, 1:500, 1:2,500, 1:4000, 1:5,000

2 แผนที่มาตราส่วนกลาง (Medium scale map): คือ แผนที่มาตราส่วน 1:10,000, 1:20,000, 1:25,000

3 แผนที่มาตราส่วนเล็ก (Small scale map): คือ แผนที่มาตราส่วน 1:50,000, 1:100,000, 1:250,000, 1:500,000, 1:1,000,000

การเลือกใช้มาตราส่วนที่เหมาะสม มีข้อพิจารณาหลายอย่าง เช่น ถ้ามาตราส่วนขนาดกลางใช้แผนที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าแทนสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาดมาตราส่วน 1: 50,000 เช่น ขนาดของแผนที่ขนาด 12 × 18 ลิปดา ก็จะใช้ขนาดมาตราส่วนที่โตกว่า เช่น 1: 2,500 การใช้กระดาษ A 1 ถ้าขนาดของพื้นที่ 10×20 กม. จะใช้มาตราส่วน 1: 2500 ถ้าขนาดของพื้นที่ 20 × 40 กม. จะใช้มาตราส่วน 1: 50,000 เป็นขนาดของแผนที่ 40 × 80 ซม. และ 60 × 84 ซม. ด้านยาวของแผนที่จะวางยาวในแนวออก – ตก ได้ส่วนสัญลักษณ์ต่าง ๆ จะหมายเหตุไว้ข้างล่าง

บางมาตราส่วนจะใช้เนื้อที่ของแผนที่เท่ากับ 50 × 50 ซม. :ซึ่งเท่ากับ มาตราส่วน 1: 20,000 จะคลุมพื้นที่ 10 × 10 กม. ถ้าใช้ขนาดกระดาษให้เหมาะสมจะสามารถแทนพื้นที่ขนาด 8 × 16 กม. ได้

11.1.2 มาตราส่วนแผนที่ที่ใช้ในงานต่าง ๆ

1. งานวิศวกรรมต่าง ๆ

ใช้ในงาน	มาตราส่วน	ใช้ในงาน	มาตราส่วน
การสำรวจเมือง	1 : 50000	ผังบริเวณ	1 : 1250
	1 : 20000	งานก่อสร้าง	1 : 1000
	1 : 10000		1 : 500
	1 : 5000		
	1 : 2500	งานเขียนแบบ	1 : 200
			1 : 100
	1 : 2500		1 : 50
การสำรวจเพื่อ	1 : 2000	แบบขยายส่วนสำคัญ	1 : 20
การออกแบบ	1 : 1250		1 : 10
	1 : 1000		1 : 5
	1 : 500		1 : 1

ตารางที่ 11.1 มาตราส่วนสำหรับงานด้านวิศวกรรม

2. งานรังวัดที่ดิน (กรมที่ดิน) แผนที่ระวางใช้มาตราส่วน 1/4000, 1/2000, 1/1000, 1/500 มาตราส่วนในการสร้างต้นร่างแผนที่เฉพาะแปลง ใช้มาตราส่วนตามเกณฑ์ดังนี้

เนื้อที่		มาตราส่วน
1 - 49	ตารางวาใช้	1 : 125
50 - 100	ตารางวาใช้	1 : 250
101 – 400	ตารางวาใช้	1 : 500
1 – 5	ไร่ใช้	1 : 1000
5 -50	ไร่ใช้	1 : 2000
50 – 250	ไร่ใช้	1 : 4000
250 – 1000	ไร่ใช้	1 : 8000
มากกว่า 1000	ไร่ใช้	1 : 16000 ขึ้นไป

ตารางที่ 11.1 มาตราส่วนสำหรับงานรังวัดที่ดิน

เรื่องที่ 11.2 การเขียนแผนที่

11.2.1 การเขียนแผนที่ด้วยมือ (BY MANUAL) การเขียนแผนที่ด้วยมือนี้เป็นการเขียนแผนที่ระดับพื้นฐาน ซึ่งใช้สำหรับผู้ที่ใช้เครื่องComputer ไม่เป็นหรือไม่มีอุปกรณ์ดังกล่าว ซึ่งการเขียนด้วยมือก็นี้ยังคงใช้ได้ดีแต่มีข้อเสียคือ ถ้าหากแผนที่ต้นฉบับเสียหายจำเป็นจะต้องเขียนขึ้นใหม่ เพราะว่าส่วนใหญ่แล้วผู้ออกแบบมักจะใช้การออกแบบทับลงบนแผนที่ต้นฉบับเลยเพราะว่าถ้าหากใช้การถ่าย ซีร็อคซ์ (Xerox) หรือ ซีเปีย (Sepia) แผนที่ที่ได้มาจะมีการยืดหดตัวสูง ทำให้การออกแบบมีการคลาดเคลื่อนได้ ซึ่งตรงกันข้ามกับการใช้ Computer เขียน สามารถจัดเก็บไว้เมื่อต้องการก็สามารถเรียกขึ้นมาพิมพ์ใหม่ได้หรือทำการย่อ – ขยายได้ตามต้องการ

ก. การเขียนแผนที่ด้วยมือมีขั้นตอนดังนี้

- การ Plot ข้อมูลต่างๆลงบนต้นร่างกระดาษธรรมดาหรือกระดาษกราฟก็ได้
- การคัดลอกลงกระดาษไข

สำหรับขั้นตอนที่ 2 คงไม่มีปัญหาเพราะเป็นขั้นตอนการคัดลอกเท่านั้น สำหรับขั้นตอนการ Plot ข้อมูลลงบนกระดาษกราฟหรือกระดาษธรรมดานั้นจะแบ่งการ Plot ออกเป็น 3 วิธี ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับการเก็บรายละเอียดนั้นๆ ด้วยเครื่องมือหรือวิธีอะไร เช่น การ Plot รายละเอียดด้วยวิธีการ Offset ออกจากเส้นสำรวจหรือเส้นฐาน , การPlot ด้วยค่าพิกัด

ข. การ Plot รายละเอียด

การ Plot รายละเอียดด้วยวิธีการ Offset วิธีการ Plot แบบนี้ จะใช้การ Offset รายละเอียดต่าง ๆ จากเส้นสำรวจหรือเส้นวงรอบเป็นหลักและการเก็บรายละเอียดจะใช้การเก็บด้วย Optical square หรือ เครื่องส่องฉาก สำหรับขั้นตอนการPlot มีดังนี้

1. เตรียมกระดาษกราฟหรือกระดาษอะไรก็ได้ ถ้าเป็นกระดาษกราฟจะง่ายเพราะมีตารางกริดเร็จรูป ถ้าเป็นกระดาษธรรมดาเราจะต้องตีกริด (Grid line) ตามมาตราส่วนที่เราต้องการก่อน- นำค่าพิกัดวงรอบที่เราคำนวณได้ มาทำการ Plot ตำแหน่ง เขียนชื่อกำกับหมุด พร้อมลากเส้นระหว่างหมุดด้วย

2. นำค่าระยะต่าง ๆ ในสมุดจดรายละเอียดมา Plot โดยให้แนวเส้นตรงระหว่างหมุดเป็นแนวเส้นฐาน (Base line) วัดระยะตามแนวหมุดที่สำรวจ แล้วลากเส้นตั้งฉากออกไปจากแนวเส้นฐานออกไปทางซ้ายหรือขวามือตามที่เราเก็บมาซึ่งเราเรียกว่าเส้นฉากหรือเส้น Offset วัดระยะตามรายละเอียดที่จดมา เราก็จะได้ตำแหน่งของรายละเอียดที่เราวัดมา เส้นเหล่านี้ควรลากเบาๆให้มองเห็นเป็นแนวเท่านั้น

3. การ Plot รายละเอียดด้วยค่าพิกัด การ Plot ด้วยวิธีนี้กระดาษที่จะใช้จะต้องตีกริด(Grid line)ก่อนถ้าได้กระดาษกราฟก็จะดีมาก จากนั้นเราก็นำค่าพิกัดของแต่ละจุดที่เราคำนวณมาได้หรือได้จากกล้อง Total stationมาPlot เราก็จะได้ตำแหน่งที่เราต้องการ โดยมากค่าพิกัดที่ได้มาจะได้จาก

การสำรวจรายละเอียดด้วยกล้อง Theodolite ประกอบกับเครื่องวัดระยะ (EDM) หรืออาจจะใช้การวัดระยะด้วย tape ก็ได้หรืออาจจะได้จากกล้อง Total Station ในกรณีที่ไม่ได้ทำการบันทึกภายในกล้องหรือบันทึกด้วย Electronic field book เมื่อเราดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งเรียบร้อยแล้ว เราก็ใช้กระดาษไข มาคัดลอกจากแผ่นต้นร่างที่เรา Plot สำหรับการ Plot ทั้ง 3 วิธี ถ้าหากมีค่าระดับเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ค่าระดับ Profile หรือ Cross Section หรือ Spot height เราก็ Plot ค่าระดับลงไปตามตำแหน่งพิกัดที่เราจดมา ซึ่งการลอกเราจะลอกค่าระดับลงไปด้วย เสร็จแล้วนำไปถ่ายพิมพ์เขียวก่อนแล้วนำมาคำนวณลากเส้น Contour ที่หลัง แต่ถ้ารายละเอียดน้อยเราอาจจะลากเส้น Contour ไปในแผ่นต้นร่างเลยก็ได้ เมื่อคัดลอกเสร็จแล้วแผ่นต้นร่างจะต้อง เก็บไว้ตรวจสอบด้วย

11.2.2 การเขียนแผนที่ด้วย PROGRAM สำรวจ ในปัจจุบัน Program สำรวจมีหลาย Program เช่น Geocomp หรือ Softdesk เป็นต้นสำหรับ Program บาง Program อาจจะไม่สามารถเขียน Contour ได้ เขียนได้เฉพาะรูปเท่านั้นสำหรับ Program ทั้ง 2 ตัวสามารถเขียน Contour เขียนรูปตัด Profile รูปตัด Cross section และอื่นๆได้อีกมากมาย ซึ่งไม่สามารถนำมากล่าวในที่นี้ได้หมด ข้อมูลที่ใช้กับ Program เหล่านี้ส่วนใหญ่จะมาจากกล้อง Total Station เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะใช้ข้อมูลที่ได้(ที่บันทึกในตัวกล้อง) Load เข้าสู่เครื่อง Computer ทำการ RUN Program ได้เลย บางครั้งอาจจะใช้จากกล้อง Theodolite ธรรมดาร่วมกับเครื่องวัดระยะ (EDM) แล้วจดบันทึกลงใน Electronic field book ก็ได้ เวลาใช้Program จะมีให้เลือกลักษณะ.ให้ตรงกับข้อมูลที่จะป้อนเข้าสู่เครื่อง เช่น อาจจะอยู่ในรูป มุมราบ,มุมดิ่งและระยะลาด(Slope distance) หรือในรูป(Format) PNEZD ก็ได้ซึ่งมีความหมายดังนี้.

P = Point Number ของจุดรายละเอียด

N = ค่าพิกัด N ของรายละเอียด

E = ค่าพิกัด E ของรายละเอียด

Z = ค่าระดับของจุดหรือรายละเอียด

D = Description รายละเอียดของจุดนั้นๆ เช่น เสาไฟฟ้า หรือต้นไม้

11.2.3 การเขียนรายละเอียดของสิ่งต่างๆ ลงในแผนที่ สามารถแทนได้ด้วยรายละเอียด 4 ประเภท

1. รายละเอียดประเภทจุด (Point features):รายละเอียดที่มีขนาดไม่สามารถแสดงเป็นรูปร่างที่แท้จริงด้วยมาตรส่วนแผนที่นั้นๆ เช่น หมุดหลักฐาน เสาไฟฟ้า ต้นไม้ ตู้โทรศัพท์ ตู้ไปรษณีย์ เป็นต้น

2. รายละเอียดประเภทเส้น (Line features):แนวกึ่งกลางถนน ขอบถนน ขอบทางเท้า ทางน้ำ เป็นต้น

3. รายละเอียดประเภทรูปปิด (Polygon features):อาคาร สระน้ำ บ่อน้ำ แปลงที่ดิน เป็นต้น

4. รายละเอียดประเภทตัวอักษร (Annotation features):ข้อความและตัวเลข

11.2.4 องค์ประกอบการออกแบบสัญลักษณ์ทั้ง 4 ประเภท ได้แก่

1. รายละเอียดประเภทจุด (Point features): ได้แก่ รูปลักษณ์ (Shape) ขนาด (Size) สี (Color)

2. รายละเอียดประเภทเส้น (Line features): ได้แก่ ชนิดเส้น (Line type) น้ำหนักเส้น (Line weight) สี (Color)

3. รายละเอียดประเภทรูปปิ ด (Polygon features): ได้แก่ ชนิดเส้น (Line type) น้ำหนักเส้น (Line weight) สี (Color) การระบายสีภายใน(Hatching or shading)

4. รายละเอียดประเภทตัวอักษร (Annotation features): ได้แก่ ชนิดตัวอักษร (Text type) ขนาด (Text height) รูปแบบการเขียน (Text style) สี (Color)

สัญลักษณ์ที่แสดงบนแผนที่ทั้งหมดจะแสดงประกอบคำอธิบายไว้บนแผนที่ในส่วนที่เรียกว่า Legend

เรื่องที่ 11.3 แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map)

การแสดงภาพของสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏบนพื้นผิวโลกลงบนระนาบสองมิติด้วยขนาดย่อส่วนหรือมาตราส่วน (Scale) ที่เหมาะสม โดยแทนสิ่งต่างๆ ด้วยสัญลักษณ์ทั้ง ชนิดเส้น (Line types) และเครื่องหมาย (Symbols) ต่างๆ โดยอ้างอิงกับระบบพิกัดที่ใช้ในการรังวัด

- รายละเอียดทางตำแหน่ง เช่น ถนน อาคาร เสาไฟฟ้า ต้นไม้ และสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ฯลฯ เรียกว่า รายละเอียดทางราบ (Horizontal details)
- การแสดงความสูงต่ำของพื้นที่ด้วยเส้นชั้น ความสูง (Contour line) และจุดระดับความสูง (Spot height) เรียกว่า รายละเอียดทางดิ่ง (Vertical details)

11.3.1 แผนที่ภูมิประเทศแบ่งออกเป็น 2 ประเภท:

1. Paper map
2. Digital map

11.3.2 ความถูกต้องของแผนที่ (Map accuracy)ความถูกต้องของแผนที่สามารถพิจารณาได้ 2 ประเภท:

1. ความครบถ้วนของข้อมูลแผนที่ (Completeness):การตรวจสอบเชิงปริมาณ (Quantitative assessment) ของรายละเอียดที่ปรากฏบนแผนที่ว่าครบถ้วนตามวัตถุประสงค์การใช้งานของมาตราส่วนแผนที่ที่กำหนดไว้หรือไม่

2. ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Positional accuracy):
การตรวจสอบความถูกต้องทางตำแหน่งของรายละเอียดต่างๆ ที่ปรากฏบนแผนที่เป็นการตรวจสอบเชิงคุณภาพ (Qualitative assessment) ที่เกี่ยวกับการวัดปริมาณต่างๆ บนแผนที่ แบ่งได้

เป็น 2 ส่วน คือ ความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบ(Horizontal positional accuracy) และความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่ง (Vertical positional accuracy)

ความถูกต้องเชิงตำแหน่งสามารถแบ่งการพิจารณาออกได้เป็น 2 ประเภท ตามชนิดของแผนที่:

1. ความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบ (Horizontal positional accuracy):
ขนาดของจุดที่เล็กที่สุดบนแผนที่ที่สามารถวัดได้ เท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร ค่าพิกัดตำแหน่งที่อ่านได้ควรจะมีความถูกต้องในเกณฑ์เท่ากับขนาด 0.2 มิลลิเมตรคูณด้วยมาตรส่วนของแผนที่กระดาษนั้น เช่น แผนที่มาตราส่วน 1:1,000 ความถูกต้องของตำแหน่งจุดที่อ่านได้จะอยู่ในเกณฑ์ 0.2 x 1,000 = 200 มิลลิเมตร หรือ 0.20 เมตร ซึ่งหมายถึง เมื่อนำค่าพิกัดจากแผนที่กระดาษไปเปรียบเทียบกับค่าพิกัดจุดดังกล่าวที่วัดได้ในสนามจะผิดพลาดได้ในเกณฑ์ไม่เกิน ±0.20 เมตร

2. ความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่ง (Vertical positional accuracy):
ทำได้โดยการอ่านค่าระดับความสูง ณ ตำแหน่งที่ต้องการ และทำการเปรียบเทียบกับค่าที่รังวัดได้จริงในสนามที่ตำแหน่งนั้น โดยจะยอมให้ผิดพลาดได้ไม่เกินครึ่งหนึ่งของช่วงเส้นชั้น ความสูง เช่น แผนที่ที่มีช่วงเส้นชั้น ความสูง 1 เมตร จะยอมให้ผิดพลาดได้ไม่เกิน 0.50 เมตร เป็นต้น

แผนที่เชิงเลข (Digital map) คือ แผนที่ที่จัดเก็บในรูปไฟล์คอมพิวเตอร์เป็นตัวเลขและสามารถเรียกแสดงผลในรูปแบบต่างๆ เช่น หน้าจอคอมพิวเตอร์ หรือพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ตามมาตราส่วนที่ต้องการก็ได้

1. ข้อมูลของ Digital map มักจะเก็บในรูปของค่าพิกัด โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลพิกัดและสัญลักษณ์การแสดงผล เพื่อให้สามารถแสดงรายละเอียดรูปร่างต่างๆ ทั้งรายละเอียดทางราบและทางดิ่งได้

2. ดังนั้นข้อมูลแผนที่เชิงเลขจะสามารถคงความถูกต้องไว้ได้ตามความถูกต้องของกรรมวิธีที่ใช้ในการรังวัดเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลนั้น และเมื่อพิมพ์ลงในกระดาษ ความถูกต้องแผนที่จะพิจารณาตามหลักเกณฑ์ของมาตราส่วนดังเช่นแผนที่กระดาษ

11.3.3 สิ่งสำคัญที่ต้องแสดงบนแผนที่ภูมิประเทศ

1. ตารางกริดค่าพิกัด: มักจะมีช่วงห่างเท่ากับ 10 เซนติเมตร หรือตามความเหมาะสมในการใช้งาน ไม่จำเป็นต้องวางในทิศทางเดียวกับกระดาษ และต้องมีตัวเลขค่าพิกัดกำกับไว้ที่ขอบระวางแผนที่

2. เครื่องหมายแสดงทิศเหนือ

3. การบอกมาตราส่วนของแผนที่ ต้องบอกในลักษณะที่เป็นทั้ง ตัวเลข และแถบมาตราส่วน (Graphical scale bar)

4. คำอธิบายสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในแผนที่ (Legend)

5. รายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแผนที่นั้น เช่น พื้นที่ วันเดือนปีที่ทำการผลิต ชื่อโครงการ ผู้ผลิต เป็นต้น

11.3.4 การตรวจสอบความถูกต้อง (Field Check)

1. ความครบถ้วนของรายละเอียดและความถูกต้องทางตำแหน่ง

2. ความครบถ้วนของรายละเอียด:ทำได้โดยนำแผนที่ออกตรวจภาคสนามในพื้นที่จริงโดยการสุ่มตรวจบริเวณที่สำคัญในการใช้งาน

3. ความถูกต้องทางตำแหน่ง:การวัดสอบในพื้นที่โดยการสุ่มวัดทั้ง ขนาด ทิศทาง ค่าระดับจุดความสูง รวมทั้งการรังวัดรูปตัดตรวจสอบกับรูปตัดแนวเดียวกันที่ได้จากการอ่านเส้นชั้น ความสูงของแผนที่

4. แผนที่จะต้องมีความถูกต้องไม่น้อยกว่า 90% ถึงจะผ่านเกณฑ์ในการยอมรับ

แบบทดสอบท้ายบทที่ 11

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. มาตราส่วนแผนที่ ระยะบนแผนที่/ระยะเดียวกันบนพื้นดิน
   ก. ระยะเดียวกันบนพื้นดิน/ระยะบนแผนที่
   ข. ระยะเดียวกันบนพื้นดิน/ระยะบนภาพถ่าย
   ค. ระยะบนแผนที่/ระยะเดียวกันบนพื้นดิน
   ง. ระยะบนแผนที่/ระยะบนพื้นดิน
2. วัดระยะบนแผนที่ได้ 4 มิลลิเมตร ระยะบนพื้นดิน 8 เมตร มาตราส่วนแผนที่เป็น
   ก. 1 : 2000
   ข. 1 : 4000
   ค. 1 : 6000
   ง. 1 : 8000
3. มาตราส่วนแผนที่แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท
   ก. มาตราส่วนเล็ก มาตราส่วนกลาง มาตราส่วนใหญ่
   ข. มาตราส่วนงานวิศกกรรม มาตราส่วนที่ดิน มาตราส่วนทางทหาร
   ค. มาตราส่วนเมือง มาตราส่วนประเทศ มาตราส่วนโลก
   ง. มาตราส่วนแผนที่ มาตราส่วนการทาง มาตราส่วนเฉพาะทาง
4. ข้อใดเป็นแผนที่มาตราส่วนเล็ก
   ก. 1 : 200
   ข. 1 : 5,000
   ค. 1 : 10,000
   ง. 1 : 100,000
5. การเลือกมาตราส่วนแผนที่ ขึ้นกับข้อใด
   ก. ขนาดของพื้นที่
   ข. ขนาดของกระดาษ
   ค. ชนิดของงานที่นำไปใช้
   ง. ถูกทุกข้อ
6. มาตราส่วนใดเหมาะสำหรับทำผังบริเวณ
   ก. 1 : 200
   ข. 1 :1,000
   ค. 1 : 10,000

ง. 1 : 100,000

7. มาตราส่วนข้อใดเขียนผิด

ก. 1 : 200

ข. 1 /1,000

ค. 1 /: 10,000

ง. $\frac{1 \ldots\ldots}{10000}$

8. ระวางหลักของกรมที่ดินคือ

ก. 1 : 400

ข. 1 : 4,000

ค. 1 : 40,000

ง. 1 : 400,000

9. มาตราส่วนใดเหมาะสำหรับทำผังบริเวณ 100 ตารางวา

ก. 1 : 250

ข. 1 : 5,000

ค. 1 : 1,000

ง. 1 : 2,000

10. การเขียนแผนที่แบ่งเป็นประเภทใหญ่

ก. 2 ประเภท

ข. 3 ประเภท

ค. 4 ประเภท

ง. 5 ประเภท

11. ข้อเสียของการเขียนแผนที่ด้วยมือคือ

ก. ทำได้ช้า

ข. ไม่สวยงาม

ค. ต้องทำงานซ้ำกรณีที่ต้องแก้ไขแบบ

ง. ค่าใช้จ่ายสูง

12. ข้อเสียของการเขียนแผนที่ด้วยมือคือ

ก. ทำได้ช้า

ข. ไม่สวยงาม

ค. ต้องทำงานซ้ำกรณีที่ต้องแก้ไขแบบ

ง. ค่าใช้จ่ายสูง

13. กระดาษที่นิยมนำมาเขียนต้นร่าง

ก. กระดาษไข

ข. กระดาษ 100 ปอนด์

ค. กระดาษอาร์ทมัน

ง. กระดาษกราฟ

14. โปรแกรมที่นิยมเขียนแผนที่คือ

ก. Land 2000

ข. Softdesk

ค. Sketch Up

ง. Microsoft

15. ข้อมูลที่ถูกป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ในรูป(Format) PNEZD ค่า Z หมายถึง

ก. Point Number ของจุดรายละเอียด

ข. ค่าพิกัด N ของรายละเอียด

ค. ค่าพิกัด E ของรายละเอียด

ง. ค่าระดับของจุดหรือรายละเอียด

16. รายละเอียดประเภทจุด (Point features):

ก. รายละเอียดที่มีขนาดไม่สามารถแสดงเป็นรูปร่างที่แท้จริงด้วยมาตรส่วนแผนที่

ข. Legend

ค. เครื่องหมาย

ง. การระบายสีภายใน

17. การแสดงความสูงต่ำของพื้นที่ด้วยเส้น

ก. Symbols

ข. Line types

ค. Line features

ง. Contour

18. แผนที่ภูมิประเทศแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

ก. Symbols และ Contour

ข. Line types และ Line features

ค. Paper map และ Digital map

ง. Point features และ Line features

19. ความถูกต้องของแผนที่สามารถพิจารณาได้ 2 ประเภท:

ก. ความครบถ้วนของข้อมูลแผนที่ และความถูกต้องเชิงตำแหน่ง

ข. ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง และมาตราส่วน

ค. ขนาด ทิศทาง

ง. รายละเอียดทางราบและรายละเอียดทางดิ่ง

20. สิ่งสำคัญที่ต้องแสดงบนแผนที่ภูมิประเทศ

ก. เครื่องหมายแสดงทิศเหนือ

ข. มาตราส่วนของแผนที่

ค. สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในแผนที่

ง. ถูกทุกข้อ

เฉลยแบบฝึกหัดที่ 11

ข้อ	คำตอบ
1	ค
2	ค
3	ก
4	ง
5	ง
6	ข
7	ค
8	ข
9	ก
10	ก
11	ค
12	ค
13	ง
14	ข
15	ง
16	ก
17	ง
18	ค
19	ก
20	ง

หน่วยการเรียนที่ 12

การระดับ (LEVELING)

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 12.1 การระดับ

เรื่องที่ 12.2 กล้องระดับและวิธีการทำระดับ

เรื่องที่ 12.3 การตั้งกล้องระดับ

เรื่องที่ 12.4 ใบงานที่ 8 การตั้งกล้องระดับและอ่านค่าไม้วัดระดับ

สาระสำคัญ

1. การระดับเป็นกระบวนการในการหาความสูงของจุด หรือความแตกต่างของความสูงของจุดที่ต้องการ งานนี้มีความสำคัญสำหรับการได้มาซึ่งข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการทำแผนที่ภูมิประเทศ การออกแบบทางวิศวกรรมและการก่อสร้าง
2. วิธีการทำระดับ 3 วิธีใหญ่ใหญ่ การทำระดับโดยตรง การทำระดับตรีโกณและการทำระดับโดยใช้เครื่องวัดความกดดันบรรยากาศ
3. การตั้งกล้องระดับให้ได้ระดับและถูกต้องเหมาะสม ขึ้นอยู่กับชนิดของกล้องระดับที่มีรายละเอียดของอุปกรณ์การตั้งระดับที่แตกต่างกัน
4. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติตั้งกล้องระดับเพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจขั้นตอนการตั้งกล้องที่ถูกวิธีและข้อควรระมัดระวังในการดูแลรักษาเครื่องมือ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. อธิบายความหมายของการระดับได้
2. บอกวิธีการทำระดับได้
3. บอกขั้นตอนการตั้งกล้องระดับได้
3. มีทักษะในการตั้งกล้องระดับ

เรื่องที่ 12.1 การระดับ (Leveling)

ความหมายของการระดับ

การระดับเป็นกระบวนการในการหาความสูงของจุด หรือความแตกต่างของความสูงของจุดที่ต้องการ งานนี้มีความสำคัญสำหรับการได้มาซึ่งข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการทำแผนที่ภูมิประเทศ การออกแบบทางวิศวกรรมและการก่อสร้าง (Brinker, 97)

