Introduction to Surveying

Suriyah Thongmunee

1-2557

Contents

- การรังวัดและประวัติ
- สัณฐานโลก
- .....
- องค์ประกอบในการทำงานสำรวจ
- ลักษณะของงานสำรวจ
- .....
- สมุดสนาม
- การวัดและหน่วยการวัด
- .....

การสำรวจและประวัติ

การรังวัด คือ .....

.....

.....

.....

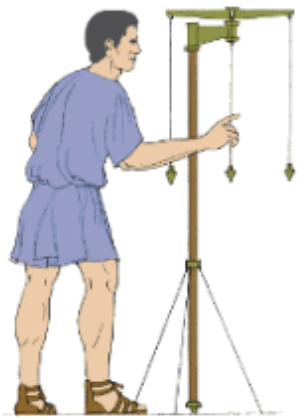
ตำแหน่งต่าง ๆ บนหรือใกล้เคียงผิวโลก ทั้งในลักษณะของตำแหน่งสัมพันธ์ และตำแหน่งสมบูรณ์ เพื่อ.....

.....

การรังวัดและประวัติ

อียิป ⟶ ..... ⟶ .....

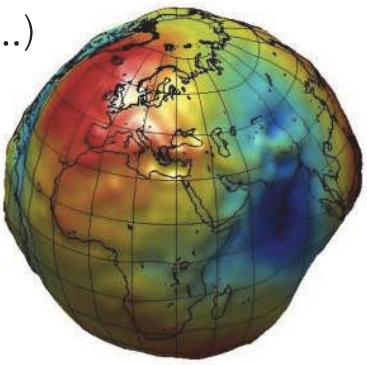
Dioptra

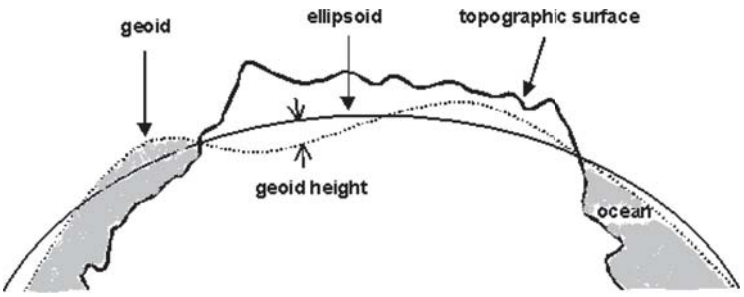


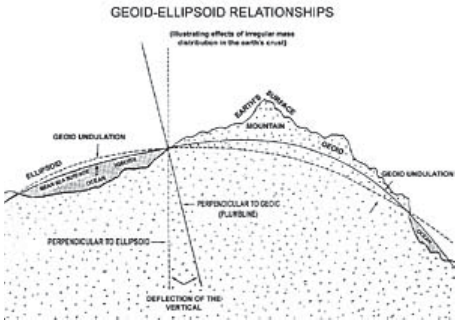
Groma

สัณฐานโลก

- สัณฐานโลกทางกายภาพ (.....)
- สัณฐานโลกจีออยด์ (.....)
- สัณฐานโลกรูปทรงรี (.....)
  - .....
  - .....



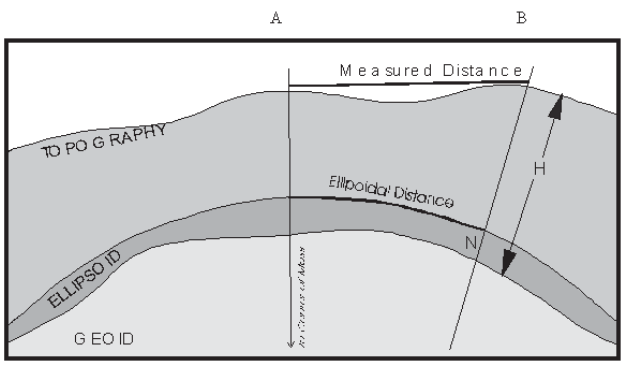




ประเภทของงานสำรวจ

การสำรวจรังวัดโดยทั่วไปจำแนกได้เป็น 2 ประเภท

1. การสำรวจ.....
2. การสำรวจ.....



ประเภทของงานสำรวจ

การสำรวจรังวัดขั้นสูง (Geodetic Survey)

- ถูกต้องและ.....
- คำนึงถึง.....ของโลก
- นิยมใช้ในการสำรวจรังวัดพื้นที่.....หรืองานที่ต้องการความถูกต้องเชิงตำแหน่งสูง
- ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และสถิติขั้นสูง
- .....

ประเภทของงานสำรวจ

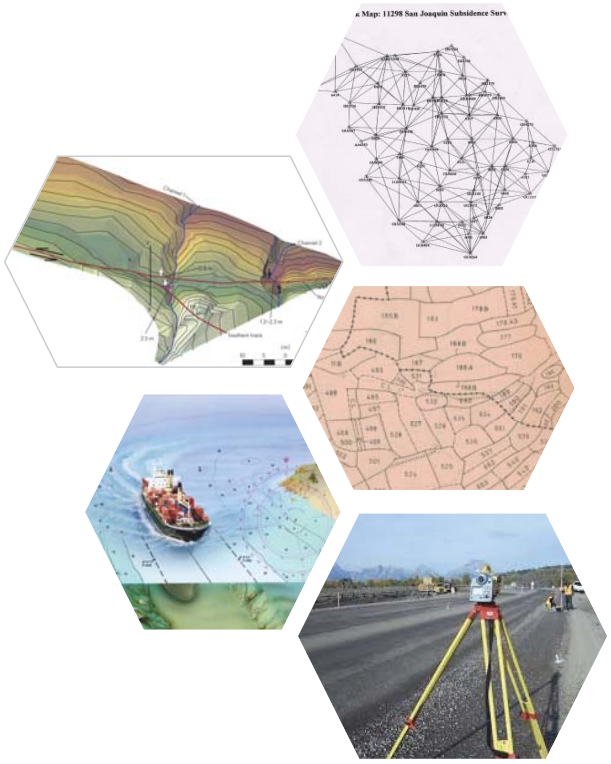
การสำรวจรังวัดพื้นราบ (Plane Survey)

- ความถูกต้องและแม่นยำต่ำกว่าการสำรวจรังวัดขั้นสูง
- สมมุติฐานที่ว่า ″.....″
- พื้นที่ขนาด.....
- ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์และสถิติขั้นพื้นฐาน
- .....

ประเภทของงานสำรวจ

การสำรวจรังวัดโดยทั่วไปแบ่งตามประเภทงานได้ดังนี้

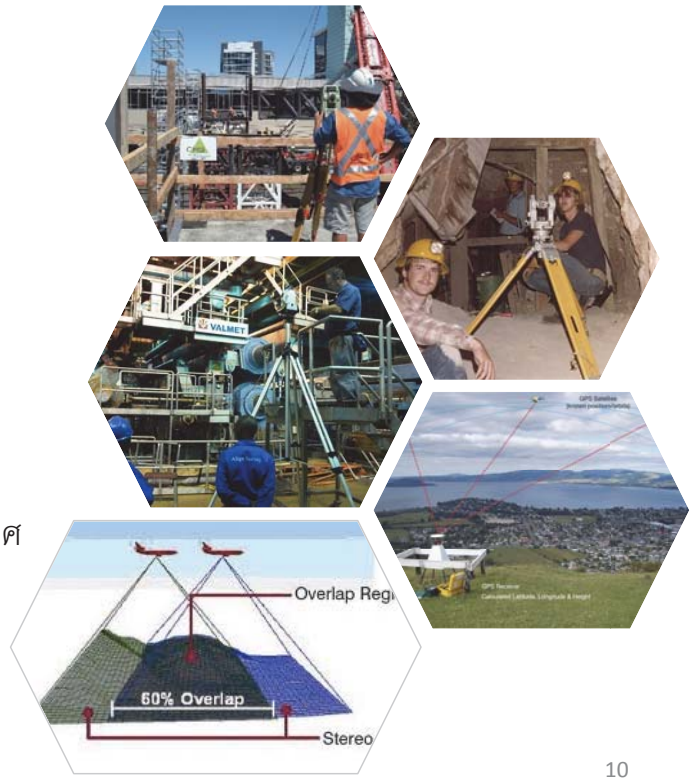
-
- การสำรวจรังวัดภูมิประเทศ (Topographic Surveys)
-
- การสำรวจรังวัดทางอุทกศาสตร์ (Hydrographic surveys)
-



ประเภทของงานสำรวจ

การสำรวจรังวัดโดยทั่วไปแบ่งตามประเภทงานได้ดังนี้ (ต่อ)

-
-
- การสำรวจรังวัดอุตสาหกรรม (Industrial Surveys)
- การสำรวจรังวัดด้วยภาพถ่ายอากาศ (Photogrammetry)
- การสำรวจรังวัดด้วยดาวเทียม (Satellite Surveys)



องค์ประกอบในการทำงานสำรวจ

- ช่างสำรวจ

ความรู้อย่างดีในทางเรขาคณิต ชำนาญด้านเทคนิค แก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ ละเอียด ซื่อสัตย์ต่อข้อมูล มิตรกับบุคคลอื่น

- เครื่องมือ

- วิธีการทำงาน

ต้อง.....กับเครื่องมือ และวัตถุประสงค์ในการรังวัด

ลักษณะของงานสำรวจ

- งานสนาม

การนำเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ไปทำ สถานที่ที่ต้องการสำรวจ และบันทึกค่าลงในสมุดสนาม

- งานสำนักงาน

เป็นการ โดยมีขั้นตอนดังนี้คือ ตรวจสอบข้อมูล คำนวณแปลงค่าที่วัด ร่างต้นแบบแผนที่ คำนวณพื้นที่และปริมาตรต่าง ๆ

คุณภาพงานสำรวจ

- ระดับชั้นงานหนึ่ง (First Order)
- ระดับชั้นงานสอง (Second Order)

  ขยายหรือเพิ่มจำนวนหมุดควบคุมจากชั้นงานหนึ่ง โครงข่ายหมุดควบคุมของพื้นที่ที่เล็กกว่าเมือง

- ระดับชั้นงานสาม (Third Order)

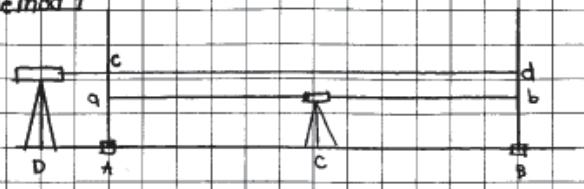
สมุดสนาม

1. ตัวเลข ตัวอักษร ต้องชัดเจนไม่ลบเลือนง่าย .....
2. ลักษณะการจดบันทึกต่างๆ ต้องจดบันทึกอย่าง.....
3. บันทึกให้ละเอียดครบถ้วนและชัดเจน .....โดยเด็ดขาด
4. ควรเขียน .....พร้อมใช้สัญลักษณ์และเครื่องหมาย
5. .....ต่างๆเมื่อเกิดปัญหาภายหลัง
6. สมุดสนามที่ใช้ในการจดบันทึก.....และสภาวะอากาศของบริเวณพื้นที่ที่ปฏิบัติงาน
7. ไม่ลบข้อมูลที่ผิด แต่ใช้วิธีการ.....แทน

LAB 5

1 Two - pegs Test

Method 1



Level at	Rod reading	Remark
C	a = 1.481 b = 1.481	Dist $_{A-B}$ = 60 m
D	c = 1.406 d = 1.411	

$$e = \frac{(a-b)-(c-d)}{Dist_{AB}}$$

$$= \frac{(1.481-1.481)-(1.406-1.411)}{60}$$

$$= 0.000083 \text{ m/m}$$

∴ แนวเล็งกล้องเงยขึ้นจากแนวราบ

Date Dec 3, 2008
Weather Sunny
Start 09.30 AM
Finish 10.30 AM
Party 1 sec 2

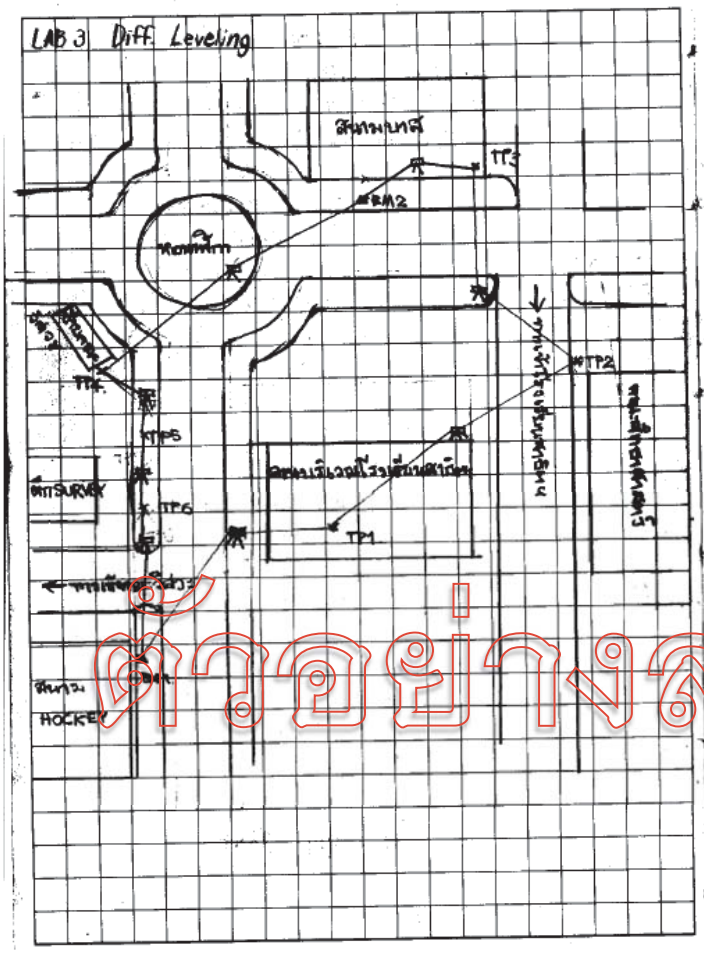
No. 4806509
490610488
490610500
490610526
490610659
490610704

Instrument 1 - Tilting Level No.
2 - Staff
2 - Pegs
1 - Cloth Tape
1 - Hammer
1 - Pin

ตัวอย่างสมุดสนาม

S.thongmunee

LAB 3 Diff. Leveling



Date Nov 19, 2008
Weather Sunny
Start 9.30 AM
Finish 11.00 AM

Party 1 Sec 2
No. 4806509
490610448
490610500
490610526
490610695
490610704

Instrument 1 - Tilting Level No.
2 - Staffs
2 - Spikes
2 - Hammers

ตัวอย่างสมุดสนาม

S.thongmunee

Sta.	BS Rod	BS Dist.	HI.	FS Rod.	FS Dist.	Elev. (m)
	1.181					100.000
BM1	0.969	42.2	100.969			
	0.759					
	1.173			2.087		
TP1	0.935	47.6	99.988	1.916	34.1	99.053
	0.697			1.746		
	1.112			2.332		
TP2	0.958	31.0	98.894	2.052	56.0	97.936
	0.802			1.772		
	1.574			2.168		
TP3	1.468	21.2	98.358	2.004	32.8	96.890
	1.362			1.840		
	2.585			1.258		
BM2	2.385	40.0	99.608	1.135	24.6	97.223
	2.183			1.012		
	1.354			1.176		
TP4	1.200	30.9	99.818	0.990	37.1	98.618
	1.045			0.805		
	1.397			1.613		
TP5	1.317	16.0	100.227	0.908	20.8	98.910
	1.237			0.805		
	1.759			0.940		
TP6	1.615	28.6	101.02	0.822	23.5	99.405
	1.473			0.705		

Sta.	BS Rod	BS Dist	HI	FS Rod	FS Dist.	Elev (m)
				1.184		
BM1				1.019	33.1	100.001
				0.853		
Σ	10.847	257.5		10.846	262.0	

$E_c = \Sigma BS. - \Sigma FS. = 10.847 - 10.846 = 0.001$ m

$C_{BM1} = -\frac{519.5}{519.5}(0.001) = -0.001$ m

$C_{BM2} = -\frac{289.5}{519.5}(0.001) = -0.0005$ m

Sta.	Distance from BM1	Observe elev.(m)	Correction	Adjusted elev.(m)
BM1	0	100.000	0.000	100.000
BM2	289.5	97.223	0.000 - 0.0005	97.223
BM1	519.5	100.001	-0.001	100.000

$K = (\text{Dist. ไกลสุด})/1000 = 519.5/1000 = 0.5195$ km.

$E_c \leq 0.012\sqrt{K} = 0.012\sqrt{0.5195} = 0.008$ m

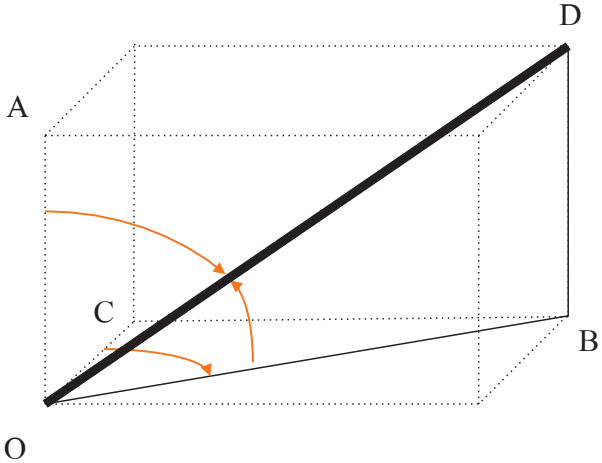
25 มี.ค. 2551

ตัวอย่างสมุดบันทึก

การวัดและหน่วยการวัด

วัดระยะ

- ระยะราบ (Horizontal Distance, OB)
- .....
- ระยะเอียง (Slope Distance, OD)



วัดมุม

- มุมราบ (Horizontal Angle, COB)
- มุมดิ่ง (Vertical Angle, BOD)
- .....

การวัดและหน่วยการวัด

หน่วยวัดระยะทาง

ระบบอังกฤษ มีหน่วยดังนี้

1 ไมล์ = 1760 หลา
1 หลา = 3 ฟุต
1 ฟุต = 12 นิ้ว

ระบบเมตริก มีหน่วยดังนี้

1 กิโลเมตร = 1000 เมตร
1 เมตร = 10 เดซิเมตร
1 เดซิเมตร = 10 เซนติเมตร
1 เซนติเมตร = 10 มิลลิเมตร

ระบบไทย มีหน่วยดังนี้

1 โยชน์ = 20 เส้น
1 เส้น = 20 วา
1 วา = 4 ศอก
1 ศอก = 2 คืบ

Imperial System | Metric System | Thai System

การวัดและหน่วยการวัด

ตัวอย่างการเทียบ
หน่วยวัดระยะทาง

ระบบอังกฤษ มีหน่วยดังนี้

1 ฟุต = 0.3048 เมตร
–
0.621371 ไมล์ = 1 กิโลเมตร

ระบบเมตริก มีหน่วยดังนี้

30.48 เซนติเมตร = 1 ฟุต
2 เมตร = 1 วา
1 กิโลเมตร = 0.621371 ไมล์
1 เมตร = 100 เซนติเมตร

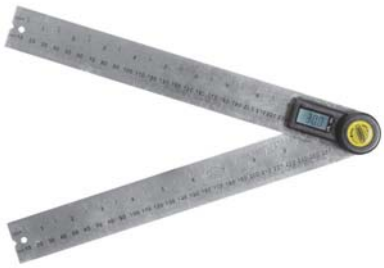
ระบบไทย มีหน่วยดังนี้

–
1 วา = 2 เมตร

Imperial System | Metric System | Thai System

การวัดและหน่วยการวัด

หน่วยวัดมุม



ระบบอังกฤษ มีดังนี้

1 รอบ
1 องศา
1 ลิปดา

ระบบฝรั่งเศษ มีดังนี้

1 รอบ 400 เกรด (400g)
1 เกรด 100 เซนติเกรด(100c)
1 เซนติเกรด 100 เซนติ-เซนติเกรด(100cc)

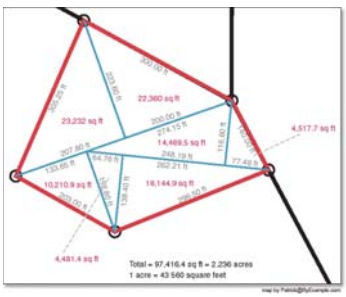
ระบบเรเดียน มีดังนี้

1 รอบ 2π เรเดียน (Radian)

Sexagesimal System | Centesimal System | Radian System

การวัดและหน่วยการวัด

หน่วยวัดพื้นที่



ระบบอังกฤษ มีดังนี้

1 ตารางหลา 9 ตารางฟุต
1 เอเคอร์ 4840 ตารางหลา
1 ตารางไมล์ 640 เอเคอร์

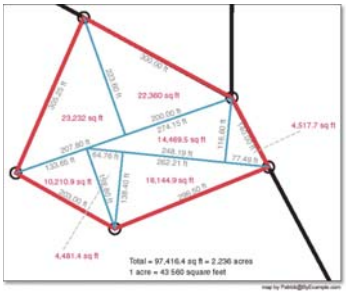
ระบบเมตริก มีดังนี้

ระบบไทย มีดังนี้

Imperial System | Metric System | Thai System

การวัดและหน่วยการวัด

ตัวอย่างการเทียบ
หน่วยวัดพื้นที่



ระบบอังกฤษ มีดังนี้

10.76 ตารางฟุต
0.3954 เอเคอร์
-
0.3861 ตารางไมล์

Imperial System

ระบบเมตริก มีดังนี้

1 ตารางเมตร
[ ] ตารางเมตร
ตารางเมตร
1 ตารางกิโลเมตร

Metric System

ระบบไทย มีดังนี้

-
1 ไร่
1 งาน
[ ] ไร่

Thai System

การวัดและหน่วยการวัด

หน่วยวัดปริมาตร

ระบบอังกฤษ มีดังนี้

1 ลบ.ฟ. 1728 ลบ.น.
1 ลบ.หลา. 27 ลบ.ฟ.

Imperial System

ระบบเมตริก มีดังนี้

1 ลบ.ซ. 1000 ลบ.มม.
1 ลบ.ม. 1000000 ลบ.ซ

Metric System

การเปรียบเทียบ

1 ลบ.ม. [ ] ลบ.ฟ.
1 ลบ.ม. ลบ.หลา

เลขนัยสำคัญ

จำนวนเลขนัยสำคัญ คือ จำนวนตัวเลขที่บอกถึงความละเอียดที่อ่านได้จากเครื่องมือ ประกอบตัวจำนวนหลักของตัวเลขที่อ่านได้แน่นอนและที่ได้จากการประมาณอีกหนึ่งหลัก

(การแสดงตัวเลขมักเขียนในรูปคูณสิบยกกำลังทางวิทยาศาสตร์)

<u>กฎการหาจำนวนเลขนัยสำคัญ</u>

-
-
-

เลขนัยสำคัญ

เลขนัยสำคัญจากการคูณและหาร

- ให้ยึดตาม.....

เลขนัยสำคัญจากการบวกและลบ

- ให้ยึดเลข.....

เลขนัยสำคัญจากการแปลงหน่วย

- ให้ยึดตามเลขนัยสำคัญเมื่อแปลงไปเป็น.....

การปัดเศษตัวเลข

- > 5 ปัดขึ้น
- < 5 ปัดลง
- = 5 เลขข้างหน้าเป็น.....

แบบฝึกหัด

- จงอธิบายความแตกต่างระหว่างงานสำรวจรังวัดขั้นสูงและงานสำรวจรังวัดบนพื้นที่ระนาบ
- สัณฐานของโลกในศาสตร์ของการสำรวจรังวัดมีกี่ชนิดอะไรบ้าง จงอธิบาย
- งานรังวัดขั้นสูงใช้สัณฐานของโลกชนิดใดอ้างอิงในการคำนวณ
- คุณภาพของงานสำรวจมีกี่ระดับ
- จงยกตัวอย่างประเภทของงานสำรวจมาอย่างน้อย 5 ประเภท

อ้างอิง

1. การสำรวจรังวัด : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ ... วิชัย เยี่ยงวีรชน
2. เอกสารคำสอนการสำรวจ 1 ... วินิจ จึงเจริญธรรม
3. การรังวัดเบื้องต้น ... ผศ.ดร.พุทธิพล ดำรงชัย
4. รูปภาพทั้งหมดจากอินเตอร์เนต

Distance Measurement

Suriyah Thongmunee

1-2557

Contents

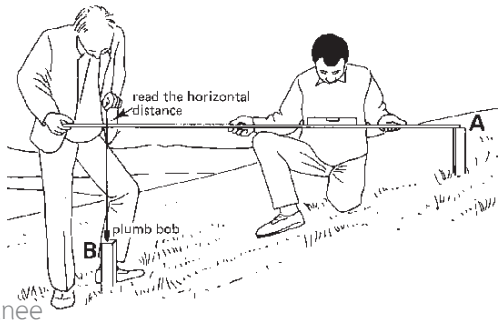
- บทนำ
- ความถูกต้องในการวัดระยะทาง
- การวัดระยะทาง
  - การนับก้าว (pacing)
  - มาตรวัดระยะ (odometer)
  - การวัดระยะทางด้วยเทป (Tapping)
  - สเตเดีย (Stadia)
  - สับเทนบาร์ (Subtense Bar)
  - เครื่องวัดระยะอิเลคทรอนิคส์ (Electronic Distance Measurement)
  - จีพีเอส (Global Positioning System)

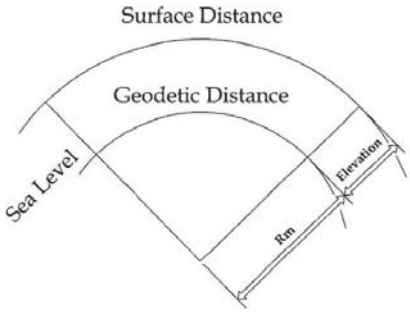
บทนำ

- การวัดระยะเป็น ของการรังวัด

ระยะทางระหว่างจุดสองจุด หมายถึง ระยะทางตามแนวราบ (horizontal distance) ระหว่าง

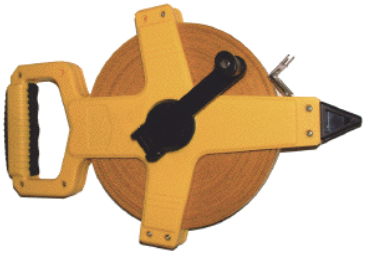
ระยะทางระหว่างจุดสองจุด หมายถึง ระยะทางตามแนวผิวระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level, MSL) หรือ ผิวจีออยล์ ระหว่าง **เส้นดิ่ง 2 เส้น**





บทนำ

- การวัดระยะนั้น จะ**ต้องพิจารณา**ถึงชนิดของงาน ความละเอียดที่ต้องการ สภาพพื้นที่และสิ่งแวดล้อมของของบริเวณที่จะทำงาน **เพื่อ**
- หน่วยของความยาวนิยมใช้หน่วยมาตรวัดในระบบ SI



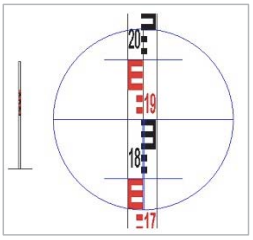
ความถูกต้องในการวัดระยะทาง

- งานสำรวจจะทำการวัดระยะไปและกลับ
- คำนวณค่าความถูกต้อง (Accuracy) แสดงในรูปอัตราส่วนของค่าความคลาดเคลื่อนต่อระยะเฉลี่ย แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ความถูกต้อง

เช่น เกณฑ์ 1/5000 หมายถึง วัดระยะผิดได้ 1 หน่วย ที่ระยะ 5000 หน่วย ถ้าตัวเลขส่วนมากกว่าเกณฑ์ แสดงว่าผ่านเกณฑ์

การวัดระยะทาง

- การนับก้าว (pacing)
-
- การวัดระยะทางด้วยเทป (Tapping)
-
- สับเทนบาร์ (Subtense Bar)
- การวัดระยะทางด้วยเครื่องวัดระยะอิเลคทรอนิคส์ (Electronic Distance Measurement)
-



ค่าความถูกต้อง (Accuracy)

วิธีการวัด	ความละเอียด	งานที่ใช้	เครื่องมือ
การนับก้าว	1/50 – 1/100		-
มาตรวัดระยะ	1/100 – 1/200		ออโดมิเตอร์
สเตเดีย	1/300 – 1/1000	งานเก็บรายละเอียดของงานสำรวจรังวัดภูมิประเทศ	ไม้ระดับ กล้องที่มีสายใยสเตเดีย
สับเทนบาร์	1/1000 – 1/5000	งานวงรอบสำหรับงานสำรวจรังวัดภูมิประเทศ	กล้องวัดมุม สับเทนบาร์
การวัดด้วยเทป	1/300 – 1/5000		เทปเหล็ก หลักเล็ง ห่วงคะแนน ลูกดิ่ง
EDM	(5มม. + 5ppm) ถึง (1มม. + 1ppm)		EDM พร้อม ปริซึม
การรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส	1–5 มม. + 1 หรือน้อยกว่า 0.1ppm	งานรังวัดขั้นสูง งานวงรอบ งานสำรวจรังวัดเพื่อการก่อสร้าง	เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสชนิดรับสัญญาณเฟส

การนับก้าว (pacing)

เป็นการวัดระยะทางที่ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือใด ๆ เพียงเดินตามเส้นทางที่ต้องการทราบ เหมาะกับการสำรวจสังเขป ซึ่งมีวิธีการปฏิบัติ 2 วิธี คือ

การนับก้าว ผู้วัดเดินนับจำนวนก้าว จากจุดเริ่มต้นถึงจุดปลายทาง

ระยะทาง = จำนวนก้าว X ค่าระยะก้าว

การนับก้าว (pacing)