ประโยชน์ของงานระดับ

1. ใช้หาข้อมูลเพื่อการออกแบบทางหลวง ทางรถไฟ และคลองส่งน้ำ/ระบายน้ำ
2. กำหนดค่าระดับเพื่อให้งานก่อสร้างตรงตามแบบแปลนที่กำหนด
3. คำนวณปริมาตรดิน (Earth Work) ตัดและดินถมเพื่อการประมาณราคา
4. เป็นวิธีการสำรวจและศึกษาลักษณะของระบบระบายน้ำในพื้นที่
5. ทำแผนที่ภูมิประเทศแสดงทรวดทรง หรือความสูงต่ำของพื้นที่เพื่อประโยชน์ในการวางแผนงาน

นิยามศัพท์

รูปที่ 12.1 แสดงส่วนประกอบของงานระดับ

1. พื้นหลักฐานการระดับ (Datum) หมายถึงระนาบที่ใช้ในการอ้างอิงความสูงของจุดต่าง ๆ ในการทำแผนที่ อาจจะเป็นพื้นหลักฐานการระดับสัมบูรณ์ (Absolute Datum) ที่อ้างอิงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง หรืออาจจะเป็นพื้นหลักฐานการระดับสมมุติ (Assume Datum) ซึ่งสมมุติขึ้นใช้สำหรับงานเล็กๆ

2. ความสูง (Elevation) เป็นระยะทางดิ่งจากพื้นหลักฐานการระดับ

3. ระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level) ค่าระดับเฉลี่ยน้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดรายวัน ในระยะเวลานาน เช่น สหรัฐอเมริกาใช้ค่าเฉลี่ย 19 ปี เพื่อหาระดับน้ำทะเลปานกลาง หรือ สำหรับประเทศไทยใช้เวลา 6 ปีเพื่อหาค่าเฉลี่ยและสร้างหมุดหลักฐานทางดิ่งที่เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

4. หมุดหลักฐาน (Bench Mark: B.M.) เป็นหมุดที่ทราบค่าระดับหรือความสูงจากพื้นหลักฐานการระดับ มักทำด้วยการฝังแท่งโลหะบนหมุดคอนกรีตที่หล่อขึ้น หรือหมุดถาวรจากธรรมชาติ เช่น บนก้อนหินขนาดใหญ่ ซึ่งจะบอกค่าความสูง พิกัดทางราบ เป็นต้น

5. จุดควบคุมทางดิ่ง (Vertical Control) เป็นชุดของหมุดหลักฐาน หรือหมุดหลักฐานชั่วคราวของพื้นที่แห่งหนึ่ง ซึ่งอาจจะใช้จุดควบคุมหลัก Basic Control หรือ Level Control ได้อีกด้วย ซึ่งจุดควบคุมหลักของสหรัฐอเมริกาได้มากจากงานชั้นหนึ่งหรือสอง ส่วนกรมชลประทานของไทยใช้งานชั้นสองขึ้นไปสำหรับการทำแผนที่ภูมิประเทศ

6. เส้นดิ่ง (Vertical Line) เป็นแนวเส้นตรงใดๆ ที่ผ่านจุดศูนย์กลางของโลก ซึ่งตรงกับเส้นลูกดิ่ง (Plumb Line) เป็นทิศทางที่กระทำโดยแรงดึงดูดของโลก แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากเป็นไปตามพื้นผิวจีออยด์ ทำให้แนวเส้นลูกดิ่งไม่ตัดกันที่จุดเดียวกันที่ศูนย์กลางของโลก

7. พื้นผิวระดับ (Level Surface) เป็นพื้นผิวโค้ง (Curve Surface) ซึ่งทุก ๆ จุดจะตั้งฉากกับเส้นดิ่ง ถ้าเป็นระยะทางสั้น ๆ จะเป็นเส้นตรง แต่ถ้าระยะทางยาวจะโค้งไปตามระนาบของระดับน้ำทะเลปานกลางซึ่งพื้นผิวระดับนี้เป็นรูปร่างโดยประมาณของ Spheroid นั่นเอง เปรียบได้กับพื้นน้ำขนาดใหญ่ที่สงบนิ่ง

8. เส้นระดับ (Level Line) เป็นเส้นใด ๆ ที่อยู่บนพื้นผิวระดับ ดังนั้นจึงเป็นเส้นโค้งไปตามผิวโลก

9. พื้นระนาบราบ (Horizontal Plane) เป็นระนาบที่ตั้งฉากกับเส้นดิ่งของจุดนั้น ที่จุด ๆ หนึ่งจะมีระนาบราบเพียงระนาบเดียวเท่านั้น

10. เส้นราบ (Horizontal Line) เป็นเส้นตรงเส้นหนึ่งที่อยู่บนระนาบราบ ซึ่งจะตั้งฉากกับเส้นดิ่งของจุดนั้น แต่ที่จุด ๆ หนึ่ง จะมีเส้นราบได้ในทุกทิศทางจึงมีจำนวนอนันต์

11. ระยะทางราบ (Horizontal Distance) คือระยะทางระหว่างจุด 2 จุด บนพื้นระนาบราบ

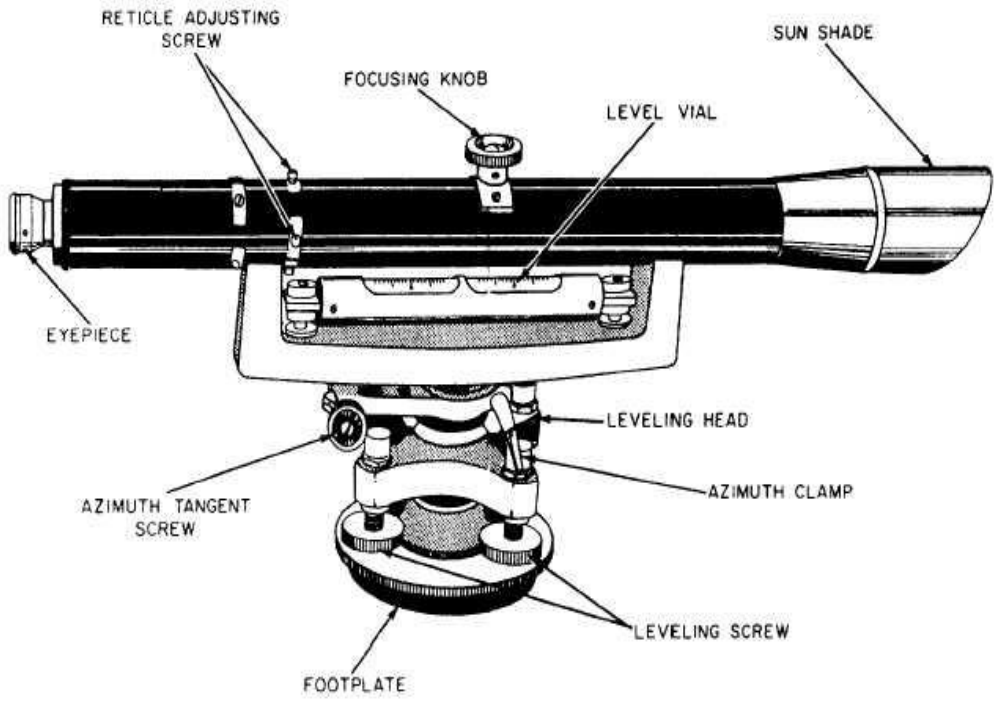
12.พื้นระนาบดิ่ง (Vertical Plane) เป็นพื้นระนาบในแนวดิ่งที่มีเส้นดิ่งของจุดนั้นเป็นองค์ประกอบด้วย จุด ๆ หนึ่ง มีระนาบดิ่งได้จำนวนอนันต์

กล้องระดับ (LEVEL)

รูปที่ 12.2 กล้องระดับ Wye ปี 1920

กล้องระดับเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการหาความสูงของจุดต่างๆ ที่เราต้องการทราบและสามารถที่จะนำไปคำนวณหาค่าระดับของจุดนั้นจากระดับน้ำทะเลปานกลาง(Mean Sea Level: MSL.) กล้องระดับมีหลายชนิดและหลายลักษณะ ซึ่งมีข้อกำหนดในการใช้งานตามความละเอียดและชั้นของงาน ตามข้อกำหนดของหน่วยงาน ซึ่งผู้ปฏิบัติงานจะต้องทราบและเลือกใช้ให้ถูกต้อง

ส่วนประกอบของกล้องระดับ



รูปที่ 12.2 ส่วนประกอบกล้องระดับ

ส่วนประกอบหลักของกล้องระดับ คือ

1. กล้องเทเลสโคป
2. หลอดระดับ และตาไก่
3. ควงปรับระดับ
4. ควงสัมผัสราบ และสเกลจานองศาราบ

ชนิดของกล้องระดับ

1. กล้องระดับชนิดเทเลสโคปติดกับเดือยแกนดิ่งเป็นชิ้นเดียวกัน (Dumpy level)

รูปที่ 12.3 กล้องระดับ Dumpy

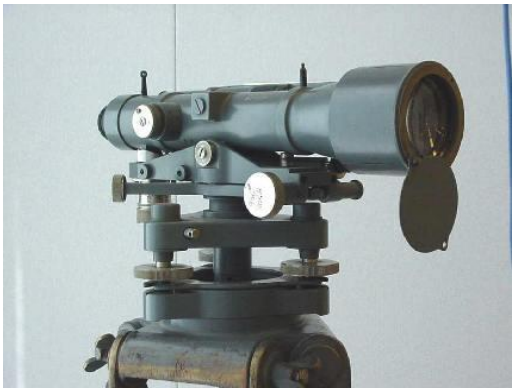
กล้องชนิดนี้กล้องเทเลสโคปติดกับเดือยแกนดิ่งเป็นชิ้นเดียวกัน ในลักษณะตั้งฉากซึ่งกันและกัน ในการปรับระดับกล้องค่อนข้างที่จะต้องใช้ความชำนาญมากโดยใช้ตาไก่ (Circular Vial) สำหรับการปรับระดับกล้องก่อนที่จะปรับระดับด้วยการใช้หลอดระดับ (Bubble Tube) ของกล้องระดับ และก่อนที่จะอ่านค่าระดับที่ไม้ระดับจะต้องตรวจสอบหลอดระดับของกล้องระดับทุกครั้ง กล้องชนิดนี้เป็นกล้องระดับรุ่นแรก ๆ ต่อมามีการพัฒนาเป็น y-level ที่สามารถถอดกล้องเทเลสโคปออกจากตัวกล้องซึ่งทำที่รองรับคล้ายรูปตัว “y” ได้ การตั้งกล้องชนิดกล้องเทเลสโคปติดกับเดือยแกนดิ่งเป็นชิ้นเดียวมีลำดับการปฏิบัติดังต่อไปนี้ คือ

1) หมุนกล้องให้กล้องเทเลสโคปและหลอดระดับขนานกับควงปรับระดับ (foot screw) คู่หนึ่ง แล้วหมุนควงปรับระดับคู่นั้นให้สวนทางกันเพื่อให้การปรับได้รวดเร็วขึ้น จนกระทั่งฟองอากาศเข้ากึ่งกลาง

2) หมุนกล้องไป 90 องศา แล้วหมุนควงปรับระดับตัวที่ 3 ให้ฟองอากาศเข้ากึ่งกลาง

3) หมุนกล้องไป 180 องศา เพื่อการตรวจสอบ เพราะหากมีความคลาดเคลื่อนฟองอากาศจะคลาดเคลื่อนเป็นสองเท่าของค่าเริ่มต้น และหากยังคงมีความคลาดเคลื่อนอยู่ให้ให้กลับไปปฏิบัติตามตั้งแต่ขั้นที่ 1) อีกครั้ง

2. กล้องระดับชนิดเทเลสโคปปรับระดับได้ (Tilting level)



รูปที่ 12.4 กล้องระดับ Tilting

กล้องแบบนี้ออกแบบให้กล้องเทเลสโคปอิสระไม่ตรึงแน่นกับแกนดิ่งของกล้อง และสามารถปรับระดับแนวเล็งของกล้องด้วยการหมุนควงยกกล้อง (Tilting Screw) ทำให้การปรับระดับของกล้องง่ายกว่า แต่ในการอ่านค่าระดับทุกครั้งจะต้องใช้ควงยกกล้องที่เป็นสกรูที่มีความละเอียดมากเพื่อให้กล้องโทรทัศน์กระดกขึ้นหรือลงจนกระทั่งหลอดระดับเข้ากึ่งกลาง ส่วนใหญ่จะมีช่องมองที่ผู้ส่องกล้องสามารถมองเห็นหลอดระดับแบบเขาควายหรืองาช้าง โดยมีปริซึมช่วยให้มองเห็นและต้องปรับให้ปลายของฟองอากาศในหลอดระดับมีรูปโค้งเหมือนเขาควายหรืองาช้างซึ่งแสดงว่าฟองอากาศเข้าที่แล้ว เนื่องจากมีการใช้ระบบออฟติคสะท้อนด้านหัวและท้ายของฟองอากาศให้มาปรากฏในช่องมองอันเดียวกัน ส่วนการปรับระดับของกล้องชนิดกล้องเทเลสโคปปรับระดับได้ มีลำดับขั้นดังต่อไปนี้

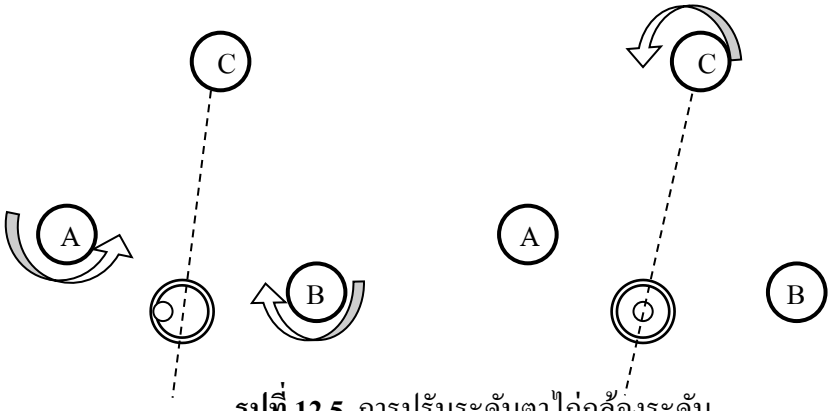
1) หมุนกล้องให้ตาไก่มาอยู่ที่กึ่งกลางของควงปรับระดับคู่หนึ่ง คือ A และ B ดังภาพที่ 9 (ซ้าย)

2) หมุนควงปรับระดับ A และ B พร้อมกันในทิศทางสวนทางกัน และปริมาณเท่ากันจะทำให้ฟองอากาศเลื่อนอย่างรวดเร็วเข้าสู่แนวเส้นตรงที่เชื่อมจากควงปรับระดับ C ถึงตาไก่

3) หมุนควงปรับระดับ C จนฟองอากาศเข้ากึ่งกลาง

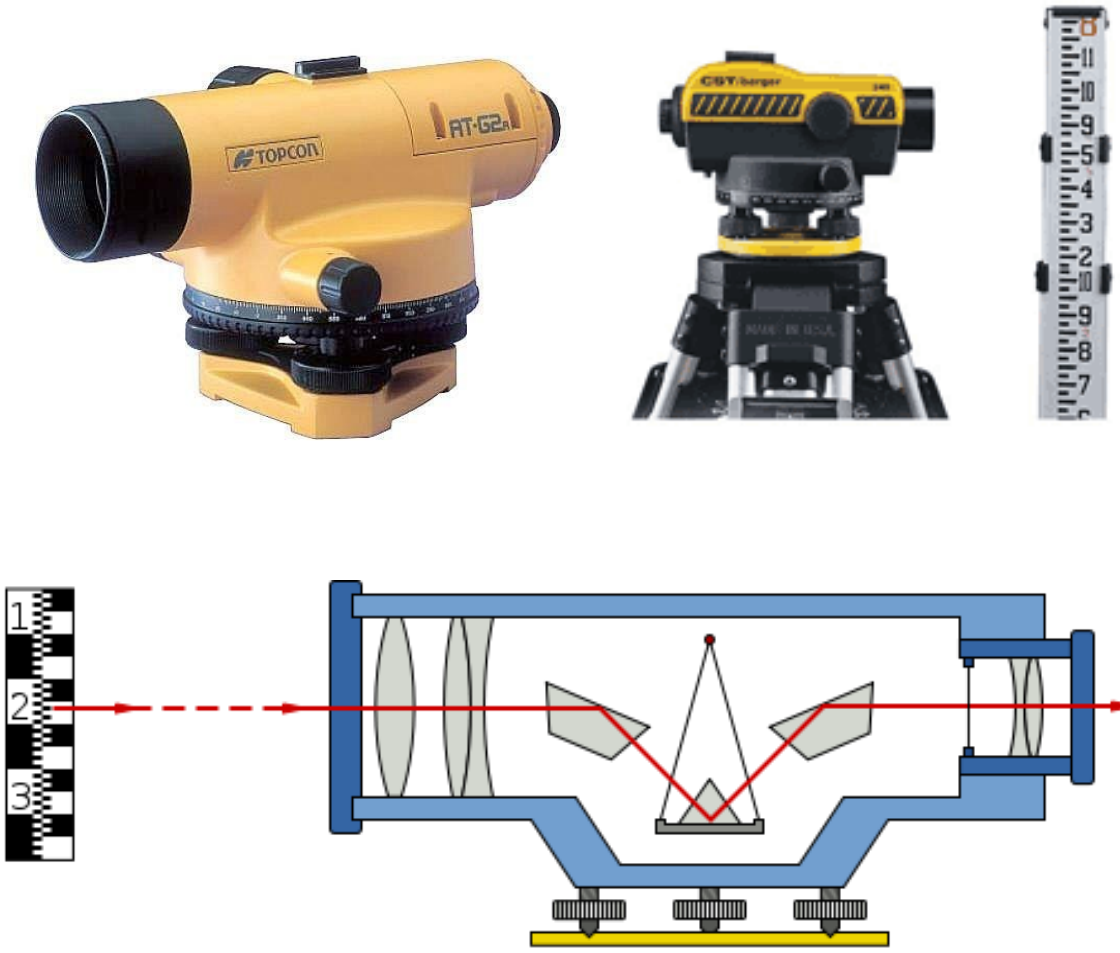
4) ทดสอบโดยการหมุนกล้องไปประมาณ 180 องศา

5) ปรับหลอดระดับของเทเลสโคปให้เข้ากึ่งกลางโดยการหมุนควงยกกล้องทุกครั้งที่อ่านค่าไม้ระดับ



รูปที่ 12.5 การปรับระดับตาไก่กล้องระดับ

3. กล้องระดับอัตโนมัติ (Automatic level)



รูปที่ 12.6 กล้องระดับอัตโนมัติ

เป็นกล้องที่มีอุปกรณ์สำคัญคือตัวชดเชย (Compensating) ที่เป็นระบบออฟติคหรือระบบลูกตุ้มช่วยให้แนวเล็งของกล้องอยู่ในแนวราบได้โดยอัตโนมัติ เพียงแค่ปรับตาไก่ให้เข้าที่เท่านั้น ไม่ว่าเทเลสโคป จะอยู่ในทิศทางใด ทำให้ง่ายแก่การปฏิบัติงานมาก โดยมีความถูกต้องในระดับที่ใช้งานได้สำหรับงานก่อสร้าง เราสามารถทดสอบการทำงานของตัวชดเชยโดยการกดกล้องเทเลสโคปแล้วปล่อย สายใยกล้องจะสั่นสักครู่แล้วจึงหยุด การปรับระดับกล้องระดับอัตโนมัติให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับการปรับระดับของกล้องชนิดเทเลสโคปปรับระดับได้ในขั้นที่ 1) ถึง 4)

4. กล้องระดับพิเศษ (Precise Level)

รูปที่ 12.6 กล้องระดับพิเศษ Wild N3

หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากล้อง Plane Parallel Plate เป็นกล้องที่มีหลอดระดับที่มีความสูงมีการติดตั้งไมโครมิเตอร์ที่ช่วยให้การอ่านค่าไม้ระดับได้โดยตรงละเอียดถึง 0.1 มิลิเมตร และอ่านค่าประมาณได้ 0.01 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงควรใช้กับไม้ระดับอินวาร์ (Invar Staff) ที่มีการยืดหดตัวน้อยที่สุดเพื่อการทำงานระดับพิเศษชั้น 1 หรือ 2

5. ชนิดกล้องระดับดิจิตอล (Digital Level)

รูปที่ 12.7 กล้องระดับดิจิตอล

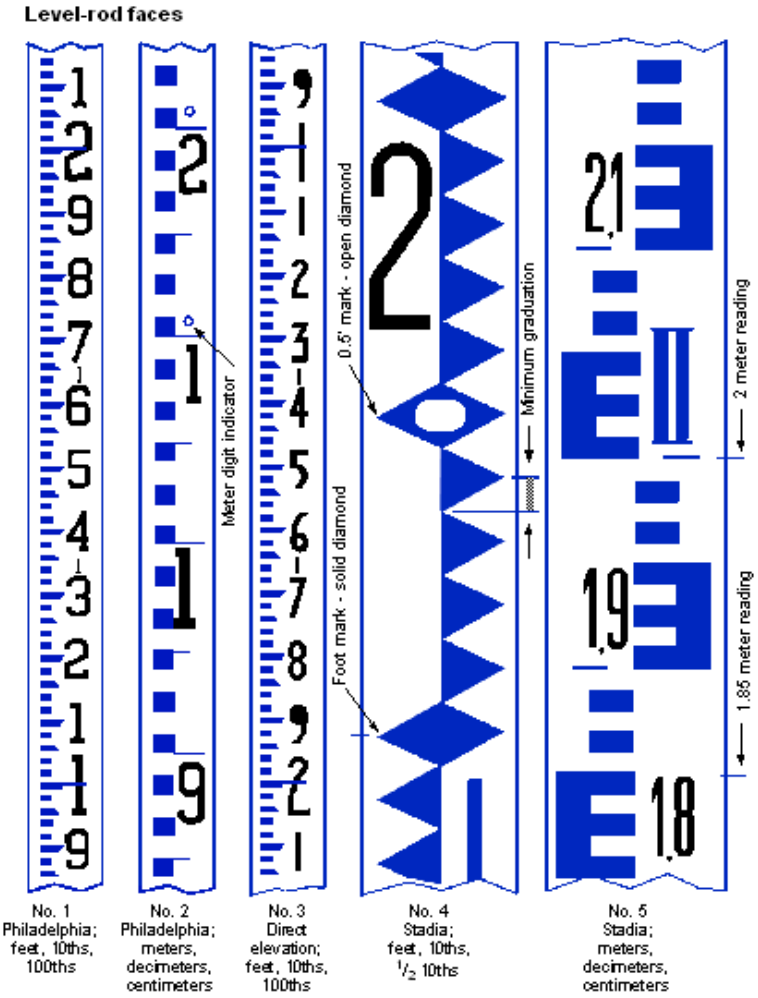
เป็นกล้องระดับที่ใช้คู่กับไม้วัดระดับแบบพิเศษ เช่นเดียวกับเครื่องอ่านบาร์โค้ดในสลากสินค้า สามารถอ่านค่าไม้ระดับออกมาเป็นตัวเลขเลย ข้อดีคือแก้ปัญหาความผิดเนื่องจากการอ่านค่าไม้วัดระดับ

6. ชนิดกล้องเลเซอร์ (Laser Level)

รูปที่ 12.8 กล้องเลเซอร์

เป็นเครื่องทำระดับอัตโนมัติพร้อมขาตั้ง มีระบบทำงานด้วยแสงเลเซอร์ ให้แนวแสงได้ทั้งในแนวดิ่งแนวราบและแนวเอียง มีอุปกรณ์ประกอบพร้อม

ไม้วัดระดับ(Staff) เรียกอีกอย่างว่า Rod มีหลายชนิดลักษณะตามบริษัทผู้ผลิต หรือตามหน่วยมาตรการวัดระยะ เช่น เมตร ฟุต หรืออาจแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำ เช่น ไม้วัดระดับที่ทำจาก ไม้ หรือ อลูมิเนียม เป็นต้น



รูปที่ 12.9 ไม้วัดระดับ

วิธีอ่านค่าบนไม้วัดระดับ (Staff Readings)

ถ้าใช้ไม้วัดระดับชนิดหัวกลับ ค่าระดับจะเพิ่มจากเบื้องบนสู่เบื้องล่าง (นับจากข้างบนลงข้างล่าง) ตรงกันข้ามถ้าใช้ไม้วัดระดับชนิดหัวตรง ค่าระดับจะเพิ่มขึ้นจากเบื้องล่างสู่เบื้องบน (นับจากข้างล่างสูงขึ้นไปข้างบนตามธรรมชาติ) การอ่านไม้วัดระดับ ควรจะสังเกตจากตัวเลขน้อยสุด แล้วนับขึ้นไปยังสายใยราบที่ตัดกับไม้วัดระดับ การอ่านค่าจะใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่งเช่น 0.000 เมตร

0 หน้าจุดทศนิยมมีหน่วยเป็นเมตร

0 ตัวที่ 1 และ 2 หลังจุดทศนิยมมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

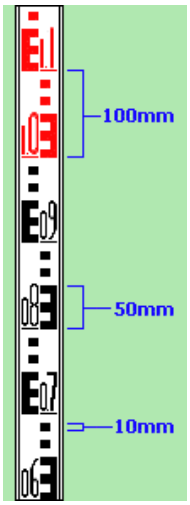
0 ตัวที่ 3 หลังจุดทศนิยมมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

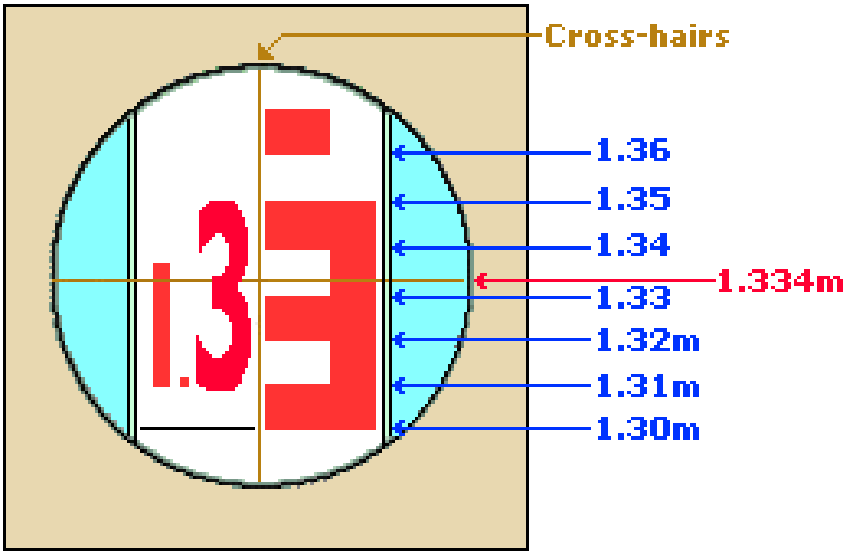
เช่น อ่านค่าได้ 2.350 อ่านว่า 2 เมตร 35 เซนติเมตร 0 มิลลิเมตร