<u>การจับเวลา</u> ผู้วัดจับเวลาในการเดิน จากจุดเริ่มต้นถึงจุดปลายทาง

ระยะทาง = เวลา X อัตราความเร็วในการเดิน

มาตรวัดระยะ (odometer)

เป็นเครื่องมือวัดระยะทางที่ใช้ติดกับล้อ โดยอาศัยหลักการวัดจำนวนรอบการหมุนของล้อ และแปลเป็นค่าระยะทางให้ผู้วัดทราบ

การวัดระยะทางด้วยเทป (Tapping)

เป็นการวัดระยะทางใช้มากสุด ใช้ ใช้หลักการประยุกต์ใช้เส้นที่ทราบความยาวแน่นอนมาทาบกับแนวเส็นตรง เพื่อ 1. หาระยะทางของจุดสองจุด หรือ 2. กำหนดตำแหน่งบนแนวเส้นตรงนั้น

ในงานวิศวกรรมการใช้แถบวัดระยะยังมีความเหมาะสมอยู่

การวัดระยะทางด้วยเทป (Tapping)

ประเภทของเทป

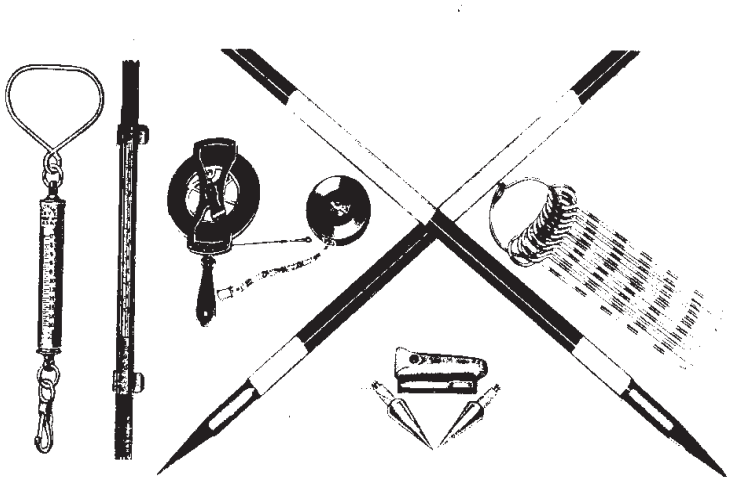
เทปที่ใช้ในงานรังวัดมีหลายประเภทแบ่งได้ตามวัสดุที่ใช้ผลิตได้ดังนี้

- เทปเหล็ก : ทั่วไป
- เทปอินวา : ยืดหดตัวน้อย
- เทปโลวา : ยืดหดตัวปานกลาง
-
-

การวัดระยะทางด้วยเทป (Tapping)

อุปกรณ์ในการวัดด้วยเทป

- เทป (Tape)
-
-
-
- มือจับ (Clamp Handles)
- เครื่องวัดแรงดึง (Spring balance)
- เครื่องวัดความลาด (Clinometer หรือ Abney level)
- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)



การวัดระยะทางด้วยเทป (Tapping)

พื้นฐานหลักการวัดระยะด้วยเทป

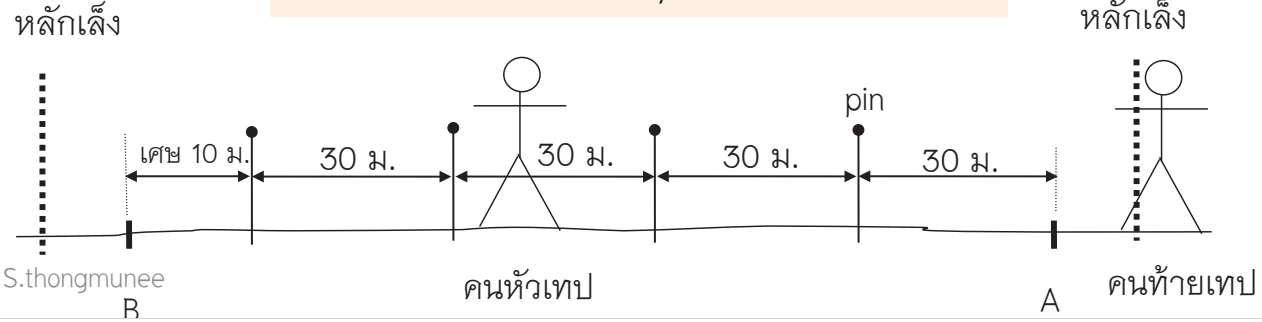
1.
2.
3. วางเทปให้ตรงจุดที่วัด และให้อยู่ในแนวราบ (อาจจะต้องใช้ลูกดิ่งช่วย ในการให้ตรงจุด)
4. หมายระยะที่วัดบนเทป
5. อ่านระยะบนเทป และ
6. จดค่าที่วัดได้ลงสมุดสนาม

การวัดระยะทางด้วยเทป (Tapping)

การวัดระยะบนพื้นราบ (เทคนิค)

1. คนหัวเทป ลากปลายเทป (จุด 0 ของเทป) ไปพร้อมห่วงคะแนน
2. คนหลังกำหนดระยะตัวเลขเต็ม (Lo) พร้อมเก็บห่วงคะแนน
3.
4. ค่าช่วงสุดท้าย (I) อ่านค่าปกติ

ระยะทาง = No.of Pins ✕ Lo + I

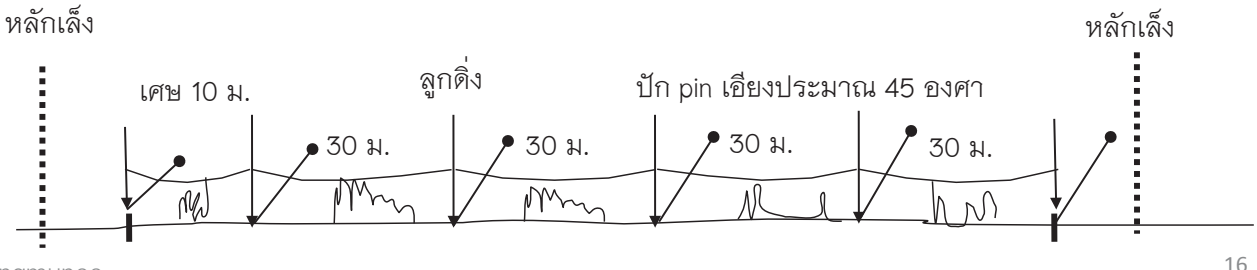


การวัดระยะทางด้วยเทป (Tapping)

การวัดระยะบนพื้นราบมีสิ่งกีดขวาง (เทคนิค)

1. ให้ใช้ลูกดิ่งช่วยในการกำหนดตำแหน่งของห่วงคะแนน
2. ทำเฉพาะจำเป็นเท่านั้น
3.

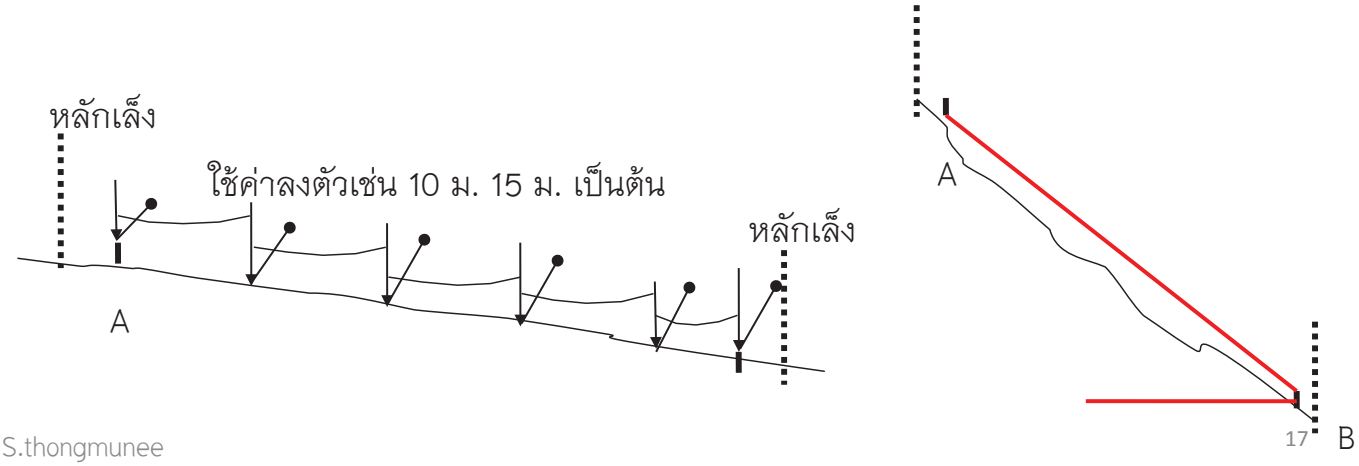
ระยะทาง = No.of Pins ✕ Lo + I



การวัดระยะทางด้วยเทป (Tapping)

การวัดระยะบนพื้นลาด (เทคนิค)

1. ให้ใช้ลูกดิ่งช่วยในการกำหนดตำแหน่งของห่วงคะแนน และรักษาแนวราบ
2. กำหนดช่วงระยะตัวเลขเต็ม (Lo) สั้น ๆ และวัดลงเขา
3. หากชันมาก ให้วัดระยะลาด และวัดความชันโดยใช้ระดับมือ



การวัดระยะทางด้วยเทป (Tapping)

ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดด้วยเทป

สาเหตุของความคลาดเคลื่อนสรุปได้ดังนี้

- ความยาวเทปไม่ได้มาตรฐาน (incorrect length of tape) :
- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (changes in temperature) : คลาดเคลื่อนมีระบบ
- แรงดึงไม่คงที่ (inconsistent pull) : คลาดเคลื่อนมีระบบ
- การตกท้องช้างหรือความหย่อน (sag) : คลาดเคลื่อนมีระบบ
- การวางแนวไม่ดี (poor misalignment) :
- ความลาดเอียง (tape not horizontal) : คลาดเคลื่อนมีระบบ

การวัดระยะทางด้วยเทป (Tapping)

ค่าปรับแก้

แรงดึงไม่ถูกต้อง (c_p)

Po คือ แรงดึงตามข้อกำหนด
P คือ แรงดึงแถบวัดที่ใช้ทำการวัด
a คือ พื้นที่หน้าตัดของแถบวัด
E คือ Modulus of elasticity แถบวัด

ความยาวไม่ถูกต้อง (c_l)

lo คือ ความยาวจริง
l คือ ความยาวที่กำกับบนแถบวัด

อุณหภูมิไม่ถูกต้อง (c_t)

To คือ อุณหภูมิตามข้อกำหนด
T คือ อุณหภูมิในขณะวัดระยะ
k คือ ส.ป.ส.การขยายตัวแถบวัด

การวัดระยะทางด้วยเทป (Tapping)

ค่าปรับแก้

แนวเล็งเบี่ยงเบน (c_a)

v คือ ระยะเบี่ยงเบนจากแนวตรง

แถบวัดหย่อน (c_s)

W คือ นน.แถบวัดระหว่างจุดรองรับ
P คือ แรงดึงแถบวัดที่ใช้ทำการวัด

พื้นที่ลาดเอียง (c_s)

$c_s = -L\,[\,1 - COS(a)\,]$

$= -\Delta h^2 / 2L$

a เป็น มุมลาดเอียงของพื้น
Δh เป็น ค่าต่างระดับระหว่างสองจุด

ตัวอย่าง แถบวัดระยะเหล็กเส้นหนึ่งหนัก *0.908* กก. มีความหนาแน่น *0.0078* กก./ซม^3 โมดูลัสยืดหยุ่น *2.1x10^6* กก./ซม^2 ส.ป.ส.การขยายตัว *11.7 x10^{-6} / ^{o}C* มาตรฐานแถบวัดระบุยาว *50* เมตร เมื่อดึงบนพื้นราบด้วยแรงดึง *10* กก.และอุณหภูมิ *16.7 ^{o}C*

ถ้าวัดเส้นทางเส้นหนึ่งได้ยาว *162.00* เมตร โดยให้แถบวัดอยู่บนเสา ช่วงละ *50* เมตร *3* ช่วง และช่วงสุดท้ายวัดได้ *12.00* เมตร แรงดึงวัดได้ *14.5, 12.7, 11.8, 13.6* กก.ตามลำดับ ถ้าสองช่วงแรกปลายแถบวัดอยู่ระดับเดียวกัน และสองช่วงหลังแถบวัดลาดเอียง *1:100* อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการวัด *22^{o}C* จงหาค่าระยะทางที่ถูกต้อง

W = 0.908 กก.
D = 0.0078 กก./ซม*3*
E = 2.1x10^6 กก./ซม^2
k = 11.7 x10^{-6} / ^{o}C
Po = 10 กก.
To = 16.7 ^{o}C

L =	50.0	50.0	50.0	12.0
Δh =	0.0	0.0	0.5	0.12
P =	14.5	12.7	11.8	13.6
T =	22.0	22.0	22.0	22.0

พื้นที่หน้าตัดแถบวัด =

W = 0.908 กก.
a = 0.0233 cm^2
E = 2.1x10^6 กก./ซม^2
k = 11.7 x10^{-6} / ^{o}C
Po = 10 กก.
To = 16.7 ^{o}C

L =	50.0	50.0	50.0	12.0
Δh =	0.0	0.0	0.5	0.12
P =	14.5	12.7	11.8	13.6
T =	22.0	22.0	22.0	22.0

ค่าปรับแก้	สูตร	ช่วง *1*	ช่วง *2*	ช่วง *3*	ช่วง *4*
แรงดึง *(Cp)*	*(P−Po)L/aE*		*+0.003*	*+0.002*	*+0.001*
อุณหภูมิ *(Ct)*	*k(t−to)L*	*+0.003*		*+0.003*	*+0.001*
การหย่อน*(Cs)*	*−W^{2}L/24P^2*	*−0.008*		*−0.012*	*−0.0*
ความลาด *(Ch)*	*−h^2/2L*	*−0.0*	*−0.0*		*−0.001*
รวมค่าปรับแก้	*−0.013*	*−0.0*	*−0.005*	*−0.009*	

ระยะที่ถูกต้อง =

ข้อกำหนดในการปฏิบัติงานสนาม

ระดับความถูกต้องสำหรับการวัดโดยทั่วไปได้แก่

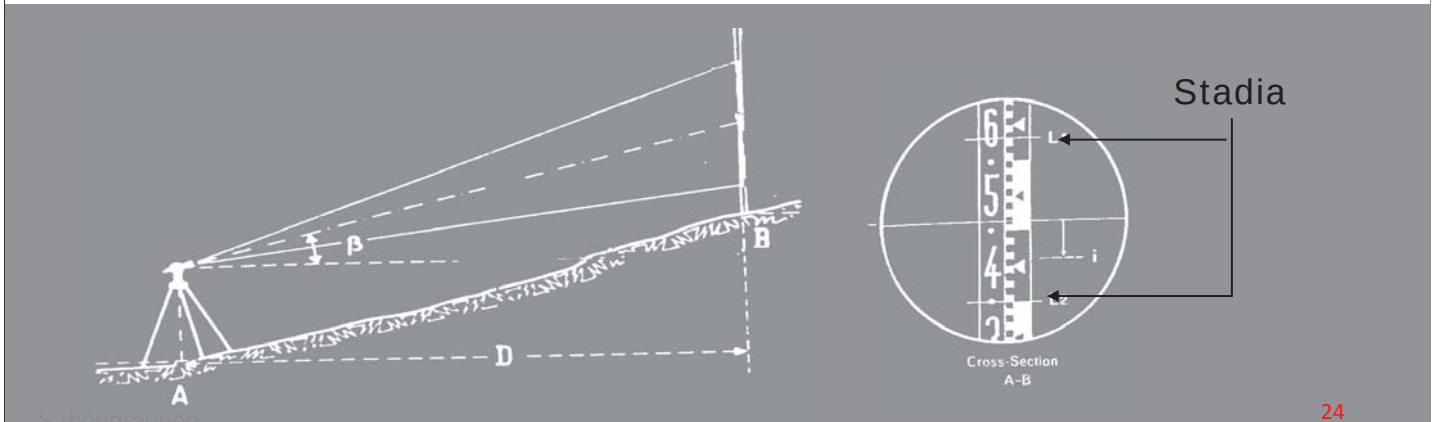
งานชั้นสาม 1:5000
งานชั้นสี่ 1:2500
งานธรรมดา 1:1000

ข้อปฏิบัติการวัดระยะทางด้วยแถบวัดระยะเพื่อให้ได้ความถูกต้องตามกำหนด

ความคลาดเคลื่อน	*1:5,000*	*1:2,500*	*1:1,000*
ก. ความยาวแถบวัด ข. อุณหภูมิขณะวัด ค. ความลาดแถบวัด ง. การเล็งแนว จ. แรงดึงแถบวัด ฉ. การจรดแถบวัด	ไม่เกิน *±0.2* ซม. ปรับแก้ วัดละเอียด *±5* °C ปรับแก้ วัดละเอียด *2* % ปรับแก้ ปรับแก้ ถ้าเกิน *30* ซม. ไม่เกิน *±1* กก. ปรับแก้ ผิดไม่เกิน *±1* ซม.	ไม่เกิน *±0.2* ซม. ปรับแก้ ปรับแก้ ถ้าเกิน *30* ° C ปรับแก้ ถ้าเกิน *2* % ปรับแก้ ถ้าเกิน *30* ซม. ใกล้เคียงแรงมาตรฐาน ผิดไม่เกิน *±1* ซม.	

สเตเดีย (Stadia)

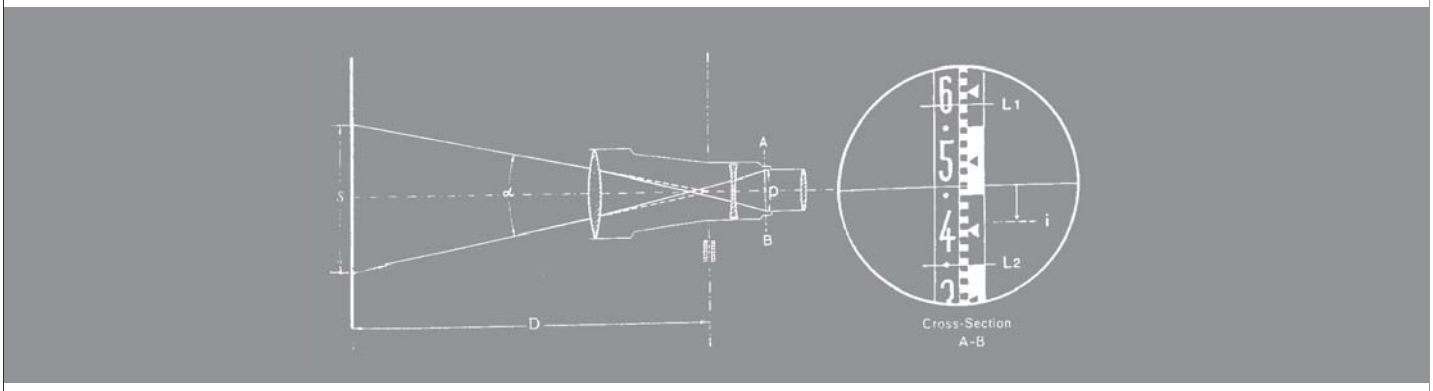
คือ [redacted] ของกล้องธีโอโดไลท์หรือกล้องระดับ วิธีการวัดระยะทางด้วยสเตเดียใช้กล้องที่มีสายใยสเตเดียตั้งที่จุดปลายข้างหนึ่งและวางไม้เล็งระดับ (staff) ที่จุดอีกข้างหนึ่ง วัดช่วงสเตเดียที่ทาบบนไม้ระดับ และอ่านค่าการวัดอื่น ๆ ที่จำเป็น แล้วคำนวณหาระยะทางราบระหว่างกล้องกับไม้ระดับ



สเตเดีย (Stadia)

หลักการการหาระยะโดยสเตเดีย (แนวเล็งในแนวราบ)

ใช้หลักตรีโกณมิติ โดยอาศัยมุมเหลื่อม(Parallactic angle) และช่วงสเตเดีย (Stadia interval)

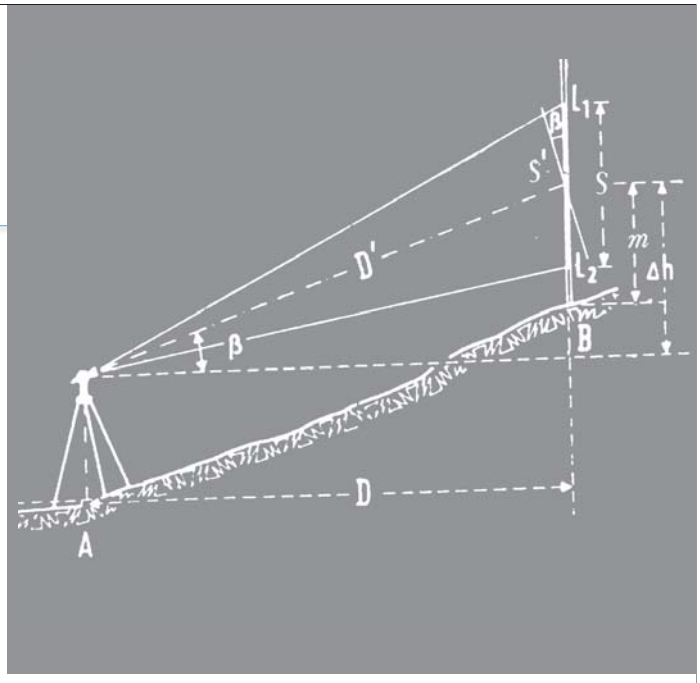


$D = (s/2).\cot(\alpha/2) + c$

$= m\,s + c$ [ให้ $m = 1/2.\cot(\alpha/2)$]

สเตเดีย (Stadia)

การวัดระยะเมื่อแนวเล็งเอียง



จากสมการ $D = 100\,s$

$D' = 100\,s'$

$= 100\,s\cos(\beta)$ [$s' = s\cos(\beta)$]

$D = D'\cos(\beta)$

$= 100\,s\cos^2(\beta)$

$\Delta h = D'\sin(\beta)$

$= 100\,s\cos(\beta)\sin(\beta)$

สเตเดีย (Stadia)

ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดด้วยสเตเดีย

1. ความคลาดเคลื่อนใน ..... เช่น ขีดจำกัดในการมองของผู้วัด ระยะการส่อง กำลังขยายของกล้อง ความหนาบางของเส้นใย สภาพอากาศ
2. ความคลาดเคลื่อนของ ..... เช่น ความยาวของไม้ระดับไม่ได้มาตรฐาน ค่าคงที่ของกล้องไม่ถูกต้อง
3. สาเหตุจาก ..... เช่น การหักเหของแสงในบรรยากาศ ลมทำให้การถือไม้ระดับไม่อยู่ในแนวดิ่ง แสงแดดทำให้เกิดคลื่นความร้อน

กำหนดให้ค่าช่วงสเตเดียบน (u–m) และช่วงสเตเดีย ล่าง (m–l)

.....

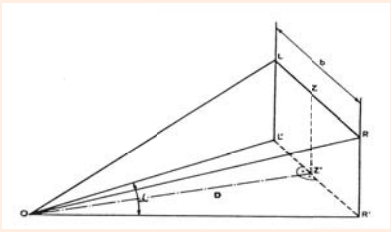
สับเทนบาร์ (Subtense Bar)

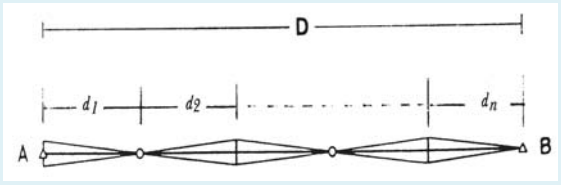
เป็นอุปกรณ์มีลักษณะเป็นแท่งยาว ..... เมตร วางในแนวราบ ใช้ร่วมกับกล้องวัดมุมที่อ่านค่าได้ละเอียดถึง ..... โดยตั้งกล้องที่จุดปลายข้างหนึ่งและวางแท่งวัดระยะให้ตั้งฉากกับแนวที่วัดที่จุดปลายอีกข้างหนึ่ง วัดมุมราบที่รองรับความยาวแท่งวัดระยะ

สับเทนบาร์ (Subtense Bar)

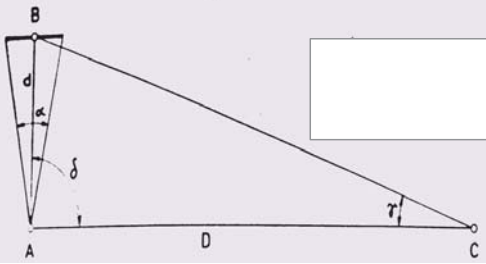
หลักการการหาระยะโดยสับเทนบาร์

ใช้หลักตรีโกณมิติ โดยอาศัยมุมราบระหว่างปลาย 2 ข้างของสับเทนบาร์ที่ทราบระยะห่าง ระยะราบหาได้จากสมการข้างต้น





$$D = \Sigma D_i$$
$$= \Sigma \cot(\alpha_i/2)$$



สับเทนบาร์ (Subtense Bar)

ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดด้วยสับเทนบาร์

1. ความคลาดเคลื่อนของ**สับเทนบาร์** เช่น การยืดหดเนื่องจากอุณหภูมิ
2. ความคลาดเคลื่อนของ**การวัดมุม**
3. ความคลาดเคลื่อนจาก**การตั้งแท่งสับเทนบาร์ไม่ได้ฉากกับแนววัด**

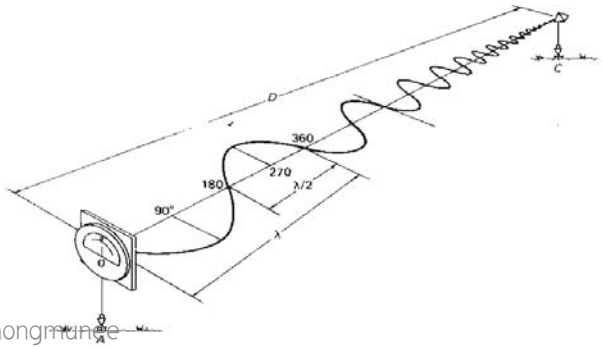
กำหนดให้ช่วงการใช้งานอยู่ที่ ..... เมตร

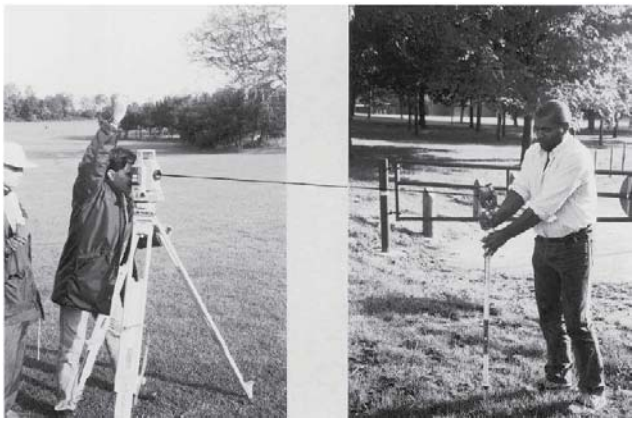
วัดค่ามุมอย่างน้อย ..... ชุด

วิธีเส้นฐาน ค่ามุมของ α และ γ ควร.....กัน

เครื่องวัดระยะอิเลคทรอนิคส์ (EDM)

..... เดินทางจากจุดกำเนิดไปยังเครื่องรับหรืออุปกรณ์สะท้อนคลื่นแล้วกลับมายังจุดกำเนิด คำนวณหาระยะทางจากเวลาที่คลื่นใช้ในการเดินทาง หรือจากการวัดค่าเฟสของคลื่น

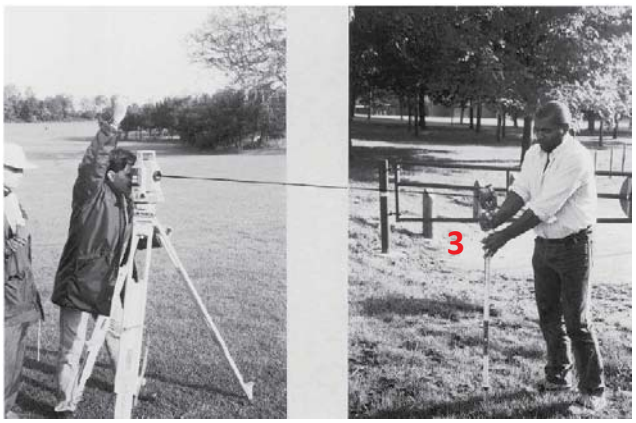




เครื่องวัดระยะอิเลคทรอนิคส์ (EDM)

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง EDM

1. ..... เช่น แสงอินฟราเรด แสงเลเซอร์ เป็นต้น
2. ..... (อินฟราเรดและเลเซอร์) เครื่องมือระบบไมโครเวฟไม่ต้องมีส่วนเล็ง
3. ..... ใช้ปริซึมเป็นเป้าสะท้อนคลื่นแสงกลับ เครื่องมือระบบไมโครเวฟใช้เครื่องรับส่งคลื่นกลับมายังเครื่องส่ง
4. ..... เครื่องมือจะคำนวณและแสดงค่าระยะทางที่วัด