อ่านค่าได้ 1.055 อ่านว่า 1 เมตร 05 เซนติเมตร 5 มิลลิเมตร

อ่านค่าได้ 2.000 อ่านว่า 2 เมตร 00 เซนติเมตร 0 มิลลิเมตร

อ่านค่าได้ 0.584 อ่านว่า 0 เมตร 58 เซนติเมตร 4 มิลลิเมตร





รูปที่ 12.10 การอ่านค่าไม้วัดระดับ

วิธีการทำระดับ

วิธีการทำระดับโดยทั่วไป มี 3 วิธีการ คือ

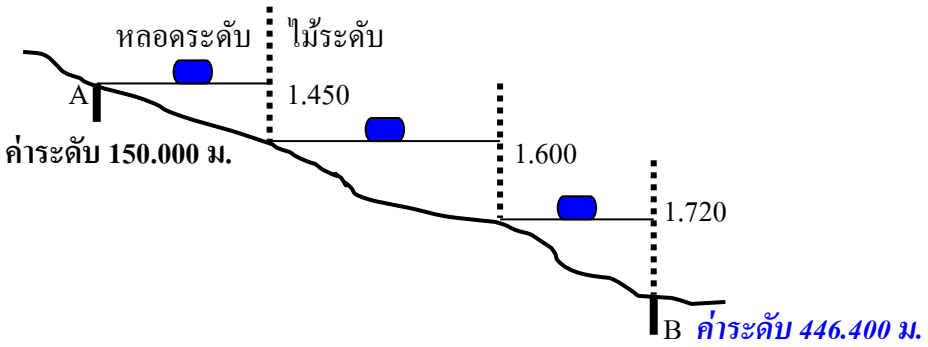
1. การทำระดับโดยตรง (Direct or Spirit Leveling) เป็นการทำระดับด้วยการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือทำการรังวัดโดยตรง เช่น การใช้สายยางน้ำ การใช้หลอดระดับ ไม้ระดับและไม้เมตร การใช้เครื่องส่องฉาก ไม้ระดับ กับไม้เมตร และการใช้กล้องระดับกับไม้ระดับ ซึ่งแบบหลังนี้จะให้ความถูกต้องสูงกว่าแบบอื่นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของกล้องและไม้ระดับ

2. การทำระดับโดยอ้อม (Indirect) หรือระดับตรีโกณ (Trigonometric Leveling) จะใช้การวัดระยะทางและมุมดิ่งเพื่อคำนวณหาค่าระดับของจุด หรือความแตกต่างระดับด้วยการใช้หลักตรีโกณ

3. การทำระดับบารอมิเตอร์ (Barometric Leveling) โดยค่าความสูงที่แสดงบนหน้าปัทม์จะผันแปรไปตามความกดอากาศที่แตกต่างกัน จะเกิดความคลาดเคลื่อนมากเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้ความกดอากาศเปลี่ยนแปลงด้วยเสมอ ความถูกต้องของงานประมาณ ± 1.000 เมตร ถึงแม้จะไม่ถูกต้องมากนักแต่ก็ทำงานได้รวดเร็วและสามารถหาค่าระดับเฉพาะจุดระดับสูงเที่ยงได้

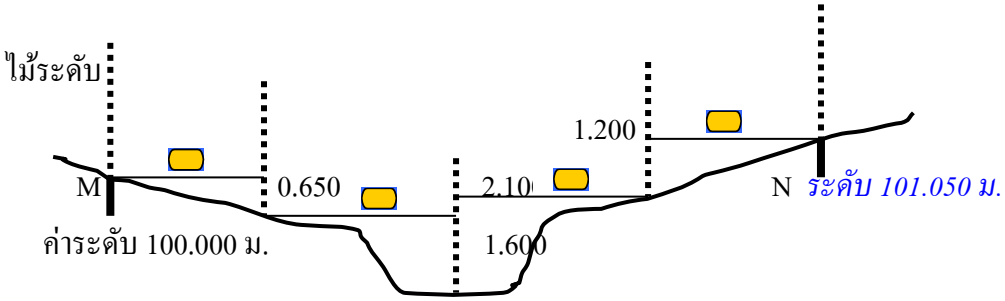
การทำระดับโดยตรง

1. การทำระดับด้วยหลอดระดับ ไม้เมตร และไม้ระดับ



รูปที่ 12.11 การทำระดับด้วยหลอดระดับ ไม้เมตร และไม้ระดับ

เมื่อนำหลอดระดับมาวางบนไม้เมตรซึ่งทาบกับไม้ระดับก็จะทราบค่าความแตกต่างระดับความสูงระหว่างสองจุดได้ หรือหากปฏิบัติดังภาพที่ 12.11 แบบทีละช่วง ๆ จะสามารถทราบค่าระดับจุดปลายทางได้ ซึ่งในที่นี้จุดปลายทาง B จะต่ำกว่าจุด A เท่ากับ 1.450+1.600+1.720 หรือ 4.770 เมตร ดังนั้นค่าระดับความสูงของจุด B เท่ากับ ค่าระดับของจุด A ที่150.000 ลบด้วย 4.770 เท่ากับ 145.230 เมตร ส่วนภาพที่ 12.12 จุดปลายทางจะสูงกว่าเท่ากับ -0.65 0 -1.600 + 2.100 + 1.200 หรือ 1.050 เมตร หรือค่าระดับของจุด N จะเท่ากับ ค่าระดับของจุด M ที่ 100.000 ลบด้วย 1.050 เท่ากับ 101.050 เมตร

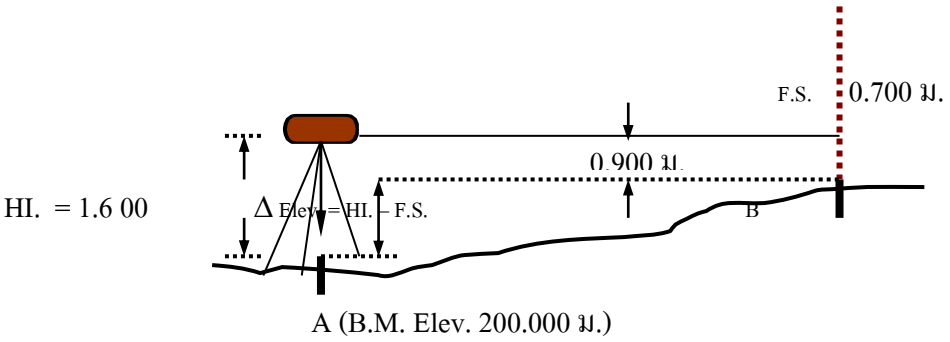


รูปที่ 12.12 การทำระดับด้วยหลอดระดับ ไม้เมตร และไม้ระดับ

2. การทำระดับด้วยกล้องระดับ กับไม้ระดับ

2.1 เมื่อต้องกล้องเหนือหมุดหลักฐาน

กล้องระดับที่ตั้งเหนือหมุดหลักฐานที่ทราบค่าความสูงแล้วนั้น หลังจากปรับระดับของกล้องเรียบร้อยแล้วจะทำให้แนวเล็งของกล้องอยู่ในแนวราบเราจึงสามารถอ่านค่าที่ไม้ระดับที่ตั้งยังจุดเป้าหมายซึ่งยังไม่ทราบค่าระดับได้

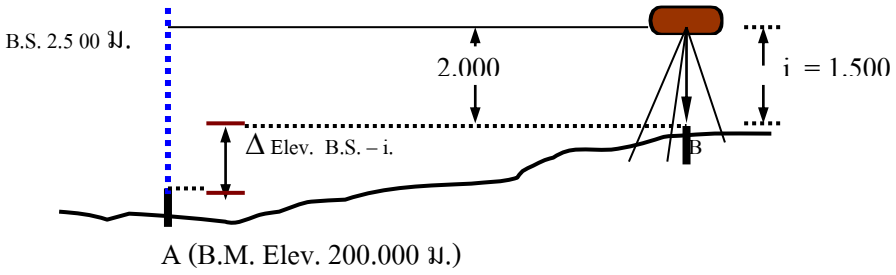


รูปที่ 12.13 การทำระดับเมื่อกล้องระดับเหนือหมุดหลักฐาน

จากภาพที่ 12.13 ถ้าสมมติให้หมุด A มีความสูง 200.000 เมตร ความสูงของหมุด B จะเป็นเท่าใด เมื่อค่าไม้หน้า (Fore Sight: F.S.) เท่ากับ 0.700 ม. และความสูงของกล้อง (i) เหนือหมุด A เท่ากับ 1.600 ม. ความแตกต่างความสูงจะเท่ากับ 1.600 – 0.700 หรือ 0.900 ม. ดังนั้นความสูงของหมุด B จะเท่ากับ ความสูงของจุด A บวกกับ ค่าความแตกต่างความสูงหรือ 200 + (0.900) เท่ากับ 200.900 ม.

2.2 เมื่อต้องกล้องเหนือหมุดที่ไม่ทราบค่าระดับ

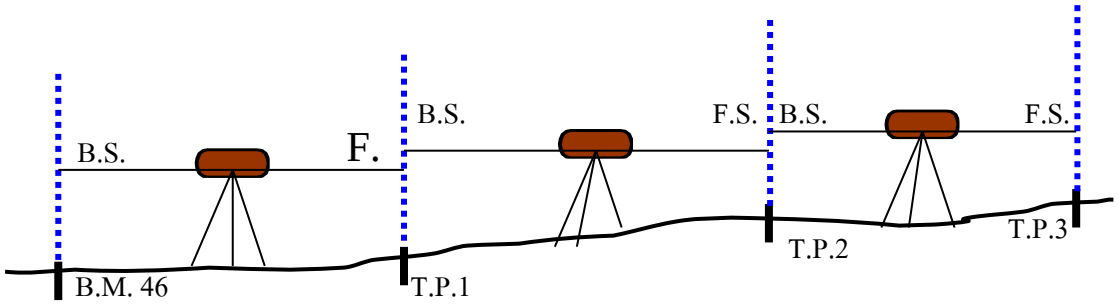
การหาค่าระดับความสูงของจุดตั้งกล้องที่ต้องอ้างอิงมาจากหมุดหลักฐาน สามารถปฏิบัติตามภาพที่12.5 ถ้าสมมติให้หมุด A มีความสูง 200.000 เมตร ความสูงของหมุด B จะเป็นเท่าใด เมื่อค่าไม้หลัง (Back Sight: B.S.) เท่ากับ 2.500 ม. และความสูงของกล้อง (i) เหนือหมุด B เท่ากับ 1.500 ม. ความแตกต่างความสูงจะเท่ากับ 2.500 – 1.500 หรือ1.000 ม. ดังนั้นความสูงของหมุด B จะเท่ากับ ความสูงของจุด A บวกกับ ค่าความแตกต่างความสูงหรือ 200 + (1.000) เท่ากับ 201.000 ม.



รูปที่ 12.14 การทำระดับเมื่อกล้องระดับตั้งอยู่เหนือจุดใดที่ไม่ใช้หมุดหลักฐาน

3. การทำระดับต่อเนื่อง

ในการทำระดับแบบค่าความต่างระดับ (Differential Leveling) รูปตัดตามยาว (Profile Leveling) หรือ รูปตัดตามขวาง (Cross Section) จะเป็นการทำระดับแบบต่อเนื่องนั้นหมายถึงการอ่านค่าไม้หลังและค่าไม้หน้าสลับกันไปจากจุดแรกออกงานไปจนถึงจุดที่ต้องการ ซึ่งบางครั้งต้องมีการอ่านค่าไม้กลาง (Intermediate Foresight: IFS) จำนวนมากด้วย อย่างไรก็ตามการทำระดับแบบค่าความต่างระดับจะเป็นตัวอย่างที่เข้าใจได้ง่ายกว่า ดังภาพที่12.15



รูปที่ 12.15 การทำระดับต่อเนื่องแบบค่าความต่างระดับ (Differential Leveling)

แบบทดสอบท้ายบทที่ 12

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การระดับหมายถึง
    ก. กระบวนการในการหาความสูงของจุด
    ข. การหาความแตกต่างของความสูงของจุดที่ต้องการ
    ค. การได้มาซึ่งข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการทำแผนที่ภูมิประเทศ
    ง. ถูกทุกข้อ
2. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของการระดับ
    ก. ใช้ในงานออกโฉนดที่ดิน
    ข. ใช้หาข้อมูลเพื่อการออกแบบทางหลวง
    ค. คำนวณปริมาตรดิน
    ง. ศึกษาลักษณะของระบบระบายน้ำในพื้นที่
3. ระนาบที่ใช้ในการอ้างอิงความสูงของจุดต่าง ๆ
    ก. พื้นผิวระดับ
    ข. ความสูง
    ค. พื้นหลักฐานการระดับ
    ง. พื้นระนาบราบ
4. ระยะทางดิ่งจากพื้นหลักฐานการระดับ
    ก. พื้นผิวระดับ
    ข. ความสูง
    ค. พื้นหลักฐานการระดับ
    ง. พื้นระนาบราบ
5. ระนาบที่ตั้งฉากกับเส้นดิ่งของจุดนั้น
    ก. พื้นผิวระดับ
    ข. ความสูง
    ค. พื้นหลักฐานการระดับ
    ง. พื้นระนาบราบ
6. แนวเส้นลูกดิ่งไม่ตัดกันที่จุดเดียวกันที่ศูนย์กลางของโลกเพราะ
    ก. พื้นผิวโลกขรุขระ
    ข. ความสูงของจุดพิจารณาระดับไม่เท่ากัน
    ค. สัญฐานโลกเป็น Spheroid

ง. พื้นระนาบราบไม่ขนานกัน

7. เครื่องมือที่ใช้สำหรับการหาความสูงของจุดต่างๆที่นิยมใช้มากที่สุด

ก. ระดับมือพื้นผิวระดับ

ข. สายยาง

ค. บารอมิเตอร์

ง. กล้องระดับ

8. Mean Sea Level: MSL.

ก. พื้นผิวระดับ

ข. ระดับทะเลปานกลาง

ค. พื้นหลักฐานการระดับ

ง. พื้นระนาบราบ

9. กล้องเทเลสโคปติดกับเดือยแกนดิ่งเป็นชิ้นเดียวกัน

ก. Automatic level

ข. Tilting level

ค. Dumpy level

ง. Digital Level

10. เป็นกล้องที่มีอุปกรณ์สำคัญคือตัวชดเชย (Compensating)

ก. Automatic level

ข. Tilting level

ค. Dumpy level

ง. Digital Level

11. ปรับระดับแนวเล็งของกล้องด้วยการหมุนควงยกกล้อง

ก. Automatic level

ข. Tilting level

ค. Dumpy level

ง. Digital Level

12. การปรับระดับกล้องค่อนข้างที่จะต้องใช้ความชำนาญมากโดยใช้ตาไก่

ก. Automatic level

ข. Tilting level

ค. Dumpy level

ง. Digital Level

13. ไมโครมิเตอร์ที่ช่วยให้การอ่านค่าไม้ระดับได้โดยตรงละเอียดถึง 0.1 มิลิเมตร

ก. Compensating

ข. Plane Parallel Plate

ค. เทเลสโคปติด

ง. Bubble Tube

14. กล้องระดับพิเศษต้องใช้คู่กับ

ก. Rod

ข. ไม้วัดระดับที่ทำจากไม้

ค. ไม้วัดระดับที่ทำจากอลูมิเนียม

ง. ไม้ระดับอินวาร์

15. สำหรับการปรับระดับกล้องแบบหยาบเราใช้

ก. Bubble Tube

ข. Circular Vial

ค. foot screw

ง. ขากล้อง

16. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบหลักของกล้องระดับ

ก. กล้องเทเลสโคป

ข. หลอดระดับ และตาไก่

ค. ควงปรับระดับ

ง. ไม้วัดระดับ

17. กล้องระดับมีหลายชนิดการเลือกใช้ชนิดใดขึ้นอยู่กับ

ก. ข้อกำหนดชั้นงาน

ข. ข้อกำหนดหน่วยงาน

ค. ชนิดของงานที่ทำ

ง. ถูกทุกข้อ

18. การปรับให้ตาไก่มาอยู่ที่กึ่งกลางของหลอดระดับใช้อุปกรณ์ใด

ก. foot screw

ข. ขากล้อง

ค. micrometer

ง. Plane Parallel Plate

19. เครื่องมือวัดความสูงจากความกดอากาศเปลี่ยนแปลง

ก. การทำระดับโดยตรง

ข. การทำระดับโดยอ้อม

ค. การทำระดับด้วยบารอมิเตอร์

ง. การทำระดับตรีโกณ

20. การทำระดับแบบต่อเนื่อง

ก. ทำระดับแบบค่าความต่างระดับ

ข. Profile Leveling

ค. Cross Section

ง. Differential Leveling

หน่วยการเรียนที่ 13

การทำระดับด้วยกล้องระดับ

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 13.1 วิธีการทำระดับ (Leveling Method)

เรื่องที่ 13.2 การหาความสูงต่างของจุด 2 จุดด้วยกล้องระดับ

เรื่องที่ 13.4 ใบงานที่ 13 การคำนวณหามุมจากภาคของทิศและมุมทิศ

สาระสำคัญ

1. วิธีการทำระดับจะเป็นการหาค่าความสูงต่างของจุด (Difference in elevation) ซึ่งสามมารถแบ่งเป็น การทำระดับทางตรง (Direct leveling) วิธีนี้เป็นการหาระดับที่ถูกต้องมากที่สุด การทำระดับทางอ้อมโดยใช้วิธีวัดมุมและวัดระยะแล้วนำค่ามาคำนวณตามวิธีวิชาตรีโกณมิติ การทำระดับโดยใช้หลักการของความกดดันของบรรยากาศ เรียกว่า Barometric Leveling โดยใช้เครื่องวัดความกดดันบรรยายบรรยากาศ
2. เรื่องการหาค่าความสูงต่างของจุด 2 จุด โดยการใช้กล้องระดับประกอบไม้วัดระดับสามารถทำได้หลายแบบโดยการเปลี่ยนตำแหน่งการตั้งกล้อง
3. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติงานทำระดับด้วยกล้องระดับเพื่อให้มีความชำนาญและความอดทน ละเอียดรอบคอบ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. อธิบายความหมายของการทำระดับทางตรงและทางอ้อมได้
2. บอกขั้นตอนการหาความต่างระดับของจุด 2 จุดได้
3. มีทักษะในการวัดระยะด้วยเทปและโซ่

เรื่องที่ 13.1 วิธีการทำระดับ (Leveling Method)

การทำระดับมีหลายวิธซึ่งแต่ละวิธีมีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน การเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทำระดับเป็นหลัก อีกทั้งระยะเวลาและงบประมาณก็เป็นตัวกำหนดวิธีการทำระดับเช่นกัน เพราะการทำระดับที่ต้องการความละเอียดสูงก็จะใช้เวลาและงบประมาณมากตามไปด้วย วิธีการทำระดับจะเป็นการหาค่าความสูงต่างของจุด (Difference in elevation) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า DIFF. ในปัจจุบันเทคโนโลยีเกี่ยวกับการวัดหลายชนิด ซึ่งพอที่จะแบ่งออกเป็น2 ประเภทใหญ่ๆได้ดังนี้

1. การทำระดับทางตรง (Direct leveling) วิธีนี้เป็นการหาระดับที่ถูกต้องมากที่สุด (ขึ้นอยู่กับวิธีการและเครื่องมือ) เพราะได้ค่าออกมาโดยตรง ซึ่งการทำระดับจะใช้วิธีต่าง ๆ ดังนี้

1. การใช้สายยาง
2. การใช้ไม้วัดระดับ
3. การใช้กล้องระดับระบบ Mechanics
4. การใช้กล้องระดับระบบอิเล็คทรอนิคส์ โดยใช้แสงอินฟราเรด
5. การใช้กล้องระดับ Laser Level ใช้กับเป้าติด Staff
6. การใช้กล้องระดับ Laser Level ชนิดหมุนเพื่อการก่อสร้าง

2. การทำระดับทางอ้อม การทำระดับวิธีนี้จะใช้วิธีวัดมุมและวัดระยะแล้วนำค่ามาคำนวณตามวิธีวิชาตรีโกณมิติ เราเรียนว่าวิธีการทำระดับแบบตรีโกณ เครื่องมือสมัยใหม่สามารถคำนวณค่าออกมาอย่างอัตโนมัติ เครื่องมือมีดังนี้

1. การใช้กล้องวัดมุมระดับ Mechanics และการวัดระยะ
2. การใช้กล้อง ETS (Electronic Total Station)
3. การทำระดับภูมิประเทศด้วย Laser จากเครื่องบิน
4. การหาระดับโดยใช้วิทยุคลื่นสั้น เช่น การใช้ดาวเทียม การใช้เครื่องบิน
5. การทำระดับโดยใช้ระบบเสียงใช้งานสำรวจหาความลึกพื้นภูมิประเทศ

3. การทำระดับโดยใช้หลักการของความกดดันของบรรยากาศ เรียกว่า Barometric Leveling โดยใช้เครื่องวัดความกดดันบรรยายบรรยากาศ (Altimeter)จะได้ค่าระดับความสูงจากน้ำทะเลปานกลาง ค่าที่ได้จะไม่ละเอียดมักนัก เมื่อก่อนใช้วัดระดับความสูงของอากาศยาน อากาศเป็นสสาร จึงมีมวลต้องการที่อยู่ มวลของอากาศจะเท่ากับผลรวมของมวลของก๊าซต่างๆ ในอากาศ และมวลของอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศรวมกัน มวลของอากาศสามารถเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ในช่วงวันหนึ่งๆ ขึ้นกับองค์ประกอบของอากาศ
สมบัติของอากาศที่สำคัญได้แก่

3.1. ความหนาแน่นของอากาศ[D] ความหนาแน่นของอากาศ เป็นอัตราส่วนระหว่างมวลกับปริมาตรของอากาศ เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

กำหนดให้ M = มวลของอากาศ มีหน่วยเป็น กรัม, กิโลกรัม

V = ปริมาตร มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร, ลูกบาศก์เซนติเมตร

D = ความหนาแน่นของอากาศ มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

D = m/V

ความหนาแน่นของอากาศแปรผกผันกับความสูงจากระดับน้ำทะเล คือ ถ้าความสูงจากระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของอากาศมีค่าลดลง ซึ่งแสดงว่า บริเวณสูงๆ ขึ้นไปจากระดับน้ำทะเล อากาศจะอยู่เจือจางลง

3.2. ความดันอากาศ [P]อากาศมีแรงดันทุกทิศทุกทาง (แรงดัน หมายถึง แรงทั้งหมดที่กดลงบนพื้นที่ใดๆความดันอากาศหรือความดันบรรยากาศ คือ ค่าของแรงดันอากาศต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่รองรับแรงดันนั้นในการพยากรณ์อากาศเรียก ความดันอากาศ หรือ ความดันบรรยากาศ ว่า ความกดอากาศความดันอากาศหาจาก อัตราส่วนระหว่าง แรงดันอากาศ (F: นิวตัน) กับ พื้นที่ (A; ตารางเมตร)

$$P = F/A$$

ความสัมพันธ์ระหว่างความดันของอากาศ กับ ความสูงจากระดับน้ำทะเลเป็นดังนี้

1. ที่ความสูงระดับเดียวกัน อากาศจะมีความดันอากาศเท่ากัน หลักการนี้นำไปใช้ทำเครื่องมือตรวจวัดแนวระดับในการก่อสร้าง

2. เมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ความดันและความหนาแน่นของอากาศมีค่าลดลง หลักการนี้นำไปสร้างเครื่องมือวัดความสูง ซึ่งเรียกว่า แอลติมิเตอร์“ทุกๆ ความสูงจากระดับน้ำทะเล 11 เมตร ระดับปรอทจะลดลงจากเดิม 1 มิลลิเมตรปรอท และทุกๆ ความลึกจากระดับน้ำทะเล 11 เมตร ระดับปรอทจะเพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร”

3. จากการศึกษาอากาศสามารถดันน้ำให้อยู่ในท่อพลาสติกปลายปิดที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 10 เมตร

4. ความดันของอากาศที่ระดับน้ำทะเล เรียกว่า มีความดัน 1 บรรยากาศ

5. ความดัน 1 บรรยากาศคือความดันที่อากาศดันให้ระดับน้ำขึ้นสูงจากน้ำทะเลได้ประมาณ 10 เมตร

6. แต่ถ้าใช้ปรอทแทนน้ำ อากาศจะดันปรอทให้สูง 76 เซนติเมตร หรือ 760 มิลลิเมตร ที่ระดับน้ำทะเล

7. หน่วยวัดความดันอาจจะเป็นบาร์ หรือมิลลิบาร์

8. กรมอุตุนิยมวิทยากำหนดหน่วยวัดความดันเป็นมิลลิบาร์ โดย 1 บาร์ = 1000 มิลลิบาร์ และ 1013.5 มิลลิบาร์ = 1 บรรยากาศ = 760 มิลลิเมตรของปรอท = 1.01 X 105 N/m2

9. การวัดความดันอากาศมี 2 แบบคือ 1. วัดเป็นความสูงของน้ำ 2. วัดเป็นความสูงของปรอท

10. เครื่องมือวัดความดันมีหลายชนิด ได้แก่

ก. บารอมิเตอร์ปรอทแบบง่าย สร้างโดยอาศัยหลักการที่อากาศสามารถดันของเหลวให้เข้าไปในหลอดแก้วได้

ข. แอนิรอยด์บารอมิเตอร์ เป็นตลับโลหะที่สูบอากาศออกเกือบหมด เมื่อความดันเปลี่ยน จะอ่านค่าความดันได้ที่หน้าปัด

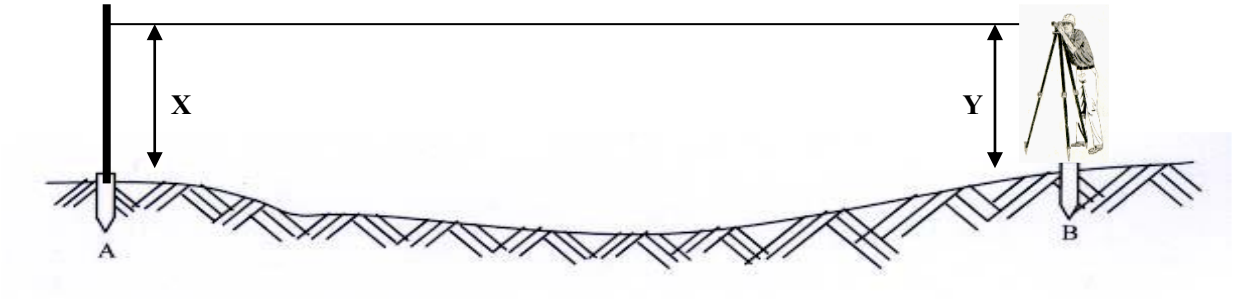
ค. แอลติมิเตอร์ ดัดแปลงมาจากแอนิรอยด์บารอมิเตอร์ อ่านค่าความสูง ใช้สำหรับบนเครื่องบินและติดตัวนักกระโดดร่ม เพื่อบอกความสูง สร้างขึ้นโดยใช้หลักการเมื่อความสูงเพิ่มความดันอากาศจะลดลง

ง. บารอกราฟ เป็นเครื่องมือบอกความดันอากาศแบบแอนิรอยด์บารอมิเตอร์ แต่จะรายงานผลในรูปกราฟ

เรื่องที่ 13.2 เรื่องการหาค่าความสูงต่างของจุด 2 จุด

การหาค่าความสูงต่างของจุด 2 จุดมีอยู่ 3 วิธีคือ

วิธีที่ 1 การทำระดับโดยส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A



รูปที่ 13.1 การทำระดับโดยส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ตั้งกล้องให้ตรงหมุดให้ได้ระดับที่หมุด B โดยใช้ลูกดิ่ง

2. วัดความสูงของแกนกล้องโดยใช้ตลับเมตร สมมุติได้ค่าเท่ากับ Y

3. หมุนกล้องระดับส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A อ่านค่าบนไม้วัดระดับ สมมติอ่านค่าได้เท่ากับ X

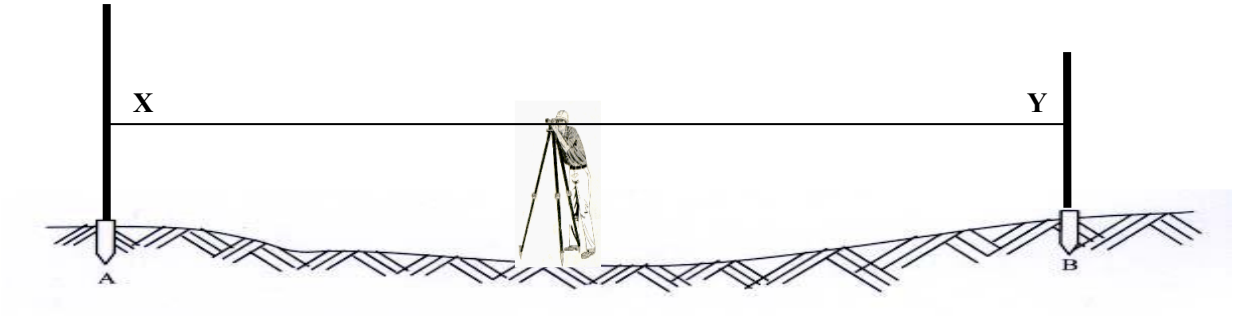
4. หาค่าความต่าง (Differential = Diff.) ระหว่างจุดจาก

สูตร Diff. = ค่า Staff ที่หมุด A – ค่าความสูงของแกนกล้อง

Diff. AB = X – Y

หมายเหตุ ค่าความต่างมีค่าเป็น **บวก** แสดงว่าจุด A ต่ำกว่าจุด B
ค่าความต่างมีค่าเป็น **ลบ** แสดงว่าจุด A สูงกว่าจุด B

วิธีที่ 2 การทำระดับโดยส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A และ B



รูปที่ 13.2 การทำระดับโดยส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A และ B

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

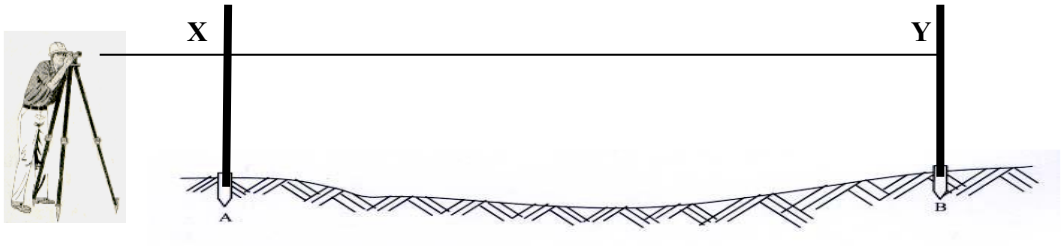
1. ตั้งกล้องให้ได้ระดับระหว่างหมุด A และหมุด B
2. หมุนกล้องระดับส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A อ่านค่าบนไม้วัดระดับ สมมุติอ่านค่าได้เท่ากับ X
3. หมุนกล้องระดับส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด B อ่านค่าบนไม้วัดระดับ สมมุติอ่านค่าได้เท่ากับ Y
4. หาค่าความต่าง (Differential = Diff.) ระหว่างจุดจาก

สูตร Diff. = ค่า Staff ที่หมุด A – ค่า Staff ที่หมุด B

Diff. AB = X – Y

หมายเหตุ ค่าความต่างมีค่าเป็น **บวก** แสดงว่าจุด A ต่ำกว่าจุด B
ค่าความต่างมีค่าเป็น **ลบ** แสดงว่าจุด A สูงกว่าจุด B

วิธีที่ 3 การทำระดับโดยส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A และ B



รูปที่ 13.2 การทำระดับโดยส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A และ B

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

5. ตั้งกล้องให้ได้ระดับหลังหมุด A
6. หมุนกล้องระดับส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A อ่านค่าบนไม้วัดระดับ สมมุติอ่านค่าได้เท่ากับ X
7. หมุนกล้องระดับส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด B อ่านค่าบนไม้วัดระดับ สมมุติอ่านค่าได้เท่ากับ Y
8. หาค่าความต่าง (Differential = Diff.) ระหว่างจุดจาก

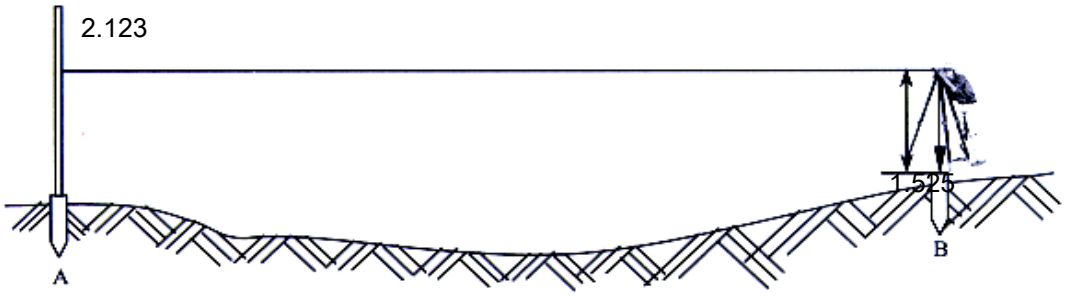
สูตร Diff. = ค่า Staff ที่หมุด A – ค่า Staff ที่หมุด B

Diff. AB = X – Y

หมายเหตุ ค่าความต่างมีค่าเป็น **บวก** แสดงว่าจุด A ต่ำกว่าจุด B

ค่าความต่างมีค่าเป็น **ลบ** แสดงว่าจุด A สูงกว่าจุด B

Ex.1 จากการปฏิบัติงานวิธีที่ 1 ได้ค่าดังรูป จงหาค่าความต่างของจุด A B และบอกด้วยว่าจุด A สูงหรือต่ำกว่าจุด B เท่าไหร่



รูปที่ 13.2 การทำระดับโดยส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A

สูตร Diff. = ค่า Staff ที่หมุด A – ค่าความสูงของแกนกล้อง

Diff. AB = 2.123 – 1.525

Diff. AB = 0.598 เมตร

ค่าผลต่างมีค่าเป็นบวกเพราะฉะนั้นจุด A ต่ำกว่าจุด B = 0.598 เมตร **Ans.**

แบบทดสอบท้ายบทที่ 13

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. คำจำกัดความของการทำระดับคือข้อใด
   ก. เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการหาความสัมพันธ์ของตำแหน่งของจุดต่างๆ
   ข. เป็นงานสำรวจที่ทำการวัดระยะและมุมเชื่อต่อกัน
   ค. เป็นการหาค่าความสูงต่างของจุด
   ง. เป็นการสำรวจเพื่อการออกแบบและก่อสร้าง
2. ข้อใดไม่ใช่การทำระดับทางตรง
   ก. การใช้สายยาง
   ข. การใช้ไม้วัดระดับ
   ค. การใช้กล้องระดับระบบ Mechanics
   ง. การใช้กล้องวัดมุมระดับ
3. ข้อใดเป็นการทำระดับทางอ้อม
   ก. การใช้สายยาง
   ข. การใช้ไม้วัดระดับ
   ค. การใช้กล้องระดับระบบ Mechanics
   ง. การหาระดับโดยใช้วิทยุคลื่นสั้น
4. การใช้กล้อง ETS (Electronic Total Station)
   ก. เป็นการทำระดับทางอ้อม
   ข. เป็นการทำระดับทางตรง
   ค. เป็นการใช้กล้องระดับระบบ Mechanics
   ง. เป็นการใช้กล้องวัดมุมระดับ
5. Altimeter คืออะไร
   ก. เครื่องวัดความลึกของน้ำ
   ข. เครื่องวัดความสูงของเครื่องบิน
   ค. เครื่องวัดระยะทางดิ่ง
   ง. เครื่องวัดความถี่ของคลื่น
6. การหาค่าความสูงต่างของจุด 2 จุดมีอยู่
   ก. 2 วิธี
   ข. 3 วิธี

ค. 4 วิธี

ง. 5 วิธี

7. ข้อใดเป็นการหาค่าความสูงต่างของจุด 2 จุด

ก. การทำระดับโดยส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A ตั้งกล้องบนหมุด B

ข. การทำระดับโดยส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A และ B ตั้งกล้องกึ่งกลาง

ค. การทำระดับโดยส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A และ B ตั้งกล้องภายนอก

ง. ถูกทุกข้อ

8. Diff. AB = X – Y เป็นข้อใด

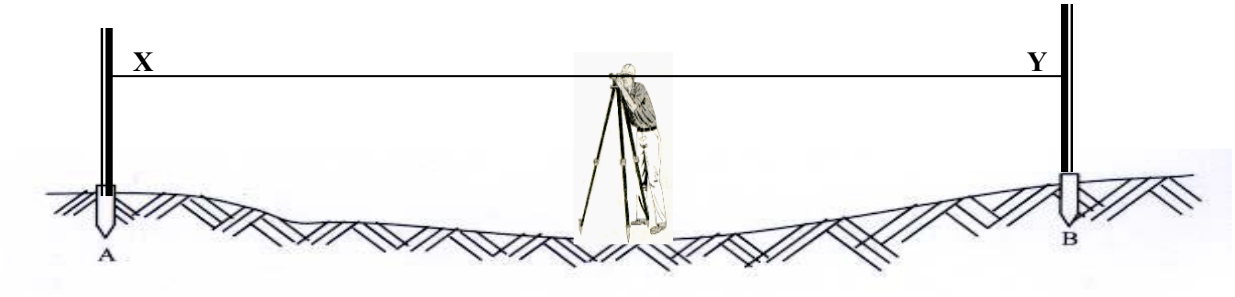
ก. การทำระดับโดยส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A ตั้งกล้องบนหมุด B

ข. การทำระดับโดยส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A และ B ตั้งกล้องกึ่งกลาง

ค. การทำระดับโดยส่องไม้วัดระดับ (Staff) ที่หมุด A และ B ตั้งกล้องภายนอก

ง. ถูกทุกข้อ

จากรูปใช้ตอบคำถามข้อ 9-13



9. จากรูป ค่า X - Y มีค่าเป็น **บวก** แสดงว่า

ก. X สูงกว่า Y

ข. Y สูงกว่า X

ค. A สูงกว่า B

ง. B สูงกว่า **A**

10. จากรูป ค่า X - Y มีค่าเป็น **ลบ** แสดงว่า

ก. X สูงกว่า Y

ข. Y สูงกว่า X

ค. A สูงกว่า B

ง. B สูงกว่า **A**

11. จากรูป ถ้า X = 1.655 Diff .AB = +0.200 ค่า Y เป็นเท่าใด

ก. 1.4 55

ข. 1.655

ค. 1.855

ง. 2.000

12. Diff. X-Y = 0 หมายถึง

ก. A สูงกว่า B

ข. B สูงกว่า **A**

ค. A สูงเท่ากับ B

ง. ยังสรุปไม่ได้

13. ถ้าระดับจุด A = 10.000 ค่า X = 1.500 Y = 1.200 จุด B มีค่าระดับเท่าใด

ก. 10.000

ข. 11.500

ค. 11.200

ง. 11.300

14. การทำระดับที่ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด

ก. การใช้สายยาง

ข. การใช้ไม้วัดระดับพิเศษ

ค. การใช้กล้องระดับเลเซอร์

ง. การใช้กล้องวัดมุมระดับ

15. ความหนาแน่นของอากาศแปรผกผันกับความสูงจากระดับน้ำทะเล คือ

ก. ถ้าความสูงจากระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของอากาศมีค่าลดลง

ข. ถ้าความสูงจากระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของอากาศมีค่าเพิ่มขึ้น

ค. ถ้าความสูงจากระดับน้ำทะเลลดลง ความหนาแน่นของอากาศมีค่าลดลง

ง. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้

16. กรมอุตุนิยมวิทยากำหนดหน่วยวัดความดันเป็นมิลลิบาร์

ก. 1 บาร์ = 1000 มิลลิบาร์

ข. 1013.5 มิลลิบาร์ = 1 บรรยากาศ

ค. 1 บรรยากาศ = 760 มิลลิเมตรของปรอท

ง. ถูกทุกข้อ

17. ทุกๆ ความสูงจากระดับน้ำทะเลกี่เมตร ระดับปรอทจะลดลงจากเดิม 1 มิลลิเมตร ปรอท

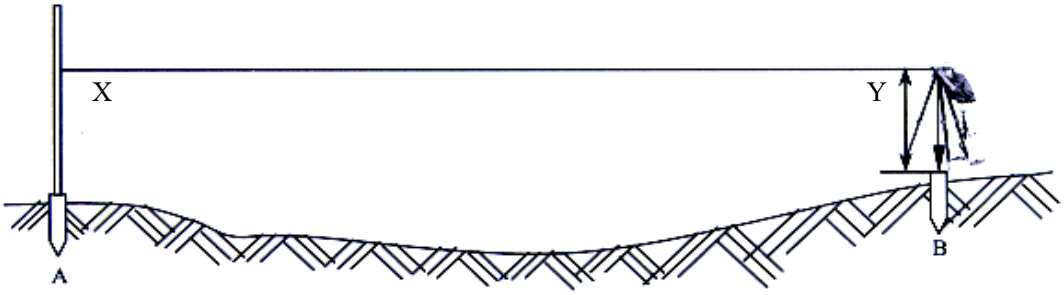
ก. 1 เมตร

ข. 10 เมตร

ค. 11 เมตร

ง. 21 เมตร

จากรูปใช้ตอบคำถามข้อ 18-20



18. จากรูป A จะสูงกว่า B เมื่อ

ก. X มากกว่า Y

ข. X มากกว่าหรือเท่ากับ Y

ค. X น้อยกว่า Y

ง. X น้อยกว่าหรือเท่ากับ Y

19. ถ้า X = 2.200 และ Y =1.400 ความต่างระดับ A และ B คือ

ก. + 0.800

ข. - 0.800

ค. + 3.600

ง. - 3.600

20. ถ้า Y = 1.500 และค่าความต่างระดับของ A ไป B เป็น -0.50 ค่าที่อ่านได้ X จะเป็น

ก. 1.000

ข. 1.500

ค. 2.000

ง. 2.500

หน่วยการเรียนที่ 14

การสำรวจหาค่าระดับ

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 14.1 การทำระดับแบบต่อเนื่อง

เรื่องที่ 14.2 การทำระดับพื้นที่

เรื่องที่ 14.3 ข้อกำหนดในการทำระดับ

เรื่องที่ 14.4 ใบงานที่ 14 การให้ระดับงานก่อสร้าง

สาระสำคัญ

1. การทำระดับแบบ Differential Leveling เป็นการถ่ายระดับต่อเนื่องกันไป วิธีนี้ใช้ในการสร้าง B.M. ตรวจสอบชั้น (order) ต่างๆ ของงานระดับ การหาค่าสูงต่าง (Differential in Elevation)ของจุด 2 จุด
2. การทำระดับพื้นที่ด้วยวิธีการรังวัดบ่อยืม (Borrow Pit Leveling) สามารถนำมาใช้ในการเขียนจุดระดับสูงเที่ยง (Elevation)
3. ข้อกำหนดมาตรฐานของหมุดบังคับทางดิ่ง (Specification)
4. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติงานการทำระดับพื้นที่เพื่อให้มีความชำนาญและความอดทน ละเอียดรอบคอบ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. อธิบายความหมายของการทำระดับแบบต่อเนื่องได้
2. บอกขั้นตอนการทำระดับพื้นที่ได้
3. บอกข้อกำหนดชั้นของการทำระดับได้
3. มีทักษะในการทำระดับพื้นที่

เรื่องที่ 14.1 การทำระดับแบบต่อเนื่อง (Differential Leveling)หาความสูงต่างระหว่างจุด

การทำระดับแบบ Differential Leveling เป็นการถ่ายระดับต่อเนื่องกันไป วิธีนี้ใช้ในการสร้าง B.M. ตรวจสอบชั้น (order) ต่างๆ ของงานระดับ การหาค่าสูงต่าง (Differential in Elevation) ของจุด 2 จุด ซึ่งจุดสองจุดนั้นอยู่ในลักษณะดังนี้

1. จุด 2 จุด นั้นอยู่ห่างไกลกัน ซึ่งในระหว่างจุดทั้งสองนี้เราอาจถ่ายค่า เพื่อสร้างเป็นหมุดหลักฐานถาวร (B.M.) ก็ได้

2. ผลต่างของระดับที่อยู่ห่างไกลกันนั้น มีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก

3. จุด 2 จุดนั้นเมื่อตั้งกล้องแล้วมองไม่เห็นกัน

ทั้งสามข้อนี้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องตั้งกล้องหลายครั้ง เพื่อที่จะหาระดับของอีกจุดหนึ่ง รวมทั้งระดับย่านกลางของจุดทั้งสองนั้นด้วยการหาค่าระดับแบบ Differential อาจทำได้ 2 อย่าง คือ ถ้างานระดับธรรมดาที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนักก็ใช้อ่านแบบสายใยสายเดียว(Single Wire) คืออ่านสายใยกลางที่ตัดบนไม้วัดระดับวิธีนี้นิยมใช้กันมากในการทำระดับทั่วๆ ไปแต่ถ้าการทำระดับอย่างละเอียดก็ใช้แบบอ่านสายใยสามสาย(Three Wires)

ประโยชน์ของการทำระดับแบบ Differential

1. ใช้ในการหากำหนดสูง และค่าสูงต่างของจุดต่าง ๆ

2. ใช้ในการสร้างหมุด B.M. ของงานระดับชั้นต่าง ๆ

3. ใช้ในการตรวจสอบชั้นของงานระดับว่าอยู่ในเกณฑ์กำหนดหรือไม่ และใช้ในการตรวจสอบการทรุดตัวของอาคาร พื้นดินซึ่งต้องการความละเอียดสูงมาก

4. ใช้ในการให้ค่าระดับงานก่อสร้าง เช่น อาคาร ถนน สนามบิน เขื่อน ฯลฯ

5. ใช้ในการติดตั้งเครื่องจักร เครื่องยนต์ ในโรงงานที่ต้องติดตั้งเครื่อง ซึ่งมีระดับต่างกันและต้องการความละเอียดสูง

ลำดับขั้นในการหาค่าระดับ มีอยู่ 2 ลำดับขั้น คือ

ก. หาว่าเส้นเล็งอยู่สูงกว่า B.M. เท่าใด

ข. หาว่าจุดต่อไปจะอยู่สูงหรือต่ำกว่าเส้นเล็งเท่าใด

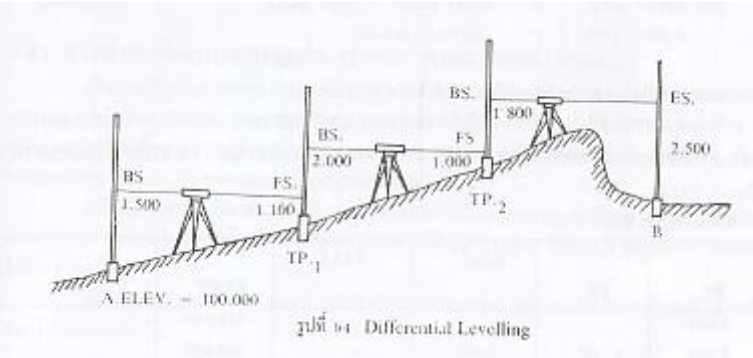
เราจะตั้งกล้องระดับประมาณกึ่งกลางระหว่าง B.M. (หรือจุดที่ทราบกำหนดสูงแล้ว) และจุดที่ต้องการทราบกำหนดสูง อ่านค่า B.S.จากไม้วัดระดับที่ตั้งบน B.M. แล้วคำนวณจากสูตร

$$H.I = Elev. + B.S.$$

หมุนกล้องไปส่องที่ F.S. อ่านค่าบนไม้วัดระดับ แล้วคำนวณหาค่าระดับของจุด F.S. จาก

$$Elev. = H.I. – F.S.$$

14.1.1 การปฏิบัติการถ่ายระดับแบบสายใยเดียว (Single Wire) ในการปฏิบัติการส่องกล้องในสนาม จะต้องตั้งกล้องและเหยียบขากล้องให้แน่นทั้งสามขา และตั้งกล้องให้อยู่กึ่งกลางระหว่าง Staff ทั้งสอง ทั้งนี้เพื่อขจัดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากความโค้งของโลก การหักเหของแสง ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากสายใยกล้องเอียง หรือหลอดระดับความผิด ค่าที่อ่าน Staff ได้จะนำมาหาค่าระดับต่อไป



รูปที่ 9-1 Differential Levelling

แสดงการถ่ายระดับแบบสายใยเดียว

การคำนวณหาระดับ ทำได้ 2 วิธี

1. วิธีคำนวณหาค่าระดับโดยใช้ค่าความสูงของแกนกล้อง (HI) อาศัยสูตรหลักการทำระดับอย่างง่ายคือ Elevation = HI - FS สูตรดังตารางข้างล่าง

Sta.	BS	HI	FS	ELEV	Remark
BM - A	1.500	101.500		100.000	ค่าสมมุติ
TP1	2.000	102.400	1.100	100.400	
TP2	1.800	103.200	1.000	101.400	
BM - B			2.500	100.700	
	BS = 5.300 FS = 4.600 +0.700		FS = 4.600	100.00 +0.700	

ตารางที่ 14.1 แสดงการคำนวณหาค่าระดับโดยใช้ค่าความสูงของแกนกล้อง**การ**

คำนวณ Elev. A = 100.000 +

BS = 1.500

HI = 101.500 -

FS = 1.100

Elev. TP1 = 100.400 +

BS = 2.000

HI = 102.400 -

FS = 1.000

Elev. TP2 = 101.400 +

BS . = 1.800

HI . = 103.200 -

FS = 2.500

Elev. B = 100.700

การตรวจสอบการคำนวณ

สูตร ผลรวมBS - ผลรวมFS = Last elev. - First elev.

5.300 - 4.600 = 100.700 - 100.000

+0.700 = +0.700 .....OK.

จากสูตรการตรวจสอบจะใช้ค่าระดับก็ได้

Last elev. = First elev. + (BS - FS)

.. 2. วิธีคำนวณหาค่าระดับแบบ Rise - Fall

ซึ่งจะเท่ากับนำค่า BS - FS **ถ้าได้ค่าบวกจะเรียกว่าค่า** Rise **ค่าลบเรียก** Fall

การคำนวณหาค่าระดับแบบ Rise – Fall

Sta.	BS	FS	RISE +	FALL -	ELEV	Remark
BM - A TP1 TP2 BM - B	1.500 2.000 1.800	 1.100 1.000 2.500	 0.400 1.000	 - - - 0.700	100.000 100.400 101.400 100.700	ค่า สมมุติ
	BS=5.300 FS=4.600	FS=4.600	1.400 0.700	0.700	100.00	
	+0.700		+0.700		+0.700	

ตารางที่ 14.1 แสดงการคำนวณหาค่าระดับแบบ Rise – Fall

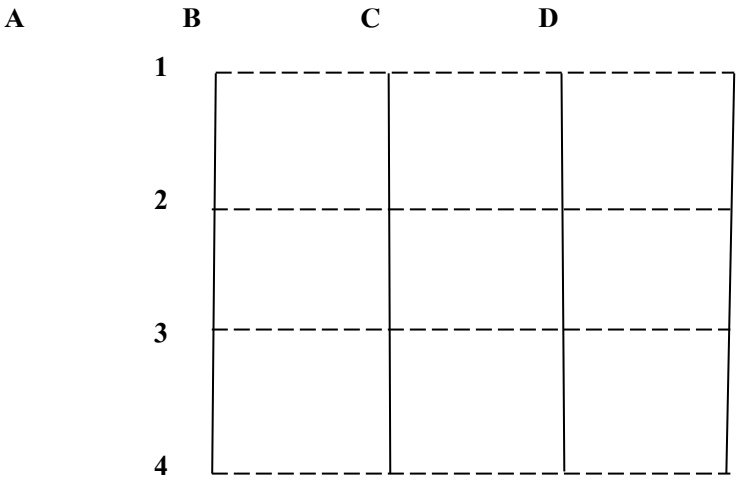
การคำนวณ	BS	=	1.500 -
	FS	=	1.100
	RISE	=	+0.400 +
	Elev. A	=	100.00
	Elev. TP1	=	100.400
	BS	=	2.000 -
	FS	=	1.000
	RISE	=	+1.000 +
	Elev. TP1	=	100.400
	Elev. TP2	=	101.400
	BS	=	1.800 -
	FS	=	2.500
	FALL	=	-0.700 +
	Elev. TP2	=	101.400
	Elev. B	=	100.700

การตรวจสอบการคำนวณ

ผลรวมBS - ผลรวมFS	=	ผลรวมRISE - ผลรวมFALL	=	Last elev. - First elev.
5.300 - 4.600	=	+1.400 - 0.700	=	100.700 - 100.000
+0.700	=	+0.700	=	+0.700

เรื่องที่ 14.2 การหาระดับพื้นที่

การทำระดับพื้นที่ด้วยวิธีการรังวัดบ่อยืม (Borrow Pit Leveling) สามารถนำมาใช้ในการเขียนจุดระดับสูงเที่ยง (Elevation) ของจุดต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบและเขียนเส้นชั้นความสูงบนพื้นที่หนึ่งได้ โดยการกำหนดตารางและระบบรหัสของจุดที่ต้องการรังวัดบนพื้นดินดังรูปที่ 14.2 ส่วนการทำระดับพื้นที่โดยวิธีการวัดมุมและทิศทางนั้น จะเป็นการรังวัดค่าระดับของพื้นที่ (Area Leveling) ดังรูป



รูปที่ 14.2 การทำระดับพื้นที่ด้วยวิธีการรังวัดบ่อยืม (Borrow Pit Leveling)

เป็นการหาปริมาตรดินตัดหรือดินถม ของดินหรือลูกรัง จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ในปริมาตรที่เท่ากัน จึงเรียกว่า บ่อยืม นิยมใช้ 2 วิธี

โดยวิธีการสร้างตารางกริด (Grid Method)

โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นตารางกริด แล้วส่องหาค่าต่างระดับของพื้นที่ ก็จะหาค่าความลึกที่ขุดหรือถมได้ ดังตัวอย่าง

Sta.	BS.	HI.	IFS.	FS.	Elev.
BM.	2.910	202.910			200.000
A1			2.220		200.690
A2			1.670		201.240
A3			2.250		200.660
A4			2.890		200.020
B1			2.500		200.410
Tp1	0.911	202.650		1.171	201.739
B2			0.190		202.460
B3			0.210		202.440

B4			**0.630**		**202.020**
C1			**1.960**		**202.690**
C2			**2.610**		**200.040**
C3			**2.880**		**199.770**
C4			**1.713**		**200.937**
ผลรวม BS.	**3.821**		**ผลรวม FS.**	**2.884**	