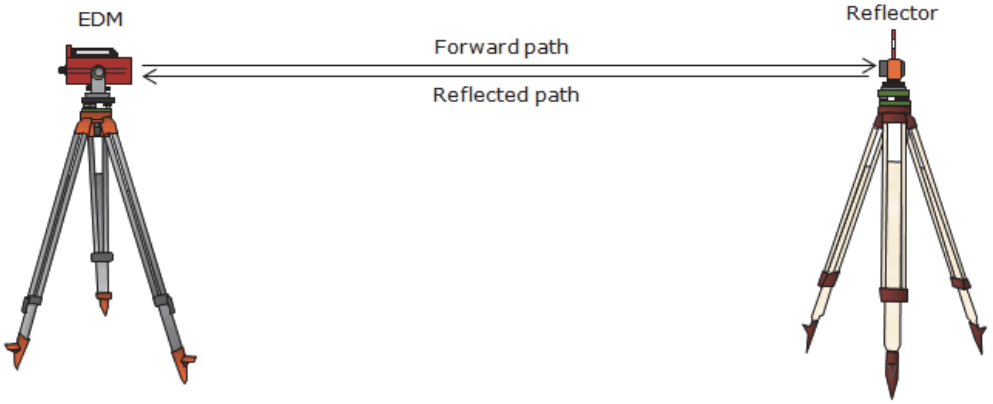
เปรียบเทียบคุณลักษณะของเครื่อง EDM

	ไมโครเวฟ	เลเซอร์	อินฟราเรด
ความถูกต้อง	±15 มม	±10 มม.	±1 มม.~10 มม.
ระยะทำงาน	500 ม.~100 กม		5 ม.~ 3 กม
การใช้งาน	ทำงานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน ไม่ต้องเล็งเป้าหมาย ความถูกต้องไม่กระทบโดยความชื้น	ต้องมีเป้าหมายที่แน่นอน อาจต้องทำงานกลางคืน ความถูกต้องถูกกระทบโดยแสงและความร้อน	ความถูกต้องสูง อ่านค่าระยะได้ทันที ต้องมีอุปกรณ์เป้า ความถูกต้องถูกกระทบโดยความร้อน

เครื่องวัดระยะอิเลคทรอนิคส์ (EDM)

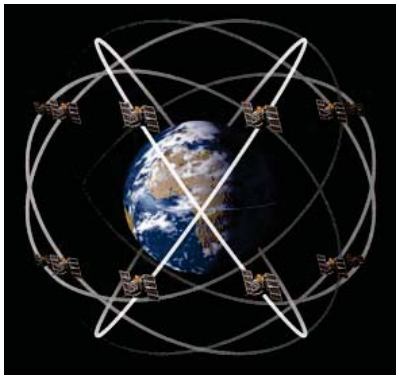
ปัจจัยที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อน

ที่มีต่อความเร็วของคลื่นแสง เช่น อุณหภูมิ ความกดอากาศ หรือ ความชื้นสัมพัทธ์ **ดังนั้น** ผู้ทำการรังวัดจะต้องศึกษาข้อมูลจากคู่มือของยี่ห้อเครื่องวัดระยะที่ใช้ให้เข้าใจก่อน และจะต้องทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสภาพอากาศเสมอ



รังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส (GPS)

เป็นการวัดระยะทางโดยใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสอย่างน้อย..... โดยวางไว้เหนือตำแหน่งที่ต้องการวัดระยะทาง การรังวัดชนิดนี้ ..... เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น และมีความสามารถวัดระยะทางยาว ๆ ได้ดี



แบบฝึกหัด

1. สาเหตุที่ทำให้การวัดระยะด้วยเทปมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นมีอะไรบ้าง
2. จากการเดินหาความยาวก้าวกับระยะ 150 เมตร จำนวน 6 ครั้ง ได้จำนวนก้าวดังต่อไปนี้ 188, 187, 186, 188, 186 และ 187 ก้าว จงคำนวนหาความยาวก้าวเฉลี่ย
3. ผู้รังวัดคนนึงต้องการหาระยะทางคร่าว ๆ โดยใช้วิธีนับก้าว จากการเดินซ้ำ 4 เที่ยวได้จำนวนก้าวดังต่อไปนี้ 324, 325, 325 และ 326 ก้าว จงหาระยะดังกล่าว โดยใช้ข้อมูลความยาวก้าวเฉลี่ยนจากข้อ 2
4. การรังวัดโดยวิธีสเตเดีย และสับเทนบาร์ มีความเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร
5. จงคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ เมื่อต้องการวัดระยะ 250 เมตร ที่ความถูกต้อง 1:2500, 1:5000 และ 1:10000

อ้างอิง

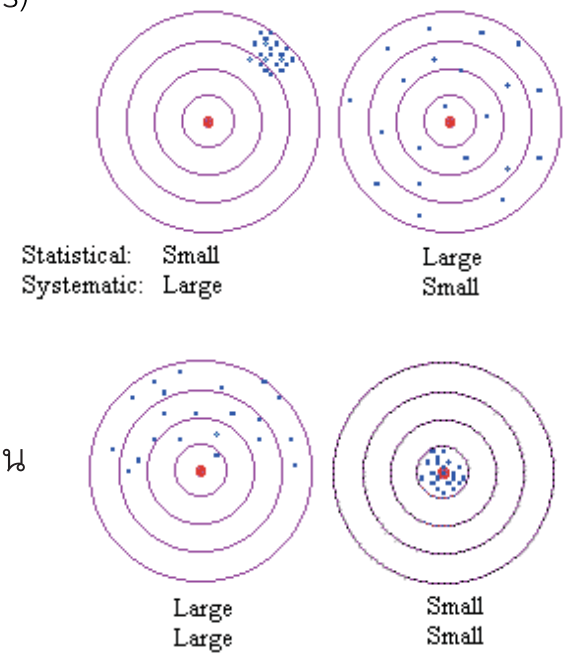
1. การสำรวจรังวัด : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ ... วิชัย เยี่ยงวีรชน
2. เอกสารคำสอนการสำรวจ 1 ... วินิจ จึงเจริญธรรม
3. การรังวัดเบื้องต้น ... ผศ.ดร.พุทธิพล ดำรงชัย
4. รูปภาพทั้งหมดจากอินเตอร์เนต

Measurement and Error

Suriyah Thongmunee

Contents

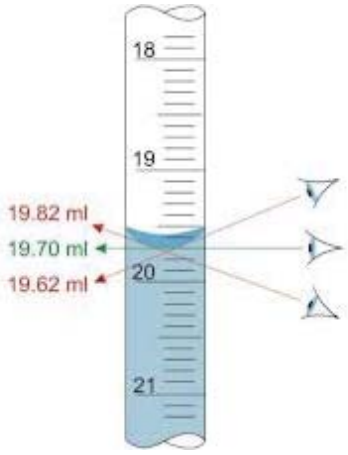
- การจำแนกการวัด (Measurement types)
- ความคลาดเคลื่อน (Errors)
-
- น้ำหนักของการวัด (Weight)
- ค่าปรับแก้ (Correction)
- ความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนสุ่ม
- การแพร่ของความคลาดเคลื่อนสุ่ม



Measurement and Error

การทำงานรังวัด ที่ได้ค่าจริง เนื่องจากมีความไม่สมบูรณ์ของเครื่องมือ ความจำกัดของผู้ใช้เครื่องมือ และมีความไม่แน่นอนซ่อนอยู่ในวิธีวัด

ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเข้าใจความคลาดเคลื่อนที่แฝงอยู่ในค่าการวัด สามารถคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนและจัดการได้อย่างเหมาะสม



การจำแนกการวัด

การรังวัด ส่วนใหญ่จะเป็นการวัดมุม และระยะทาง **แต่**สิ่งที่ต้องการรู้ไม่ได้มีเพียงค่ามุมและระยะทาง เช่น ต้องการรู้พิกัด พื้นที่ ปริมาตร หรือความสูง **ดังนั้น**วิธีการวัดจะแตกต่างกันไปตามจุดประสงค์ และเครื่องมือที่ใช้

การจำแนกการวัดอาจพิจารณาได้ดังนี้

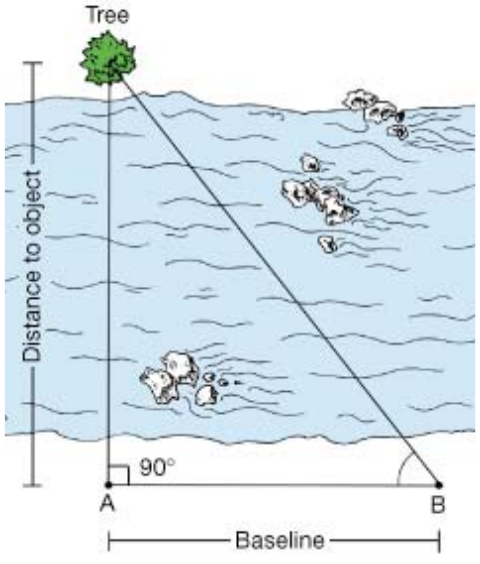
1.
2. จำแนกตามความสัมพันธ์ของค่าที่วัดได้

การจำแนกการวัด

การจำแนกการวัดตามวิธีวัด

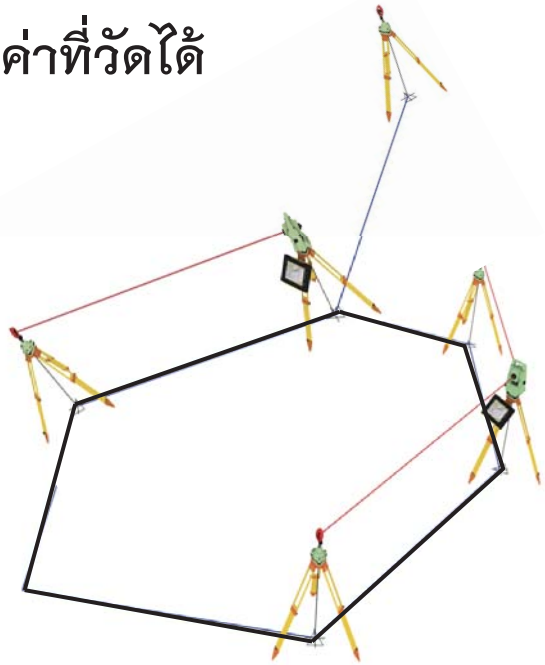
1. การวัดทางตรง คือ การใช้เครื่องมือวัดทำการวัดในสิ่งที่อยู่รู้โดยตรง เช่นการวัดระยะทางด้วยเทป เป็นต้น เหมาะกับการวัดจุดควบคุม

 คือ การใช้เครื่องมือวัดทำการวัดส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องแล้วนำมาคำนวณหาสิ่งที่อยากทราบ เช่น การหาค่าต่างระดับโดยใช้กล้องวัดมุมเงย และระยะทาง เหมาะกับการวัดจุดรายละเอียด



การจำแนกการวัด

การจำแนกการวัดความสัมพันธ์ของค่าที่วัดได้



_____ คือ การวัดที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ เช่น การวัดมุมภายในของเหลี่ยมต่าง ๆ เป็นต้น <u>เหมาะกับการวัดจุดควบคุม</u>

2. การวัดเชิงอิสระ คือ การค่าต่าง ๆ ที่ไม่อยู่ในเงื่อนไขบังคับ เช่น มุมราบหรือระยะทางระหว่างจุด 2 จุด เป็นต้น <u>เหมาะกับการวัดจุดรายละเอียด</u>

ความคลาดเคลื่อน (Errors)

โดยทั่วไป เรามักไม่รู้ค่าจริงของสิ่งที่ทำการวัด ยกเว้นการวัดเชิงเงื่อนไขที่ค่าจริงคือเงื่อนไขที่ต้องเป็น ดังนั้นค่าที่ต่างออกไปค่าจริงจึงเรียกว่า "***ความคลาดเคลื่อน (Errors)***"

Errors = Measurement – Real

นอกจากนี้ ยังมีนิยายศัพท์อื่นเพิ่มเติมคือ

_____ คือ ผลต่างระหว่างค่าที่วัดได้จากการวัดซ้ำหลายครั้ง

_____ คือ ผลต่างระหว่างค่าที่วัดได้จากการวัดกับค่าเฉลี่ย

ชนิดของความคลาดเคลื่อน

เราไม่สามารถขจัดความความเคลื่อนให้หมดไปได้ แต่เราทำการลดค่าคลาดเคลื่อนได้โดยการดำเนินงาน และจัดการอย่างเหมาะสม ฉะนั้นเราจึงต้องเข้าใจชนิดและลักษณะของความคลาดเคลื่อนก่อน

ความคลาดเคลื่อน แบ่งออกได้ 3 ชนิดคือ

Mistake or Blunder ความสะเพร่า ไม่รอบคอบ ของผู้ปฏิบัติงาน เช่น การอ่านค่าผิด การจดค่าผิด

เกิดขึ้นและเป็นไปตามกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ สามารถคำนวณหาขนาดได้ และมีเครื่องหมาย

Random Error เป็นค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผลรวมของเหตุต่างๆที่นอกเหนือความสามารถของผู้วัดที่จะบังคับได้

วิธีจัดการความคลาดเคลื่อน

แก้ไขโดยการตรวจสอบ ค้นหา เมื่อพบจะตัดทิ้ง หรือถ้าจำเป็นก็ทำการวัดค่าที่ตัดทิ้งไปใหม่ หากตรวจหาไม่พบจะต้องทำการรังวัดใหม่ ในการรังวัดเชิงเงื่อนไขจะ ตรวจสอบพบได้ไม่ยากเพราะจะมีขนาดใหญ่จนผิดสังเกต แต่การรังวัดเชิงอิสระ จะตรวจพบได้ยาก

Systematic Error แก้ไขโดยคำนวณหาขนาดของค่าคลาดเคลื่อน แล้วนำไปปรับแก้ค่าการวัดเพื่อให้เป็นค่าที่ถูกต้อง หรือใช้วิธีการทำงานที่สามารถกำจัดค่าคลาดเคลื่อนได้

Random Error ไม่สามารถกำจัดได้ แต่สามารถลดขนาดได้โดยการทำงานที่ประณีตและวัดซ้ำหลายครั้ง ต้องใช้ความรู้ทางสถิติและทฤษฎีความน่าจะเป็นคำนวณขนาดค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานและค่าคลาดเคลื่อนสุ่มที่เป็นไปได้

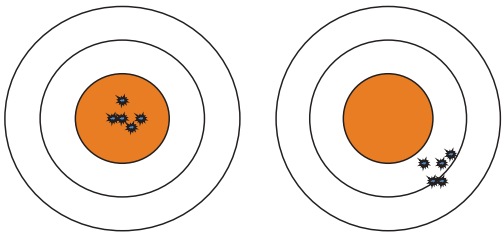
สาเหตุของความคลาดเคลื่อน

ในการรังวัด ความคลาดเคลื่อน**<u>อาจจะมีสาเหตุเดียวหรือหลายสาเหตุ</u>**แฝงรวมกัน เพื่อให้ได้ค่าวัดที่ดีที่สุด จำเป็นต้องเข้าใจต้นเหตุของความคลาดเคลื่อน ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

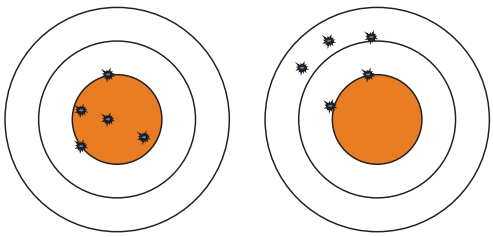
	เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความไม่สมบูรณ์หรือไม่ถูกต้องของเครื่องมือที่ใช้วัด
Personal Error	เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความไม่รอบคอบหรือข้อจำกัดของผู้วัดและผู้ร่วมงาน
Natural Error	เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

ความถูกต้องและความละเอียด

ความถูกต้อง (Accuracy) คือระดับความใกล้เคียงของค่าที่วัดหรือคำนวณได้กับค่าจริงของสิ่งที่ทำการวัด ขนาดของความถูกต้องแสดงด้วยอัตราส่วนระหว่างค่าคลาดเคลื่อนกับค่าจริง



คือระดับความประณีตในการทำการวัดหนึ่ง แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ 1.) ความสามารถในการวัดได้หน่วยที่เล็กมากเพียงใด และ 2.) สำหรับการวัดปริมาณซ้ำกันหลายครั้ง ความละเอียดจะหมายถึงระดับความใกล้เคียงของที่วัดได้กับค่าเฉลี่ย หรือพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



น้ำหนักของการวัด

คือระดับความน่าเชื่อถือของการวัดแต่ละครั้งหรือแต่ละชุดที่กระทำ ในสภาพเงื่อนไขต่างกัน **ซึ่ง**น้ำหนักการวัดจะมีผลต่อการปรับแก้ค่าการวัด

ค่าน้ำหนักการวัด พิจารณาได้ ดังนี้

1. กรณีการวัดที่ทำภายใต้เงื่อนไขและสภาพเดียวกัน จะมีค่าน้ำหนักเท่ากัน
2. กรณีการวัดที่ทำภายใต้เงื่อนไขและสภาพเดียวกัน ยกเว้นจำนวนครั้งที่วัดแต่ละชุดไม่เท่ากัน ค่าน้ำหนักจะแปรผันตามจำนวนครั้งที่วัด
3. กรณีที่รู้ค่าคลาดเคลื่อนสุ่มของการวัดแต่ละชุด น้ำหนักจะแปรผกผันกับกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อนสุ่มของแต่ละชุด

ค่าปรับแก้ (Correction)

ค่าปรับแก้ คือ ค่าที่นำมาบวกกับค่าการวัดเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง ค่าปรับแก้มีขนาดเท่ากับค่าคลาดเคลื่อน ซึ่งพิจารณาได้ 2 กรณี ดังนี้

1. การปรับแก้ของการวัดเชิงอิสระที่มีความคลาดเคลื่อนมีระบบ ค่าคลาดเคลื่อนสามารถหาได้จากกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ การปรับแก้นี้จะไม่เกี่ยวข้องกับค่าน้ำหนักการวัด
2. การปรับแก้ของการวัดเชิงเงื่อนไข ค่าการวัดที่มีระดับความน่าเชื่อถือมากค่าปรับแก้จะเล็กและค่าที่มีระดับความน่าเชื่อถือน้อยค่าปรับแก้จะมีค่าใหญ่ สัดส่วนของค่าปรับแก้หรือน้ำหนักการปรับแก้ (Weight of correction) จะแปรผกผันกับค่าน้ำหนักการวัด

ตัวอย่าง วัดมุมภายในรูปสามเหลี่ยม *X Y Z* ได้ *48° 36′35″, 59° 48′32″* และ *71° 34′47″* จง ปรับแก้ค่ามุมที่วัดได้ ถ้า

ก) มุมทั้งสามวัดภายใต้เงื่อนไขอย่างเดียวกัน

มุม *X* = *48° 36′35″*

มุม *Y* = *59 48 32*

มุม *Z* = *71 34 47*

รวม = ***179 59 54***

ค่าคลาดเคลื่อน = *179° 59′54″ - 180°* = *- 06″*

ค่าปรับแก้รวม = *+ 06″*

เนื่องจากมุมทั้ง *3* มีน้ำหนักเท่ากันฉะนั้นค่าปรับแก้จะกระจายไปเท่ากัน

ค่าปรับแก้แต่ละมุม = *+ 06″/3* = *+ 02″*

มุม *X* = *48° 36′35″ + 02″* = ***48° 36′37″***

มุม *Y* = *59 48 32 + 02* = ***59 48 34***

มุม *Z* = *71 34 47 + 02* = ***71 34 49***

SURIYAH THONGMUNEE....SURVEY 1

ตัวอย่าง วัดมุมภายในรูปสามเหลี่ยม *X Y Z* ได้ *48° 36′35″, 59° 48′32″* และ *71° 34′47″* จง ปรับแก้ค่ามุมที่วัดได้ ถ้า

ข) มุมทั้งสามมีค่าน้ำหนักการวัด 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

ค่าคลาดเคลื่อน = *- 06″*

ค่าปรับแก้รวม = *+ 06″*

เนื่องจาก มุมทั้ง *3* มีน้ำหนักการวัด = *1, 2, 3* ตามลำดับ

ฉะนั้น มุมทั้ง *3* มีน้ำหนักการปรับแก้ = *3, 2, 1* ตามลำดับ

น้ำหนักค่าปรับแก้รวม = *3 + 2 + 1* = *6*

ค่าปรับแก้มุม *X* = *+ 06 x 3 / 6* = *+ 03″*

ค่าปรับแก้มุม *Y* = *+ 06 x 2 / 6* = *+ 02″*

ค่าปรับแก้มุม *Z* = *+ 06 x 1 / 6* = *+ 01″*

มุม *X* = *48° 36′35″ + 03″* = ***48° 36′38″***

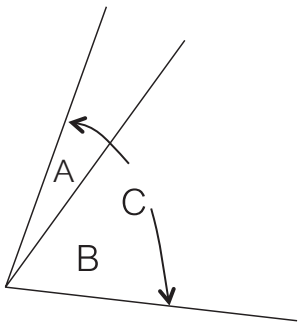
มุม *Y* = *59 48 32 + 02* = ***59° 48′34″***

มุม *Z* = *71 34 47 + 01* = ***71° 34′48″***

ตัวอย่าง วัดมุมที่จุดจุดหนึ่งจำนวน 3 มุม คือ A, B และ C ได้ 23° 46′10″, 59° 14′27″ และ 83° 00′04″ ถ้าเงื่อนไขการวัดคือมุม C = A + B จงปรับแก้ค่ามุมที่วัดได้ถ้า

ก) มุมทั้งสามมีค่าน้ำหนักการวัดเท่ากัน

ข) มุมทั้งสามเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด 2, 4 และ 6 ครั้งตามลำดับ



มุม A	=	23° 46′10″
มุม B	=	59 14 27
รวม	=	83 00 37
มุม C	=	83 00 04
ค่าแย้งระหว่างมุม A กับ B+C	=	33″

เนื่องจาก A + B > C ฉะนั้นค่าปรับแก้ มุม A และ B จะเป็น - และค่าปรับแก้ มุม C จะเป็น +

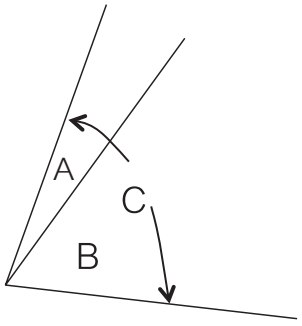
ก) เนื่องจากมุมทั้ง 3 มีน้ำหนักเท่ากัน ฉะนั้นค่าปรับแก้จะกระจายไปเท่ากัน

ค่าปรับแก้แต่ละมุม	=	33″/3	= 11″
มุม A	=	23° 46′10″ - 11″	= 23° 45′ 59″
มุม B	=	59 14 27 - 11″	= 59 14 16
		รวม	= 83 00 15
มุม C	=	83 00 04 + 11″	= 83 00 15

ตัวอย่าง วัดมุมที่จุดจุดหนึ่งจำนวน 3 มุม คือ A, B และ C ได้ 23° 46′10″, 59° 14′27″ และ 83° 00′04″ ถ้าเงื่อนไขการวัดคือมุม C = A + B จงปรับแก้ค่ามุมที่วัดได้ถ้า

ก) มุมทั้งสามมีค่าน้ำหนักการวัดเท่ากัน

ข) มุมทั้งสามเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด 2, 4 และ 6 ครั้งตามลำดับ



ข) ค่าน้ำหนักการวัดแปรผันตามจำนวนครั้งที่วัด

น้ำหนักการปรับแก้แต่ละมุม	=	$\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{6}$	
น้ำหนักค่าปรับแก้รวม	=	$\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{6}$	= $\frac{11}{12}$
ค่าปรับแก้มุม A	=	$33'' \times \frac{1}{2} \div \frac{11}{12}$	= - 18″
ค่าปรับแก้มุม B	=	$33'' \times \frac{1}{4} \div \frac{11}{12}$	= - 09″
ค่าปรับแก้มุม C	=	$33'' \times \frac{1}{6} \div \frac{11}{12}$	= + 06″

มุม A	=	23° 46′10″ - 18″	= 23° 45′52″
มุม B	=	59 14 27 - 09″	= 59 14 18
มุม C	=	83 00 04 + 06″	= 83 00 10

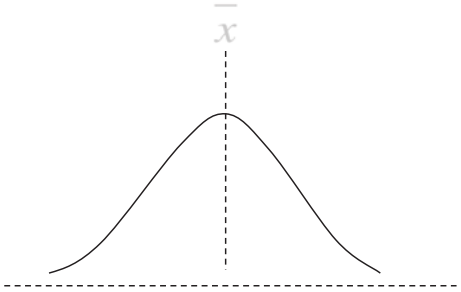
ความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนสุ่ม

สมมุติฐานเบื้องต้นเกี่ยวกับคุณลักษณะของค่าคลาดเคลื่อนสุ่มจะเป็นดังนี้

ก) ค่าคลาดเคลื่อนมีโอกาสที่จะเป็น**ทางบวกเท่าๆกับทางลบ**

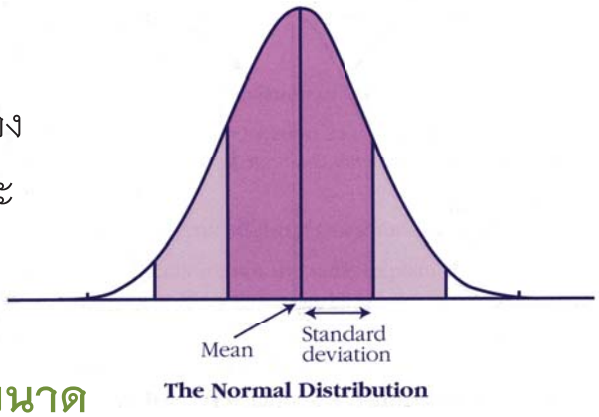
ข) ค่าคลาดเคลื่อนขนาด**เล็ก**จะมีจำนวน**มากกว่า**ค่าคลาดเคลื่อนขนาด**ใหญ่**

ค) ค่าคลาดเคลื่อนที่มีขนาด**ใหญ่มากๆจะไม่เกิดขึ้น**



ความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ค่าทางสถิติที่ใช้เป็นตัวแทนหรือใช้อธิบายลักษณะของข้อมูล คือ [ ] และ **ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)** โดยค่าเฉลี่ยจะแสดงตำแหน่งของข้อมูล และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงลักษณะการกระจายข้อมูล



The Normal Distribution

เช่นเดียวกับ **ค่าการวัดที่ดีที่สุด** และ **ขนาดของค่าคลาดเคลื่อนสุ่ม** จะแสดงลักษณะผลลัพธ์ และคุณภาพของการวัด

ความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ค่าการวัดที่ดีที่สุด

การวัดซ้ำ ๆ กัน ที่การกระจายเป็นแบบโค้งปกติ ค่าการวัดน่าจะเป็นหรือ**ค่าที่ดีที่สุด เท่ากับค่าเฉลี่ย**ของการวัด ซึ่งหาได้ดังนี้

1. ความน่าเชื่อถือเท่ากัน

2. ความน่าเชื่อถือต่างกัน

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} w_i \bar{x}_i}{\sum_{i=0}^{N-1} w_i}$$

โดยที่

X_i คือ ค่าที่วัดได้ในแต่ละครั้ง

N คือ จำนวนครั้งการวัด

W_i คือ ค่าน้ำหนักของค่าการวัด

ความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ขนาดของค่าคลาดเคลื่อนสุ่ม

ขนาดของค่าคลาดเคลื่อนสุ่มจะแสดงด้วยค่าที่บ่ายเบนจากค่าเฉลี่ย จะมีขนาดใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นของการวัดที่กำหนด ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มที่กำหนดใช้ในงานรังวัดมี 2 ค่า ได้แก่

1. คือ ค่าที่บ่ายเบนจากค่าเฉลี่ย โดยมีความน่าเป็นของการวัดหรือระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.6827 (E_{68})

2. **ค่าคลาดเคลื่อนสุ่มเป็นไปได้** (Probable Error) คือ ค่าที่บ่ายเบนจากค่าเฉลี่ย โดยมีความน่าเป็นของการวัดหรือระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.5 (E_{50})

ความน่าจะเป็นของค่าความคลาดเคลื่อนสุ่ม

1. ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

Standard Error

$$\sigma_m = \frac{\sigma_s}{\sqrt{n}}$$

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum(wv^2)}{(\sum w)(n-1)}}$$

2. ค่าคลาดเคลื่อนสุ่มเป็นไปได้

Probable Error

$$E_p = 0.6745\sigma_m$$

เมื่อ

v = เศษเหลือ

n = จำนวนการวัด

σ_s = ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าการวัดหนึ่ง

σ_m = ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าการวัดเฉลี่ย

ระดับความเชื่อมั่นและความน่าจะเป็นของของคลาดเคลื่อน

ระดับความเชื่อมั่น	ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
E_{50}	$\pm 0.6745\sigma_s$
E_{68}	$\pm 1.0\sigma_s$
E_{90}	$\pm 1.6449\sigma_s$
E_{95}	$\pm 1.9599\sigma_s$
$E_{99.5}$	$\pm 3.0\sigma_s$

ตัวอย่าง การวัดระยะทางระหว่างจุด 2 จุดด้วยเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 10 ครั้ง ได้ค่าดังตาราง จงหาระยะทางที่ดีที่สุด ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนเป็นไปได้

	ระยะทาง (ม.)	v	v^2
1	574.467		
2	.460		
3	.469		
4	.465		
5	.471		
6	.461		
7	.463		
8	.466		
9	.460		
10	.468		
ค่าเฉลี่ย =		$\sum v^2$ =	

SURIYAH THONGMUNEE....SURVEY 1

ตัวอย่าง การวัดระยะทางระหว่างจุด 2 จุดด้วยเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 10 ครั้ง ได้ค่าดังตาราง จงหาระยะทางที่ดีที่สุด ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนเป็นไปได้

	ระยะทาง (ม.)	v	v^2
1	574.467	-.002	0.000004
2	.460	+.005	0.000025
3	.469	-.004	0.000016
4	.465	-.000	0.000000
5	.471	-.006	0.000036
6	.461	+.004	0.000016
7	.463	+.002	0.000004
8	.466	-.001	0.000001
9	.460	+.005	0.000025
10	.468	-.003	0.000009
ค่าเฉลี่ย = 574.465		$\sum v^2$ = 0.000136	