ตารางที่ 14.1 แสดงการหาค่าระดับพื้นที่

เรื่องที่ 14.3 ข้อกำหนดในการทำระดับ

14.3.1 ข้อกำหนดในการทำระดับของอังกฤษ ปี 1976

งานชั้นที่ 1 PRECISE LEVELLING เป็นงานที่ต้องการความละเอียดสูงมาก เช่น งานทางด้าน Geodetic ต่าง ๆ การทำ BM ชั้น 1 (ของไทยคือ BMP และ BMS) คุมทั่วประเทศ เพื่อเป็นพื้นฐานของชั้นลองลงมา เครื่องมือที่ใช้ก็คือกล้องชนิดที่ 1 ความละเอียดของงานประมาณ 0.5 ถึง 0.2 มม. ต่อกิโลเมตร

งานชั้นที่ 2 GENERAL PURPOSE LEVELLING เป็นงานทางด้านวิศวกรรมทั่วไป ความละเอียดของงานจัดไว้เป็นงานชั้นสองความละเอียด 5 ถึง 2 มม. ต่อกิโลเมตร กล้องที่จะใช้จะเป็นกล้อง Engineer's Level หรือ Precise Engineer's Level หรือกล้อง Automatic ของ WILD เช่น NA2 หรือ NAK2

งานชั้นที่ 3 CONSTRUCTION WORK LEVELLING เป็นงานก่อสร้างที่ต้องการความละเอียดพอควร เช่น งานหาปริมารดิน งาน Contour ยอมให้มีความผิดพลาดได้ 30 คูณ รากที่สองของ K กล้องที่ใช้ เช่น Dumpy Level หรืองานก่อสร้างที่ไม่สำคัญเช่น NAKO NAK1

14.3.2 ข้อกำหนดในการทำระดับของอเมริกา

เนื่องจากปัจจุบันนี้ได้มีการกำหนดความผิดที่ยอมให้ และข้อกำหนดในการปฏิบัติการถ่ายระดับใหม่โดยหน่วยงานในสหรัฐ คือ Federal Geodetic con troll committee (FGCC) ซึ่งเป็นผู้กำหนดต่าง ๆ ต่อมาได้ให้องค์การต่าง ๆ เป็นผู้พิจารณาคือ American Society of Civil Engineer, American Congress on Surveying and Mapping และ American Geophysical Union ซึ่งได้กำหนดขึ้นเมื่อปี ค.ศ.1974 เป็นการกำหนดข้อกำหนดครั้งที่ 3 ครั้งแรก ค.ศ.1933 ครั้งที่ 2 ค.ศ.1958

ข้อกำหนดมาตรฐานของหมุดบังคับทางดิ่ง (Specification) กำหนดโดย NOAA ในปี ค.ศ. 1984 เป็นการกำหนดมาตรฐานการทำระดับครั้งที่ 4 ของอเมริกา

ข้อกำหนดที่ยอมให้ (Specification)	งานที่ 1		งานที่ 2		งานที่ 3
	Class 1	Class 2	Class 1	Class 2	
1. ความห่างของหมุด BM ต้องไม่เกิน (กม.)	3	3	3	3	3
2. หรือเฉลี่ยระหว่าง BM ต้องได้ (กม.)	16	1.6	1.6		
3. ความยาวของสายการระดับ (Level line) จะต้องไม่เกิน (กม.)	300	100	50		
ไป - กลับ (Double run)				50	25
ถ่ายครั้งเดียว (Single run)				25	10

เครื่องมือการทำระดับ (Instrumentation)

ข้อกำหนดที่ยอมให้ (Specification)	งานที่ 1		งานที่ 2		งานที่ 3
	Class 1	Class 2	Class 1	Class 2	
1. เครื่องมือทำระดับ 1.1 ค่าเบี่ยงเบนของแนวเล็ง 1.2 ชนิดของไม้ Staff 2. กล้องต้องอ่านได้ละเอียด (มม.)	0.25" IDS 0.1	0.25" IDS 0.1	0.50" IDS 0.5 - 1.0	0.50" ISS 1.0	1.00" Staff ไม้ หรือ โลหะ 1.0

IDS = Invar, double scale

ISS = Invar, Single scale งานชั้น 3 อาจใช้ 3 สายใยก็ได้

การปรับแก้ (Calibration Procedure)

ข้อกำหนดที่ยอมให้ (Specification)	งานที่ 1		งานที่ 2		งานที่ 3
	Class 1	Class 2	Class 1	Class 2	
1. กล้องระดับ	0.05	0.05	0.05	0.50	0.50
1.1 ความผิดพลาด ของสายใย มม./ม.					
1.2 ความผิดพลาด ของสายใยมากที่สุดของกล้อง Ni 002 ที่ใช้ Reversible Compensator มม./ม.	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
3. ระยะเวลาตรวจสอบ ตรวจแก้สายใยจากการ	7	7	7	7	7
3.1 Reversible Compensator					
3.2 กล้องชนิดอื่น ๆ	1	1	1	1	1
4. ความแตกต่าง ของสายใยจากการ Reversible Compensator สองหน้า	40"	40"	40"	40"	40"
5. ไม้วัดระดับ					
5.1 การปรับแก้ขีด Staff (มม.)	N (+- 0.05)	N (+- 0.05)	N (+- 0.05)	N (+-0.05)	M (+-0.05)
5.2 ระยะเวลาที่ตรวจสอบ (ปี)					
5.3 ความเอียง ของไม้วัด ระดับต้องไม่เกิน	1 10'	1 10'	1 10'	1 10'	1 10'

NS = National ,M = ผู้ผลิต

ข้อกำหนดในการปฏิบัติในภาคสนาม (Field Procedures)

ข้อกำหนดที่ยอมให้ (Specification)	งานที่ 1		งานที่ 2		งานที่ 3
	Class 1	Class 2	Class 1	Class 2	
1. ข้อกำหนดเกี่ยวกับเครื่องมือ					
1.1 วิธีการส่องอ่าน	Micro	Micro	Micro	3 Wire	Center
1.2 การถ่ายระดับในตอนการระดับ	SRDS DR SP	SRDS DR SP	3 Wire SRDS DR SP	SRDS DR	SRDS DR
1.3 ผลของระยะBS,FS					
- ต่อการตั้งกล้อง 1 ครั้ง (ม)	2	5	5	10	10
- ต่อตอนการระดับ(ม)	4	10	10	10	10
1.4 ระยะจากกล้องไปยัง Staff (ม)	50	60	50	70	90
1.5 ความสูงของสายใยจากพื้นดิน (ม)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1.6 ความผิดของการถ่ายในตอนระดับ	3 D	4 D	6 D	8 D	12 D
1.7 ความผิดพลาดการถ่ายในสายการระดับ (มม.)	3 E	4 D	6 D	8 D	12 D
2. การระดับส่องสายใยเดี่ยว จะต้องถ่ายไปกลับให้เสร็จในครึ่งวัน	ใช่	ใช่	ใช่2	-2	-3
3. การถ่ายสามสายใยผลต่าง Upper intercept (U - M) และ Lower intercept (M - L) มม.	0.40	1.0	1.0	2.0	2.0
4. Double scale rod การอ่าน Low และ High scale ต่อการตั้งกล้อง 1 ครั้ง จะต้องไม่เกิน					
- Reversible Compensator Zeiss Ni 002 มม.	0.25				
- กล้องอื่น ๆ	0.25 0.30	0.3 0.3	0.6 0.6	0.7 0.7	1.3 1.3
HCM Rod					
CM Rod					

SRDS = ถ่ายไปทิศทางเดียวกันแต่ขยับขากล้อง

RD = Double run ถ่ายไปกลับ

D = ระยะของตอนระดับ (Section)

E = เส้นรอบวงของวงรอบปิดหรือระยะวงรอบเปิด

แบบทดสอบท้ายบทที่ 14

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การทำระดับแบบต่อเนื่องไม่เหมาะกับข้อใด
   ก. จุด 2 จุด นั้นอยู่ห่างไกลกัน
   ข. ผลต่างของระดับที่อยู่ห่างไกลกันนั้น มีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก
   ค. จุด 2 จุดนั้นเมื่อตั้งกล้องแล้วมองไม่เห็นกัน
   ง. จุด 2 จุดที่มองเห็นกันชัดเจน
2. การอ่านไม้วัดระดับแบบ 3 สายใยมีจุดประสงค์เพื่อ
   ก. เพิ่มความละเอียด
   ข. ป้องกันความผิดจากการจดสมุดสนาม
   ค. แก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนจากไม้วัดระดับ
   ง. ป้องกันการคลาดเคลื่อนของสายใยกล้อง
3. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของการทำระดับแบบต่อเนื่อง
   ก. ใช้ในการหากำหนดสูง และค่าสูงต่างของจุดต่าง ๆ
   ข. ใช้การหาความแตกต่างของความสูงของจุด
   ค. ใช้ในการสร้างหมุด B.M. ของงานระดับชั้นต่าง ๆ
   ง. ใช้ในการตรวจสอบชั้นของงานระดับว่าอยู่ในเกณฑ์กำหนดหรือไม่
4. สูตรที่ใช้หาว่าเส้นเล็งกล้องอยู่สูงเท่าใด
   ก. H.I = Elev. + B.S.
   ข. Elev. = H.I. – F.S.
   ค. HI. = IFS+BS.
   ง. Elev. = FS.-Elev.
5. สูตรที่ใช้หาว่าจุดต่อไปมีความสูงเท่าใด
   ก. H.I = Elev. + B.S.
   ข. Elev. = H.I. – F.S.
   ค. HI. = IFS+BS.
   ง. Elev. = FS.-Elev.
6. ผลรวม BS. – ผลรวม FS. ตรงกับข้อใด
   ก. H.I = Elev. + B.S.
   ข. Elev. = H.I. – F.S.
   ค. Last Elev. – First Elev.

ง. First Elev.– Last Elev.

7. การตั้งกล้องให้อยู่กึ่งกลางระหว่าง Staff ทั้งสอง**มี**ข้อดีคือ

ก. แก้ความคลาดเคลื่อนจากความโค้งของโลก

ข. แก้ความคลาดเคลื่อนจากความโค้งของโลก

ค. ปรับโฟกัสง่ายขึ้น

ง. ถูกทุกข้อ

จากตารางด้านล่างใช้ตอบคำถามข้อ 8-11

Sta.	BS	HI	FS	ELEV	Remark
BM - A	1.520	A		100.000	ค่าสมมุติ
TP1	1.782	101.658	1.644	99.876	
TP2	1.445	101.483	1.620	B	
BM - B			C	99.832	
	BS = D FS = 4.600 -0.177		FS = 4.924	100.00 -0.177	

8. ค่า A มีค่าเท่าใด

ก. 101.520

ข. 100.038

ค. 98.480

ง. 100.000

9. ค่า B มีค่าเท่าใด

ก. 101.520

ข. 100.520

ค. 98.480

ง. 99.863

10. ค่า C มีค่าเท่าใด

ก. 1.520

ข. 1.550

ค. 1.660

ง. 1.620

11. ค่า D มีค่าเท่าใด

ก. 4.520

ข. 4.550

ค. 4.924

ง. 4.747

จากตารางด้านล่างใช้ตอบคำถามข้อ 12-15

Sta.	BS	FS	RISE +	FALL -	ELEV	Remark
BM - A TP1 TP2 BM - B	1.520 1.782 1.445	 1.644 1.620 1.660	 - B	 A - C	100.000 99.876 100.038 99.823	ค่า สมมุติ
	BS=4.747 FS=4.924	FS=D	0.162 -0.339	0.339	100.00	
	-0.177		-0.177		-0.177	

12. ค่า A มีค่าเท่าใด

ก. 1.520

ข. 1.644

ค. 0.124

ง. 4.164

13. ค่า B มีค่าเท่าใด

ก. 0.162

ข. 1.620

ค. 1.445

ง. 0.215

14. ค่า C มีค่าเท่าใด

ก. 0.162

ข. 1.620

ค. 1.445

ง. 0.215

15. ค่า D มีค่าเท่าใด

ก. 4.520

ข. 4.550

ค. 4.924

ง. 4.747

16. การหาระดับพื้นที่ด้วยวิธีการรังวัดบ่อยืมใช้สำหรับ

ก. หาพื้นที่ดิน

ข. หาปริมาณดิน

ค. หาค่าใช้จ่าย

ง. หาระยะเวลาทำงาน

17. วิธีการรังวัดบ่อยืมนิยมแบ่งพื้นที่ออกเป็น

ก. รูปสามเหลี่ยม

ข. รูปสี่เหลี่ยม

ค. รูปวงกลม

ง. รูปตารางกริด

18. ข้อกำหนดในการทำระดับของอังกฤษ ปี 1976 แบ่งชั้นงานระดับเป็น

ก. 2 ชั้น

ข. 3 ชั้น

ค. 4 ชั้น

ง. 5 ชั้น

19. ข้อกำหนดมาตรฐานของหมุดบังคับทางดิ่ง (Specification) ของอเมริกาจนถึงปัจจุบันได้ออกข้อกำหนดเป็นครั้งที่เท่าใด

ก. 2

ข. 3

ค. 4

ง. 5

20. ข้อใดไม่อยู่ในข้อกำหนดมาตรฐานของหมุดบังคับทางดิ่ง (Specification) ของอเมริกา เกี่ยวกับเครื่องมือทำระดับ

ก. ค่าเบี่ยงเบนของแนวเล็ง

ข. ความยาวของสายการระดับ

ค. ชนิดของไม้ Staff

ง. กล้องต้องอ่านได้ละเอียด (มม.)

หน่วยการเรียนที่ 15

การสร้างหมุดหลักฐานการระดับ

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 15.1 งานสร้างหมุดหลักฐานถาวร

เรื่องที่ 15.2 งานโยงยึดค่าพิกัดทั้งทางราบและทางดิ่ง

เรื่องที่ 15.3 ชั้นของหมุดหลักฐาน

เรื่องที่ 15.4 ใบงานที่ 15 การถ่ายระดับ BM.

สาระสำคัญ

1. งานสร้างหมุดหลักฐานถาวร (MONUMENTING)ประกอบไปด้วยการเลือกที่ตั้งหมุด วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง แบบหมุดหลักฐาน การเก็บรายละเอียดและเขียนหมุดหมายพยานเพื่อการค้นหา
2. งานสำรวจโยงค่าพิกัดเป็นงานสนามที่สำคัญเพื่อให้ได้ค่าพิกัดทั้งทางราบและทางดิ่ง เพื่อนำค่าพิกัดไปใช้งานในอนาคต
3. ชั้นของหมุดหลักฐานเป็นตัวกำหนดกระบวนการวิธีการในการทำงาน รวมทั้งระบุความสำคัญของหมุดหลักฐาน
4. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติงานถ่ายระดับ BM.เพื่อให้มีความชำนาญและความอดทน ละเอียดรอบคอบ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. อธิบายวิธีการสร้างหมุดหลักฐาน ได้
2. บอกขั้นตอนของการโยงยึดค่าพิกัดหมุดหลักฐานได้
3. อธิบายการแยกชั้นหมุดหลักฐานได้
3. มีทักษะในการถ่ายระดับหมุดหลักฐาน

เรื่องที่ 15.1 งานสร้างหมุดหลักฐานถาวร (MONUMENTING)

1 การเลือกที่ตั้งหมุดหลักฐาน

ตำแหน่งที่สร้างหมุดหลักฐานต้องพิจารณาเลือกตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อให้หมุดหลักฐานที่สร้างขึ้นมีความมั่นคง ข้อพิจารณาในการเลือกที่ตั้งมีดังนี้

1. เป็นตำแหน่งที่มั่นคง แข็งแรง พื้นดินมีการอัดตัวแน่น
2. เป็นตำแหน่งที่ยากแก่การทำลาย ควรเลือกสร้างในสถานที่ราชการ วัด โรงเรียน หรือบริเวณที่คาดว่าจะไม่มีการก่อสร้างที่เป็นอุปสรรคในการใช้หมุดที่สร้างขึ้น ไม่ควรสร้างหมุดหลักฐานถาวรบนไหล่ถนน เพราะอาจถูกทำลายได้ง่าย
3. เป็นตำแหน่งที่เด่นชัดง่ายต่อการค้นหา
4. หมุดคู่ที่สร้างขึ้นต้องไม่มีสิ่งอื่นมาบังแนวเล็ง ระยะระหว่างหมุดประมาณ 200–500 ม.
5. กรณีของการสร้างหมุดหลักฐานเพื่อรังวัดพิกัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ให้เลือกตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้ง เพื่อให้สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียม ที่โคจรอยู่บนท้องฟ้าได้ทุกทิศทาง

2 วัสดุและวิธีการสร้างหมุดหลักฐาน

วัสดุที่สร้างหมุดหลักฐานส่วนใหญ่ จะเป็นคอนกรีตที่มีส่วนผสมระหว่าง ปูน – ทราย – หิน เป็นอัตราส่วน 1 : 2 : 4 ส่วน วิธีการสร้างแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1. นำวัสดุไปหล่อในภูมิประเทศ ณ ตำแหน่งที่เลือกตามลักษณะในข้อ 1
2. หล่อหมุดคอนกรีตตามแบบมาตรฐานของสำนักสำรวจฯ ไว้ก่อนแล้วนำไปฝัง
3. กรณีที่มีวัตถุธรรมชาติหรือสิ่งก่อสร้างที่มั่นคง เช่น บนยอดเขาที่มีก้อนหินใหญ่ อาคารคอนกรีต หรือ คอสะพานรถไฟ สามารถใช้เป็นที่สร้างหมุดได้โดยสกัดลงไปให้ลึกประมาณ 3 – 5 นิ้ว เทคอนกรีตและใช้หัวน็อตเหล็กหรือหมุดทองเหลืองเป็น หัวหมุด

3 แบบของหมุดหลักฐาน

เพื่อให้หมุดหลักฐานถาวรของงานทุกชนิด และทุกหน่วยงานมีแบบมาตรฐานเดียวกัน จึงกำหนดแบบหมุดหลักฐานถาวรของสำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา เป็น 3 แบบ มีลักษณะรูปร่างและขนาดดังนี้

3.1 หมุดหลักฐานถาวรแบบ ก.

เป็นหมุดหล่อด้วยคอนกรีตสองชั้น ผิวหน้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีหัวหมุดทำด้วยทองเหลือง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ขนาดของหมุด 0.60 × 0.60 × 0.70 ม. ตอกเข็มไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3″× 1 ม. จำนวน 4 ต้น

3.2 หมุดหลักฐานถาวรแบบ ข.

เป็นหมุดหล่อด้วยคอนกรีต ผิวหน้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีหัวหมุดทำด้วยโลหะอยู่ตรงกลาง ขนาดของหมุด 0.30 × 0.30 × 0.50 ม. ตอกเข็มไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3″ × 1 ม. จำนวน 4 ต้น

3.3 หมุดหลักฐานถาวรแบบ ค.

เป็นหมุดหล่อด้วยคอนกรีต มี 2 ลักษณะ คือ

- หมุดท่อกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.10 × 0.30 ม.
- หมุดสี่เหลี่ยม ขนาด 0.15 × 0.15 × 0.30 ม.

บนผิวหน้าของหมุด ทั้ง 3 แบบ ให้ระบุชื่อย่อของกรมฯ เช่น ชลประทานใช้คำว่า “ชป.” และหมายเลขหมุด พร้อมกับอักษรเต็มหรือย่อของโครงการนั้น โดยให้ตัวอักษรชี้ไปทางทิศเหนือ

กรณีที่ไม่สามารถสร้างหมุดหลักฐานถาวรได้ ให้ใช้หมุดชั่วคราว (TBM : Temporary Bench Mark) ให้ใช้หมุดไม้ขนาด 1″× 1″ ยาว 10 – 20 ซม. หรือ ตะปูขนาด 3″ ตอกลงบนพื้นดิน หรือ ผิวถนน ตามตำแหน่งที่เหมาะสมในการปฏิบัติงาน

4 หมายพยาน (REFERENCE MARKS)

เพื่อความสะดวกในการค้นหา หมุดหลักฐานถาวรแต่ละหมุด จะต้องมีหมายพยานอย่างน้อย 2 แห่ง หมายพยานนี้อาจจะเป็นสิ่งก่อสร้างถาวร หรือวัตถุตามธรรมชาติที่เด่นชัด ซึ่งอยู่ใกล้หมุดในรัศมีประมาณ 30 ม. วัตถุหมายพยานเหล่านี้คาดว่าจะไม่ถูกทำลายหรือสูญหายไป เช่น ต้นไม้ใหญ่ มุมบ้าน เสาธง และสามารถวัดระยะระหว่างหมุดกับหมายพยานได้โดยตรง ทั้งนี้เพื่อที่จะสามารถหาตำแหน่งของหมุดโดยวิธีสกัดกลับได้ ในกรณีที่หมุดหลักฐานถูกดินกลบหรือถูกทำลายไป

5. แบบแสดงรายละเอียดหมุดหลักฐาน (DESCRIPTIONS)

แบบแสดงรายละเอียดหมุดหลักฐาน เป็นแบบบันทึกรายละเอียดที่ตั้งและข้อมูลที่สำคัญของหมุดหลักฐาน เพื่อให้สามารถค้นหาหมุดหลักฐานนั้นได้ง่าย ข้อความอธิบายรายละเอียดในแบบแสดงที่ตั้งหมุดหลักฐานต้องสั้น กะทัดรัด มีใจความที่สมบูรณ์และเป็นแบบเดียวกัน ภาพสเก็ตที่ตั้งหมุดจะต้องชัดเจน มีรายละเอียดที่จำเป็นสำหรับค้นหาหมุดเท่านั้น เช่น แสดงวัตถุถาวรที่มีลักษณะเด่นตามธรรมชาติ การแสดงทิศทางต้องถูกต้อง รายละเอียดในแบบประกอบด้วย

5.1 ตำแหน่งทั่วไป ระบุบริเวณที่ตั้งของหมุด สถานที่ตั้งของหมุด ตำบล อำเภอ จังหวัด รวมทั้งเส้นทางในการเข้าถึงหมุด โดยเริ่มจากจุดที่หาง่ายที่สุด

5.2 ตำแหน่งที่แน่นอน ระบุวัตถุถาวรหรือกึ่งถาวรที่ใกล้เคียงที่สุด เช่น อาคารเรียน เสาธง ถังประปา ต้นไม้ใหญ่

5.3 ลักษณะของหมุดหลักฐาน เช่น เป็นหมุดหลักฐานถาวรแบบ ข. หมุดสกัดบนก้อนหิน

5.4 หมายพยาน แสดงลักษณะของหมายพยาน ทิศทาง และระยะจากหมุดไปยังหมายพยาน

5.4 หมุดคู่ ให้แสดงตำแหน่งและทิศทางของหมุดคู่ไว้เพื่อสะดวกในการใช้งาน

เมื่องานสำรวจของโครงการเสร็จลงแล้ว ให้ตรวจสอบและเพิ่มเติมรายละเอียดข้อความต่างๆ ให้สมบูรณ์ พร้อมทั้งทำบัญชีค่าพิกัดและ/หรือค่าระดับของหมุดทุกหมุด รวมทั้งแผนที่สารบัญแสดงตำแหน่งของหมุด และภาพถ่ายของหมุด แล้วรวบรวมส่งให้หน่วยงานที่รับผิดชอบ เก็บเป็นหลักฐานไว้ใช้งานต่อไป

เรื่องที่ 15.2 งานสำรวจโยงค่าพิกัด

15.2.1 งานรังวัดพิกัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

เป็นวิธีการรังวัดเพื่อกำหนดตำแหน่งจากดาวเทียม จี พี เอส (GPS : Global Positioning System) หรือระบบดาวเทียมอื่น โดยนำเครื่องรังวัดไปตั้งรับสัญญาณที่ตำแหน่งหมุดหลักฐาน หรือจุดที่ต้องการหาค่าพิกัด ตามเส้นโครงข่ายการรังวัดที่ได้จัดเตรียมไว้ล่วงหน้า แล้วนำผลการรังวัดมาประมวลผลและปรับแก้โครงข่าย ค่าพิกัดที่คำนวณได้ต้องมีค่าพิกัดทางยีออเดซี (Geodetic Coordinates) และค่าพิกัดกริด ยู ที เอ็ม (UTM : Universal Transverse Mercator) บนพื้นหลักฐานสากล WGS 84 (World Geodetic System 1984) และบนพื้นหลักฐานอินเดียน 2518 (Indian 1975 Datum)

15.2.2 งานวงรอบ (Traverse)

เป็นวิธีการรังวัด เพื่อคำนวณหาพิกัดตำแหน่งของจุดต่างๆ โดยการวัดมุมและวัดระยะที่เชื่อมต่อระหว่างจุดในลักษณะต่อเนื่องกัน ค่าพิกัดต้องคำนวณเป็นค่าพิกัดกริด ยู ที เอ็ม บนพื้นหลักฐานอินเดียน 2518 หรือพื้นหลักฐาน WGS 84

15.2.3 งานสำรวจโยงค่าระดับ (Spirit Leveling)

เป็นวิธีการรังวัดเพื่อคำนวณหาค่าระดับความสูง (กำหนดสูง – ผท.ทหาร) ของหมุดหลักฐาน หรือจุดต่างๆซึ่งอ้างอิงกับพื้นระดับน้ำทะเลปานกลาง (รทก. : MEAN SEA LEVEL) โดยการวัดค่าต่างระดับต่อเนื่องจาก จุด ถึง จุด ด้วยกล้องระดับและไม้วัดระดับ

เรื่องที่ 15.3 ชนิดของงาน

15.3.1 งานโยงค่าพิกัดด้วยวิธีการวงรอบชั้นที่ 2

15.3.1.1 ข้อกำหนดเฉพาะและมาตรฐานความถูกต้อง

- **การวัดมุม**

- ใช้กล้องวัดมุมที่มีความละเอียด 1″ หรือดีกว่า
- จำนวนศูนย์ของการวัด 4 ศูนย์
- ความต่างของแต่ละศูนย์กับค่าปานกลางไม่เกิน 5″

■ **การวัดระยะ**

- ใช้เครื่องวัดระยะอิเลคทรอนิคส์ ที่มีความละเอียด ±(5 mm. + 5 ppm.× D)หรือดีกว่า
- ระยะระหว่างหมุดไม่น้อยกว่า 200 ม.
- วัดระยะ 2 เที่ยว (ไป – กลับ) ความละเอียดของการวัดระยะ 1 / 15,000 หรือดีกว่า

■ **การวัดอาซิมุท ดาราศาสตร์ (ASTRONOMICAL AZIMUTH)**

- ทำการรังวัดอาซิมุท ทุก 20 – 25 มุม
- จำนวนศูนย์ของการวัด 12 – 16 ศูนย์
- Probable Error ของผลปานกลางไม่เกิน 2.0″
- จำนวนแก้ของมุมวงรอบเมื่อตรวจสอบกับค่าอาซิมุทไม่เกินมุมละ3″ หรือ10″$\sqrt{N}$ (N เป็นจำนวนมุม)
- ความคลาดเคลื่อนในการบรรจบทางตำแหน่ง เมื่อปรับแก้มุมแล้วไม่เกิน 1 / 10,000

15.3.1.2 การกรุยแนวและสร้างหมุดหลักฐาน

■ ค้นหาหมุดหลักฐานที่จะใช้ออกงาน และเข้าบรรจบ ซึ่งเป็นหมุดหลักฐานชั้นที่ 2 หรือชั้นที่สูงกว่า

■ กรุยแนวเส้นวงรอบจากหมุดหลักฐานที่ทราบค่าแล้ว เข้าเขตโครงการพร้อมทั้งกำหนดตำแหน่ง ของหมุดวงรอบและตำแหน่งที่จะสร้างหมุดหลักฐานถาวร

■ สร้างหมุดหลักฐานถาวร

- แบบ ข. เป็นคู่ทุกระยะ 4 – 5 กม.
- แบบ ค. เป็นคู่ทุกระยะ 2 กม.