การวัดที่มีระดับความน่าเชื่อถือเท่ากัน

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + ... + x_n}{n}$$

ระยะทางที่ดีที่สุดคือค่าเฉลี่ยที่ได้ = _____ เมตร

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.000136}{(10-1)}} = _____ \text{ เมตร}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_s}{\sqrt{n}} = _____ \text{ เมตร}$$

$$E_p = _____ = _____ \text{ เมตร}$$

ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน = _____ เมตร ค่าคลาดเคลื่อนเป็นไปได้ = _____ เมตร

การวัดที่มีระดับความน่าเชื่อถือเท่ากัน

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + ... + x_n}{n}$$

ระยะทางที่ดีที่สุดคือค่าเฉลี่ยที่ได้ = 574.465 เมตร

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.000136}{(10-1)}} = \pm 0.00389 \text{ เมตร}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_s}{\sqrt{n}} = \pm 0.00123 \text{ เมตร}$$

$$E_p = 0.6745 \times 0.00123 = \pm 0.0008 \text{ เมตร}$$

ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน = $\pm$ 0.00123 เมตร ค่าคลาดเคลื่อนเป็นไปได้ = $\pm$ 0.0008 เมตร

ตัวอย่าง การหาค่าระดับของจุดจุดหนึ่งโดยทำระดับมาหลายทาง ได้ค่าระดับและค่าคลาดเคลื่อนเป็นไปได้ดังนี้ 219.776 ± 0.007, 219.274 ± 0.012, 219.645 ± 0.018, และ 219.965 ± 0.024 เมตร จงหาค่าระดับและค่าคลาดเคลื่อนเป็นไปได้ของจุดดังกล่าว

	ค่าระดับที่วัดได้	W	WX	v	Wv2
1	219.776 ± 0.007	$\frac{1}{0.007^2}$	4485224	-0.019	7.200354
2	219.874 ± 0.012	$\frac{1}{0.012^2}$	1526903	0.079	43.578225
3	219.645 ± 0.018	$\frac{1}{0.018^2}$	677917	-0.150	69.244064
4	219.965 ± 0.024	$\frac{1}{0.024^2}$	381884	0.170	50.301527
		32175.14	7071928.61		170.324171

น้ำหนักการวัดแปรผกผันกับกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อนสุ่ม

$$\bar{X} = \frac{7071928.61}{32175.14} = 219.795 \text{ เมตร}$$

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{170.324171}{(4-1)\times 32175.14}} = \pm 0.042 \text{ เมตร}$$

$$Ep = 0.6745 \times 0.042 = \pm 0.028 \text{ เมตร.}$$

ค่าระดับที่น่าจะเป็นคือ 219.795 ± 0.028 เมตร

การแพร่ของความคลาดเคลื่อนสุ่ม

การวัดเพื่อหาค่าที่ต้องการนั้น บางครั้งเราไม่สามารถวัดค่าได้โดยตรง แต่อาศัยการวัดองค์ประกอบของค่านั้น แล้วนำมาคำนวณหาค่าที่ต้องการนั้นด้วยสูตรแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ **ดังนั้น** ค่าคลาดเคลื่อนสุ่มของผลลัพธ์ต้องคำนวณจากค่าคลาดเคลื่อนสุ่มของค่าที่วัดได้ ตามหลัก **"การแพร่ของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Propagation of Random Errors)"**

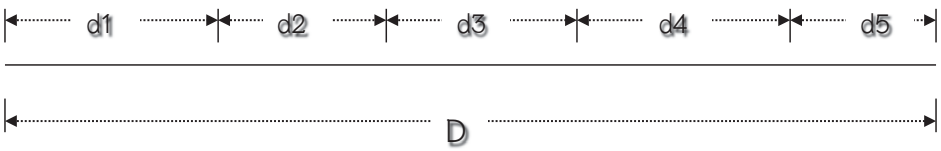
สมการของความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนสุ่มของผลลัพธ์ที่คำนวณได้กับความคลาดเคลื่อนสุ่มของค่าที่วัดได้ดังนี้

$$U = f\left(X_1, X_2, \ldots, X_n\right)$$

$$E_U = \sqrt{\left(\frac{\partial U}{\partial X_1}\ell X_1\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial X_2}\ell X_2\right)^2 + \ldots\ldots + \left(\frac{\partial U}{\partial X_n}\ell X_n\right)^2}$$

กำหนดให้

U	คือ ค่าการวัดทางอ้อมหรือค่าที่คำนวณได้
$X_1, X_2, \ldots X_n$	คือ ค่าปริมาณที่ทำการวัดทางตรง
$lX_1, lX_2, \ldots, lX_n$	คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่มของค่าการวัดทางตรง
E_U	คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่มของค่าที่คำนวณได้



ตัวอย่าง การวัดระยะเส้นฐานเส้นหนึ่งด้วยแถบวัดระยะโดยวัดแบ่งเป็น 5 ช่วง แต่ละช่วงทำการวัดอย่างระมัดระวัง และคำนวณค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแต่ละช่วงได้ ±6.0, ±5.7, ± 6.3, ± 5.6 และ ± 6.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ จงคำนวณค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของเส้นฐานนี้

ให้ D เป็น ความยาวของเส้นฐาน

$d1, d2, d3, d4, d5$ เป็น ระยะที่วัดได้ในแต่ละช่วง

$$D = d1 + d2 + d3 + d4 + d5$$

$$\frac{\partial D}{\partial d\,1} = \frac{\partial D}{\partial d\,2} = \frac{\partial D}{\partial d\,3} = \frac{\partial D}{\partial d\,4} = \frac{\partial D}{\partial d\,5} = 1$$

$$E_D = \sqrt{(1\times 6.0)^2 + (1\times 5.7)^2 + (1\times 6.3)^2 + (1\times 5.6)^2 + (1\times 6.2)^2}$$

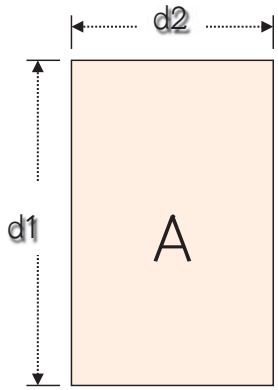
$$= \pm 13.3$$

ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของเส้นฐานคือ ± 13.3 มิลลิเมตร

ตัวอย่าง วัดความยาวด้านทั้งสองของที่ดินรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้ 123.30 ± 0.04 ม. และ 48.30 ± 0.03 ม. จงหาพื้นที่และค่าคลาดเคลื่อนสุ่มของพื้นที่

ให้ A เป็น พื้นที่ที่ดินรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

$d1, d2,$ เป็น ความยาวด้านที่วัดได้



$$A = d1 \times d2$$

$$= 123.30 \times 48.30 = 5955.39 \text{ ตารางเมตร}$$

$$\frac{\partial A}{\partial d\,1} = d2 = 48.30 \text{ ม.}$$

$$\frac{\partial A}{\partial d\,2} = d1 = 123.30 \text{ ม.}$$

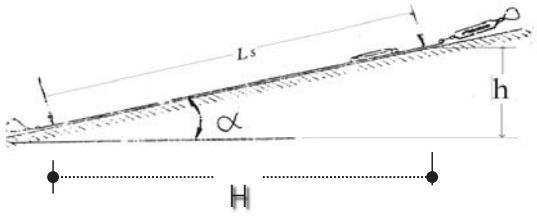
$$E_A = \sqrt{(48.30\times 0.04)^2 + (123.30\times 0.03)^2}$$

$$= \pm 4.17$$

พื้นที่ที่ดินรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าคือ 5955.39 + 4.17 ตารางเมตร

SURIYAH THONGMUNEE....SURVEY 1

ตัวอย่าง วัดระยะระหว่างหมุด 2 หมุด ด้วยแถบวัดระยะโดยวัดตามพื้นลาดเอียงได้ 83.73 ± 0.01 เมตร และวัดมุมลาดเอียงได้ $3^\circ\ 20' \pm 0.5'$ จงหาค่าระยะราบ และความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น



ให้ H เป็น ระยะราบระหว่างหมุด

l เป็น ระยะตามพื้นเอียง

α เป็น มุมลาดเอียง

$H = l \times \cos(\alpha)$

$= 83.73 \times \cos(3^\circ 20') = 83.59$ เมตร

$\frac{\partial H}{\partial l} = \cos(3^\circ 20') = 0.998$

$\frac{\partial H}{\partial \alpha} = -l \times \sin(3^\circ 20') = 4.868$ เมตร

$E_H = \sqrt{(0.998 \times 0.01)^2 + (4.868 \times 0.5 \times 60 \times \sin 1'')^2}$

$= \pm 0.01$ เมตร

ระยะทางราบระหว่างหมุดคือ 83.59 ± 0.01 เมตร

SURIYAH THONGMUNEE....SURVEY 1

แบบฝึกหัด

- จงยกตัวอย่างความคลาดเคลื่อนขณะนักศึกษาปฏิบัติงานในสนามจริง พร้อมแจกแจงว่าเป็นสาเหตุประเภทใด
- การวัดซ้ำมีวัตถุประสงค์อย่างไร
- จงอธิบายความแตกต่างระหว่าง mistake และ systematic error พร้อมยกตัวอย่าง
- จงอธิบายความแตกต่างระหว่าง Accuracy และ Precision พร้อมยกตัวอย่าง

อ้างอิง

1. การสำรวจรังวัด : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ ... วิชัย เยี่ยงวีรชน
2. เอกสารคำสอนการสำรวจ 1 ... วินิจ จึงเจริญธรรม
3. การรังวัดเบื้องต้น ... ผศ.ดร.พุทธิพล ดำรงชัย
4. รูปภาพทั้งหมดจากอินเตอร์เนต

Leveling

Suriyah Thongmunee

1-2557

Contents

- บทนำ
- คำจำกัดความ
-
-
- การทำระดับโดยวิธีการวัดค่าต่างระดับ
- การคำนวณในงานระดับ
- การปฏิบัติการ และจดบันทึก
- การตรวจสอบความถูกต้องและปรับแก้

Surivah Thongmunee....SV 1.1/57

Contents (cont.)

- สาเหตุความคลาดเคลื่อน
- การทำระดับรูปตัดแนวขวาง และแนวยาว
- ผลของแนวเล็งเอียง และการตรวจสอบ
-
- การทำระดับแบบสอบกลับ

บทนำ

ระดับความสูง (Elevation) ของจุดใด คือ ระยะตามแนวดิ่งที่วัดจากผิวระดับอ้างอิงถึงจุดนั้น ประเทศไทยใช้ระดับน้ำทะเลปานกลาง (ร.ท.ก.) โดยทำการวัดที่เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

หมุดระดับ (Bench mark, BM.) เป็นจุดที่สร้างขึ้น ไม่ทรุดตัวหรือถูกทำลายได้ง่าย เพื่อใช้ในการอ้างอิงค่าระดับ โดยใช้ระดับน้ำทะเลปานกลาง หรืออาจใช้ค่าระดับสมมุติในงานที่ไม่จำเป็นอ้างอิงกับ ร.ท.ก.

Surivah Thongmunee....SV 1.1/57

บทนำ

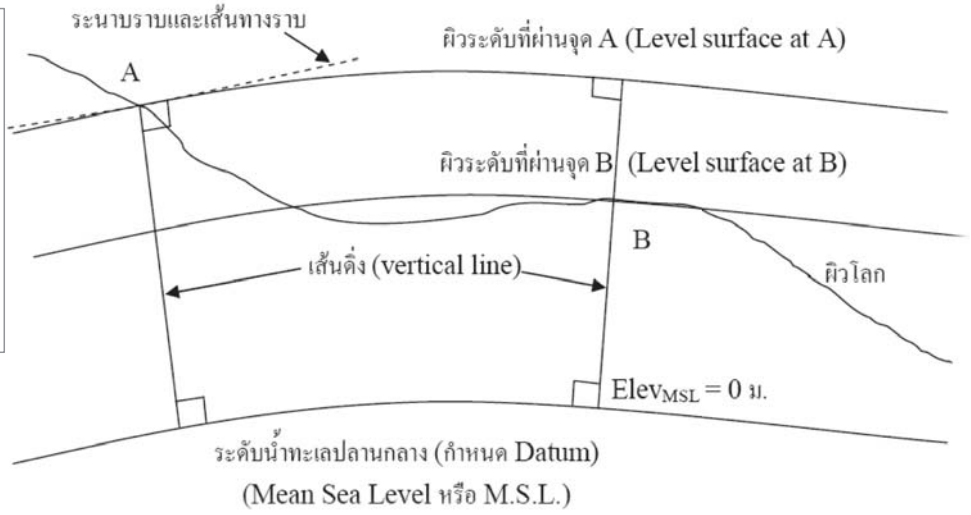
ผลที่ได้จากการทำงานระดับได้ถูกนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์หลายอย่าง ดังแสดงดังต่อไปนี้

1.
2. งานออกแนวของโครงการก่อสร้างต่าง ๆ ตามระดับความสูงต่ำตามแบบที่ได้กำหนดไว้
3. คำนวณปริมาตรของงานดินและวัสดุอื่น ๆ
4. ตรวจสอบลักษณะการไหลเวียนของน้ำในพื้นที่
5. พัฒนาแผนที่ให้แสดงลักษณะของภูมิประเทศ และ
6. ศึกษาการทรุดตัวของแผ่นดินและการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก

คำจำกัดความ

ศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับงานระดับ

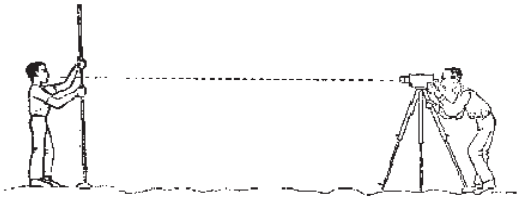
- แนวดิ่ง
- เส้นราบ



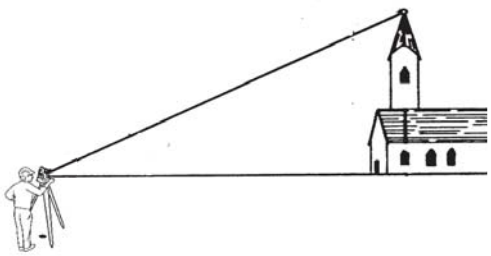
Surivah Thongmunee....SV 1 1/57

วิธีการทำระดับ

1.

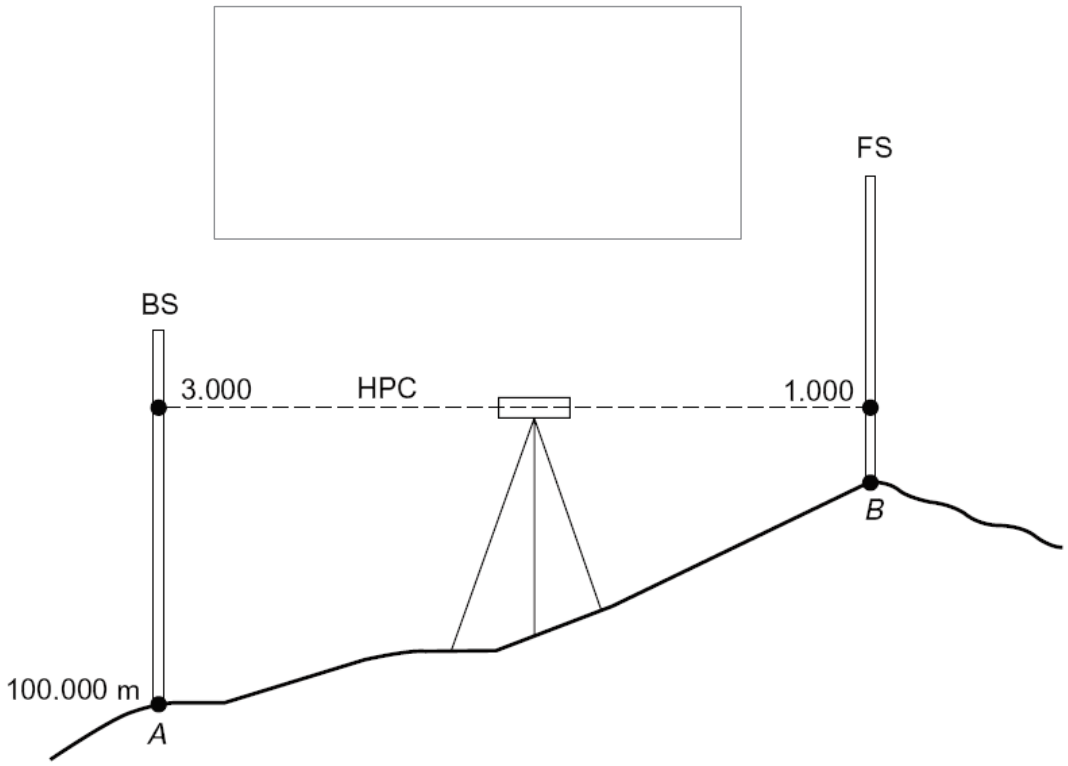


2. **งานระดับตรีโกณมิติ** (Trigonometric Leveling) โดยการวัดมุมดิ่งด้วยกล้องวัดมุม และวัดระยะทางแล้วคำนวณหาค่าระดับด้วยสูตรทางตรีโกณมิติ



3. **งานระดับบารอมิเตอร์** (Barometric Leveling) จากค่าต่างระดับระหว่างจุดเป็นสัดส่วนกับผลต่างของความดันบรรยากาศ ใช้บารอมิเตอร์วัดความกดดันบรรยากาศหรือวัดระดับความสูงด้วย Altimeter ใช้กับงานสำรวจเบื้องต้น

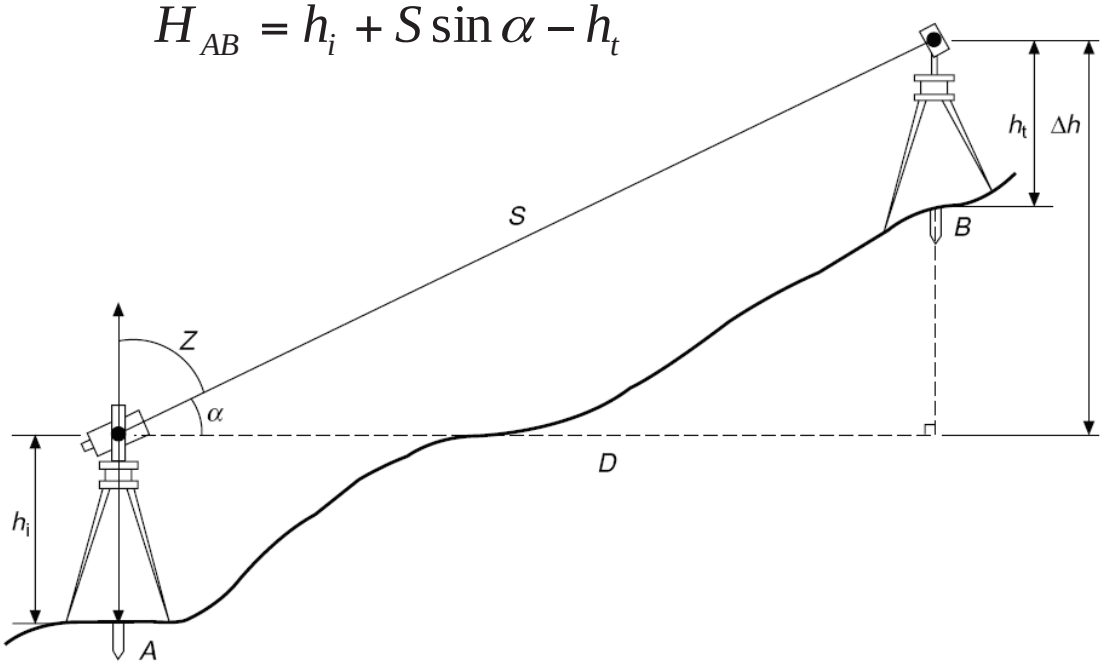
การทำระดับโดยใช้กล้องระดับ



Surivah Thongmunee....SV 1.1/57

งานระดับตรีโกณมิติ

$$H_{AB} = h_i + S\sin\alpha - h_t$$

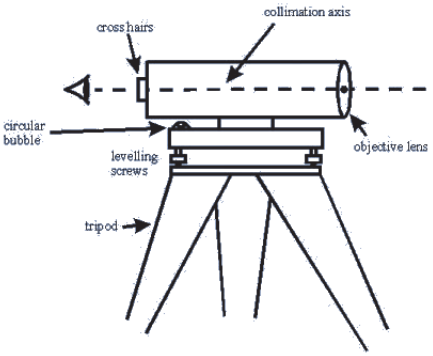


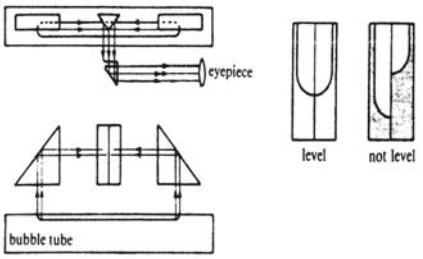
กล้องระดับ และไม้ระดับ

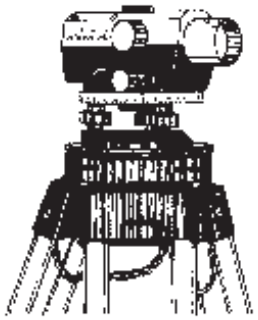
กล้องระดับ

กล้องระดับ เป็นเครื่องมือที่หลังจากทำการตั้งอย่างถูกต้องแล้วจะมีแนวเล็งทำมุมฉากกับเส้นดิ่ง หรือแนวเล็งของกล้องจะอยู่ในแนวราบเสมอ

ส่วนประกอบของกล้องระดับ โดยทั่วไปกล้องระดับประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ [ ] สภาวะของแนวเล็งอยู่แนวราบหรือไม่





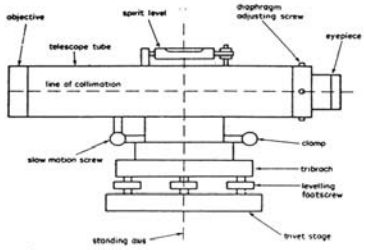


Surivah Thongmunee....SV 1 1/57

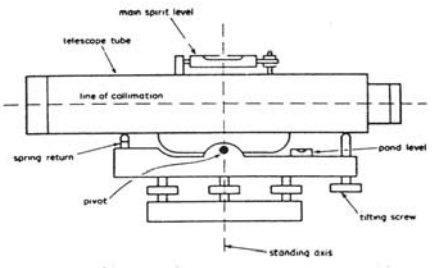
กล้องระดับ และไม้ระดับ

ชนิดของกล้องระดับ

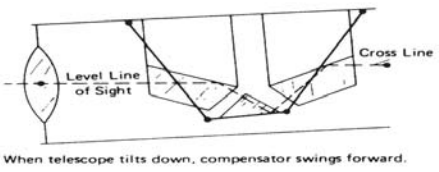
[ ] มีตัวกล้องโทรทรรศน์เชื่อมติดตั้งฉากกับเดือยของแกนดิ่ง



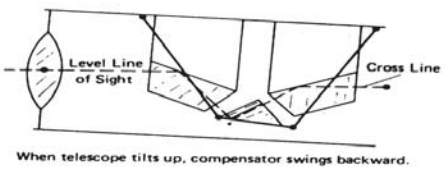
[ ] ตัวกล้องโทรทรรศน์ไม่ได้ถูกตรึงแน่นอยู่กับแกนดิ่งของกล้อง สามารถขยับอิสระให้เอียงได้เล็กน้อย



กล้องระดับอัตโนมัติ (Automatic Level) มีระบบกลไกตัวทดแทน ทำให้แนวเล็งอยู่ในแนวราบ และคงระดับเดิมไว้ ไม่ว่าจะหมุนกล้องไปในทิศทางใด



When telescope tilts down, compensator swings forward.



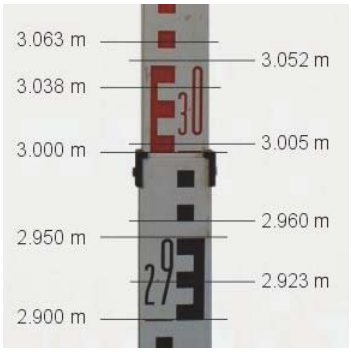
When telescope tilts up, compensator swings backward.

กล้องระดับ และไม้ระดับ

ไม้ระดับ

ทำด้วยไม้เนื้ออ่อนน้ำหนักเบาหรือวัสดุโลหะผสม ความยาว 2 ถึง 4 เมตร เลื่อนได้หรือพับเก็บได้ ด้านหน้าแบ่งเป็นช่องช่องละ 1 เซนติเมตร โดยทาสีสลับกัน เพื่อทำให้มองเห็นและอ่านค่าได้สะดวก บางแบบเขียนตัวเลขในลักษณะหัวกลับ นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์เพิ่มที่ใช้กับไม้ระดับ ได้แก่

-
- เป้าเล็ง ใช้เมื่อระยะการเล็งกล้องไกลจนไม่สามารถ อ่านค่าบนไม้ระดับจากกล้องโดยตรงได้

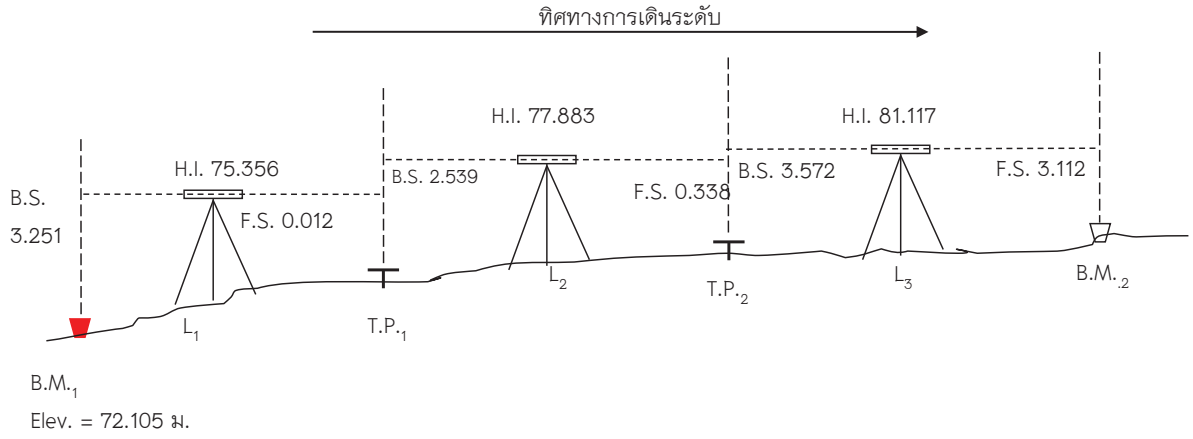


Surivah Thongmunee....SV 1.1/57

กล้องระดับแบบอิเล็กทรอนิกส์

การทำระดับโดยวิธีการวัดค่าต่างระดับ

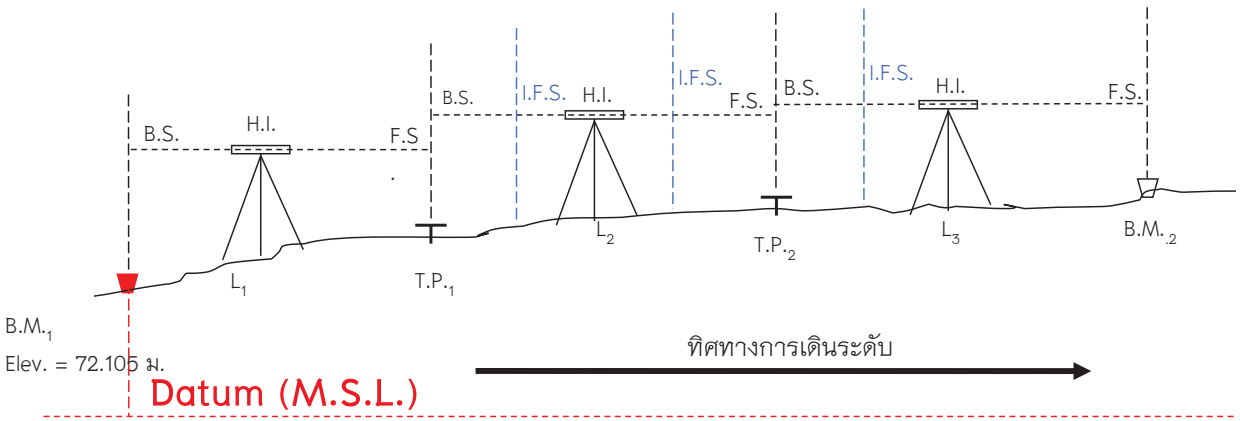
การทำระดับโดยวิธีวัดความต่าง (Differential Leveling) เป็นการหาค่าต่างระดับระหว่างจุดที่อยู่ห่างไกลกันใช้กล้องระดับ และไม้ระดับหาค่าต่างระดับเป็นช่วง ๆ เริ่มต้นจาก _____ แล้วเดินระดับไปตามเส้นทางจนกระทั่งถึงจุดปลายที่ต้องการหาค่าระดับ



Surivah Thongmunee....SV 1 1/57

การทำระดับโดยวิธีการวัดค่าต่างระดับ

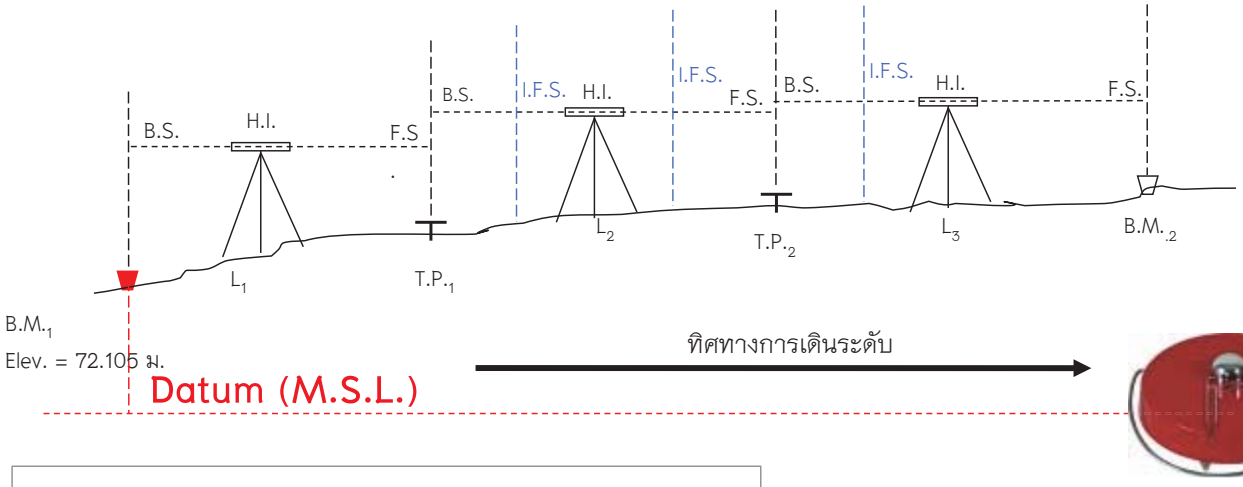
คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องในการทำงานระดับ



_____ คือหมุดถาวรที่แสดงค่าระดับหรือไม่มีก็ได้ขึ้นอยู่กับประเภทของงาน ถูกใช้เป็นหมุดอ้างอิงในการทำงานระดับในบริเวณพื้นที่รอบ ๆ หรือใกล้กับหมุด B.M.