■ สร้างหมุดชั่วคราว (หมุดไม้) ทุกหมุดวงรอบ

15.3.1.3 การวัดมุมและวัดระยะ

■ วัดมุมทุกหมุดวงรอบ

■ วัดระยะระหว่างหมุดวงรอบ

- วัดอาซิมุทดาราศาสตร์ เพื่อควบคุมทิศทางของเส้นวงรอบทุก 20 - 25 มุม

15.3.1.4 การคำนวณ

- ตรวจสอบค่ามุมและระยะให้อยู่ในเกณฑ์ตามข้อ 1.3.1.1
- คำนวณค่าพิกัดในระบบพิกัด ยู ที เอ็ม

15.3.2 งานโยงค่าพิกัดด้วยวิธีการวงรอบชั้นที่ 3

15.3.2.1 ข้อกำหนดเฉพาะและมาตรฐานความถูกต้อง

- **การวัดมุม**
  - ใช้กล้องวัดมุมที่มีความละเอียด 1′หรือดีกว่า กรณีที่ใช้กล้องวัดมุมอีเลคทรอนิคส์ต้องมีความละเอียด 20″ หรือดีกว่า
  - จำนวนศูนย์ของการวัด 2 ศูนย์
  - ความต่างของแต่ละศูนย์กับค่าปานกลางไม่เกิน 10″
  - สถานีแรกและสถานีสุดท้ายของการวัดมุมต้องไม่เป็นหมุดเดียวกัน
- **การวัดระยะ**
  - ใช้เครื่องวัดระยะอิเลคทรอนิคส์ หรือโซ่ลานเหล็ก (STEEL TAPE)
  - ความละเอียดของการวัดระยะ 1/7,500 หรือดีกว่า
- **การวัดอาซิมุทดาราศาสตร์**
  - ทำการรังวัดอาซิมุท ทุก 30 – 40 มุม
  - จำนวนศูนย์ของการวัด 8 – 12 ศูนย์
  - Probable Error ของผลปานกลางไม่เกิน 5″
  - จำนวนแก้ของมุมวงรอบเมื่อตรวจสอบกับค่าอาซิมุทไม่เกินมุมละ5″ หรือ15″$\sqrt{N}$ (N เป็นจำนวนมุม)
  - ความคลาดเคลื่อนในการบรรจบทางตำแหน่ง เมื่อปรับแก้มุมแล้วไม่เกิน 1/5,000

15.3.2.2 การกรุยแนวและสร้างหมุดหลักฐาน

- ค้นหาหมุดหลักฐานที่จะใช้ออกงานและเข้าบรรจบ ซึ่งเป็นหมุดหลักฐานชั้นที่ 3 หรือชั้นที่สูงกว่า
- กรุยแนวเส้นวงรอบจากหมุดหลักฐานที่ทราบค่าแล้ว เข้าเขตโครงการพร้อมทั้งกำหนดตำแหน่ง ของหมุดวงรอบและตำแหน่งที่จะสร้างหมุดหลักฐานถาวร
- สร้างหมุดหลักฐานถาวร
  - แบบ ข. เป็นคู่ทุกระยะ 4 – 5 กม.

- แบบ ค. เป็นคู่ทุกระยะ 2 กม.

■ สร้างหมุดชั่วคราว (หมุดไม้) ทุกหมุดวงรอบ

15.3.2.3 การวัดมุมและวัดระยะ

■ วัดมุมทุกหมุดวงรอบ

■ วัดระยะระหว่างหมุดวงรอบ

■ วัดอาซิมุทดาราศาสตร์ เพื่อควบคุมทิศทางของเส้นวงรอบทุก 40 มุม หรือน้อยกว่า

15.3.2.4 การคำนวณ

■ ตรวจสอบค่ามุมและระยะให้อยู่ในเกณฑ์ตามข้อ 1.3.2.1

■ คำนวณค่าพิกัดในระบบพิกัด ยู ที เอ็ม

15.3.3 งานโยงค่าระดับ โดยวิธีการระดับชั้นที่ 2

15.3.3.1 ข้อกำหนดเฉพาะและมาตรฐานความถูกต้อง

■ **เครื่องมือและอุปกรณ์**

- ใช้กล้องระดับอัตโนมัติซึ่งมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการปรับเส้นเล็ง 0.5 ฟิลิบดาหรือ กล้อง Tilting ซึ่งมีความไวของหลอดระดับ 30 ฟิลิบดา ต่อ 2 มม. หรือดีกว่า และประกอบด้วย Parallel Plate Micrometers และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำระดับไป – กลับ (Double – run) 1.5 มม./กม. หรือดีกว่า
- ใช้ไม้แบ่งส่วนเมตร ที่ทำด้วยโลหะอินวาร์ มีหลอดระดับฟองกลมประกอบ และเหล็กรองรับไม้แบ่งส่วนเมตร (Ground Plates)

  หรือ
- ใช้กล้องระดับดิจิตอล (Digital Level) ซึ่งมีกำลังขยายของกล้องส่อง (Telescope) ไม่น้อยกว่า 30 เท่า และความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำระดับไป – กลับ (Double – run) 1.5 มม./กม. หรือดีกว่า มีระบบบันทึกข้อมูลภายในตัวเครื่อง (Internal Memory) หรือแผ่นบันทึกข้อมูล (Memory Card)
- ใช้ไม้แบ่งส่วนเมตร ชนิดแถบรหัส (Bar Code) มีหลอดระดับฟองกลมประกอบ และเหล็กรองรับไม้แบ่งส่วนเมตร (Ground Plates)

■ **การปฏิบัติงานสนาม**

- ความยาวของสายการระดับ ไม่เกิน 60 กม.

- ทำระดับเที่ยวเดียว (Single Run) ถ้าหมุดหลักฐานที่ใช้ออกงานและเข้าบรรจบ อยู่ห่างกันไม่เกิน 20 กม. ถ้าเกิน 20 กม.ให้ทำระดับแบบไป – กลับ
- ถ้าไม่มีหมุดหลักฐานเข้าบรรจบ ให้ทำระดับแบบไป – กลับ โดยเดินระดับเที่ยว ทำกลับ ผ่านหมุดหลักฐานทุกหมุดของเที่ยวทำไป
- แบ่งสายระดับออกเป็นตอนการระดับทุกช่วง 1 – 3 กม.
- ระยะไกลสุดระหว่างกล้องกับไม้แบ่งส่วนม. ไม่เกิน 80 ม.
- ความต่างระหว่างระยะไม้หน้าและระยะไม้หลัง ไม่เกิน 10 ม.
- ความต่างสะสมระหว่างผลรวมระยะไม้หน้า กับผลรวมระยะไม้หลัง ของตอนการระดับไม่เกิน 10 ม.
- หมุดออกงาน และหมุดเข้าบรรจบ ต้องไม่ใช่หมุดเดียวกัน
- ความคลาดเคลื่อนระหว่างเที่ยวทำไปกับเที่ยวทำกลับ หรือในการเข้าบรรจบหมุด ไม่เกิน 8.4 มม.$\sqrt{K}$ (K = ระยะทางเป็นกม.)

15.3.3.2 การกรุยแนวและสร้างหมุดหลักฐาน

- ค้นหาหมุดหลักฐาน การระดับชั้นที่ 1 หรือชั้นที่ 2 เพื่อใช้ออกงานและเข้าบรรจบ
- กรุยแนวสายการระดับ และกำหนดตำแหน่งที่จะสร้างหมุดหลักฐาน
- สร้างหมุดหลักฐานถาวร
  - แบบ ข. ทุกระยะ 4 – 5 กม.
  - แบบ ค. ทุกระยะ 2 กม.

15.3.3.3 การวัดระดับ

- เครื่องมือ วิธีการรังวัด และการคำนวณปรับแก้ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดเฉพาะของงานระดับชั้นที่ 2

15.3.4 งานโยงค่าระดับ โดยวิธีการระดับชั้นที่ 3

15.3.4.1 ข้อกำหนดเฉพาะและมาตรฐานความถูกต้อง

- **เครื่องมือและอุปกรณ์**
  - ใช้กล้องระดับอัตโนมัติ หรือกล้องTilting ซึ่งมีความไวของหลอดระดับ 60 ฟิลิปดา ต่อ 2 มม. หรือดีกว่า
  - ใช้ไม้แบ่งส่วนเมตร แบบธรรมดา

  หรือ

- ใช้กล้องระดับดิจิตอล (Digital Level) ซึ่งมีกำลังขยายของกล้องส่อง ไม่น้อยกว่า 24 เท่า และความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำระดับไป – กลับ 2.0 มม./กม. หรือดีกว่า
- ใช้ไม้แบ่งส่วนเมตร ชนิดแถบรหัส (Bar Code) มีหลอดระดับฟองกลมประกอบ และเหล็กรองรับไม้แบ่งส่วนเมตร (Ground Plates)

■ **การปฏิบัติงานสนาม**

- ความยาวของสายการระดับ ไม่เกิน 40 กม.
- ทำระดับเที่ยวเดียว (Single Run) ถ้าหมุดหลักฐานที่ใช้ออกงานและเข้าบรรจบ อยู่ห่างกันไม่เกิน 20 กม. ถ้าเกิน 20 กม.ให้ทำระดับแบบไป – กลับ
- ถ้าไม่มีหมุดหลักฐานเข้าบรรจบ ให้ทำระดับแบบไป – กลับ โดยเดินระดับเที่ยว ทำกลับ ผ่านหมุดหลักฐานทุกหมุดของเที่ยวทำไป
- แบ่งสายการระดับออกเป็นตอน ความยาวตอนละ 1 – 3 กม.
- การอ่านค่าระดับให้อ่านทั้งสามสายใย คือ สายใยบน (U) สายใยกลาง (M) และสายใยล่าง (L) โดยให้ ผลบวกของสายใยบนกับสายใยล่าง เทียบกับ 2เท่าของสายใยกลาง ต้องไม่เกิน 2 มม.
- ระยะไกลสุดระหว่างกล้องกับไม้ระดับ ไม่เกิน 100 ม.
- หมุดออกงาน และหมุดบรรจบต้องไม่ใช่หมุดเดียวกัน
- ความคลาดเคลื่อนระหว่างเที่ยวทำไปกับเที่ยวทำกลับ และในการเข้าบรรจบหมุดไม่เกิน 12 มม.$\sqrt{K}$ (K= ระยะทางเป็น กม.)

15.3.4.2 การกรุยแนวและสร้างหมุดหลักฐาน

■ ค้นหาหมุดหลักฐาน การระดับชั้นที่ 3 หรือชั้นสูงกว่า เพื่อใช้ออกงานและเข้าบรรจบ

■ กรุยแนวสายการระดับ และกำหนดตำแหน่งที่จะสร้างหมุดหลักฐาน

■ สร้างหมุดหลักฐานถาวร

- แบบ ข. ทุกระยะ 4 – 5 กม.
- แบบ ค. ทุกระยะ 2 กม.

15.3.4.3 การวัดระดับ

■ เครื่องมือ วิธีการวัด และคำนวณปรับแก้ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของงานระดับชั้นที่ 3

แบบทดสอบท้ายบทที่ 15

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. หมุดหลักฐานการระดับหมายถึง
    ก. หมุดที่ใช้ตั้งกล้อง
    ข. หมุดที่ใช้ตั้งไม้วัดระดับ
    ค. หมุดหล่อคอนกรีต
    ง. หมุดที่ทราบค่าความสูงจากพื้นหลักฐาน
2. หมุดหลักฐานแรกของไทยอยู่ที่ใด
    ก. เกาะหลัก จ.ประจวบคีรีขันธ์
    ข. เกาะช้าง จ.ตราด
    ค. เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี
    ง. เกาะภูเก็ต
3. ค่าระดับที่วัดได้ในงานชลประทานใช้อะไรอ้างอิง
    ก. ระดับสมมุติ
    ข. ระดับน้ำทะเล
    ค. ระดับท้องถิ่นกำหนด
    ง. ระดับอ้างอิงกรมแผนที่ทหาร
4. ตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมที่จะสร้างหมุดหลักฐานคือที่ใด
    ก. บริเวณที่คาดว่าจะมีการก่อสร้าง
    ข. เป็นตำแหน่งที่เด่นชัดง่ายต่อการค้นหา
    ค. สถานที่ราชการ
    ง. เป็นตำแหน่งที่มั่นคง แข็งแรง
5. ข้อกำหนดที่สำคัยของการสร้างหมุดหลักฐานคู่คู่ที่สร้างขึ้น
    ก. บริเวณที่คาดว่าจะมีการก่อสร้าง
    ข. เป็นตำแหน่งที่เด่นชัดง่ายต่อการค้นหา
    ค. ต้องมองเห็นกัน
    ง. เป็นตำแหน่งที่มั่นคง แข็งแรง
6. แบบหมุดหลักฐานถาวรของสำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา เป็น
    ก. 2 แบบ
    ข. 3 แบบ

ค. 4 แบบ

ง. 5 แบบ

7. วัสดุที่สร้างหมุดหลักฐานส่วนใหญ่ จะเป็นคอนกรีตที่มีส่วนผสมระหว่าง ปูน – ทราย – หิน เป็นอัตราส่วน

ก. 1 : 2 : 3

ข. 1 : 2 : 4

ค. 1 : 3 : 5

ง. 1 : 2 : 5

8. บนผิวหน้าของหมุด ให้ระบุชื่อย่อของกรมฯ และหมายเลขหมุด พร้อมกับอักษรเต็มหรือย่อของโครงการนั้น โดยให้ตัวอักษรชี้ไปทางทิศใด

ก. เหนือ

ข. ใต้

ค. ออก

ง. ตก

9. หมุดหมายพยานมีไว้เพื่อ

ก. ป้องกันการสูญหาย

ข. อ้างอิงค่าระดับ

ค. เพื่อความสะดวกในการค้นหา หมุดหลักฐานถาวร

ง. ตั้งกล้อง

10. อะไรที่ไม่ต้องมีในแบบแสดงรายละเอียดหมุดหลักฐาน

ก. ชื่อผู้สำรวจ

ข. ระบุบริเวณที่ตั้งของหมุด สถานที่ตั้งของหมุด

ค. ลักษณะของหมุดหลักฐาน

ง. หมายพยาน

11. งานสำรวจโยงค่าพิกัดของหมุดหลักฐานมีอะไรบ้าง

ก. หมุดหมายพยาน ค่าระดับ ค่าพิกัดดาวเทียม

ข. ค่าระดับ ค่าพิกัดดาวเทียม ค่าพิกัดวงรอบ

ค. ค่าพิกัดดาวเทียม ค่าพิกัดงานวงรอบ ค่าปรับแก้

ง. ถูกทุกข้อ

12. งานโยงค่าระดับ โดยวิธีการระดับชั้นที่ 2 กล้อง Tilting ต้องมีความไวของหลอดระดับ

ก. ดีกว่า 10 ฟิลิบดา ต่อ 2 มม.

ข. ดีกว่า 20 ฟิลิบดา ต่อ 2 มม.

ค. ดีกว่า 30 ฟิลิบดา ต่อ 2 มม.

ง. ดีกว่า 40 ฟิลิบดา ต่อ 2 มม.

13. ความคลาดเคลื่อนในการบรรจบทางตำแหน่ง เมื่อปรับแก้มุมแล้วไม่เกิน

ก. 1 / 5,000

ข. 1 / 10,000

ค. 1 / 15,000

ง. 1 / 12,000

14. การเดินระดับหมุดหลักฐานชั้น 2 ไม้วัดระดับแบ่งส่วนเมตรทำด้วย

ก. ไม้

ข. เหล็ก

ค. อลูมิเนียม

ง. โลหะอินวาร์

15. การเดินระดับหมุดหลักฐานชั้น 2 ความยาวของสายการระดับ ไม่เกิน

ก. 20 กม.

ข. 40 กม.

ค. 60 กม.

ง. 80 กม.

16. ทำระดับเที่ยวเดียว (Single Run) ถ้าหมุดหลักฐานที่ใช้ออกงานและเข้าบรรจบอยู่ห่างกันไม่เกิน

ก. 20 กม.

ข. 40 กม.

ค. 60 กม.

ง. 80 กม.

17. ถ้าไม่มีหมุดหลักฐานเข้าบรรจบ ในระยะทางเท่าใดต้องให้ทำระดับแบบไป – กลับ

ก. 20 กม.

ข. 40 กม.

ค. 60 กม.

ง. 80 กม.

18. ผลบวกของสายใยบนกับสายใยล่าง เทียบกับ 2เท่าของสายใยกลาง ต้องไม่เกิน

ก. 8 ม.ม.

ข. 6 ม.ม.

ค. 4 ม.ม.

ง. 2 ม.ม.

19. การเดินระดับหมุดหลักฐานชั้น 2 ระยะไกลสุดระหว่างกล้องกับไม้ระดับ ไม่เกิน

ก. 40 ม.

ข. 60 ม.

ค. 80 ม.

ง. 100 ม.

20. ความคลาดเคลื่อนระหว่างเที่ยวทำไปกับเที่ยวทำกลับ และในการเข้าบรรจบหมุดไม่เกิน

ก. 8 มม.$\sqrt{K}$

ข. 10 มม.$\sqrt{K}$

ค. 12 มม.$\sqrt{K}$

ง. 14 มม.$\sqrt{K}$

หน่วยการเรียนที่ 16
การให้ระดับงานก่อสร้าง

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 16.1 การให้ระดับในงานก่อสร้าง

เรื่องที่ 16.2 การคำนวณ Grade elevation

เรื่องที่ 16.3 ใบงานที่ 16 การให้ระดับงานก่อสร้าง

สาระสำคัญ

1. การให้ระดับเพื่องานก่อสร้าง เป็นการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง ซึ่งมีความสำคัญต่องานก่อสร้างอย่างมาก เพื่อให้งานก่อสร้างเป็นไปตามแบบที่กำหนด ดังนั้นผู้ทำการก่อสร้างต้องมีความเข้าใจอย่างถูกต้อง
2. การคำนวณหาค่า grade elevation มีความสำคัญมากต่อการให้ระดับก่อสร้าง เพราะทำให้การก่อสร้างเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผู้ออกแบบ และสามารถใช้งานได้
3. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติงานให้ระดับก่อสร้างเพื่อให้มีความชำนาญและความอดทน ละเอียดรอบคอบ

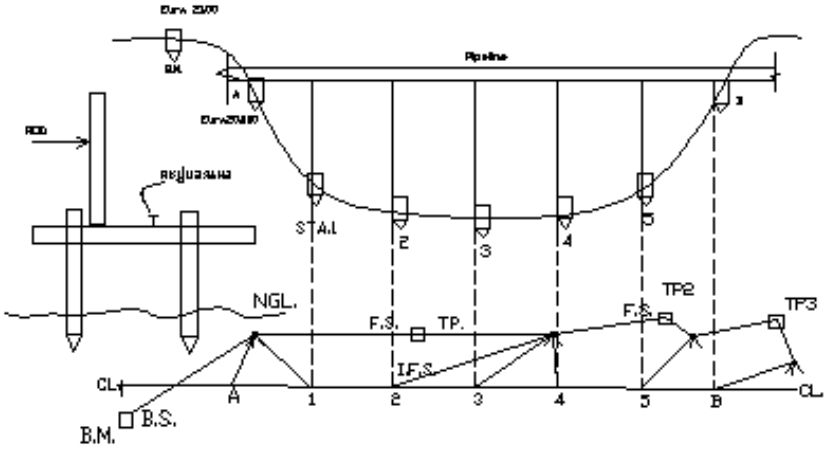
จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. อธิบายความหมายของการให้ระดับก่อสร้างได้
2. คำนวณหาค่าgrad elev.ได้
3. มีทักษะในการให้ระดับก่อสร้าง

เรื่องที่ 16.1 การให้ระดับเพื่องานก่อสร้าง(การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง,ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย,84)

การให้ระดับเพื่องานก่อสร้าง เป็นการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง ซึ่งมีความสำคัญต่องานก่อสร้างอย่างมาก เพื่อให้งานก่อสร้างเป็นไปตามแบบที่กำหนด ดังนั้นผู้ทำการก่อสร้างต้องมีความเข้าใจอย่างถูกต้อง โดยทั่วไปจะต้องถ่ายค่าระดับ BM และปรับแก้ค่าระดับเสียก่อน จึงนำค่าระดับไปใช้กำหนดงานก่อสร้าง

ตัวอย่าง ต้องการวางท่อน้ำจากจุด A ไป B ซึ่งผ่านพื้นที่แอ่งกระทะ จึงจำเป็นต้องสร้าง Support รองรับทุก ๆ 4 เมตร โดยให้มีระดับเท่ากันทุกจุด สมมุติให้ จุด A และ B มีระดับเท่ากับ 20 เมตร ซึ่งค่า Elev. สมมุติ และจากการทำระดับ Stake ได้ดังตารางข้างล่าง จงคำนวณ Stake ไปยังด้านบนของ Support ของทุก Stake เพื่อการตั้งค่า Support (การทำระดับทำหลังจาการวางแนวเรียบร้อยแล้ว)



รูปที่ 16.1แสดงรูปตัวอย่างการส่องค่า IFS และ FS

STA	B.S.	H.I.	I.F.S.	F.S.	ELEV.	RMK.
BM.	0.917	21.917			21.000	*ค่าระดับสมมุติ
A			1.917		20.000	*ต้องเลื่อน staff ให้อ่านได้
Sta1			2.846		19.071	1.917 เพราะต้องการฝังท่อที่
TP1	1.120	20.104		2.933	18.984	ระดับ 20.000 ม.
Sta2			2.579		17.525	
Sta3			2.680		17.424	
Sta4			2.464		17.640	ระยะแต่ละ sta ห่างกัน 4 ม.
TP2	1.423	18.783		2.744	17.360	
Sta5			0.890		17.893	
TP3	2.902	21.465		0.220	18.563	ต้องเลื่อน staff ให้อ่านได้

B				1.465	20.000	1.465 ม.
	Σ6.362		ΣFS.13.367	Σ7.362	21.000	
	Σ7.362				20.000	
	1.000		OK		1.000	

ตารางที่ 16.1 แสดงตาราง Profile leveling for pipe line

การตรวจสอบการคำนวณ

1. จากสูตร ΣBS. - ΣFS. = Last Elev. - First Elev.

6.362 – 7.362 = 20.000 – 21.000

-1.000 = -1.000 ……OK.

2. สูตร ผลรวมของค่าระดับทั้งหมด (ยกเว้นค่าแรก)= (HI1xN1+HI2 x N2…)-(ΣI.F.S. + ΣFS.)

HI1,HI2,HI3… = ค่า HI 9y;muj 1,2,3…

N1,N2… = จำนวน F.S. และ I.F.S. ที่นำไปลบ HI. ตัวนั้น

ΣI.F.S. = ผลรวมของ I.F.S. ทั้งหมด

ΣFS. = ผลรวมของ F.S. ทั้งหมด

จากตาราง

ผลรวมของค่าระดับทั้งหมด (ยกเว้นค่าแรก)= 184.460

HI1 = 21.917

N1 = 3

HI2 = 20.104

N2 = 4

HI3 = 18.783

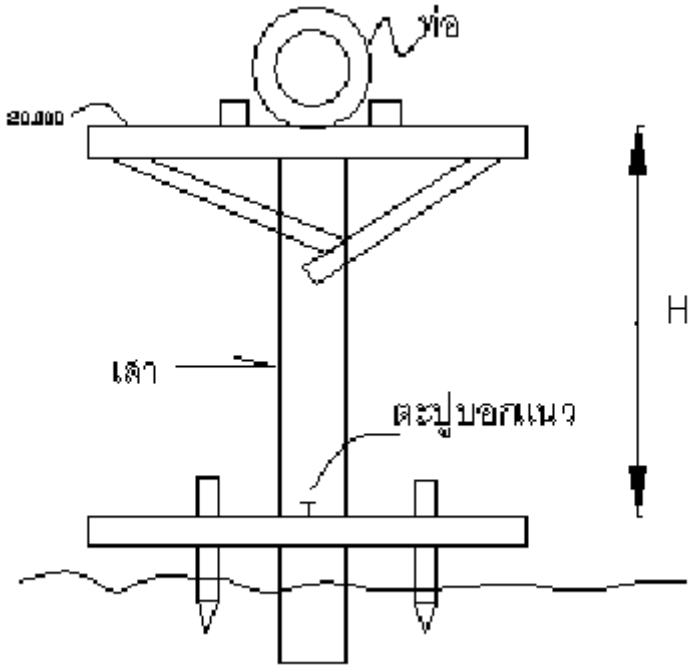
N3 = 1

แทนค่าในสูตร 184.460 = (21.917x3+20.104x4+18.783x1)-(13.376+7.362)

= 205.198 – 20.738

184.460 = 184.460 …….OK.