การทำระดับโดยวิธีการวัดค่าต่างระดับ

คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องในการทำงานระดับ

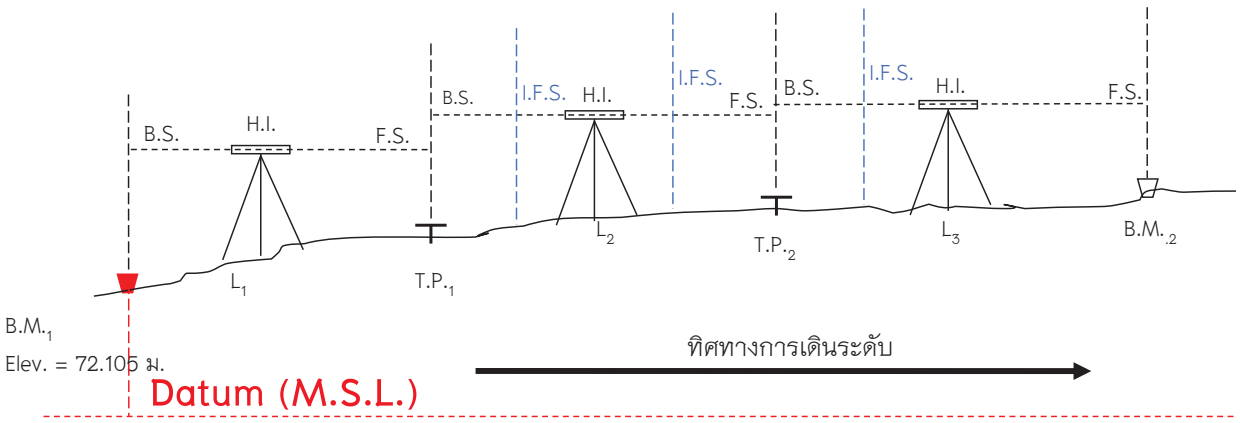


(ไม่มีข้อความ) คือจุดแทรกระหว่างหมุด B.M. ใช้เป็นจุดวางไม้ระดับเพื่อถ่ายระดับ ดังนั้นจุดนี้จะต้องเสถียรโดยการใช้อุปกรณ์ช่วยเรียกว่า Footplate ข้อสังเกตุคือที่จุด T.P. จะมีทั้งค่าระดับจากไม้หลัง (backsight) และค่าระดับจากไม้หน้า (foresight)

Surivah Thongmunee...SV 1 1/57

การทำระดับโดยวิธีการวัดค่าต่างระดับ

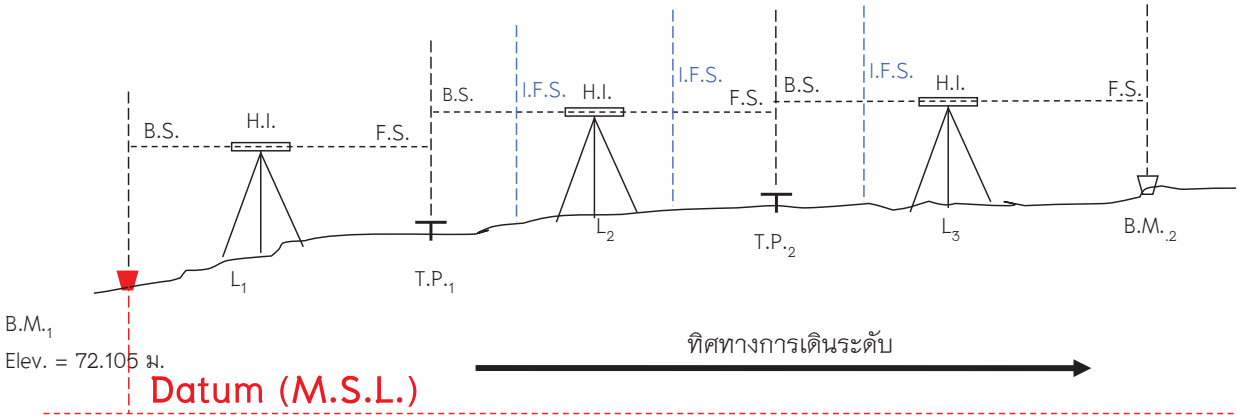
คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องในการทำงานระดับ



(ไม่มีข้อความ) คือการอ่านค่าระดับที่ไม้ระดับจากกล้องระดับที่เล็งมาที่เล็งไปยังจุดที่ทราบค่าระดับเรียบร้อยแล้ว ซึ่งจะเป็น B.M. หรือ T.P. เท่านั้น

การทำระดับโดยวิธีการวัดค่าต่างระดับ

คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องในการทำงานระดับ

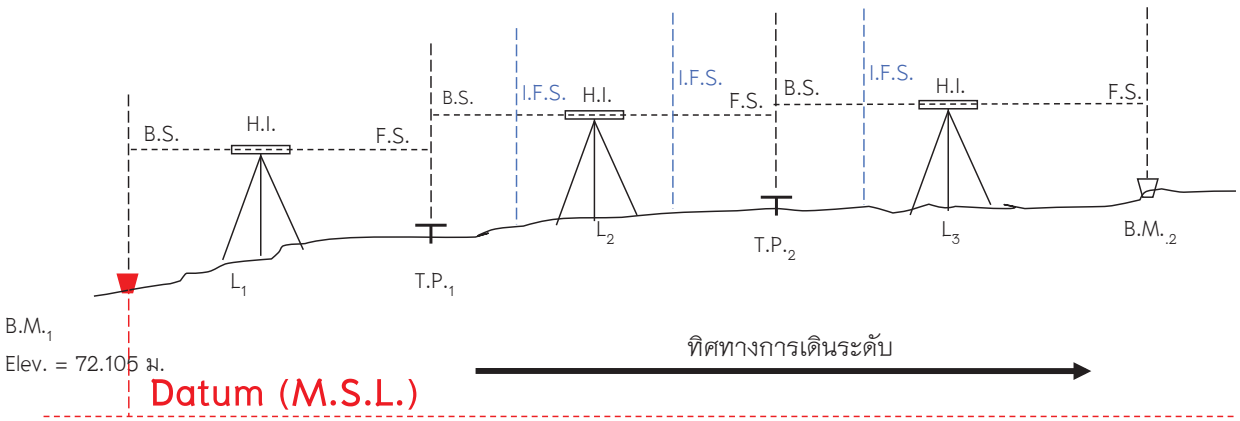


[ ] คือค่าระดับความสูงของแนวเล็งเทียบกับระดับอ้างอิง เช่น ระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level หรือ M.S.L.) โดยหาได้จากการนำค่าระดับ ณ จุดที่เราทราบค่าบวกด้วยค่าระดับไม้หลัง (H.I. = Elev.+ B.S.)

Surivah Thongmunee...SV 1 1/57

การทำระดับโดยวิธีการวัดค่าต่างระดับ

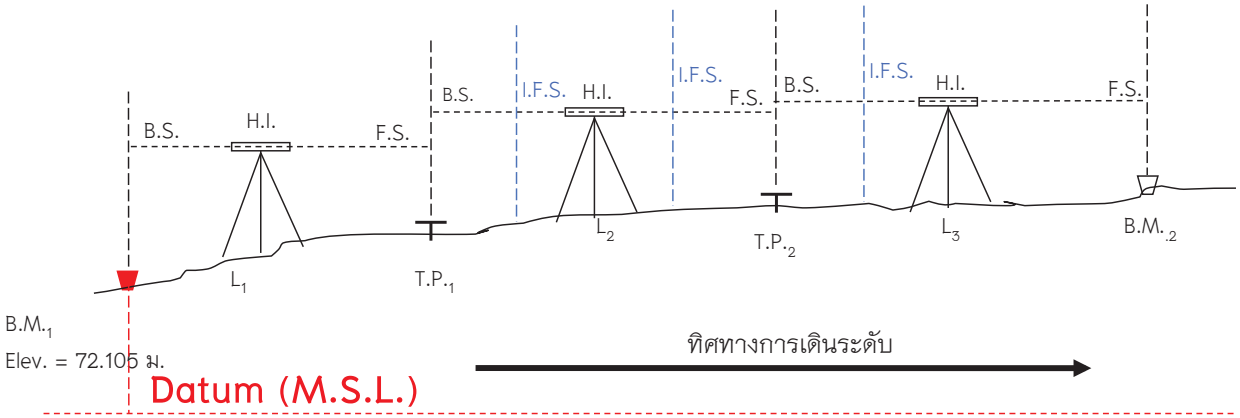
คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องในการทำงานระดับ



[ ] คือการอ่านค่าระดับที่ไม้ระดับจากกล้องระดับที่เล็งมาที่เล็งไปยังจุดที่ต้องการทราบค่าระดับเพื่อการคำนวณต่อไป ซึ่งจะเป็น B.M. หรือ T.P. เท่านั้น

การทำระดับโดยวิธีการวัดค่าต่างระดับ

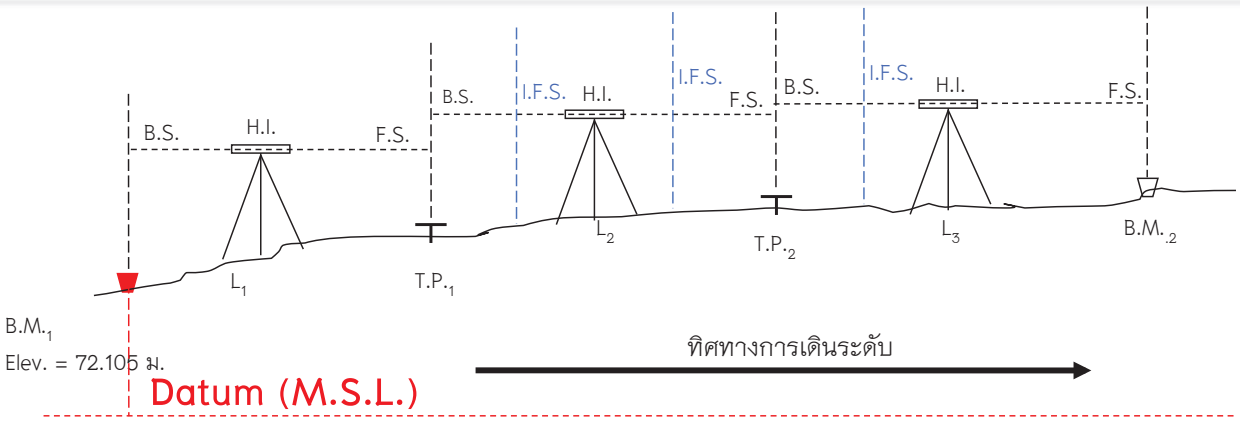
คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องในการทำงานระดับ

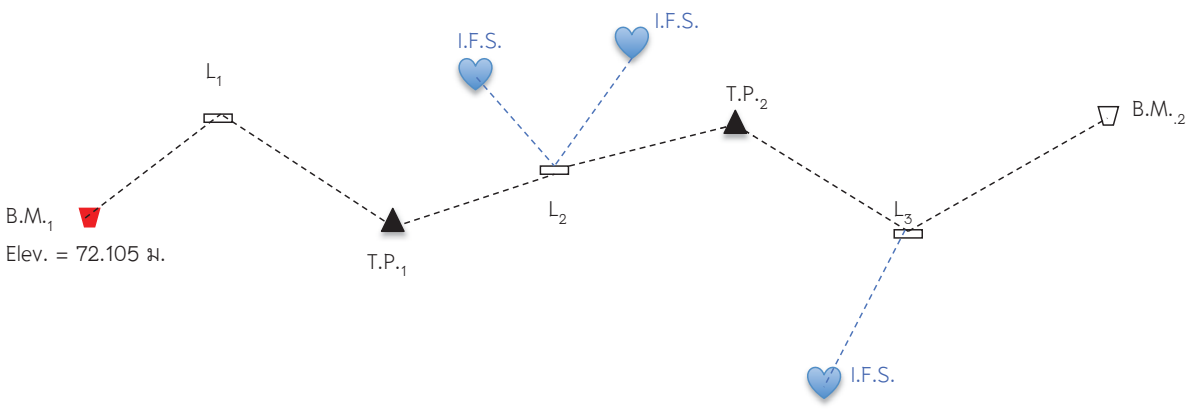


[ ] คือค่าระดับที่อ่านได้จากไม้ระดับที่วางบนจุดต่าง ๆ ที่ต้องการหาค่าระดับ โดยที่จุดเหล่านี้ไม่ใช่ B.M. และ T.P.

Surivah Thongmunee...SV 1 1/57

การทำระดับโดยวิธีการวัดค่าต่างระดับ





การคำนวณในงานระดับ

1. หาระดับของแนวเล็ง

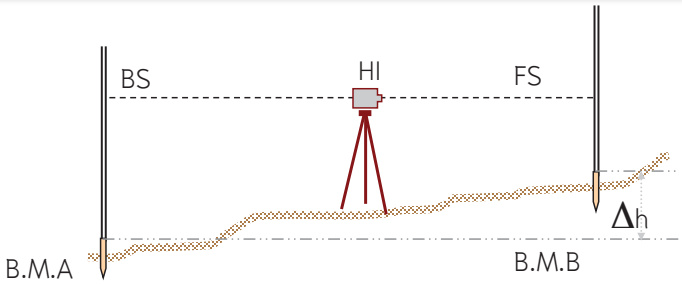
2. หาค่าต่างระดับ

$\Delta h = BS - FS$ หรือ $\Sigma BS - \Sigma FS$

ถ้าค่า $\Delta h > 0$ แสดงว่า B.M.B สูงกว่า B.M.A

$\Delta h < 0$ แสดงว่า B.M.B ต่ำกว่า B.M.A

3. ค่าระดับของจุดถัดไป

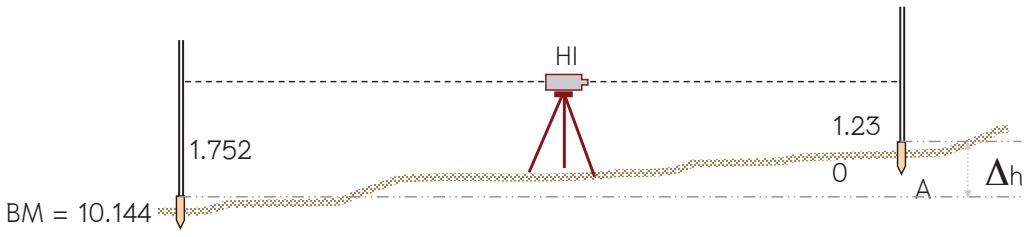


กรณีที่จุดทั้งสองมีค่าต่างระดับมากเกินกว่าความยาวไม้ระดับหรืออยู่ไกลกันเกินกว่าจะส่องเห็นได้ทั้งสองจุด จะทำจุดเปลี่ยนระดับ (Turning point, TP.) แล้วหาผลต่างระดับเป็นช่วง ๆ ต่อเนื่องกันไป

$$\Delta h = \Sigma BS - \Sigma FS$$

Surivah Thongmunee....SV 1.1/57

ตย. การถ่ายระดับจาก BM ไปหมุด A อ่านค่าไม้ระดับที่ BM ได้ 1.752 เมตรและอ่านค่าไม้ระดับที่จุด A ได้ 1.230 เมตร ถ้าระดับของ BM = 10.144 เมตร จงหาระดับของจุด A



ก) คำนวณจากค่าระดับแนวเล็ง

ค่าระดับแนวเล็ง HI =

= เมตร

ค่าระดับของจุด A =

= เมตร

ข) คำนวณจากค่าต่างระดับ

ค่าต่างระดับระหว่างจุดทั้ง =

= เมตร

ค่าระดับของจุด A =

= เมตร

การปฏิบัติงาน และจดบันทึกสายใยเดียว

B.M.$_1$

Elev. = 72.105 ม.

ทิศทางการเดินระดับ

STA	B.S.	H.I.	F.S.	Elev. (m)
B.M.$_1$	3.251			72.105
T.P.$_1$				
T.P.$_2$				
B.M.$_2$				
ΣB.S. =		ΣF.S. =		
ΣB.S. – ΣF.S. =				
ค่าระดับที่หมุด B.M.$_2$ คือ			=	

Surivah Thongmunee....SV 1 1/57

การปฏิบัติงาน และจดบันทึกสายใยเดียว

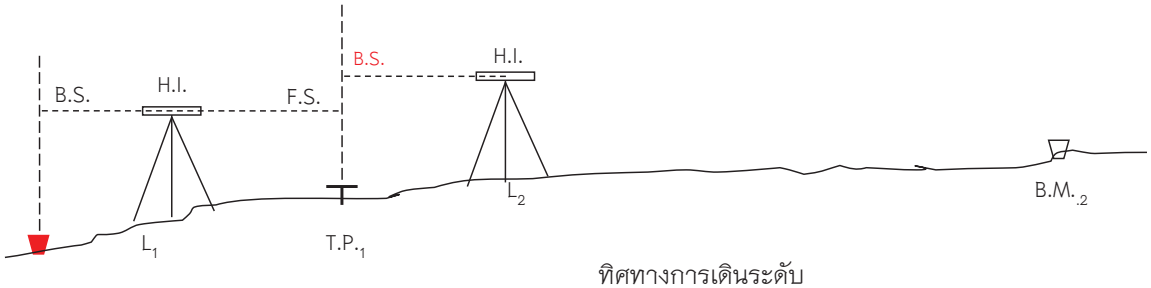
B.M.$_1$

Elev. = 72.105 ม.

ทิศทางการเดินระดับ

STA	B.S.	H.I.	F.S.	Elev. (m)
B.M.$_1$	3.251			72.105
T.P.$_1$			0.012	
T.P.$_2$				
B.M.$_2$				
ΣB.S. =		ΣF.S. =		
ΣB.S. – ΣF.S. =				
ค่าระดับที่หมุด B.M.$_2$ คือ			=	

การปฏิบัติงาน และจดบันทึกสายใยเดียว



B.M.$_1$

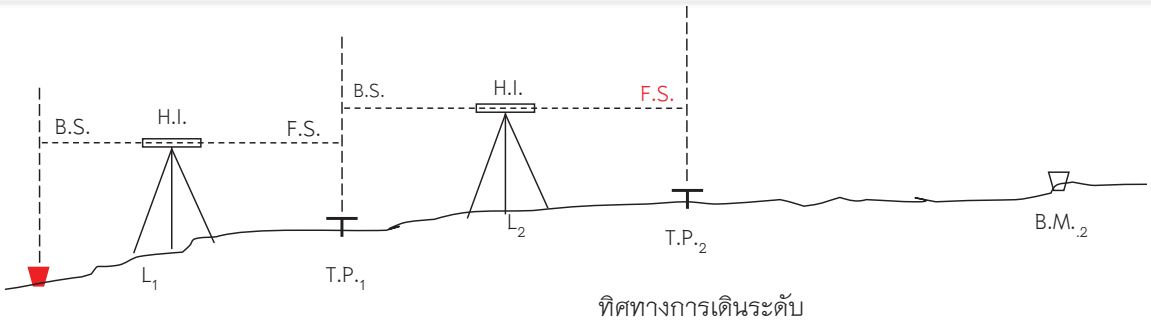
Elev. = 72.105 ม.

ทิศทางการเดินระดับ

STA	B.S.	H.I.	F.S.	Elev. (m)
B.M.$_1$	3.251			72.105
T.P.$_1$	2.539		0.012	
T.P.$_2$				
B.M.$_2$				
ΣB.S. =		ΣF.S. =		
ΣB.S. – ΣF.S. =				
ค่าระดับที่หมุด B.M.$_2$ คือ			=	

Surivah Thongmunee....SV 1 1/57

การปฏิบัติงาน และจดบันทึกสายใยเดียว



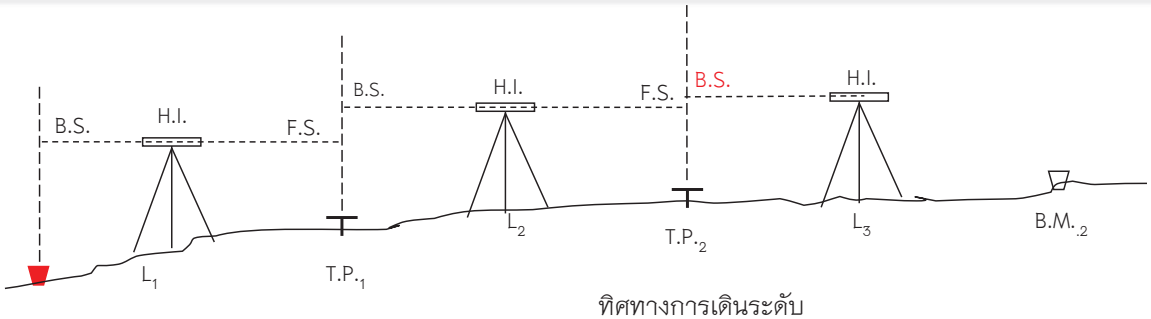
B.M.$_1$

Elev. = 72.105 ม.

ทิศทางการเดินระดับ

STA	B.S.	H.I.	F.S.	Elev. (m)
B.M.$_1$	3.251			72.105
T.P.$_1$	2.539		0.012	
T.P.$_2$			0.338	
B.M.$_2$				
ΣB.S. =		ΣF.S. =		
ΣB.S. – ΣF.S. =				
ค่าระดับที่หมุด B.M.$_2$ คือ			=	

การปฏิบัติงาน และจดบันทึกสายใยเดียว

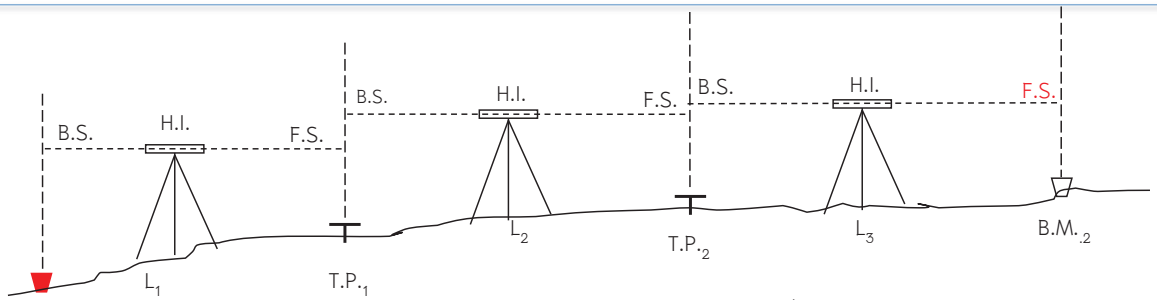


Elev. = 72.105 ม.

STA	B.S.	H.I.	F.S.	Elev. (m)
$B.M._1$	3.251			72.105
$T.P._1$	2.539		0.012	
$T.P._2$	3.572		0.338	
$B.M._2$				
ΣB.S. =		ΣF.S. =		
ΣB.S. – ΣF.S. =				
ค่าระดับที่หมุด $B.M._2$ คือ			=	

Surivah Thongmunee....SV 1.1/57

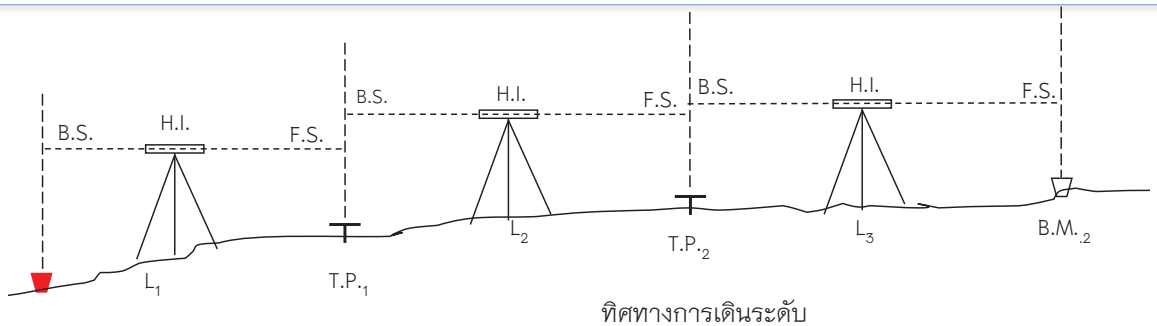
การปฏิบัติงาน และจดบันทึก



Elev. = 72.105 ม.

STA	B.S.	H.I.	F.S.	Elev. (m)
$B.M._1$	3.251			72.105
$T.P._1$	2.539		0.012	
$T.P._2$	3.572		0.338	
$B.M._2$			3.112	
ΣB.S. =		ΣF.S. =		
ΣB.S. – ΣF.S. =				
ค่าระดับที่หมุด $B.M._2$ คือ			=	

การปฏิบัติงาน และจดบันทึก



Elev. = 72.105 ม.

STA	B.S.	H.I.	F.S.	Elev. (m)
$B.M._1$	3.251	75.356		72.105
$T.P._1$	2.539	77.883	0.012	75.344
$T.P._2$	3.572	81.117	0.338	77.545
$B.M._2$		78.938	3.112	**78.005**
ΣB.S. =	9.362	ΣF.S. =	3.462	
ΣB.S. – ΣF.S. =	5.900			
ค่าระดับที่หมุด $B.M._2$ คือ 72.105 + 5.900 =				**78.005**

Surivah Thongmunee....SV 1 1/57

การปฏิบัติงาน และจดบันทึกสามสายใย

STA	B.S.		H.I.	F.S.		I.F.S.	Elev. (m)
	Reading	Dist. (m)		Reading	Dist. (m)		
$B.M._A$	0.698 0.624 0.550					–	
$T.P._1$	1.127 1.065 1.003			1.113 1.034 0.956		–	
$T.P._2$	1.895 1.812 1.728			1.024 0.953 0.883		–	
$B.M._B$				1.244 1.175 1.105		–	
Σ							
$B.M._B$ =							
ตรวจสอบความสมดุลของระยะไม้หลังและระยะไม้หน้า 43.9 – 43.8 = 0.1 ม.							

ข้อดี

- ตรวจสอบการอ่านค่าไม้ระดับ
- ตรวจสอบความสมดุลของไม้หน้าและหลัง
- สามารถทราบระยะทางการเดินวงรอบ

การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องของวงรอบ จะต้องทำ**งานระดับแบบมีเงื่อนไข** เท่านั้น นั้นคือการทำระดับแบบบรรจบหมุดเริ่มต้น หรือการบรรจบหมุนที่ทราบค่าระดับ จึงจะคำนวณความคลาดเคลื่อนบรรจบ (Error of Closure) ได้

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ในการทำงานระดับของแต่ละชั้นงาน แปรผันโดยตรงกับรากที่สองของระยะทาง หน่วยกิโลเมตร ได้แก่

$$C_{mm} = m\sqrt{K}$$ ← ระยะทางในการเดินระดับ มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

	งานระดับชั้น 1		งานระดับชั้น 2		งานระดับชั้น 3	งานระดับชั้น 4
	ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2		
m						

Surivah Thongmunee... SV 1 1/57

การปรับแก้

การคำนวณความคลาดเคลื่อนของการบรรจบ (Error of closure, E_C)

$E_C = \Sigma BS - \Sigma FS$ or $H'_A - H_A$ (เมื่อบรรจบหมุดเริ่มต้น)

$= (\Sigma BS - \Sigma FS) - (H_n - H_1)$ (เมื่อเริ่มหมุด 1 บรรจบหมุด n)

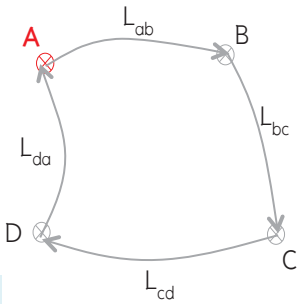
การปรับแก้ ค่าระดับทำได้ 2 วิธี คือ

1. ปรับแก้ที่ค่าความต่างโดยปรับแก้ให้เท่ากันทุกหมุด

$$\frac{-E_c}{N} \times i$$

N คือจำนวนหมุดระดับทั้งหมด

i คือลำดับหมุดตามเส้นทางวงรอบ



2. ปรับแก้ที่ค่าระดับโดยให้น้ำหนักตามระยะทาง

$$C_B^{Elev.} = -\frac{L_{ab}}{\sum L}E_c \qquad C_C = -\frac{L_{ab}+L_{bc}}{\sum L}E_c \qquad C_D = -\frac{L_{ab}+L_{bc}+L_{cd}}{\sum L}E_c$$

$$\frac{-E_c}{\sum L} \times L$$

L คือระยะทางระหว่างหมุดระดับ

ตย.