เนื่องจากว่าระดับพื้นดินต่างกันมาก จึงไม่สามารถตอก Stake ให้มีระดับเท่ากันได้ การทำจะต้องวางแนวและตอก Stake ไว้ก่อน เมื่อส่องกล้องได้ระดับของ Stake แล้วต่อไปก็คำนวณหาระยะของเสาจากระดับ Stake ไปยังระดับที่ 20.00 เมตร ซึ่งเป็นระดับของท่อ



Sta.	Grad	Elev.	H
0+000 (A)	20	20.000	0
0+004 (1)	20	19.071	0.929
0+008 (2)	20	17.525	2.475
0+012 (3)	20	17.424	2.576
0+016 (4)	20	17.640	2.360
0+020 (5)	20	17.893	2.107
0+025 (B)	20	20.000	0

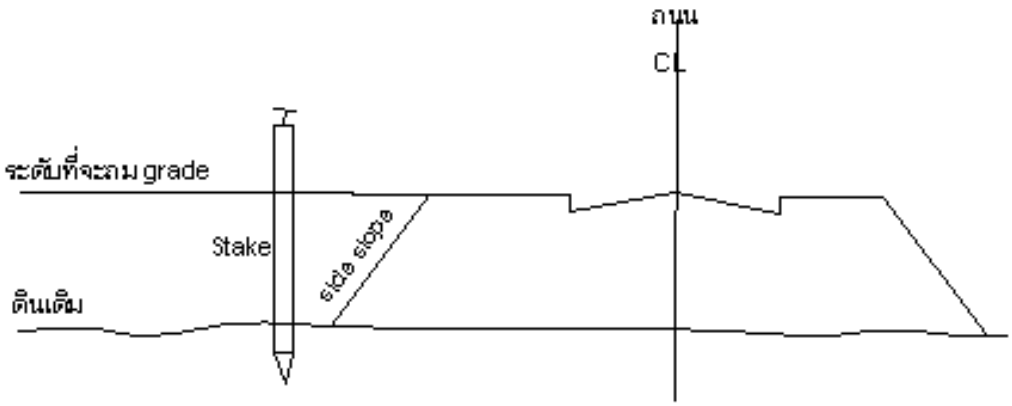
รูปที่ 16.2 ระยะเสาติดตั้ง Support

เมื่อคำนวณระยะ H ได้แล้วเวลาจะผังเสาต้องวัดจากบนลงมาล่างให้ได้เท่ากับ H และใช้สีขีดไว้ Stake เวลาฝังก็ให้ขีดสีนี้เท่าระดับของ Support นี้ได้ระดับเท่ากัน หลักการนี้เปลี่ยนไปถ้าระยะ H ไม่มากเกิน เช่น ไม่เกิน 1.00 เมตร เพราะสามารถใช้กล้องส่องได้เลย

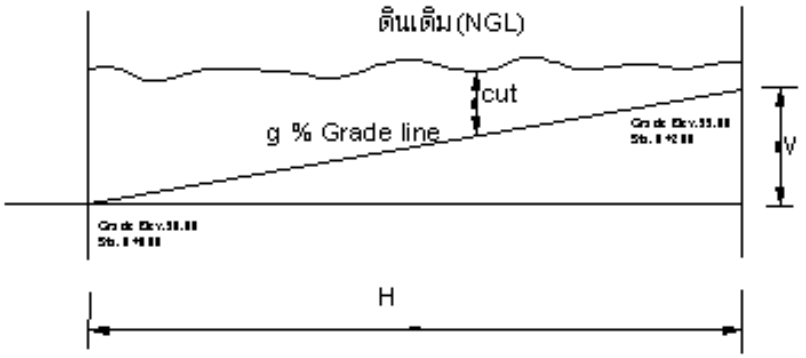
Grade elevation หรือ formation level หรือระดับก่อสร้าง

ถ้าเป็นงานถนนเมื่อ Plot รูป Profile เสร็จแล้ว ก็จะนำมากำหนดระดับหลังทาง และชั้นต่าง ๆ ของถนน ซึ่งเราจะเรียกว่า finished grade ของชั้นต่าง ๆ ถ้าเป็นการถมที่ระดับที่จะถมเราก็เรียกว่า grade

หรือ Grade elevation การตัดก็เช่นเดียวกัน ถ้าต้องการตัดถึงระดับไหน ระดับนั้นเรียกว่า เกรด ตัวอย่างการถมที่ข้างถนน



รูปที่ 16.3 ตัวอย่างรูปการถมที่ติดถนน



รูปที่ 16.4 ตัวอย่าง Grade line ของถนน

เรื่องที่ 16.2 การคำนวณค่า Grade elevation

เปอร์เซ็นต์เกรดเป็นอัตราความลาดของ grade line ต่อระยะราบ 100 เมตร ค่าระดับแต่ละจุดบน grade line เรียกว่า Grade elevation

ตัวอย่าง จากรูป 16.4 Sta. 0+000 มี Grade elevation =50.000 ม. และ Sta. 0+200 มี Grade elevation =55.000 ม.จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เกรดและ Grade elevation ของทุก sta. 25 ม.

กำหนดให้ V = ผลต่างของ Grade elevation ทั้ง 2 station

H = ผลต่างทางราบระหว่าง 2 station

g = เปอร์เซ็นต์เกรด

g = 100xV/H %

วิธีทำ

Sta. 0+000 มี grad elevation = 50.000

Sta. 0+200 มี grad elevation = 55.000

นั่นคือ H = 200 และ V = 5

แทนค่าสูตร g = 100 x 5/200

= 2.5 % **Ans.**

การหา Grade elev.ที่ sta. ใด ๆ

ค่า grade elev. ของ sta. ใดๆ = grade elev.ของ sta. แรก + V/H(x)

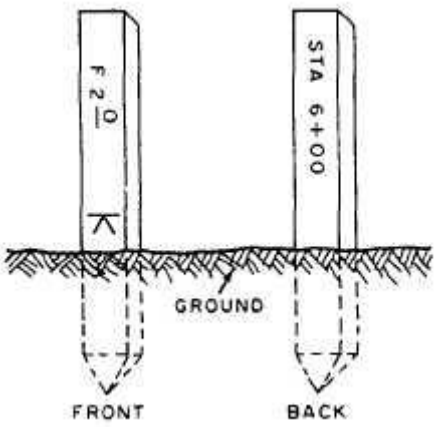
x = ระยะจาก sta. แรกถึง sta. ที่ต้องการหา grade elev.

เครื่องหมาย +/- คิดตามเครื่องหมายของ V หรือ g%

วิธีการคำนวณใช้สูตร grade elevation = grade elev. Sta. แรก +/- v/h(x)

STA.	Computation	Grade elevation
0+000		50.000
0+025	50+5/200(25)	50.625
0+050	50+5/200(50)	51.250
0+075	50+5/200(75)	51.875
0+100	50+5/200(100)	52.500
0+125	50+5/200(125)	53.125
0+150	50+5/200(150)	53.750
0+175	50+5/200(175)	54.375
0+200	50+5/200(200)	55.000

ตาราลที่ 16.2 แสดงการคำนวณหาค่า Grad Elevation



รูปที่ 16.5 ตัวอย่าง Grade Stake

แบบทดสอบท้ายบทที่ 16

ตอนที่ 1 เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การให้ระดับก่อสร้างเป็นการสำรวจประเภทใด
   ก. สำรวจเพื่อออกแบบ
   ข. สำรวจเพื่อทำแผนที่
   ค. สำรวจเพื่อการก่อสร้าง
   ง. สำรวจเพื่อการตัดสินใจ
2. การให้ระดับก่อสร้างในแบบก่อสร้างโดยทั่วไปผู้ออกแบบจะกำหนดค่าอะไรให้
   ก. ค่าระดับ BM.
   ข. ค่าระดับ Grad
   ค. ค่าระดับกล้อง
   ง. ค่าระดับไม้ staff
3. Grad Elevation หมายถึง
   ก. ค่าระดับก่อสร้าง
   ข. ค่าระดับอ้างอิง
   ค. ค่าระดับกล้อง
   ง. ค่าระดับไม้ staff
4. %Grad คือข้อใด
   ก. 100x(H/V)
   ข. 100x(X/V)
   ค. 100x(HxV)
   ง. 100x(V/H)
5. ความสูงกล้อง 35.450 ม grade elev. 33.850 ม.อ่านค่า staff บนหมุดไม้ได้ 1.875 ม. ต้อง
   ก. เลื่อน staff ขึ้น 0.275
   ข. เลื่อน staff ลง 0.275
   ค. เลื่อน staff ขึ้น 1.275
   ง. เลื่อน staff ลง 1.275
6. ค่า % Grade เป็นบวก หมายถึง
   ก. ค่าระดับเพิ่มขึ้นเมื่อ sta. เพิ่มขึ้น
   ข. ค่าระดับเพิ่มขึ้นเมื่อ sta. ลดลง

ค. ค่าระดับลดลงเมื่อ sta. เพิ่มขึ้น

ง. ค่าระดับคงที่เมื่อ sta. เพิ่มขึ้น

7. Grade Elev. 122.525 ม. ค่าที่อ่านจาก staff ได้ 1.252 ความสูงกล้องเป็นเท่าใด

ก. 121.273

ข. 123.777

ค. 123.525

ง. 122.525

8. การกำหนดค่าเกรดงานถนนพิจารณาจากข้อใดเป็นหลัก

ก. จากสูงไปหาต่ำ

ข. จากต่ำไปสูง

ค. จากข้อกำหนดของหน่วยงาน

ง. จากสภาพพื้นดินเดิม

9. การกำหนดค่าเกรดงานคลองพิจารณาจากข้อใดเป็นหลัก

ก. จากสูงไปหาต่ำ

ข. จากต่ำไปสูง

ค. จากข้อกำหนดของหน่วยงาน

ง. จากสภาพพื้นดินเดิม

10. Profile มักจะทำควบคู่กับงานใด

ก. งาน Run B.M.

ข. งานวางแนวเส้นศูนย์กลางแนวทาง

ค. งาน Cross Section

ง. งานเก็บรายละเอียด

ตอนที่ 2

2. จงคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์เกรดจาก Sta. 0+000 grade eleve. 22.500 ม. ไปยัง Sta. 0+200 grade elev. 25.00 ม. ทุก sta.25 เมตร

STA.	**Computation**	**Grade elevation**
0+000		22.500
0+025		
0+050		
0+075		
0+100		
0+125		
0+150		
0+175		
0+200		25.000

หน่วยการเรียนที่ 17

การทำระดับตามแนวยาว(PROFILE LEVELING)

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 17.1 วิธีการทำระดับตามยาว แนวทาง

เรื่องที่ 17.2 การคำนวณค่าระดับตามยาวแนวทาง

เรื่องที่ 17.3 การเขียนภาพตัดตามยาวแนวทาง

เรื่องที่ 17.4 ใบงานที่ 17 การทำระดับตามยาวแนวทาง

สาระสำคัญ

1. รูปด้านข้าง (profile or side view) เป็นแบบที่มองสิ่งก่อสร้างทางด้านข้างซึ่งปกติจะมีอยู่ 4 ด้าน คือ ด้านหน้า ด้านข้างขวา ด้านหลัง และด้านซ้าย ในงานก่อสร้างที่มีลักษณะเป็นแนวยาว เช่น ถนน คลองส่งน้ำ แบบด้านข้างนิยมเรียกว่า profile ส่วนงานโครงสร้างมักเรียกแบบด้านข้างว่า side view
2. การปรับแก้ผลการสำรวจ การปรับแก้ผลการสำรวจโดยวิธี RISE & FALL และคำอธิบายการปรับแก้ผลการสำรวจโดยวิธี Height of Instrument (HI)
3. การเขียนรูปตัดตามยาวแนวทางเป็นการเขียนรูปแสดงลักษณะสภาพดินเดิมเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบไม่ว่าจะเป็นการตัดเกรดงานถนน การคำนวณหาปริมาณงานดินตัดดินถม งานคลองชลประทาน หรือการขุดอุโมงค์
4. ฝึกทักษะในการทำงานโดยการปฏิบัติงานทำระดับตามยาวแนวทางเพื่อให้มีความชำนาญและความอดทน ละเอียดรอบคอบ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. อธิบายความหมายของการทำระดับตามยาวแนวทาง ได้
2. คำนวณค่าระดับตามยาวแนวทางได้
3. เขียนรูปตัดตามยาวแนวทางได้
3. มีทักษะในการทำระดับตามยาวแนวทาง

เรื่องที่ 17.1 ระดับตามยาวแนวทาง (Profile Leveling)

ระดับตามยาวแนวทางเป็นวิธีการสำรวจเพื่อหาลักษณะของพื้นดินตามแนวเส้นศูนย์กลางแนวทาง เพื่อใช้ในการก่อสร้างทางด้านวิศวกรรม กระทำโดยการหาค่าระดับของจุดที่ต่อเนื่องกัน แล้วลากเส้นเชื่อมจุดเหล่านี้ เส้นที่ได้จะเป็นตัวแทนลักษณะของพื้นดินตามศูนย์กลางแนวทางเรา เรียกว่าการทำระดับตามยาวแนวทาง(Profile Leveling) งานต่างๆที่ต้องทำระดับตามยาวแนวทาง ได้แก่

1. งานถนน (Highways)
2. งานทางรถไฟ (Railways)
3. งานระบบขนส่ง (Transmission lines)
4. งานคลองชลประทาน (Canals)
5. งานท่อระบายน้ำ (Sewers)
6. งานท่อส่งน้ำหลัก (Water mains)

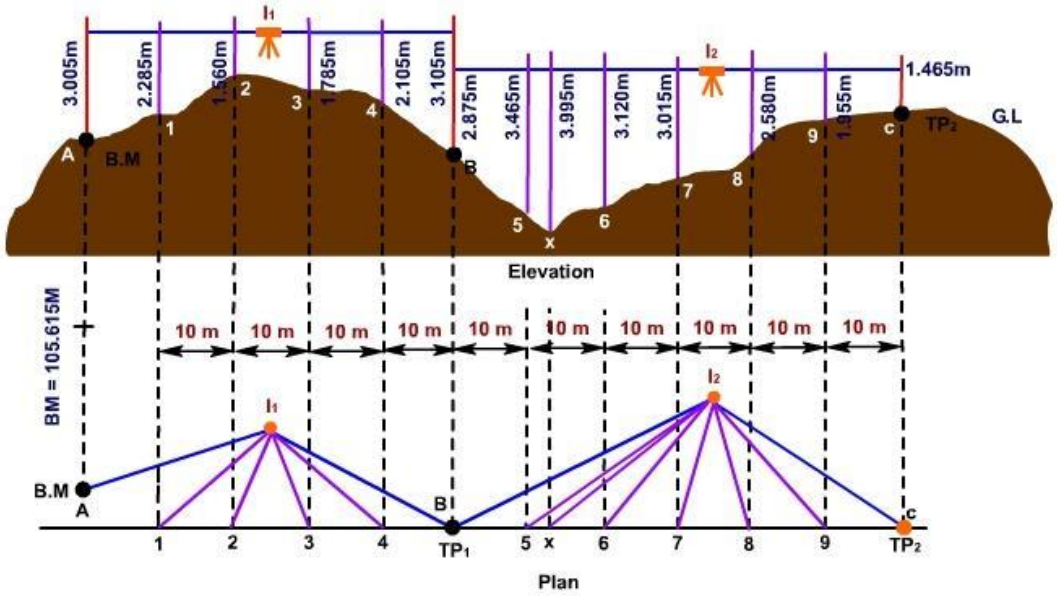
จุดที่ต้องกำหนดเพื่อเก็บค่าระดับแนวทางตามยาว

1. จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดโครงการและจุดที่ทำการวัดมุม
2. จุดที่อยู่ระหว่างกลางบนเส้นศูนย์กลางแนวทาง(ระยะ 50-100 ฟุตสำหรับหน่วยอังกฤษ และ 10 – 40 เมตร สำหรับ SI unit)
3. ระยะห่างของหมุดจะถูกวัดด้วยเทปหรือ EDM.

การทำระดับตามยาวแนวทางจะกระทำหลังจากได้ทำการวางแนวทางไปบนพื้นดินเรียบร้อยแล้ว โดยทำการวัดระยะตอกหมุดที่ศูนย์กลางแนวทาง ระยะห่างของหมุดขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและความละเอียด ลักษณะของงานที่ต้องการ มาตราส่วนที่จะขึ้นรูป เช่น ทุกๆ 10 เมตร และจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของความลาดเอียงในภูมิประเทศ ตำแหน่งสะพาน จุดที่มีทางแยก เป็นต้น จุดเริ่มต้นของงานเราจะกำหนดให้เป็น sta. 0+000 ทุกจุดที่เต็มร้อยเราเรียกว่า full station เช่น sta. 0+100 , 0+200 … เป็นต้น จุดต่างๆ ที่อยู่บนศูนย์กลางแนวทางเราจะเรียกจุดเหล่านี้ตามระยะจากจุดเริ่มต้นเสมอ เช่น ระยะที่ 153.25 ม. เราจะเรียกเป็น sta. 0+153.25 เป็นต้น

ในการทำระดับตามยาวแนวทาง ตำแหน่งตั้งกล้องระดับไม่จำเป็นจะต้องอยู่บนแนวเส้นศูนย์กลางแนวทางเสมอไป ดังรูป 17.1 กล้องระดับ(L1)จะอยู่ในตำแหน่งที่สามารถมองเห็นไม้วัดระดับที่ตั้งอยู่บน B.M. และสามารถอ่านค่าระดับของจุดที่อยู่บนเส้นศูนย์กลางแนวทางได้ชัดเจน (จากรูป มองเห็นจุด 1,2,3,4)คือค่า ไม้กลาง (I.F.S.) และส่องค่า Foresight ที่จุด TP.1 ก่อนจะย้ายกล้องระดับ(L2) หลังจากตั้งกล้องได้ระดับแล้วก็ทำการอ่านค่า Back sight บนหมุด TP1. แล้วจึงทำการเก็บค่าระดับจุด 5,6 บนแนวเส้นศูนย์กลางทางต่อไป และทำ TP2 อ่านค่า Foresight ก่อนทำการ

ย้ายกล้องเพื่อทำงานต่อไป นอกจากนี้ยังมีจุดที่ทำการเก็บเพิ่มเติมในกรณีที่ทีจุดเปลี่ยนแปลงความลาดเอียงจากตัวอย่างเป็นจุด X



รูปที่ 17.1 แสดงลักษณะของพื้นดินตามรูปตัดตามยาวและรูปด้านบน

Pegs	**Distance(m)**	Direction	Staff Reading (m)			Difference in Elevation (m)		H.I (m)	R.L(m)	Remarks
			B.S	I.S	F.S	**Rise**	**Fall**			
A			3.005					108.620	105.615	B.M.
1	0+00			2.285		0.720			106.335	
2	0+10			1.560		0.725			107.060	
3	0+20			1.785			0.225		106.835	
4	0+30			2.105			0.320		106.515	
B	0+40		2.875		3.105		1.000	108.390	105.515	$T.P._1$
5	0+50			3.465			0.590		104.925	
X	0+53.35			3.955			0.490		104.435	
6	0+60			3.120		0.835			105.270	
7	0+70			3.015		0.105			105.375	
8	0+80			2.580		0.435			105.810	
9	0+90			1.955		0.625			106.435	
C	1+00				1.465	0.490			106.925	$T.P._2$
		S	5.880		4.570	3.935	2.625			

ตาราง 17.1 สมุดสนามการทำระดับตามยาวแนวทาง

เรื่องที่ 17.2 การวัดระยะและทิศทางในงานทำระดับตามยาวแนวทาง

การวัดระยะและทิศทางในงานทำระดับตามยาวแนวทาง จะบันทึกในช่องที่ตรงกับตำแหน่งของการอ่านค่า B.S. และ F.S. ในตารางสมุดสนาม ซึ่งระยะเหล่านี้เป็นระยะที่วัดจากจุดเริ่มต้นงานโดยจะจดลงในช่อง sta. ค่า B.S. แรก 3.005 m. เป็นค่าที่อ่านได้จากไม้วัดระดับที่ตั้งบน B.M. จะจดค่าในสมุดสนามตรงช่อง B.S. ที่ตรงแถว B.M. ค่าไม้กลาง (I.S.) จากตัวอย่างสมุดสนาม (ตารางที่ 17.1) คือ 2.285 m. , 1.560 m. , 1.785 m. , 2.105 m. เป็นค่าที่อ่านได้จากไม้วัดระดับที่จุด 1 , 2 , 3 , 4 ซึ่งจดบันทึกในคอลัมน์เดียวกัน ค่า F.S. 3.105 m. ที่แถว B เป็นค่าที่อ่านได้จากไม้วัดระดับที่จุด TP1 ก่อนจะย้ายกล้องไปที่ L2 และส่อง B.S. กลับมาที่ TP1 อ่านค่าได้ 2.875 m. จดบันทึกในคอลัมน์ B.S. ตรงแถว B เมื่ออ่านค่า F.S. และ B.S. ที่จุด B เรียบร้อยแล้วจึงทีการอ่านค่าไม้กลาง I.S. 3.465 m. , 3.955 m. , 3.120 m. , 3.015 m. , 2.580 m. , 1.955 m. ซึ่งเป็นค่าที่อ่านจากไม้วัดระดับที่จุด 5,X,6,7,8,9 จดบันทึกในสมุดสนามช่อง I.S. จากนั้นอ่านค่า F.S. 1.465 m. ที่ตำแหน่งจุด C ซึ่งเป็นจุด TP2

การคำนวณค่าระดับจากตัวอย่างสมุดสนามตารางที่ 17.1 เราสามารถคำนวณได้ทั้งแบบ H.I. และแบบ Rise and Fall จากตัวอย่างเป็นการคำนวณแบบ Rise and Fall แต่ไม่ว่าจะคำนวณวิธีใดก็ต้องมีการตรวจสอบรายการคำนวณด้วยเสมอ

เรื่องที่ 17.3 การเขียนรูปตัดตามยาวแนวทาง (Plotting of Profile)

การเขียนรูปตัดตามยาวแนวทางเป็นการเขียนรูปแสดงลักษณะสภาพดินเดิมเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบไม่ว่าจะเป็นการตัดเกรดงานถนน การคำนวณหาปริมาณงานดินตัดดินถม งานคลองชลประทาน หรือการขุดอุโมงค์ โดยกำหนดให้ทางราบเป็นระยะทางราบและทางตั้งเป็นค่าระดับที่คำนวณได้จากสมุดสนาม เริ่มจากการกำหนดมาตราส่วนทางราบเพื่อเขียน Sta. ต่างๆ ที่รังวัดระยะตามแนวเส้นศูนย์กลางแนวทางการกำหนดมาตราส่วนอาจมาจากข้อกำหนดของหน่วยงานหรือความละเอียดของงานที่ต้องการ หรือขนาดกระดาษที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน โดยทั่วไปจะกำหนดมาตราส่วนทางดิ่งให้มีขนาดใหญ่กว่ามาตราส่วนทางราบเพื่อให้สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของสภาพของพื้นดินได้อย่างชัดเจน เพื่อสะดวกในการนำไปออกแบบใช้งานต่อไป หลังจากนั้นทำการPlot ค่าระดับของจุต่างๆ ตาม sta. ให้ครบแล้วลากเส้นตรงเชื่อมจุดที่ Plot ไว้ จะได้เส้นที่แสดงถึงสภาพพื้นดินที่จะทำการก่อสร้างต่อไปดังรูปที่ 17.2

รูปที่ 14.2 แสดงการPlot รูปตัดตามยาวแนวทางจากข้อมูลในตาราง 17.1

แบบทดสอบท้ายบทที่ 17

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. Profile leveling หมายถึง
    ก. การทำระดับศูนย์กลางแนวทาง
    ข. การทำระดับตามขวางแนวทาง
    ค. การทำระดับถนน
    ง. การทำระดับต่อเนื่อง
2. การทำระดับตามยาวแนวทางมีจุดประสงค์ใด
    ก. หาลักษณะของพื้นดินตามแนวเส้นศูนย์กลางแนวทาง
    ข. หาลักษณะของพื้นดินตามขวางแนวทาง
    ค. หาลักษณะของพื้นดินเดิม
    ง. หาลักษณะของผิวจราจร
3. ประโยชน์ของ Profile leveling คือข้อใด
    ก. ใช้ในการออกแบบแนวทาง
    ข. ใช้ในการตัดสินใจโครงการ
    ค. ใช้ประมาณราคา
    ง. ถูกทุกข้อ
4. งานใดที่ต้องทำProfile leveling
    ก. งานถนน (Highways)
    ข. งานระบบขนส่ง (Transmission lines)
    ค. งานคลองชลประทาน (Canals)
    ง. ถูกทุกข้อ
5. จุดที่ต้องกำหนดเพื่อเก็บค่าระดับแนวทางตามยาวคือ
    ก. จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดโครงการ
    ข. จุดที่ทำการวัดมุม
    ค. จุดที่ตั้งกล้อง
    ง. จุดที่มีการเปลี่ยนแปลงความลาด
6. จุดที่เรียกว่า full station คือข้อใด
    ก. 0+000
    ข. 0+111
    ค. 0+222

ง. 0+333

7. Sta. 1+225 หมายถึง

ก. ระยะทางจากจุดตั้งกล้อง 1,225 เมตร

ข. ระยะทางจากจุดเริ่มต้นโครงการ 1,225 เมตร

ค. ระยะทางจากจุดเปลี่ยนทิศทาง 1,225 เมตร

ง. ระยะทางจากจุดสิ้นสุดโครงการ 1,225 เมตร

8. ตำแหน่งตั้งกล้องระดับของงาน Profile ควรอยู่ที่ใด

ก. บนศูนย์กลางแนวทาง

ข. ที่ใดก็ได้

ค. ที่มองเห็น B.S. และ F.S.

ง. ที่ตำแหน่งที่เล็งแนวได้ไกลที่สุด

9. ก่อนย้ายกล้องต้องอ่านค่าใดทุกครั้ง

ก. ค่าระดับที่ B.M.

ข. ค่าระดับที่ T.P.

ค. ค่าระดับที่ B.S.

ง. ค่าระดับที่ F.S.

10. การจดสมุดสนาม Profile leveling ระยะทางจะจดในช่องใด

ก. STA.

ข. B.S.

ค. F.S.

ง. Elev.

11. ระยะห่างของ Sta. ในงานทางคือข้อใด

ก. 10 ม.

ข. 20 ม.

ค. 25 ม.

ง. 50 ม.

12. การตรวจสอบความถูกต้องการทำระดับ Profile leveling กระทำโดย

ก. H.I = Elev. + B.S.

ข. Elev. = H.I. – F.S.

ค. ΣBS. - Σ FS. = Last Elev. – First Elev.

ง. การทำระดับต่อเนื่องเข้า B.M.

13. การตรวจสอบความถูกต้องการคำนวณ Profile leveling แบบ H.I.กระทำโดย

ก. H.I = Elev. + B.S.

ข. Elev. = H.I. – F.S.

ค. ΣBS. - Σ FS. = Last Elev. – First Elev.

ง. การทำระดับต่อเนื่องเข้า B.M.

14. ค่าไม้กลางของงาน Profile leveling คือ

ก. ค่าที่อ่านจาก staff ระหว่าง B.S. และ F.S.

ข. ค่าที่อ่านจาก staff ระหว่าง H.I. และ F.S.

ค. ค่าที่อ่านจาก staff ระหว่าง B.S. และ Elev.

ง. ค่าที่อ่านจาก staff ระหว่าง F.S. และ Elev.

15. การ Plot รูป Profile leveling กำหนดให้ Sta. อยู่ด้านใด

ก. ทางราบซ้ายไปขวา

ข. ทางดิ่งบนลงล่าง

ค. ทางราบขวาไปซ้าย

ง. ทางดิ่งล่างขึ้นบน

16. การ Plot รูป Profile leveling กำหนดให้ Elev. อยู่ด้านใด

ก. ทางราบซ้ายไปขวา

ข. ทางดิ่งบนลงล่าง

ค. ทางราบขวาไปซ้าย

ง. ทางดิ่งล่างขึ้นบน

17. การกำหนดมาตราส่วนการ Plot รูป Profile leveling

ก. ทางราบเท่ากับทางดิ่ง

ข. ทางราบใหญ่กว่าทางดิ่ง

ค. ทางดิ่งใหญ่กว่าทางราบ

ง. แบบใดก็ได้

18. ค่าใดในสมุดสนามที่นำมา Plot รูป Profile

ก. STA.

ข. B.S.

ค. F.S.

ง. Elev.

19. เส้นที่ลากเชื่อมค่าระดับที่ Plot รูป Profile แสดงถึง

ก. ทิศทางการทำงาน

ข. ลักษณะของพื้นดินตามแนวศูนย์กลางทาง

ค. ลักษณะสูงต่ำของถนน

ง. ถูกทุกข้อ

20. รายละเอียดใดไม่จำเป็นต้องเขียนในการ Plot รูป Profile

ก. มาตราส่วนทางราบ

ข. มาตราส่วนทางดิ่ง

ค. ค่าระดับแต่ละ Sta.

ง. สัญลักษณ์ทิศเหนือ

หน่วยการเรียนที่ 18

การทำระดับตามแนวขวาง(CROSS - SECTION LEVELING)

รายการเรียนการสอน

เรื่องที่ 18.1 การทำระดับตามขวาง

เรื่องที่ 18.2 การคำนวณระดับตามขวาง

เรื่องที่ 18.3 การเขียนรูปตัดตามขวาง

เรื่องที่ 18.4 ใบงานที่ 18 ปฏิบัติงานการทำระดับตามขวางแนวทาง

สาระสำคัญ

1. เมื่อกำหนดระดับก่อสร้างตามแนวทางแล้ว ในการก่อสร้างจะต้องมีความกว้างของคันทาง หรือท้องคลอง ปากคลอง หรืองานก่อสร้างอื่นๆ ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการขุดหรือถม จึงต้องมีการหาปริมาณงานดินนี้ ดังนั้นจึงต้องทราบค่าระดับดินเดิมในทางขวางเสียก่อน เพื่อนำมาขึ้นรูปหน้าตัดของสิ่งก่อสร้าง หางานดินตัดหรือดินถมได้

2. การคำนวณปรับแก้ค่าระดับจะทำลงในสมุดสนามพร้อมตรวจสอบความผิดของการทำงานและคำนวณเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเขียนรูปต่อไป

3. เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานสนาม มาทำการตรวจสอบและเขียนรูปเพื่อนำรูปตัดตามขวางแนวทางไปใช้ในงานออกแบบ หรือนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณงานดินเพื่อประมาณราคาต่อไป

4. ในการฝึกปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญ และประสบการณ์ในการทำระดับตามขวาง

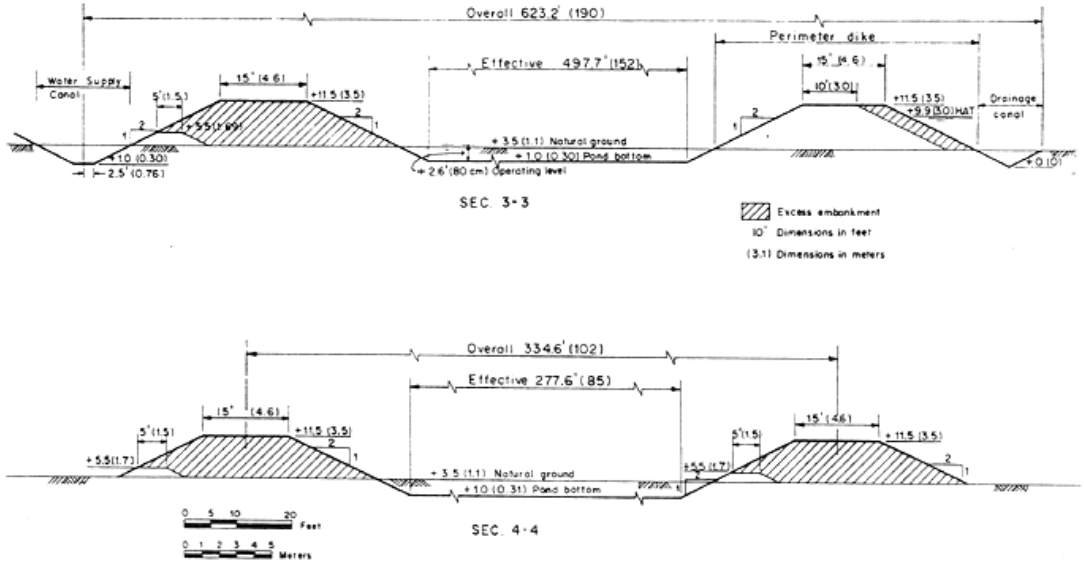
จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกวิธีการทำระดับตามขวาง การคำนวณ - ปรับแก้ค่าระดับได้

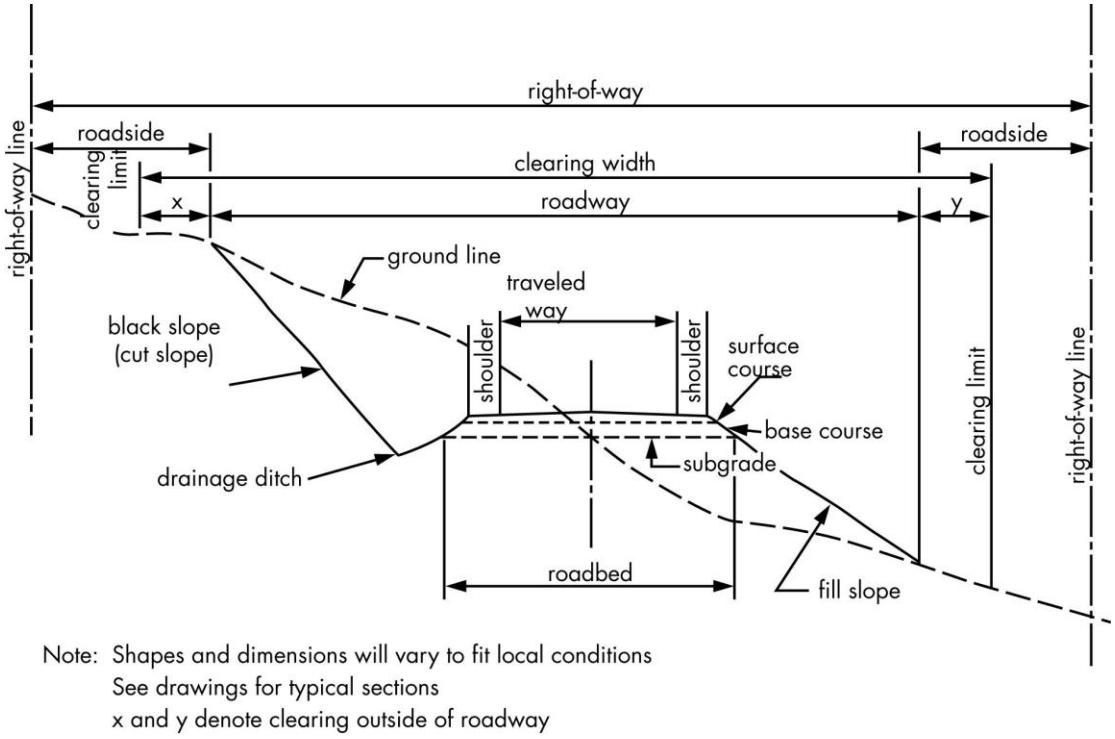
2. คำนวณและเขียนค่าระดับตามขวางได้

3. นำวิธีการทำระดับตามขวางไปใช้งานได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 16.1 การทำระดับตามขวาง (Cross - Section Leveling)



รูปที่ 18.1 แสดงภาพตัดตามขวางแนวทางของงานชลประทาน



รูปที่ 18.2 แสดงภาพตัดตามขวางแนวทางของงานถนน

การทำระดับตามขวางคือ การหาค่าระดับผิวดินหรือคันทางในแนวตั้งได้ฉากกับแนวศูนย์กลางทาง เพื่อประโยชน์ในการนำมาหาปริมาณงานดินถมหรือดินตัด และใช้รวมกันกับรูปตัดตามยาวทำให้สามารถเขียนเส้นชั้นความสูงได้มีหลักการดังนี้

1. ทำออกเป็นมุมฉากกับแนวทางทั้งสองข้างถ้าอยู่ในโค้งทำตั้งฉากกับแนวเส้นสัมผัสที่จุดนั้น ๆ

2. ในภูมิประเทศเป็นที่ราบ ทำทุก ๆ ระยะ 25 ม. หรือตามความเหมาะสม

3. ในภูมิประเทศที่เป็นภูเขา ทำทุก ๆ 10 ม. หรือตามความเหมาะสม

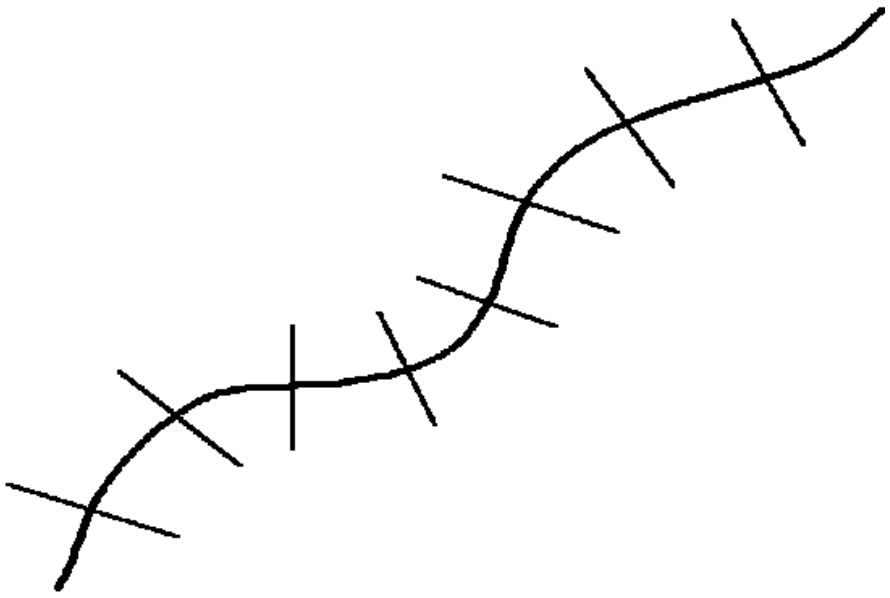
4. ทำรูปตัดของคอสะพาน ท่อกล่องสี่เหลี่ยม ท่อกลม และที่ริมฝั่งน้ำทั้งสองด้าน

5. หาค่าระดับตามรูปตัดขวางทุก ๆ ที่มีภูมิประเทศเปลี่ยนแปลงแต่ละจุดห่างกันไม่เกิน 10 ม.

6. ให้ทำรูปตัดขวางอย่างน้อยจนถึงเขตทาง

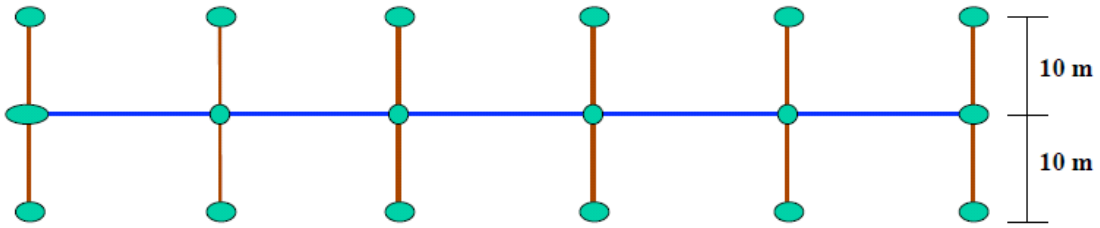
7. ให้ทำรูปตัดขวางของพื้นที่มีอยู่เดิม จะต้องหาค่าระดับทุก ๆ จุดที่เปลี่ยนแปลงและร่องน้ำทั้งสองข้างทางเพื่อนำมาเขียนเป็นรูปร่างของถนนได้อย่างละเอียดถูกต้อง

8. การวัดระยะให้ใช้เทปวัดระยะดึงจากศูนย์กลางแนวสำรวจให้ได้ระดับพอประมาณ



รูปที่ 18.3 แสดงรูปแปลนการตัดตามขวางแนวทาง

การรังวัดทำรูปตัดขวางนั้นมีวิธีการทำและจดข้อมูลในสนามได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับภูมิประเทศของบริเวณที่จะทำการรังวัด



รูปที่ 18.4 แสดงลักษณะการกำหนดแนวหน้าตัดขวาง

เรื่องที่ 16.2 วิธีการรังวัด จะใช้ค่าระดับและระยะต่าง ๆ ที่ได้จากการทำระดับตามยาว เป็นหมุดหลักฐานการระดับ (BM) ของแต่ละช่วงระยะนั้น ๆ

1. ตั้งกล้องห่างหมุดระยะที่ต้องการทำการรังวัดพอประมาณ

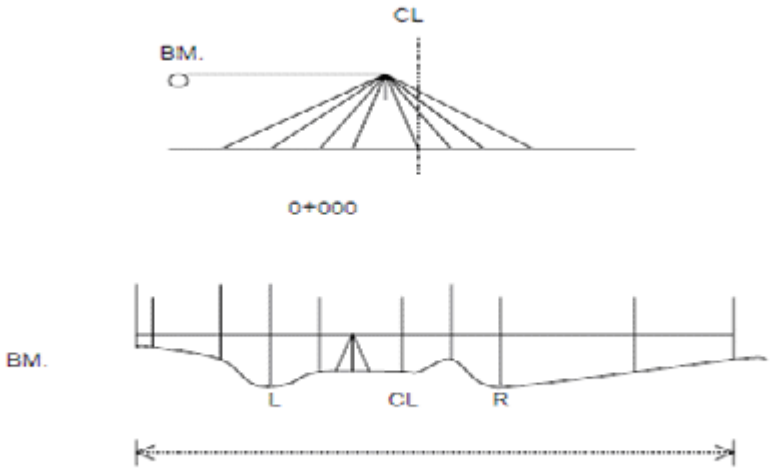
2. ส่องกล้องอ่านค่าระดับที่จุดศูนย์กลางของระยะเริ่มทำการรังวัด ซึ่งที่จุดศูนย์กลางนี้รู้ค่าระดับแล้วจากการทำระดับตามยาว

3. วัดระยะออกตั้งฉากกัน ไปทางซ้ายและขวา จนถึงจุดเปลี่ยนความลาดเอียง (Slope) ตั้งไม้วัดระดับและอ่านค่าไม้วัดระดับจุดค่าอ่านไม้วัดระดับที่อ่านได้แบบระยะในสมุดสนามทำการรังวัดจุดต่อ ๆ ไป ถึงเขตทางหรือมากกว่าแล้วแต่ความเหมาะสม แต่ไม่ควรน้อยกว่า 2. ม. จุดที่ตั้งไม้วัดระดับแต่ละจุดห่างกันไม่ควรเกิน 10 ม.

4. รูปตัดขวางที่มีคันทางเดิมควรระวังการรังวัดที่จุดขอบไหล่ทาง (Toe Slope) ควรทำการรังวัดให้แน่นอนทั้งระดับและระยะจากศูนย์กลางถ้ามีร่องน้ำข้างทางควรทำให้ละเอียดตามความลาดเอียงของร่องน้ำให้ถูกต้องที่สุด

5. เมื่อเสร็จใน Sta. หนึ่งแล้วให้ทำการรังวัดใน Sta. ต่อไป เป็นการเช่นเดียวกับในข้อ 2 ถึง 4

6. ให้ย้ายกล้องต่อไป เมื่อมีระยะห่างมากเกินไปจนไม่สามารถควบคุมการวัดระยะและดูการตั้งไม้วัดระดับตามความลาดเอียงที่เปลี่ยนไปให้ถูกต้องได้เพียงพอ



รูปที่ 18.4 แสดงลักษณะการหารูปตัดตามขวาง

ตัวอย่าง สมุดสนาม (เมื่อกำหนดระยะขวางเท่ากัน)

Sta.	BS.	HI.	FS.	EC.	Elev.	L			CL	R		
BM.1	2.650	102.6			100.000	9	6	3	0	3	6	9
0+000						0.550	0.410	0.450	0.430	0.470	0.580	0.600
						102.1	102.24	102.20	102.20	102.18	102.07	102.05
0+025						1.300	01.280	1.254	102.20	1.200	1.170	1.150
						101.3	101.37	101.40	101.43	101.45	101.48	101.50
0+050						1.350	1.420	1.395	1.370	1.355	1.300	1.320
						101.3	101.23	101.25	101.28	101.29	101.35	101.33
0+075						2.000	13.955	1.900	1.850	1.805		
						100.6	100.69	100.75	100.80	100.84		
TP.1	1.450	103.594	0.504	0.002	102.144							
0+100						2.285	2.260	1.900	1.850	1.805		
						101.3	100.69	100.75	100.80	100.84		
0+125						0.270	0.250	0.220	0.190	0.140	0.135	0.100
						103.3	103.34	103.33	103.40	103.38	103.45	103.49
0+150						1.550	1.500	1.495	1.495	1.470	1.430	1.450
						102.0	102.09	102.09	102.12	102.12	102.16	102.14
0+175						1.400	1.365	1.35	1.310	1.305	1.270	1.250
						102.1	102.22	102.24	102.28	102.28	102.32	102.34
TP.2	2.240	105.517	0.315	0.002	103.277							
0+200						1.552	1.730	1.920	2.150	2.230	2.550	2.830
						103.9	103.78	103.59	103.37	103.19	102.96	102.58
0+225						0.625	1.317	1.917	2.767	3.317	3.817	4.217
						104.8	140.20	103.60	102.75	102.20	101.70	101.30
0+250						0.514	0.720	1.217	1.967	2.767	3.567	4.117
						105.0	104.79	104.30	103.55	102.75	101.95	101.40
BM.2			0.520	0.002	104.995							
∑	6.340		1.339									

ตารางที่ 18.1 สมุดสนามการทำระดับตามขวางแนวทาง

Σ 6.340 1.339

จากสูตร ΣBS. - ΣFS. = Last Elev. - First Elev.

6.34 . 1.339 = Last Elev. -100.00

Last Elev. = 4100.00 + 6.34 . 1339 = 105.001

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น = 105.001 . 104.995 = + 0.006 ม.

ค่า BM.2 จากการปฏิบัติงานคงที่ เป็นบวก ตรวจสอบว่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ของงานหรือไม่

จากเกณฑ์ของงานชิ้นที่ = 12 ม.ม. √k = 12 √0.250

= 0.006 ม. (k = ระยะทางเป็น กม.)

ความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ของงาน

ความคลาดเคลื่อน / การตั้งกล้อง 1 ครั้ง = Error / n

= 0.006 / 3 = 0.002 ม.

เรื่องที่ 18.2 การคำนวณปรับแก้ค่าระดับการทำระดับตามขวางแนวทาง

คำนวณหา Elev. BM. 1/2 ที่ได้จากการปฏิบัติงาน

จากสูตร ΣBS. - ΣFS.= Last Elev. - First Elev.

Last Elev. = First Elev. +BS. FS.

= 100.000 + 6.125 = 5.504

= 1000.621 (Fixed = 100.651)

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น EC. = 100.651 - 100.621

= - 0.030

ความคลาดเคลื่อน / การตั้งกล้อง 1 ครั้ง = EC./N

EC = Error of Closure

N = Number = จำนวนครั้งที่ตั้งกล้อง

EC/N = 0.30

N = 0.01

นำค่าแก้คือ 0.01 ไปใส่ในช่อง EC. เนื่องจากค่าที่ได้มาน้อยจึงนำมาบวกเข้าไปที่ช่องหลัง FS. จากนั้นก็คำนวณหา Elev. ที่ Station ต่าง ๆ

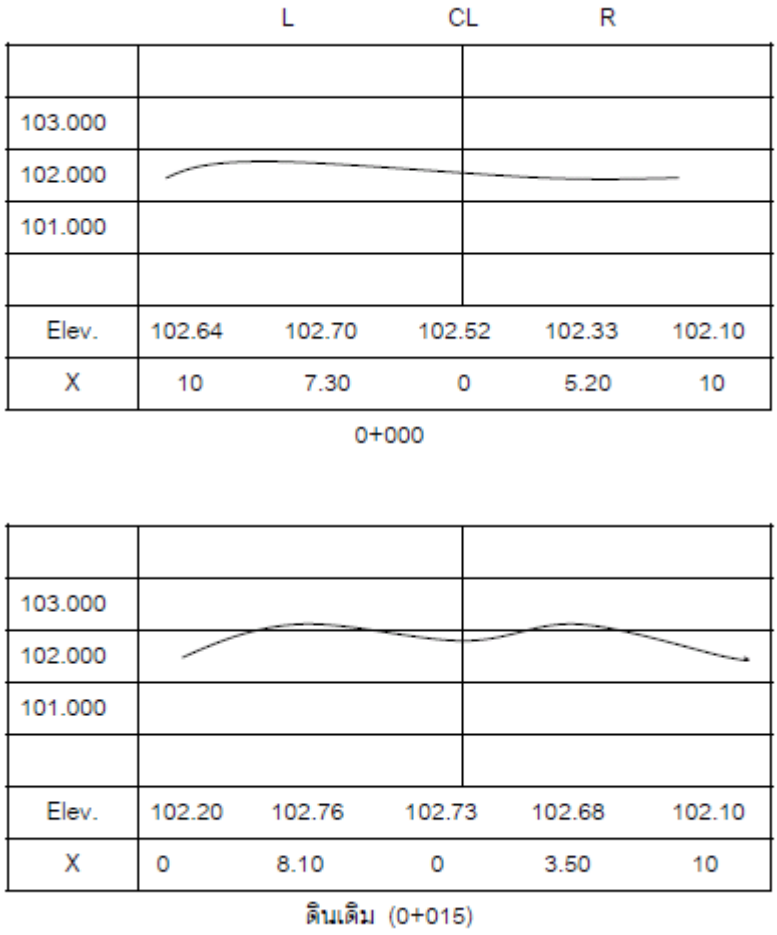
จากจุด Elev. + ES. = HI.

HI. - FS. หรือ IFS. = Eiev.

ก็จะหาค่าระดับของทุก ๆ จุดได้

เรื่องที่ 18.3 การเขียนรูปหน้าตัดตามขวางแนวทาง เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานสนามมาทำการตรวจสอบและเขียนรูปเพื่อนำรูปตัดตามขวางแนวทางไปใช้ในงานออกแบบ หรือนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณงานดินเพื่อประมาณราคาต่อไป

1. ตรวจสอบรายการคำนวณค่าระดับของSta. ต่าง ๆ ให้ถูกต้องเรียบร้อย
2. กำหนดมาตราส่วนที่เหมาะสมกับกระดาษแล้วเขียนตารางขอบเขตของภาพตัดตามขวางแต่ละ sta.
3. เขียนค่าระดับด้านซ้ายมือในตารางข้อ 2
4. Plot ค่าระดับของแต่ละ sta. ลากเส้นโยงค่าระดับที่ Plot
5. เขียนรายละเอียดแต่ละ sta. ให้สมบูรณ์ดังแสดงในรูป 18.5



รูปที่ 18.5 แสดงลักษณะการเขียนรูปตัดตามขวาง

แบบทดสอบท้ายบทที่ 18

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การทำระดับ Cross-section หมายถึง
    ก. การหาค่าระดับผิวดินในแนวศูนย์กลางทาง
    ข. การหาค่าระดับผิวดินในแนวตั้งได้ฉากกับแนวศูนย์กลางทาง
    ค. การหาค่าระดับผิวดินรอบๆแนวทาง
    ง. ถูกทุกข้อ
2. จุดประสงค์ของการทำระดับ Cross-section คือ
    ก. เพื่อนำมาหาปริมาณงานดินถมหรือดินตัด
    ข. เพื่อนำมาเขียนรูปตัด
    ค. เพื่อประโยชน์ในการนำมาหางบประมาณถนนไร้ฝุ่น
    ง. เพื่อนำมาออกแบบวางผัง
3. การทำระดับ Cross-section ต้องวัดค่าระดับออกจาก
    ก. งาน Profile
    ข. งานสำรวจวงรอบ
    ค. งานสำรวจเส้นทาง
    ง. B.M.
4. ตำแหน่งใดบ้างที่ต้องทำระดับ Cross-section
    ก. ทุก Full station
    ข. ทุก Pulse station

ค. ทุกจุดที่เก็บค่าระดับ Profile

ง. ถูกทุกข้อ

5. ระยะฉากออกด้านข้างนิยมวัดระยะด้วย

ก. เทปวัดระยะ

ข. ไม้วัดระดับ

ค. การนับก้าว

ง. E.D.M.

6. การส่องกล้องระดับเพื่อทำ cross-section จะอ่านค่า

ก. ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

ข. ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

ค. ทศนิยม 3 ตำแหน่ง

ง. ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

7. ให้ทำรูปตัดขวางอย่างน้อย

ก. ถึงเขตทาง

ข. ถึงรายละเอียดข้างทาง

ค. สุดความยาวไม้วัดระดับ

ง. 10 เมตร

8. การระดับ Cross-section สะพาน

ก. กึ่งกลางสะพาน

ข. ทุกๆ 10 เมตร

ค. ตามความสะดวก

ง. ทำรูปตัดคอสะพาน

9. การทำระดับ Cross-section แนวฉากแต่ละจุดห่างกันไม่ควรเกิน

ก. 5 เมตร

ข. 10 เมตร

ค. 15 เมตร

ง. 20 เมตร

10. รูปตัดขวางที่มีคันทางเดิมควรระวังการรังวัดที่จุดใดเพิ่ม

ก. ศูนย์กลางทาง

ข. จุดเปลี่ยนแปลงความลาด

ค. ขอบไหล่ทาง

ง. เขตทาง

11. ความถูกต้องของงานใช้เกณฑ์ของงานชั้นที่ 3

    ก. = 8 ม.ม. $\sqrt{k}$

    ข. = 12 ม.ม. $\sqrt{k}$

    ค. = 20 ม.ม. $\sqrt{k}$

    ง. = 25 ม.ม. $\sqrt{k}$

12. การทำระดับ Cross-section ยังสามารถนำไปใช้งานใดเพิ่มเติมจากงานทาง

    ก. งานวงรอบ

    ข. งานสามเหลี่ยม

    ค. งานทำแผนที่

    ง. เขียนเส้นชั้นความสูง

13. การจดสมุดสนามงาน Cross – section แตกต่างจาก profile คือ

    ก. มีช่อง L และ R

    ข. มีช่อง sketch ภาพเพิ่มขึ้น

    ค. มีรายการคำนวณ

    ง. ไม่แตกต่าง

14. การเรียกด้านซ้ายแนวทางเมื่อหันหน้าไปทางใด

    ก. หันเข้าหากล้อง

    ข. หันออกจากกล้อง

    ค. หันไปตามทิศทางการก่อสร้าง

    ง. หันเข้าหา B.M.

15. การตรวจสอบความถูกต้องของงานสนามจาก

    ก. การถ่ายระดับบรรจบ B.M.

    ข. การทำระดับสวนกลับ

    ค. ตรวจสอบกับงาน Profile

    ง. ΣBS. - ΣFS. = Last Elev. - First Elev.

16. ความคลาดเคลื่อน / การตั้งกล้อง 1 ครั้งคือ

    ก. EC./I

    ข. EC./TP.

    ค. EC./N

    ง. ΣBS. -ΣFS. = Last Elev. - First Elev.

17. การ Plot รูป Cross – section ความสัมพันธ์ของมาตราส่วนทางราบและทางดิ่งคือ

ก. ทางราบมากว่าทางดิ่ง

ข. ทางราบเท่ากับทางดิ่ง

ค. ทางราบเล็กกว่าทางดิ่ง

ง. ไม่จำกัด

18. การ Plot รูป Cross – section เรียงลำดับ station อย่างไร

ก. บนลงล่าง

ข. ล่างขึ้นบน

ค. ซ้ายไปขวา

ง. ขวาไปซ้าย

19. ค่าระดับนิยมเขียนด้านใดของช่องตาราง Plot รูป

ก. ซ้าย

ข. ขวา

ค. บน

ง. ล่าง

20. การเขียนรูปตัดตามขวางแนวทางและตามยาวมีค่าใดที่ต้องเท่ากัน

ก. ค่ามาตราส่วนทางราบ

ข. ค่ามาตราส่วนทางดิ่ง

ค. ค่าระดับที่ศูนย์กลางแนวทาง

ง. ค่าระดับกล้อง