จากผลการคำนวณเบื้องต้นของการทำงานระดับดังแสดงในตารางด้านล่าง จง ทำการปรับแก้ระดับที่ค่าความต่างของวงรอบแบบเฉลี่ยให้เท่ากันหมด

STA	Dist. (km)	Δh (m)	Corr. (m)	Elev. (m)
B.M.$_1$	0.0			141.140
B.M.$_a$	5.2	+ 92.890		
B.M.$_b$	13.0	– 33.810		
B.M.$_c$	18.2	– 36.920		
B.M.$_1$	26.0	– 22.100		

คำนวณค่าปรับแก้

N = 4

คำนวณค่าระดับ

ตรวจสอบความคลาดเคลื่อน

ตรวจสอบคุณภาพชั้นงาน

Surivah Thongmunee.... SV 1 1/57

ตย.

จากผลการคำนวณเบื้องต้นของการทำงานระดับดังแสดงในตารางด้านล่าง จง ทำการปรับแก้ระดับที่ค่าระดับของวงรอบแบบให้น้ำหนักระยะทาง

STA	Dist. from BM1 (km)	Elev. (m)	Corr. (m)	Elev. (m)
B.M.$_1$	0.0	141.140	0.000	141.140
B.M.$_a$	5.2	234.030	– 0.012	234.018
B.M.$_b$	13.0	200.220	– 0.030	200.190
B.M.$_c$	18.2	163.300	– 0.042	163.258
B.M.$_1$	26.0	141.200	– 0.060	141.140

คำนวณค่าปรับแก้

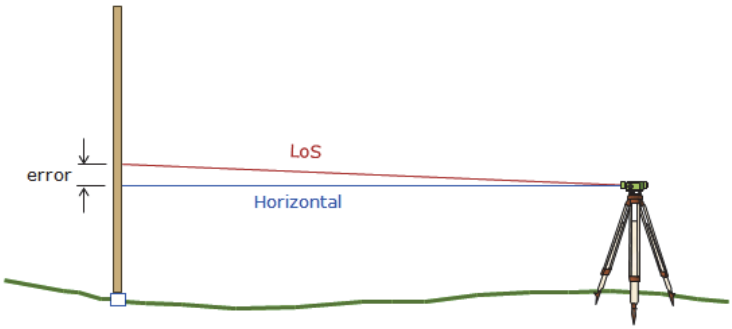
คำนวณค่าระดับ

ตรวจสอบความคลาดเคลื่อน

ตรวจสอบคุณภาพชั้นงาน

สาเหตุความคลาดเคลื่อนในงานระดับ

1. [ ] เช่น กล้องระดับมีแนวเล็งไม่อยู่ในแนวราบจริง (Collimation Error) ,ความถูกต้องของระยะบนไม้ระดับ เป็นต้น
2. [ ] เกิดจากข้อจำกัดในการมองของผู้วัด โดยปกติในระยะ 100 เมตร ไม่ควรอ่านผิดเกินกว่า 2 มิลลิเมตร หรือคำนวณผิด
3. [ ] มีได้หลายสาเหตุ เช่น พื้นดินอ่อน คลื่นความร้อน ความโค้งของโลกและการหักเหของแสง เป็นต้น



Surivah Thongmunee....SV 1 1/57

สาเหตุความคลาดเคลื่อนในงานระดับ

ข้อปฏิบัติ เนื่องจากการคำนวณหาขนาดความคลาดเคลื่อนมีความยุ่งยาก ดังนั้นเพื่อให้ความคลาดเคลื่อนในการทำงานน้อยที่สุด หรือคำแนะนำที่ควรจะคำนึงถึง ดังต่อไปนี้

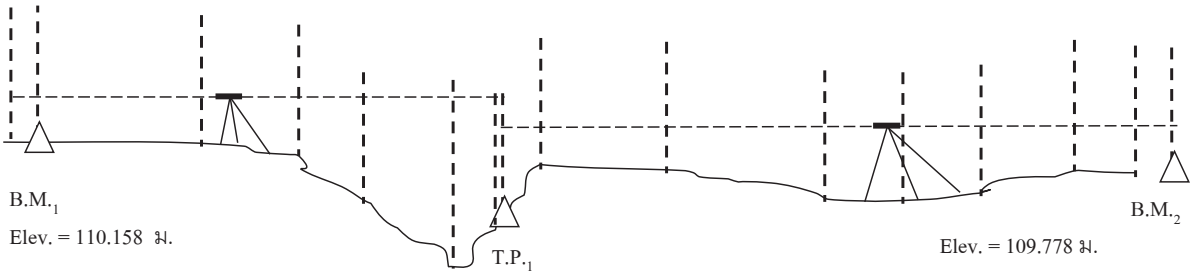
- รักษากล้องให้อยู่ในสภาพดี มีการปรับแก้อย่างถูกต้องสมบูรณ์อยู่ตลอดเวลา
- [ ]
- รักษาหลอดระดับให้อยู่กึ่งกลางในขณะใช้งาน
- รักษาแนวดิ่งในการถือไม้ระดับ

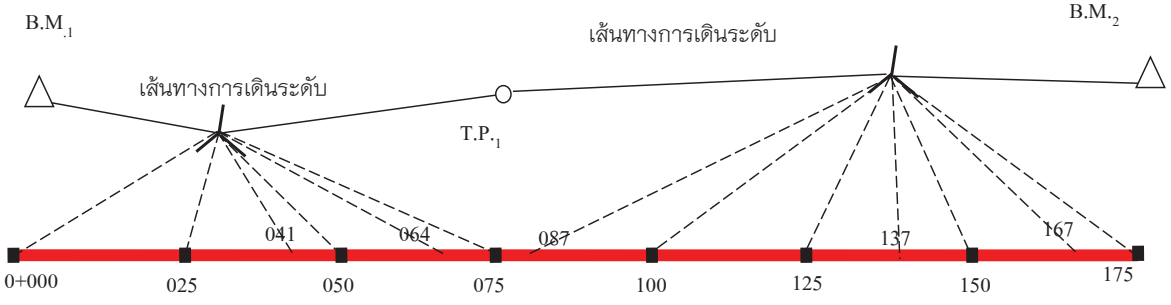
การทำระดับรูปตัดแนวขวาง และแนวยาว

การทำระดับรูปตัดตามแนวและการทำระดับรูปตัดขวางแนว เป็นการหาค่าระดับของจุด [redacted] เป็นต้น เพื่อใช้ในการออกแบบให้มีความเหมาะสมทั้งในเชิงของการใช้งาน และงบประมาณในการก่อสร้าง

Surivah Thongmunee... SV 1 1/57

การทำระดับแนวยาว



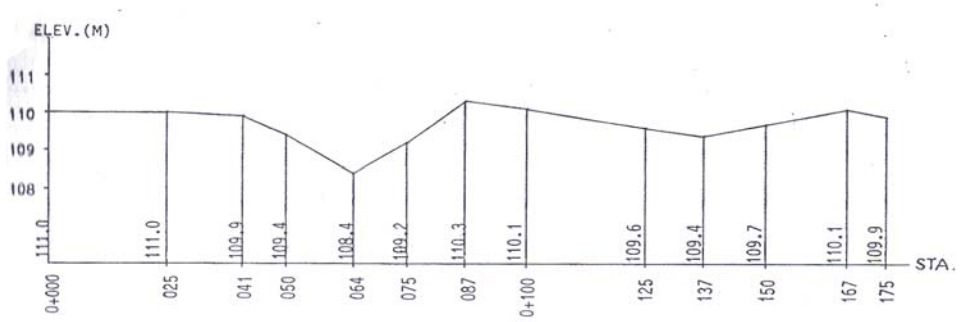


การทำระดับแนวยาว การจดบันทึก

Sta.	B.S.	H.I.	F.S.	I.F.S.	Elv.	Note
BM_1	1.951				110.158	Elv_{BM2}= 110.158
0+000				2.09	110.02	
0+025				2.11	110.00	
0+041				2.21	109.90	
0+050				2.69	109.42	
0+064						
0+075						
TP_1	1.411		1.845		110.264	ตรวจสอบการคำนวณ
0+087				1.37	110.30	
0+100				1.58	110.10	
0+125				2.03	109.64	
0+137						
0+150						
0+167				1.61	110.06	
0+175				1.81	109.86	
BM_2			1.898			Elv_{BM2}= 109.778
$\sum$						

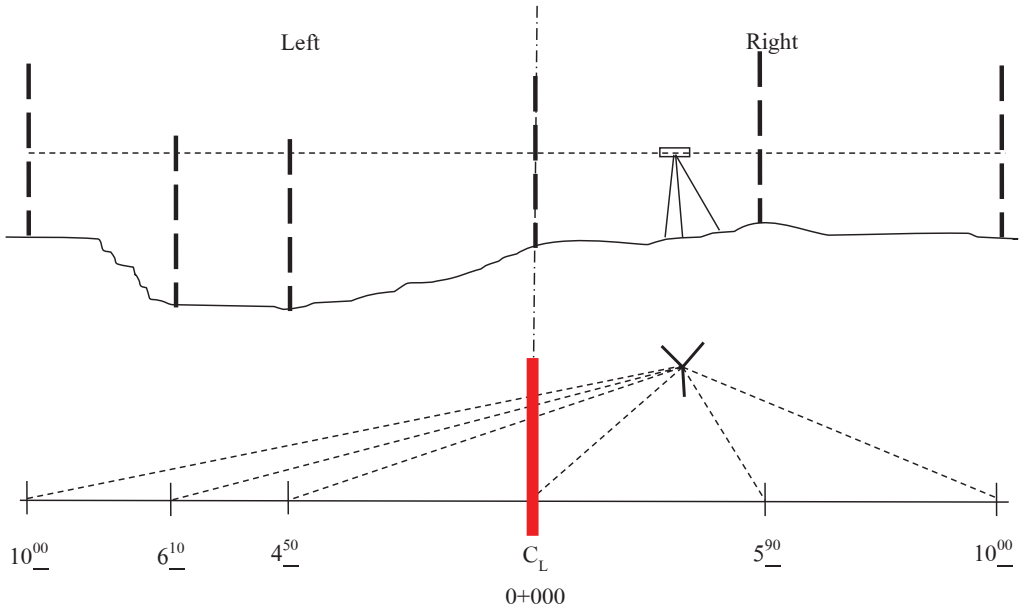
Surivah Thongmunee....SV 1 1/57

การทำระดับแนวยาว ผลที่ได้



Sta.	Elv.
BM_1	110.158
0+000	110.02
0+025	110.00
0+041	109.90
0+050	109.42
0+064	108.39
0+075	109.16
TP_1	110.264
0+087	110.30
0+100	110.10
0+125	109.64
0+137	109.40
0+150	109.68
0+167	110.06
0+175	109.86
BM_2	109.777
$\sum$	

การทำระดับรูปตัดแนวขวาง



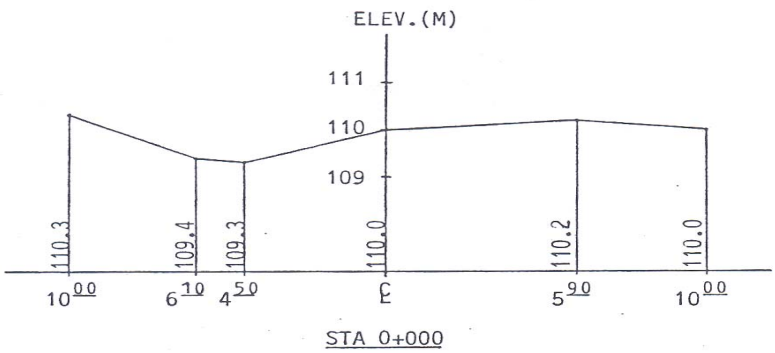
Surivah Thongmunee....SV 1 1/57

การทำระดับรูปตัดแนวขวาง การจดบันทึก

Sta.:0+000 , Elv. = 110.02 ม.

B.S. sta.: 1.542ม. , H.I. = ... ม.

Left				C_L	Right	
Dist.	10^{00}	6^{10}	4^{50}	-	5^{90}	10^{00}
Rod	1.26	2.14	2.30	1.54	1.38	1.56
Elv.	110.30		109.26	110.02		110.00



การทำระดับรูปตัดแนวขวาง และแนวยาว

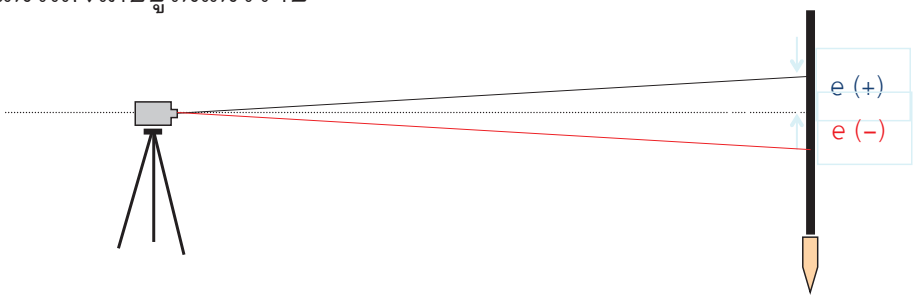
ข้อสังเกต

- การทำระดับรูปตัดตามแนวและขวางแนว เป็นการหาค่าระดับของจุดรายละเอียด จึงไม่มีการปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อน แต่ต้องมีการทำระดับเข้าบรรจบหมุดควบคุม เพื่อตรวจสอบคุณภาพของงาน
- การส่องจุดบนพื้นผิวแนวทางจะวัดด้วยความละเอียดเพียง เซนติเมตร ในขณะที่การวัดไปยังหมุด BM และ TP จะวัดด้วยความละเอียดถึง มิลลิเมตร เพราะ BM และ TP ถือเป็นจุดควบคุม
-

Surivah Thongmunee....SV 1 1/57

ผลของแนวเล็งเอียง และการตรวจสอบ

แนวเล็งของกล้องไม่ขนานกับแกนของหลอดระดับ แม้ว่าจะปรับระดับดีแล้ว แต่แนวเล็งไม่อยู่ในแนวราบ



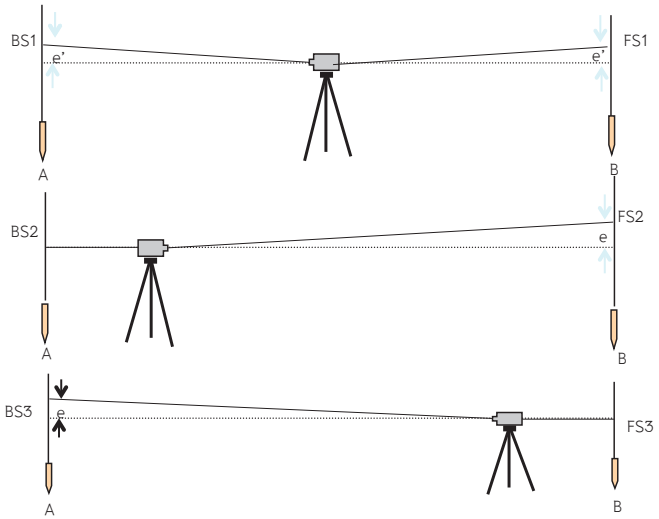
ผล จะทำให้อ่านค่าไม่ระดับได้มาก (+) หรือน้อยไป (–) หากเทียบกับแนวราบ ซึ่งขนาดความคลาดเคลื่อนจะแปรผันตามระยะทางจากกล้องถึงไม้ระดับ

เป็นความคลาดเคลื่อนมีระบบ ซึ่งสามารถขจัดโดยให้ผลรวมระยะไม้หน้าเท่ากับผลรวมของระยะไม้หลัง ซึ่งค่าต่างระดับดังกล่าวจะหักลบกันพอดี โดยใช้พื้นฐานของการนับก้าวระหว่างที่ทำระดับ

Surivah Thongmunee....SV 1 1/57

ผลของแนวเล็งเอียง และการตรวจสอบ

วิธีการตรวจสอบ แนวเล็งกล้องระดับเรียกว่า Two Pegs Test โดยการวัดเปรียบเทียบค่าต่างระดับของจุด 2 จุดสองครั้ง โดยจุดตั้งกล้องมีระยะห่างจากไม้ระดับต่างกันมาก ถ้ากล้องมีความคลาดเคลื่อนของแนวเล็ง จะแฝงอยู่ในค่าอ่านไม้ระดับบนหมุดที่อยู่ไกล



ครั้งแรก

ครั้งที่สอง

ครั้งที่สาม

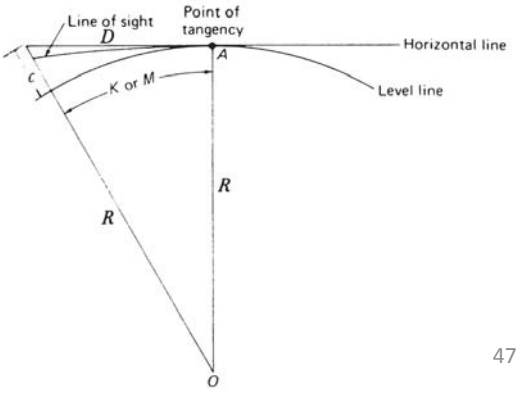
Surivah Thongmunee....SV 1 1/57

ผลจากความโค้งของโลกและการหักเหของแสง

ความโค้งของโลกทำให้ค่าที่อ่านได้จากไม้ระดับที่อยู่ไกลมีค่ามากกว่าความเป็นจริง เพราะแนวเล็งเป็นเส้นตรงแต่เส้นระดับโค้งไปตามส่วนโค้งของผิวโลก

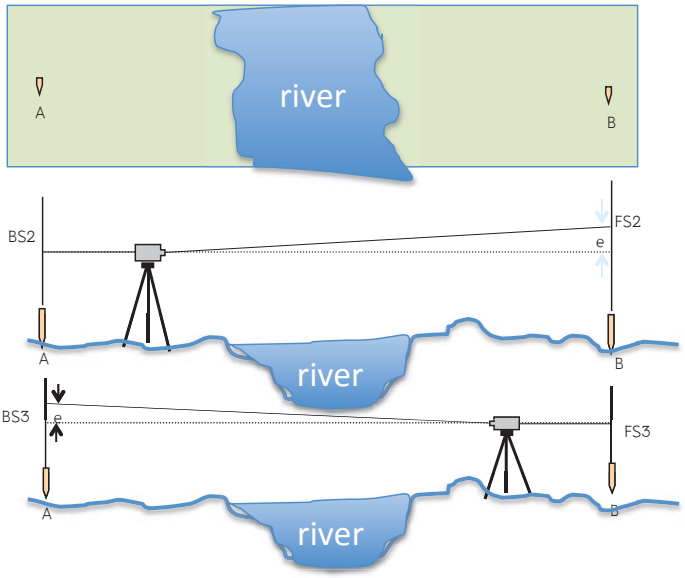
แนวเล็งผ่านไปในชั้นของบรรยากาศที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากันจะเกิด**การหักเห** และเนื่องจากความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่อง แนวเล็งจึงเป็นเส้นโค้งทำให้ค่าที่อ่านได้น้อยไป มีขนาดประมาณ 1/7 ของความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความโค้งของโลก

ผลของความคลาดเคลื่อนทั้งสองมีขนาดประมาณ 6/7 ของความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความโค้งของโลก



การทำระดับแบบสอบกลับ (Reciprocal Leveling)

ใช้การตั้งกล้องระดับสองครั้ง เป็นวิธีการกำจัดความคลาดเคลื่อน ในกรณีระยะไม้หน้าและระยะไม้หลังต่างกันมาก เช่น งานระดับข้ามแม่น้ำ แนวเล็งที่มีระยะไกลจะมีผลของความโค้งโลกและการหักเหแสงแฝงอยู่ และถ้าแนวเล็งมีความคลาดเคลื่อนด้วยจะยิ่งมีผลมาก



วัดค่าต่างระดับครั้งแรก

Δh = BS1 – (FS1–e) (1)

วัดค่าต่างระดับครั้งที่สอง

Δh = (BS2–e) – FS2 (2)

Surivah Thongmunee....SV 1 1/57

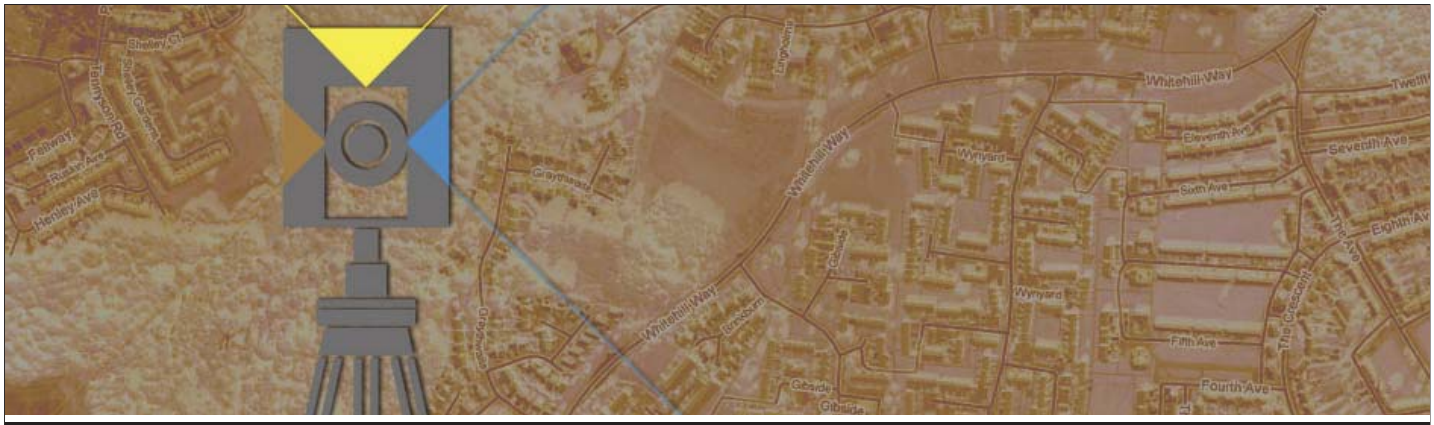
แบบฝึกหัด

1. จงอธิบายพร้อมทั้งเขียนรูปแสดงความหมายพื้นหลักฐานอ้างอิงทางดิ่ง (Datum line) ค่าระดับความสูง (Elevation) ค่าไม้หลัง (Backsight) ค่าไม้หน้า (Foresight) ความสูงกล้อง (Height of Instrument) และค่าความต่างระดับ (Different Elevation)
2. จงคำนวณค่าผลกระทบของความโค้งของผิวโลก และการหักเหของแสงที่ระยะ 70 80 120 150 และ 1000 เมตร
3. การรังวัดค่าต่างระดับจากหมุด A ไป B ห่างกัน 20 กม. ได้ค่าความต่างเท่ากับ +145.655 เมตร แต่ระหว่างทำระดับได้กำหนดให้
    1. ค่าไม้หลังเท่ากับ 100 เมตร และไม้หน้าเท่ากับ 60 เมตร ตลอดการทำงาน
    2. ค่าไม้หลังเท่ากับ 50 เมตร และไม้หน้าเท่ากับ 100 เมตร ตลอดการทำงาน

    จงคำนวณแก้ค่าต่างระดับเนื่องจากความโค้งของผิวโลกและการหักเหของแสง
4. เพิ่มเติมในหนังสือ

อ้างอิง

1. การสำรวจรังวัด : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ ... วิชัย เยี่ยงวีรชน
2. เอกสารคำสอนการสำรวจ 1 ... วินิจ จึงเจริญธรรม
3. การรังวัดเบื้องต้น ... ผศ.ดร.พุทธิพล ดำรงชัย
4. รูปภาพทั้งหมดจากอินเตอร์เนต



Direction and Angle

Suriyah Thongmunee

1–2557

Contents

- นิยามเบื้องต้น
-
- เมอริเดียน
- แบริงและอซิมุท
- เครื่องมือวัดทิศทาง
-
-

- การวัดหามุมราบ และดิ่ง
- การทดสอบและปรับแก้กล้องวัดมุม
- ความคลาดเคลื่อนของกล้องวัดมุม

นิยามเบื้องต้น

เส้น (Lines)

เส้นดิ่ง (Vertical line)

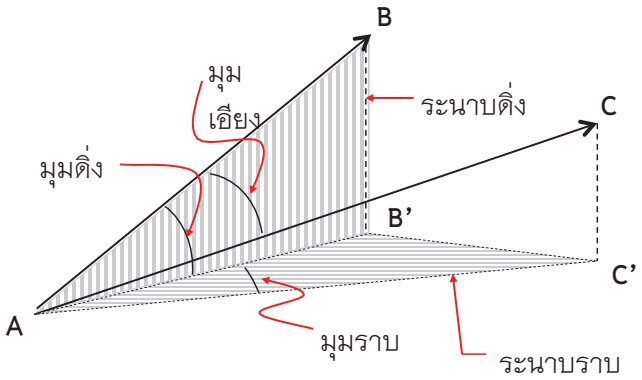
เส้นที่มีทิศตามแนวแรงดึงดูดของโลก ที่จุดใดจุดหนึ่งของโลกจะมีเส้นดิ่งเพียงเส้นเดียวเท่านั้น การหา

ที่ต้องการหา

เส้นราบ (Horizontal line)

เส้นราบเป็นเส้นที่ตั้งฉากกับเส้นดิ่ง ซึ่งอยู่รอบเส้นดิ่ง หาได้โดยใช้หลอดระดับช่วย

นิยามเบื้องต้น



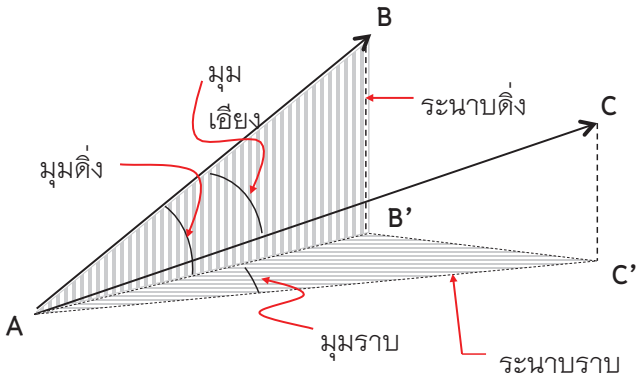
ระนาบ (Planes)

ระนาบดิ่ง (Vertical Plane)

ระนาบราบ (Horizontal Plane)

ระนาบราบที่จุดใด ๆ คือระนาบที่ตั้งฉากกับเส้นดิ่งหรือระนาบดิ่งที่จุดนั้น ซึ่งในแต่ละจุดจะมีระนาบราบระนาบเดียวเท่านั้น

นิยามเบื้องต้น



มุม (Angles)

มุมดิ่ง (Vertical Angle)

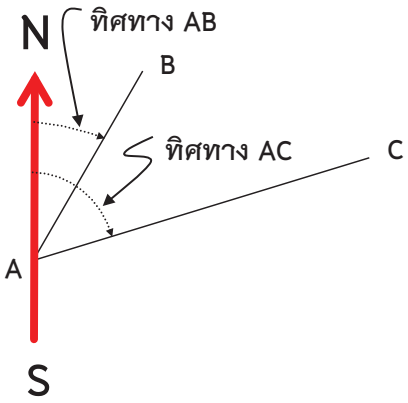
มุมที่วัดตามระนาบดิ่ง โดยอ้างอิงจากระนาบราบ มุมนั้นจะเป็นมุมก้มหรือเงยก็ได้

มุมราบ (Horizontal Angle)

นิยามเบื้องต้น

ทิศทาง (Direction)

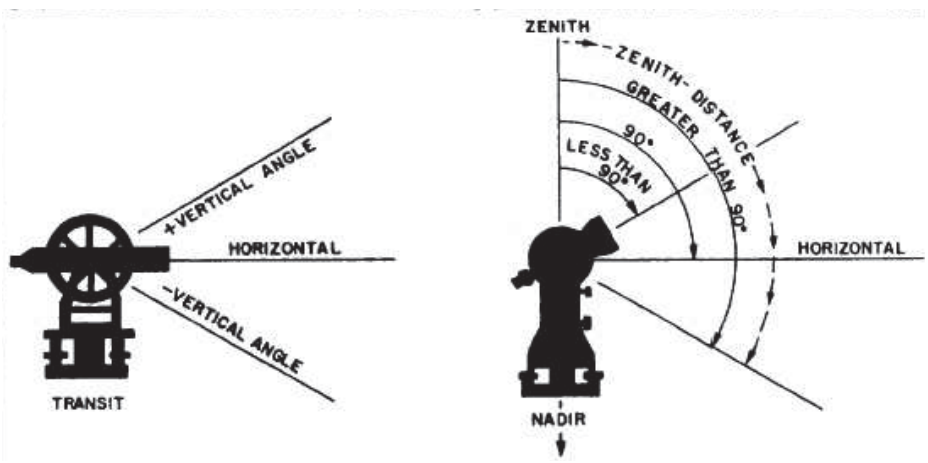
ในงานสำรวจ การวัดมุมคือการวัดทิศทางของเส้นที่ประกอบเป็นแขนของมุม โดยที่แนวเส้นอ้างอิงเป็น 0 องศา ซึ่งอยู่ที่แนวใด ๆ ก็ได้ แล้วนำมาคำนวณ แต่สำหรับการแสดงทิศทางของเส้นตรงนั้น เราจำเป็นจะต้องมีแนวอ้างอิงที่เป็นมาตรฐาน แนวอ้างอิงนี้ เรียกว่า .....
หรือ .....



ประเภทของการวัดมุม

การวัดมุมดิ่ง

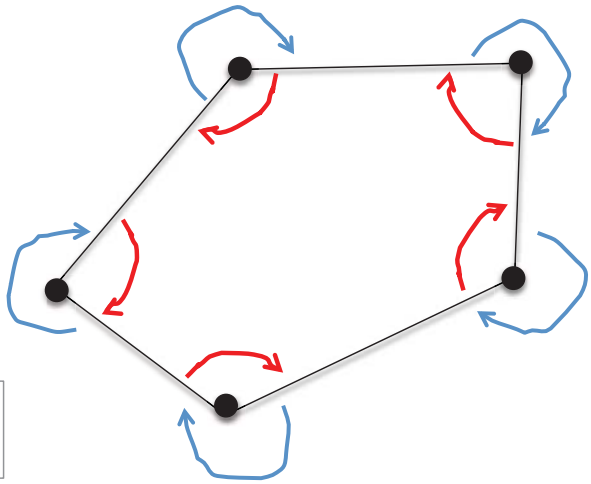
- **การวัดมุมดิ่งบน (Zenith Angle)** วัดอ้างอิงจาก.....
- **การวัดมุมดิ่ง (Vertical Angle)** วัดอ้างอิงจาก.....

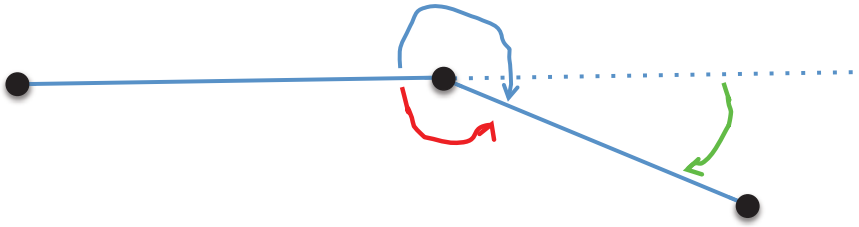


ประเภทของการวัดมุม

การวัดมุมราบ

- การวัดมุมภายใน และภายนอก (Interior or Exterior Angles)
- การวัดมุมเวียนขวา หรือ เวียนซ้าย (Angle to Right or to Left)
-





เมอริเดียน (Meridian)

1. .....Geographic meridian

คือ แนวเหนือใต้จริง หาโดยการรังวัดดาราศาสตร์

2. .....Magnetic meridian

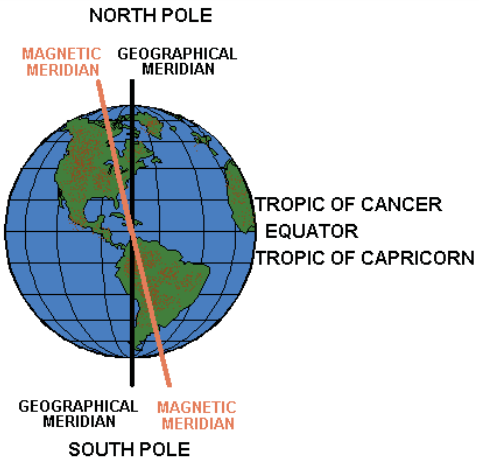
คือ แนวเหนือใต้แม่เหล็กโลก หาได้จากเข็มทิศ

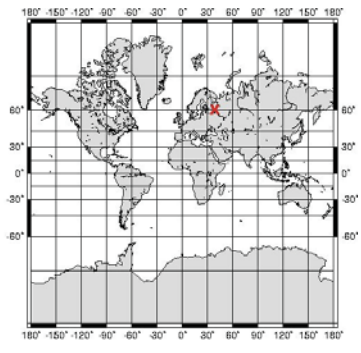
3. .....Grid meridian

คือ แนวเหนือใต้ของเส้นโครงแผนที่ (เป็นไปตามชนิดการฉายแผนที่)

4. .....Assumed meridian

คือ แนวเหนือใต้สมมุติ

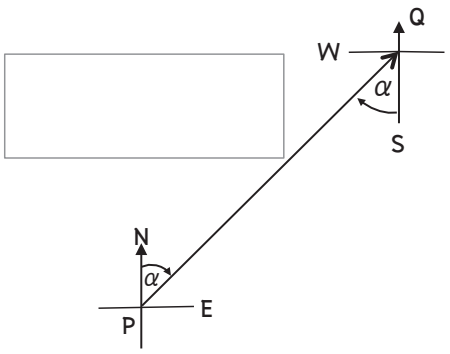




แบริงและอซิมุท (Bearing and Azimuth)

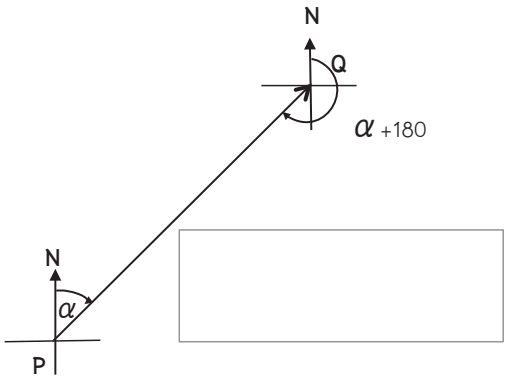
..... คือ การแสดงทิศทางตามภาคทิศ (Quadrant) ใช้ขนาดมุมไม่เกิน .....กำกับด้วยตัวอักษรแสดงทิศ เหนือ ใต้ ออก ตก (N S E W)

- ทิศทางตรงข้าม เรียกว่า **แบริงย้อน** (back bearing)

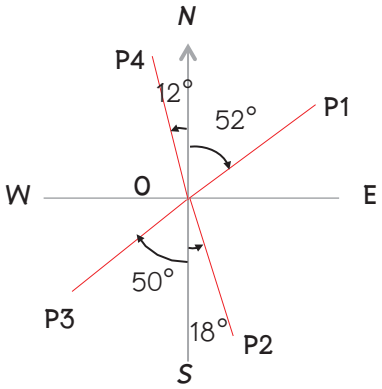


Azimuth คือ การแสดงทิศทางด้วยมุม..... จากทิศเหนือของแนวเมอริเดียนไปยังเส้นตรง

- ทิศทางตรงข้าม เรียกว่า **แอซิมัธย้อน** (back azimuth)



Relationship between Bearing and Azimuth

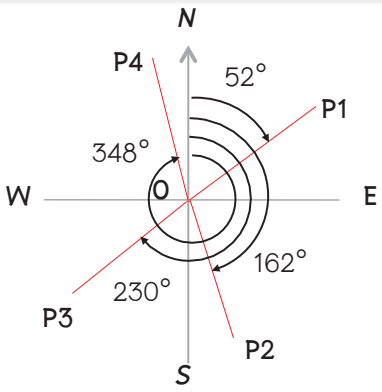


OP1 = ... = ...

OP2 = ... = ...

OP3 = ... = ...

OP4 = ... = ...



แนว	ภาคทิศ	การหาแบริงจากแอซิมัธ		หาแอซิมัธจากแบริง	
OP1	*1*				
OP2	*2*				
OP3	*3*				
OP4	*4*				

ความผิดพลาดในการใช้ Azimuth

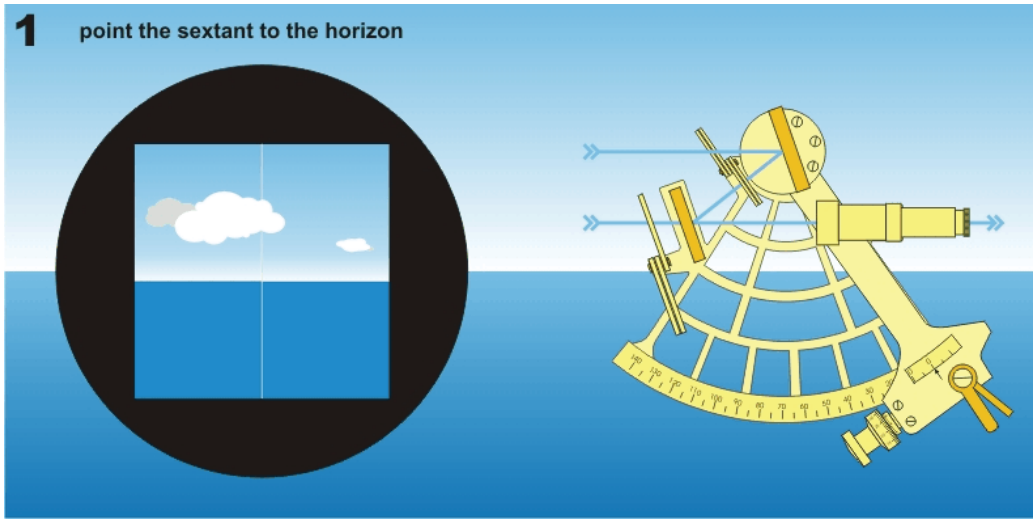
ในการรังวัดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นในการใช้ Azimuth ดังต่อไปนี้

1. มีความสับสนในการใช้ระหว่างอะซิมุทแม่เหล็กและอะซิมุทจริง
2.
3. แทนที่จะจดเป็นองศา ลิบดา และพิลิบดา ตัวอย่างเช่น 25.3215 ซึ่งค่าที่ควรจะเป็นคือ 25°32'15"

เครื่องมือวัดมุมและทิศทาง

Sextant *Compass*

Sextant



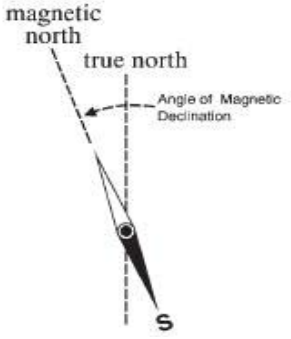
วัดมุมระหว่างคู่เป้า โดยเล็ง Sextant ไปยังเป้าข้างหนึ่ง เลื่อนดัชนีจานองศาจนเห็นภาพสะท้อนของเป้าอีกข้างหนึ่งตรงกับเป้าข้างแรก ค่ามุมบนจานองศาเป็นมุมระหว่างเป้าทั้งสอง

Compass

ใช้วัดทิศทางของเส้นตรงโดยอ้างอิงกับทิศเหนือแม่เหล็กโลก ส่วนประกอบที่สำคัญของเข็มทิศสำรวจคือแท่งแม่เหล็ก

..... (*Magnetic declination*) คือ มุมที่ทิศเหนือแม่เหล็ก.....

- เบี่ยงเบนไปทางขวา กำกับด้วยอักษร .....
- เบี่ยงเบนไปทางซ้าย กำกับด้วยอักษร .....

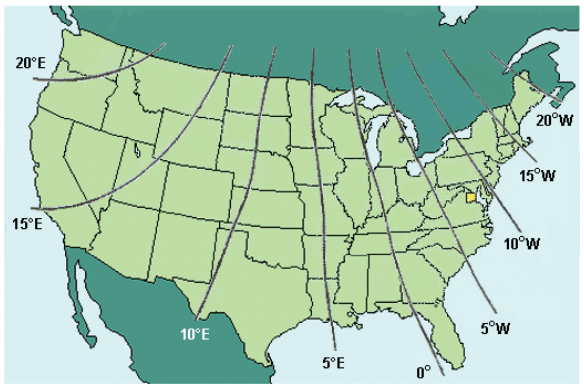


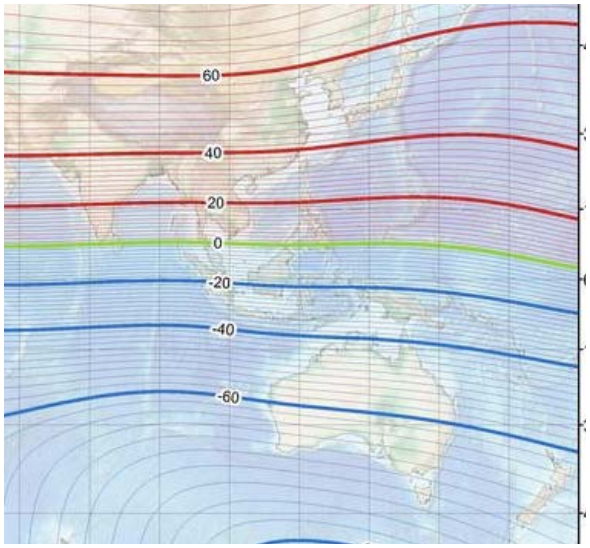
..... (*Magnetic dip*) คือ มุมที่เส้นแรงแม่เหล็ก.....ซึ่งซีกโลกเหนือแท่งแม่เหล็กจะเป็นมุมก้ม ในทางกลับกันจะเป็นมุมเงยในซีกโลกใต้

Compass

แผนที่สนามแม่เหล็กโลก แสดงค่ามุมบ่ายเบนแม่เหล็กและค่ามุมเทแม่เหล็กบนผิวโลก

- ..... เส้นแสดงบริเวณที่มีค่ามุมบ่ายเบนแม่เหล็กเท่ากัน
- .....เส้นแสดงบริเวณที่มีค่ามุมบ่ายเบนแม่เหล็กเป็นศูนย์
- .....เส้นแสดงบริเวณที่มีค่ามุมเทแม่เหล็กเท่ากัน
- .....เส้นแสดงบริเวณที่มีค่ามุมเทแม่เหล็กเป็นศูนย์

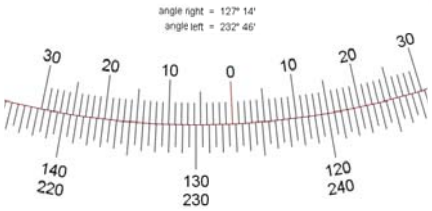




Theodolite

..... (*Vernire Theodolite*)

ใช้การแบ่งช่องที่มีขนาดต่างกันแบบเวอร์เนียร์บนจานองศา ทำให้อ่านค่ามุมได้ละเอียดขึ้น



..... (*Optical Theodolite*)

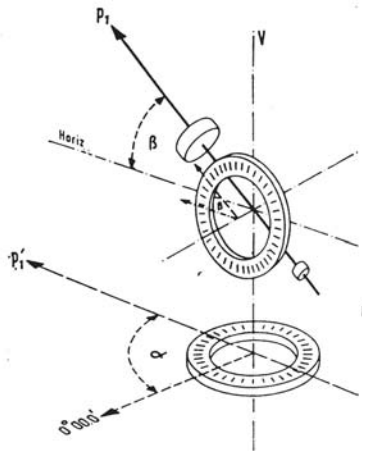
ใช้อุปกรณ์ กระจก เลนส์ ปริซึม สะท้อน และหักเหแสง ทำให้อ่านค่ามุมง่าย และใช้ไมโครมิเตอร์เพื่อให้วัดมุมได้ละเอียดขึ้น

..... (Electronics Theodolite)

ใช้เทคโนโลยีดิจิตอลทำให้อ่านค่ามุมจากตัวเลขบนจอแสดงผล และเก็บค่าการวัดไว้ในอุปกรณ์เก็บข้อมูลได้

- กล้องที่สามารถวัดมุมและวัดระยะทางได้ด้วย เรียกว่า .....

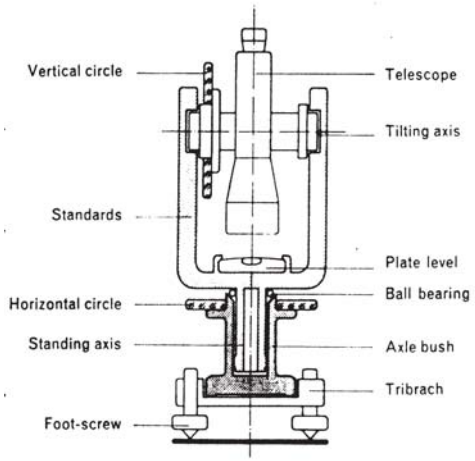
ส่วนประกอบกล้องวัดมุม



กล้องธีโอโดไลท์ มีส่วนประกอบหรือปุ่มปรับสำหรับการทำงานใน 3 ส่วน ต่อไปนี้

1. **ส่วนที่เกี่ยวกับการตั้งกล้อง** ได้แก่

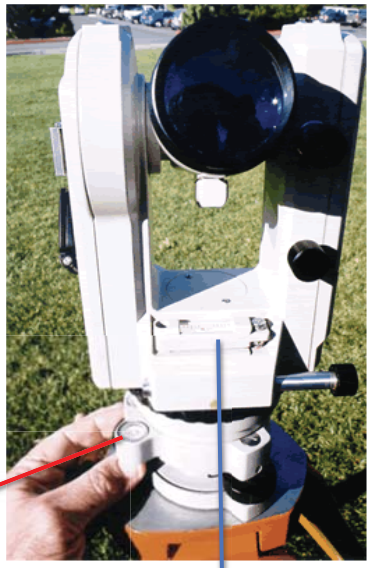
1. **ส่วนที่เกี่ยวกับการเล็งเป้า** ได้แก่ ศูนย์เล็งหน้า, ศูนย์เล็งหลัง, โฟกัสเส้นใยเล็ง, โฟกัสภาพ, ควงยึดราบ,ควงยึดดิ่ง, ควงสัมผัสราบ, ควงสัมผัสดิ่ง
2. **ส่วนที่เกี่ยวกับการอ่านค่ามุม** ได้แก่ ช่องแสงโฟกัส ช่องอ่านมุม ไมโครมิเตอร์ ลูกน้ำมุมดิ่ง และกลไกสำหรับตั้งค่ามุมราบ



การตั้งและส่องกล้องวัดมุม

การตั้งกล้อง คือ การติดตั้งกล้องบนขากล้องโดยที่ให้..... และอยู่ตรงจุดหมายที่ต้องการ ซึ่งหมุดดังกล่าวอาจจะเป็นจุดที่สร้างไว้อย่างถาวร หรือชั่วคราวก็ได้

สิ่งที่บอกว่ากล้องนั้นได้ดิ่งคือ ฟองระดับน้ำ ซึ่งจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ยอมให้ ทั้งระดับ.....

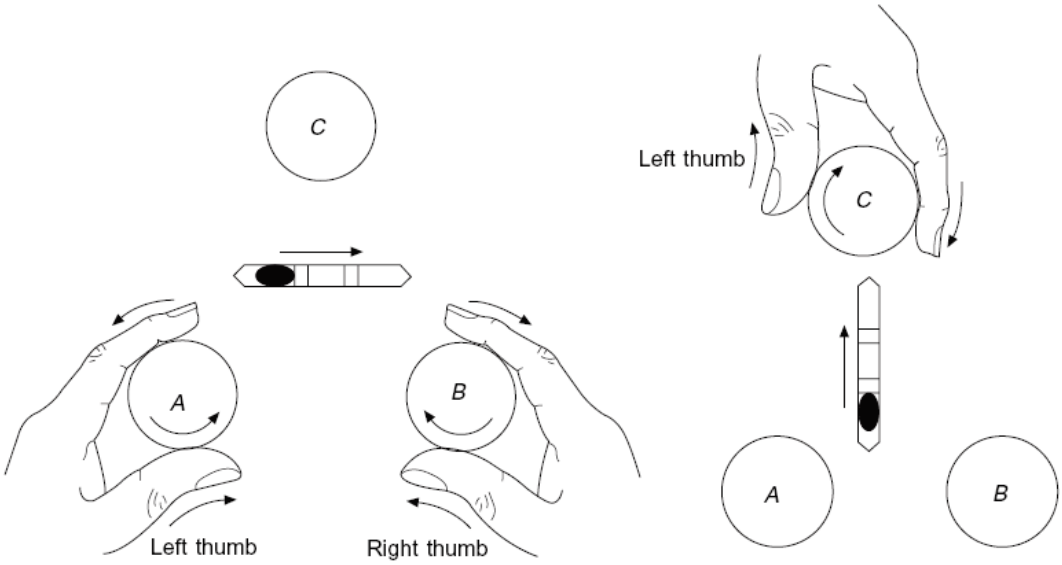


การตั้งกล้องวัดมุม โดยใช้ลูกดิ่ง

1. ตั้งขากล้องเหนือจุดหมาย ให้ระดับแป้นฐานอยู่.....และอยู่ใน.....เท่าที่จะเป็นได้ โดยใช้ลูกดิ่งช่วยทำให้การวางตำแหน่งกล้อง
2. กดขาสามขาให้แน่น ..... แนวลูกดิ่งจะเคลื่อนที่ให้ปรับจนแนวลูกดิ่งเคลื่อนที่เกือบตรงจุดหมาย
3. เอาลูกดิ่งออก ติดตั้งกล้องบนแป้นฐาน ..... ดูจุดหมายด้วยกล้องมองดิ่ง ศูนย์กลางเส้นใยเล็งของกล้องมองดิ่งจะห่างจุดหมายไม่มาก
4. .....เลื่อนกล้องบนแป้นฐานของสามขาให้แนวดิ่งของกล้องตรงกับจุดหมาย แล้วยึดกล้องให้แน่น
5. .....โดยหมุนกล้องให้แกนหลอดระดับขนานกับแนวควงสามเส้าคู่หนึ่งหมุนควงสามเส้าคู่นั้นจนลูกน้ำของหลอดระดับอยู่กลาง หมุนกล้องไป 90° หมุนควงสามเส้าตัวที่เหลือจนลูกน้ำของหลอดระดับอยู่กลาง

ตรวจสอบแกนดิ่งและตำแหน่งแนวดิ่งของกล้องกับจุดหมายอีกครั้งด้วยกล้องมองดิ่ง ถ้าห่างจากจุดหมายให้ทำซ้ำในขั้นตอน 4 และ 5

การตั้งกล้องวัดมุม โดยใช้ลูกดิ่ง



การตั้งกล้องวัดมุม โดยไม่ใช้ลูกดิ่ง

1. ตั้งขากล้องเหนือจุดหมายโดยปรับความยาวขาให้พอเหมาะ ให้ระดับแป้นฐานอยู่สูงประมาณหน้าอก ติดตั้งกล้องบนแป้นฐาน และ.....
   .....
1. จับขากล้องอีกสองขา .....หรืออุปกรณ์ชี้เป้า (Laser pointer) พร้อมกับค่อย ๆ ขยับวางขากล้องให้ศูนย์กลางกล้องมองดิ่งหรืออุปกรณ์ชี้เป้าจะตรงจุดหมาย
2. กดขาสามขาให้แน่น ตรวจสอบกล้องมองดิ่งกับจุดหมาย ถ้าห่างมาก ให้ปรับควงสามเส้าพร้อมกับดูจุดหมายทางกล้องมองดิ่งจนเส้นใยเส้งตรงจุดหมาย โดยไม่ต้องสนใจระดับกล้อง .....
   หรือ.....ในแนวที่กล้องเอียงโดยดูจากลูกน้ำกลม

ขั้นตอน 4 และ 5 ทำเหมือนกับวิธีที่ใช้ลูกดิ่ง

ข้อสังเกตุของการตั้งกล้อง

เมื่อแกนดิ่งเอียงหรือกล้องไม่ได้ระดับ การปรับระดับของกล้องในขั้นต้นทำได้ 2 วิธี คือ

1. **การหมุนควงสามเส้า** เป็นการปรับระดับกล้องโดย.....
   การปรับทำให้เห็นแนว..... มาก จึงเหมาะกับการปรับในกรณีที่ฐานกล้องอยู่ตรงเหนือจุดหมาย คือ ถ้าแขวนลูกดิ่งแล้ว ดิ่งชี้ตรงจุดหมาย

2. **การยืดหดขากล้อง** เป็นการปรับระดับกล้องโดย .....
   ไปพร้อมกัน การปรับจะทำให้ฐานกล้องเคลื่อนที่มาก ฉะนั้นจึงเหมาะกับกรณีที่ฐานกล้องอยู่เยื้องจากจุดหมาย แต่.....
   คือศูนย์กลางกล้องมองดิ่งหรือ Laser pointer ตรงจุดหมาย

การส่องกล้องวัดมุม

การส่องกล้องวัดมุม ถ้าจานองศาดิ่งอยู่ด้านซ้ายของกล้องโทรทรรศน์ เรียกว่า ..... และตรงกันข้ามถ้าอยู่ด้านขวา เรียกว่า .....

การส่องกล้องวัดมุม

การส่องกล้องให้ตรงเป้าหมาย มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

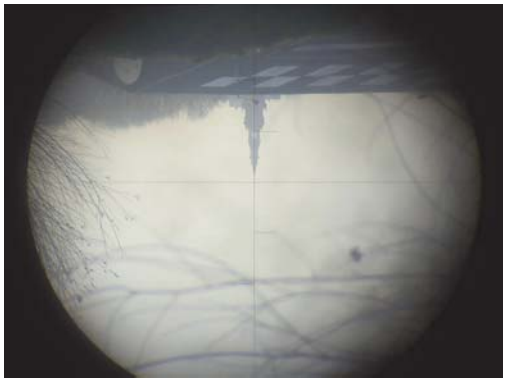
1. .....เพื่อให้เส้นใยเล็งเข้มชัดเจนไม่มีภาพเหลื่อม การปรับโฟกัสนี้จะปรับเพียงครั้งเดียวสำหรับผู้วัดคนหนึ่ง
2. .....โดยส่ายกล้องโทรทรรศน์เล็งไปที่จุดหมายโดย.....ที่ติดอยู่เหนือกระบอกกล้องโทรทรรศน์ เมื่อตรงเป้าหมายแล้ว ขันควงยึดราบและควงยึดดิ่งให้แน่น
3. .....เพื่อให้เห็นภาพจุดเป้าหมายชัดเจน
4. .....ให้จุดตัดเส้นใยเล็งตรงจุดเป้าหมาย อ่านค่ามุม วิธีการอ่านค่ามุมจะแตกต่างกันไปตามชนิดของกล้องที่ใช้

การเลือกจุดเล็งและเป้า

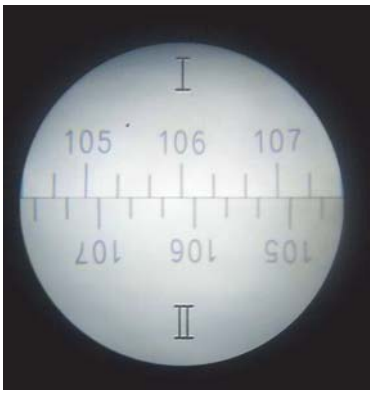
การเลือกเป้าหรือจุดเล็งมีส่วนทำให้ค่าการวัดด้วย ซึ่งมีเทคนิคการปฏิบัติดังนี้

1. .....จะให้ค่ามุมที่ดีกว่าที่ใกล้
2. .....ถ้าทำได้ ถ้าไม่ได้จะต้องใช้ลูกดิ่ง หรือหลักเล็ง หรือเข็มคะแนน
3. .....ที่สามารถส่องได้เพื่อป้องกันการแกว่ง ในทางกลับกันถ้าใช้เข็มคะแนน หรือ**หลักเล็ง ให้ส่อง ณ** .....ที่สามารถส่องได้เพื่อป้องกันการเอียง
4. **การใช้ลูกดิ่ง** เหมาะสำหรับเป้าที่มี..... เมตร ส่วนในกรณีที่มากกว่า 150 เมตรการใช้เข็มคะแนน หรือควารเสียบกระดาษที่มีสีชัดเจนเมื่อใช้ลูกดิ่ง

การอ่านค่ามุม กล้อง Wild T0

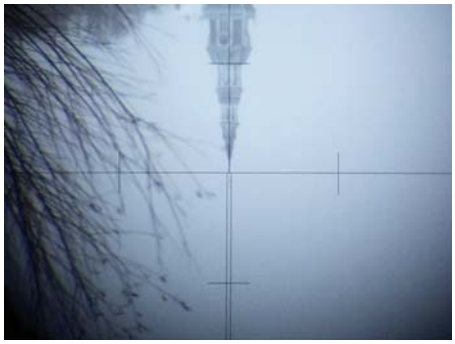


H. angle

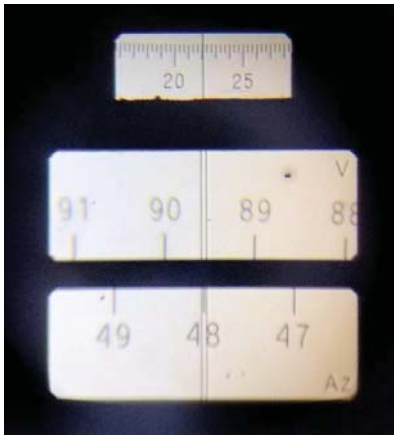


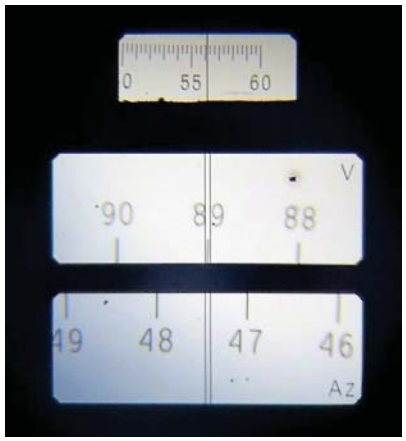
V. angle

การอ่านค่ามุม กล้อง Wild T1A



H. angle

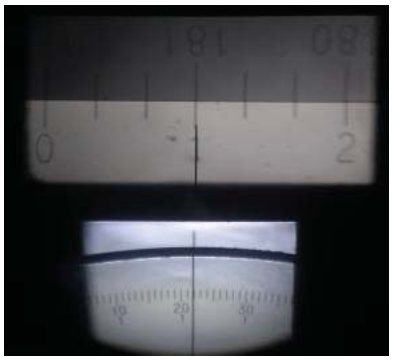


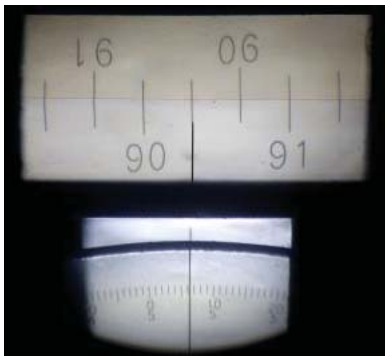


V. angle

การอ่านค่ามุม กล้อง Wild T2

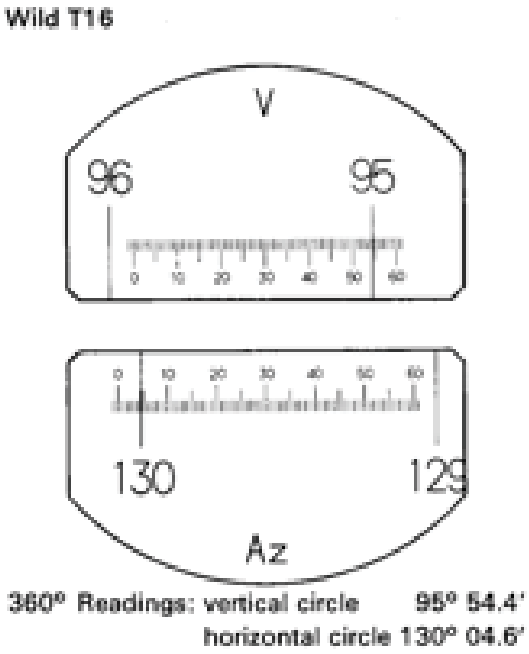
H. angle





V. angle

การอ่านค่ามุม กล้อง Wild T16

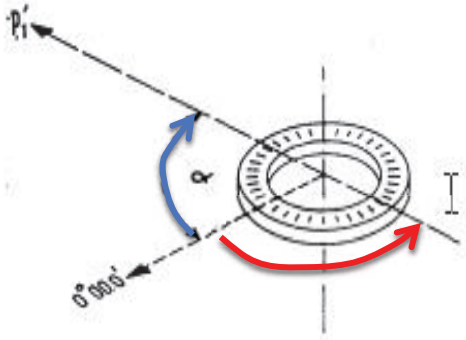


การวัดหามุมราบ และดิ่ง

การอ่านมุมจะแตกต่างกันตามชนิดและรุ่นของกล้อง อย่างไรก็ตามการทำงานจะเหมือนกัน โดยระบบมุมแบบตามเข็มนาฬิกา

..... คือ ค่าของมุมจะเพิ่มขึ้นเมื่อหมุนกล้องตามเข็มนาฬิกา ในทางกลับกันค่าของมุมจะลดเมื่อหมุนกล้องทวนเข็ม

สำหรับกล้องแบบอิเล็กทรอนิกส์ สามารถเลือกได้ทั้งสองระบบคือตามและทวน

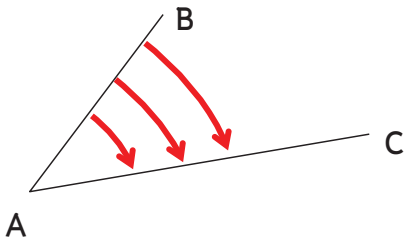


การวัดหามุมราบ

การวัดมุมราบมีวิธีการทำงานแบ่งเป็น 3 แบบดังนี้

1. .....

อ่านค่าทิศโดยใช้กล้องหน้าซ้ายหรือขวาอย่างเดียว เหมาะสำหรับการวัดทั่วไปที่ไม่ต้องการความถูกต้องมาก เช่น การเก็บรายละเอียด เป็นต้น



Set	Sta	To	Face	Hor. Rdg.	Hor. Ang.	Mean Ang.
1	A	B	L	0 00 00		
		C	L	45 10 06		
2	A	B	L	109 49 55		
		C	L	155 00 04		
3	A	B	L	325 10 12		
		C	L	10 20 18		

ข้อสังเกต

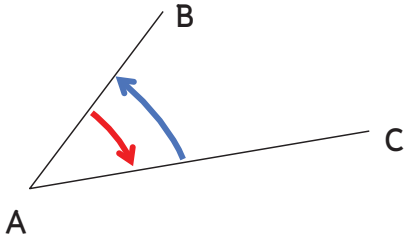
- การวัดทุกครั้งได้มีการหมุนเปลี่ยนค่าจานองศาราบ
- การวัดชุดแรกตั้งค่ามุมเริ่มต้นคือทิศทาง AB เป็น 0°
- การวัดชุดที่ 2 และ 3 เป็นการวัดมุมราบโดยวัดทิศทาง (Direction Method)ไม่ได้ตั้งค่ามุมเริ่มต้น
- การวัดชุดที่ 3 AC – AB ติดลบให้บวกด้วย 360

การวัดหามุมราบ

การวัดมุมราบมีวิธีการทำงานแบ่งเป็น 3 แบบดังนี้

2. **วัดมุมด้วยกล้องสองหน้า (Double Sighting)**

อ่านค่าทิศจากกล้องทั้งสองหน้า แล้วหามุมราบจากการเฉลี่ย เหมาะกับงานที่ต้องการความละเอียดสูง เช่น การทำวงรอบ



Sta	*To*	*Face*	*Hor. Rdg*		*Mean Rdg*	*Hor. Ang.*		*Hor. Ang.*	*Mean Ang*
A	*B*	*L*	*10 00 38*						
	C	*L*	*86 10 28*						
	C	*R*	*266 10 22*						
	B	*R*	*190 00 30*						

ข้อสังเกตุ

- ค่ามุมจากกล้องหน้าซ้ายและหน้าขวาจะต่างกัน 180°

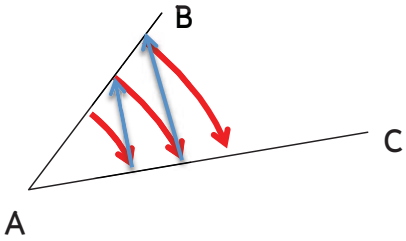
การวัดหามุมราบ

การวัดมุมราบมีวิธีการทำงานแบ่งเป็น 3 แบบดังนี้

3. ..... (Repetition Method)

เป็นการวัดมุมซ้ำ ๆ โดยค่ามุมบวกเพิ่มขึ้นทุกครั้ง โดยกล้องที่ใช้ต้องได้รับการออกแบบให้มีส่วนยึดแน่น และคลายจานองศาราบได้สะดวก เหมาะกับงานที่ต้องการความละเอียดมากกว่าความละเอียดกล้อง เช่น การทำวงรอบ

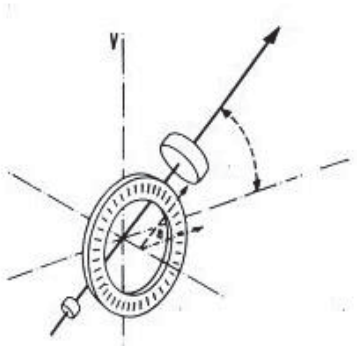
Sta	To	Face	No.of Rep.	Hor. Rdg.	6xHor.Ang.	Hor. Ang.
A	B	L	0	00 00 0		
	C	L	1	70 57.0		
	C	L	6	65 43.5		
	B	R	6	180 00.2		



ข้อสังเกต

- จดค่ามุมเพียง *3* ค่า คือ ค่าเริ่มต้น ค่ามุม *1* รอบ และค่าสุดท้าย ค่าเริ่มต้นตั้งให้เป็น 0°
- การจดค่ามุม 1 รอบ เพื่อประมาณค่ามุมสุดท้าย ค่ามุมสุดท้าย= *6x70 = 420°* ต้องบวกมุมเพิ่มอีก *360°*
- การวัดกล้องหน้าขวา มีขั้นตอนทำงานย้อนกลับของการวัดด้วยหน้าซ้าย

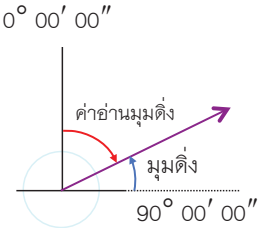
การวัดมุมดิ่ง



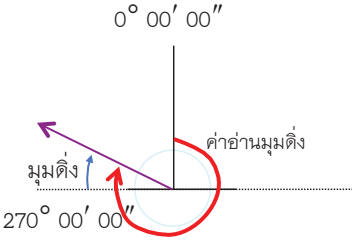
มุมดิ่ง คือมุมที่วัดจากกระนาบราบไปยังเส้นตรงเส้นหนึ่ง มีค่าบวกเมื่อเส้นตรงนั้นชี้ขึ้น เรียกว่า ..... (..... angle) และมีค่าลบเมื่อชี้ลง เรียกว่า ..... (..... angle)

อย่างไรก็ตาม กล้องส่วนใหญ่นั้นค่าที่อ่านได้จากกล้องจะเป็นมุมดิ่งบน (.....) ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องคำนวณเพื่อหามุมดิ่ง โดยใช้สมการอย่างง่ายดังต่อไปนี้

ค่ามุมดิ่ง = 90° – ค่าอ่านมุมดิ่ง (สำหรับกล้องหน้าซ้าย)
= ค่าอ่านมุมดิ่ง – 270° (สำหรับกล้องหน้าขวา)



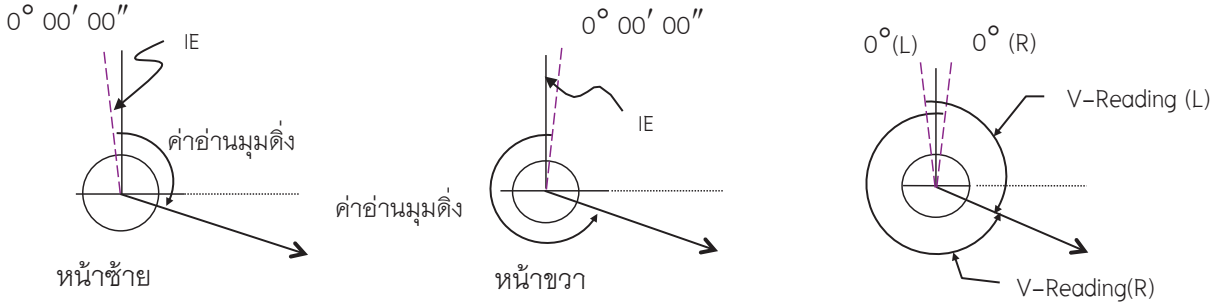
หน้าซ้าย



หน้าขวา

การวัดมุมดิ่ง

ถ้ากล้องมีค่าอ่านมุมดิ่ง 0° ไม่ตรงกับแกนดิ่ง แสดงว่ามุมดิ่งมี Initial Reading ค่ามุมนี้เรียกว่า ..... สามารถคำนวณได้โดยสมการดังต่อไปนี้



..... สามารถขจัดได้โดยการอ่านมุมดิ่งทั้ง.....แล้วนำมาหามุมดิ่งเฉลี่ย อย่างไรก็ตาม การเก็บรายละเอียดส่วนใหญ่จะอ่านมุมดิ่งเพียงหน้าเดียว ดังนั้นเราจำเป็นที่จะต้องทราบ Index error

ตย. การคำนวณมุมดิ่งบน

ตั้งกล้องที่จุด X เล็งไปยังจุด P อ่านค่ามุมดิ่งหน้าซ้ายได้ 95°06′40″ และอ่านค่ามุมดิ่งหน้าขวาได้ 264°55′00″ หามุมดิ่งของแนว XP และ Index error ของกล้อง พร้อมทั้งบอกว่าจุดไหนสูงหรือต่ำกว่าจุดไหน

มุมดิ่งหน้าซ้าย =

=

มุมดิ่งหน้าขวา =

=

มุมดิ่งของแนว XP =

Index error =

การทดสอบและปรับแก้กล้องวัดมุม

กล้องธีโอโดไลท์แม้จะมีราคาแพงและมีความละเอียดถูกต้องสูง แต่เมื่อใช้งานมาเป็นเวลานานอาจทำให้กล้องไม่อยู่ในสภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์ ดังนั้นผู้ใช้กล้องต้องทำการตรวจสอบและทำการปรับแก้กล้องแบบถาวร เพื่อให้ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นอยู่ในสภาพที่ทำหน้าที่ได้ถูกต้อง ซึ่งการตรวจสอบไม่จำเป็นต้องทำบ่อยนัก แต่ต้องทำการทดสอบเป็นระยะ ๆ

กล้องธีโอโดไลท์ที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ จะต้องมีลักษณะที่สำคัญคือ .....

.....

.....

การทดสอบและปรับแก้กล้องวัดมุม

แกนดิ่งอยู่ในแนวดิ่ง (Standing Axis Error)

แกนดิ่งกล้องอยู่ในแนวดิ่งหรือไม่ ดูได้จากลูกน้ำหลอดระดับจะต้องอยู่กลางเสมอไม่ว่าจะหมุนกล้องไปทางใด

..... (1.) ตั้งกล้องให้ลูกน้ำได้ระดับ (2.) ให้แกนฟองยาวขนานกับควงคู่ใดคู่หนึ่ง (3.) ปรับให้ลูกน้ำอยู่ตรงกลาง (4.) กลับกล้อง 180 องศา (5.) ตรวจสอบลูกน้ำว่าอยู่ตรงกลางหรือไม่? .....

.....

..... (1.) ปรับควงสามเส้าคู่ที่ขนานกับหลอดระดับให้ลูกน้ำเคลื่อนที่กลับไปครึ่งหนึ่ง (2.) หมุนสกรูที่ยึดหลอดระดับให้ลูกน้ำเข้าศูนย์กลาง (3.) ทำซ้ำ 2-3 รอบ

การทดสอบและปรับแก้กล้องวัดมุม

แกนราบตั้งฉากกับแกนดิ่ง (Trunion Axis Error)

แกนราบไม่ตั้งฉากกับแกนดิ่ง ทำให้ค่าทิศทางราบคลาดเคลื่อน ซึ่งขนาดของความคลาดเคลื่อนจะแปรผันตามค่ามุมดิ่ง

การตรวจสอบ (1.) ตั้งกล้องหน้าผนังเรียบห่างประมาณ 30 เมตร (2.) ส่องกล้องหน้าซ้ายไปยังจุดใดจุดหนึ่ง ด้วยมุมสูงประมาณ 20 องศา สมมุติเป็น A (3.) ปรับกล้องมาเล็งในแนวระดับ แล้วหมายตำแหน่งไว้ สมุมติเป็น B (4.) กลับกล้องเป็นหน้าขวา แล้วเล็งที่ A (5.) ปรับกล้องมาเล็งในแนวระดับ แล้วหมายตำแหน่งไว้ สมุมติเป็น C ถ้า B กับ C ทับกันแสดงว่า.....

การปรับแก้ (1.) ให้ส่องไปที่จุดกึ่งกลางระหว่าง B และ C (2.) ปรับกล้องไประดับเดียวกับจุด A แล้วปรับสกรูให้สายใยทับกับจุด A พอดี (3.) ทำซ้ำ 2–3 รอบ

การทดสอบและปรับแก้กล้องวัดมุม

เส้นเล็งตั้งฉากกับแกนราบ (Horizontal Collimation Error)

เส้นเล็งไม่ตั้งฉากกับแกนราบ ทำให้ค่ามุมราบคลาดเคลื่อน ซึ่งขนาดของความคลาดเคลื่อนจะแปรผันตามค่ามุมดิ่ง

การตรวจสอบ (1.) ตั้งกล้องหน้าผนังเรียบห่างประมาณ 30 เมตร (2.) ส่องกล้องหน้าซ้ายไปยังจุดใดจุดหนึ่ง ด้านตรงข้ามกำแพง สมมุติเป็น A (3.) ล๊อคจานราบ กระดกหน้ากล้องเป็นกล้องหน้าขวา ปรับกล้องมาเล็งในแนวระดับ แล้วหมายตำแหน่งไว้ สมุมติเป็น B (4.) กลับกล้องเป็นหน้าขวา แล้วเล็งที่ A (5.) ปรับกล้องมาเล็งในแนวระดับ แล้วหมายตำแหน่งไว้ สมุมติเป็น C ถ้า .....
.....

การปรับแก้ (1.) กำหนดตำแหน่งที่ระยะ ¼ จาก C บนแนว BC สมมุติเป็น D (2.) เลื่อนแหวนสายใยให้จุดตัดสายใยตัดกับตำแหน่ง D (3.) ทำซ้ำ 2–3 รอบ

ความคลาดเคลื่อนของกล้องวัดมุม

❑ **ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากตัวกล้อง**

- ความคลาดเคลื่อนของ 3 แกนหลัก
  - ⇒ แกนดิ่งไม่ดิ่งจริง (Stranding Axis Error)
  - ⇒ แกนราบไม่ตั้งฉากแกนดิ่ง (Trunion Axis Error)
  - ⇒ แนวเล็งไม่ตั้งฉากแกนราบ (Horizontal Collimation Error)
-
-
-

❑ **ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากธรรมชาติ**

- ลมแรงอาจทำให้กล้องสั่น สายดิ่งแกว่ง
-
-

❑ **ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากบุคคล**

- ความแม่นยำในการทำงาน เช่น การตั้งกล้องตรงหมุด, การส่องเป้า, การหมุนและอ่านไมโครมิเตอร์
- ความผิดพลาด เช่น การตั้งหรือส่องผิดจุด การอ่านหรือบันทึกค่าผิด

ความละเอียดของการวัดมุม

ความละเอียดของการวัดมุมมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการรังวัด ดังนั้นการพิจารณาเลือกกล้องวัดมุมและวิธีการที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ความละเอียดมุมตามต้องการ โดยอาศัยความเข้าใจดังต่อไปนี้

1. ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด

2. ค่าคลาดเคลื่อนมุมที่ยอมได้

ขึ้นอยู่กับค่าความถูกต้องของงานที่ต้องการ เช่น ความถูกต้อง 1:5,000 ค่าคลาดเคลื่อนการวัดมุมต้องไม่เกิน 1/5,000 radian หรือ 41” (ประมาณ 40”) ต้องเลือกใช้กล้องวัดมุมที่วัดได้ละเอียดไม่ต่ำกว่า 80 “

แบบฝึกหัด

- จงหาค่ามุมแบริงส์ของทิศอะซิมัท 141°33’42”, 67°12’28”, 278°24’05”,
- จงหาค่ามุมอะซิมัทและมุมเบี่ยงเบนของเส้น ABCD

Line	Bearing
AB	N 70° 36’ 18” E
BC	S 56° 16’ 34” E
CD	N 87° 21’ 42” E

- เพิ่มเติมในห้องเรียน

อ้างอิง

1. การสำรวจรังวัด : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ ... วิชัย เยี่ยงวีรชน
2. เอกสารคำสอนการสำรวจ 1 ... วินิจ จึงเจริญธรรม
3. การรังวัดเบื้องต้น ... ผศ.ดร.พุทธิพล ดำรงชัย
4. รูปภาพทั้งหมดจากอินเตอร์เนต

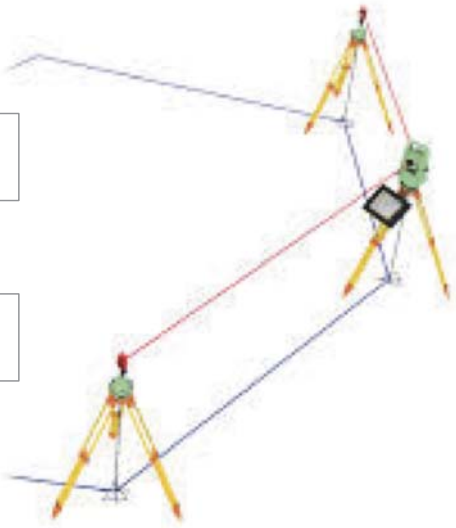
Traverse

Suriyah Thongmunee

1-2557

Contents

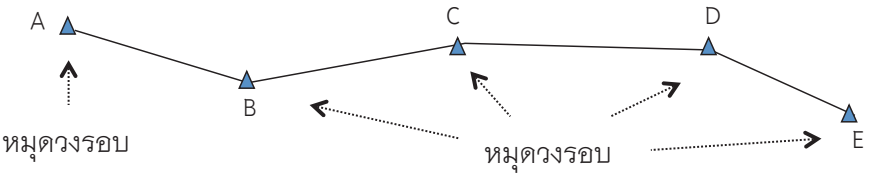
- งานวงรอบ
- การคำนวณปรับแก้งานวงรอบ
-
- การคำนวณทางด้านของงานวงรอบ
-
- การคำนวณค่าพิกัดวงรอบ



งานวงรอบ

ประกอบด้วยเส้นตรงหลายเส้นต่อกันอย่างต่อเนื่อง ที่จุดปลายของเส้นตรงแต่ละเส้นจะมีหมุดกำกับ ซึ่งเรียกว่า “.....” การทำวงรอบจะเริ่มจากจุดจุดหนึ่งที่ทราบค่าพิกัดแล้ว และรังวัดต่อไปยังหมุดอื่นจนครบ

หมุดวงรอบจะถูกใช้เป็นหมุดควบคุมหรือหมุดบังคับทางราบ (Horizontal Control) เพื่อใช้อ้างอิง ..... ของจุดอื่น ซึ่งหมุดวงรอบอาจเป็นหมุด .....



งานวงรอบ

จุดประสงค์การทำวงรอบ

การทำวงรอบมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไป ดังนี้

1. เพื่อการรังวัด
2. เพื่อการควบคุมทางราบในการรังวัดเพื่อทำ
3. เพื่อการ
4. เพื่อการ ในภาพถ่ายทางอากาศ
5. เพื่อการจัดสร้าง สำหรับงานรังวัดชั้นสูง

งานวงรอบ

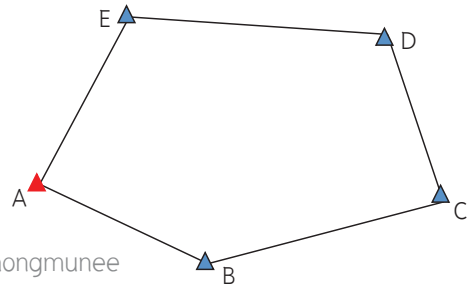
ชนิดของงานวงรอบ

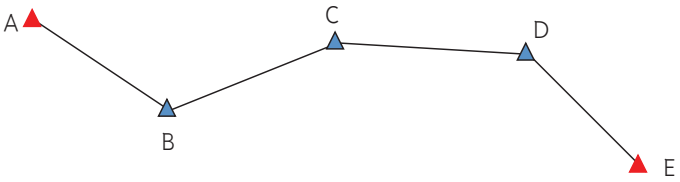
.....

เป็นวงรอบที่มีเส้นวงรอบต่อกันแล้วกลับมาบรรจบจุดเริ่มเป็นรูปหลายเหลี่ยม มีหมุดเริ่มและหมุดบรรจบเป็นหมุดเดียวกัน

.....

เป็นวงรอบที่มีเส้นวงรอบต่อกันแต่ไม่กลับมาบรรจบจุดเริ่ม



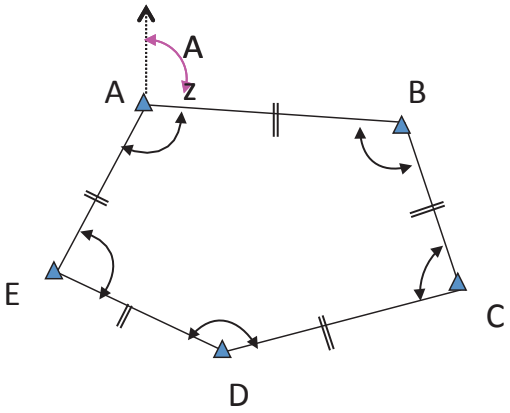


งานวงรอบ

ลักษณะงานวงรอบ

ได้แก่ การวัดระยะราบระหว่างหมุดวงรอบที่อยู่ถัดกัน และการวัดมุมที่หมุดวงรอบแต่ละหมุด การวัดแอซิมัธจริงด้วยการรังวัดดาราศาสตร์จะมีในการทำงานวงรอบของงานรังวัดชั้นสูง และงานวงรอบเปิดที่เป็นแนวยาวมีระยะทางค่อนข้างไกล

ได้แก่ การคำนวณหาทิศทางของเส้นวงรอบ การคำนวณปรับแก้ การคำนวณค่าพิกัดราบ และอาจมีการคำนวณหาพื้นที่ภายในวงรอบปิด



การคำนวณปรับแก้งานวงรอบ

การปรับแก้ เป็นการปรับรูปวงรอบให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่บังคับได้แก่ เงื่อนไขทางมุม และ เงื่อนไขทางด้าน วิธีการปรับแก้ มีหลายวิธี เช่น

[ ] เป็นวิธีที่ให้ความคลาดเคลื่อนของจุดวงรอบแปรผันตามระยะทางสะสมที่ออกจากจุดเริ่มต้น

[ ] เป็นวิธีที่ให้ความคลาดเคลื่อนของระยะทางแปรผันตามรากที่สองความยาวของเส้นวงรอบ

[ ] เป็นวิธีปรับแก้ที่ให้ค่า ผลรวมของ V^2 มีค่าน้อยที่สุด เป็นวิธีการปรับแก้ที่ต้องใช้คณิตศาสตร์ชั้นสูง

[ ] เป็นวิธีการที่ยังนิยมใช้ทั่วไป โดยแยกคำนวณปรับแก้ เงื่อนไขทางมุมก่อนจึงปรับแก้เงื่อนไขทางด้าน

การคำนวณปรับแก้งานวงรอบ

การปรับแก้ทางมุม เป็นการหาค่าความคลาดเคลื่อนทางมุม โดยตรวจสอบจาก**เงื่อนไขทางมุม**ของวงรอบ แล้วกระจายความคลาดเคลื่อนในการวัดไปที่มุมวงรอบทุกมุม เงื่อนไขทางมุมจะเป็นอย่างไรขึ้นอยู่กับวิธีการวัด ซึ่งได้แก่

- งานวงรอบแบบวัดมุมภายในวงรอบ (Interior Angle Traverse)
- งานวงรอบแบบวัดมุมตามเข็ม (Angle to the Right Traverse)
- งานวงรอบแบบวัดมุมเบี่ยงเบน (Deflection Angle Traverse)

การปรับแก้ทางด้าน เป็นการหาค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะทาง โดยตรวจสอบจาก**เงื่อนไขทางมุม**ของวงรอบ แล้วกระจายความคลาดเคลื่อนไปยังทุกเส้นของวงรอบ มีวิธีการปรับแก้อยู่ 2 วิธี

- [ ]
- [ ]

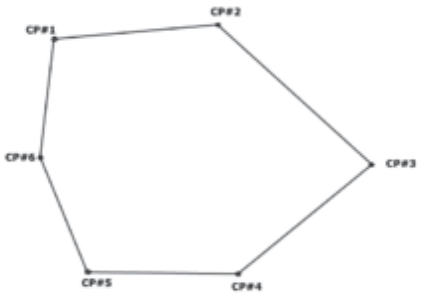
การคำนวณทางมุมของงานวงรอบ

การคำนวณเกี่ยวกับมุมของงานวงรอบ ประกอบด้วยการคำนวณ **2 ขั้นตอน** คือ

1. [ ] เป็นการตรวจสอบเงื่อนไขทางมุมของวงรอบ หาขนาดความคลาดเคลื่อน แล้วกระจายความคลาดเคลื่อนไปที่มุมวงรอบทุกมุม
2. [ ] เป็นการหาทิศทางของเส้นวงรอบทุกเส้นจากค่ามุมที่ปรับแก้แล้ว โดยเริ่มจากเส้นวงรอบที่รู้ทิศทางเส้นหนึ่ง

การคำนวณทางมุมของงานวงรอบ

งานวงรอบวัดแบบมุมภายใน

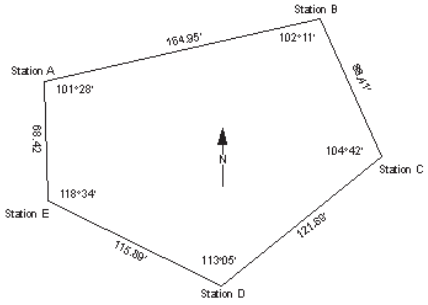


ขั้นตอนการปรับแก้ได้แก่

1. ปรับแก้มุมภายใน ภายใต้เงื่อนไขที่ต้องปรับแก้ คือ

[ ]

เมื่อ n คือจำนวนมุมของวงรอบ



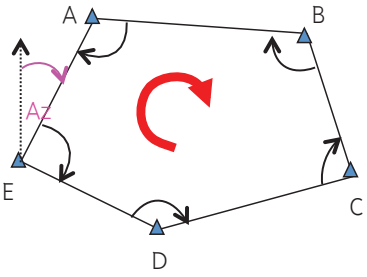
การคำนวณทางมุมของงานวงรอบ

งานวงรอบวัดแบบมุมภายใน

2. คำนวณหาอะซิมุทของเส้นรอบวง

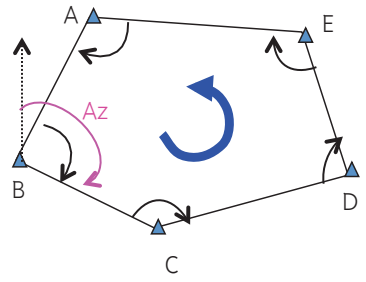
- **วงรอบวนตามเข็ม**

อะซิมุทเส้นถัดไป = อะซิมุทย้อนเส้นก่อนหน้า – มุมภายในจุดนั้น



- **วงรอบวนทวนเข็ม**

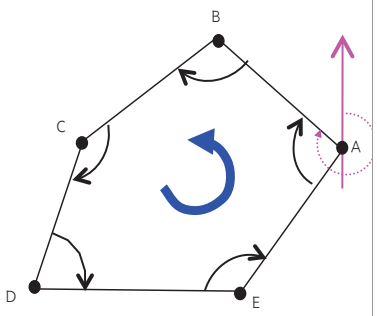
อะซิมุทเส้นถัดไป = อะซิมุทย้อนเส้นก่อนหน้า + มุมภายในจุดนั้น



ตย.1

การทำงานวงรอบ A B C D E โดยวัดมุมภายในทิศทางทวนเข็ม และวัดแอซิมัธของ AB ด้วยเข็มทิศได้ $331^{\circ}00'30''$ จงปรับแก้มุมวงรอบ ADECB

จุด	เป้า	มุมภายใน ° ‘ “	ค่าปรับแก้ ° ‘ “	มุมหลังปรับแก้ ° ‘ “	แอซิมัท ° ‘ “
A	E B	78 22 30			331 00 30
B	A C	110 28 00			
C	B D	153 29 00			
D	C E	58 20 30			
E	D A	139 18 30			
Sum					
Error = Sum – (n–2)x180 =					



Sum Correction

=

=

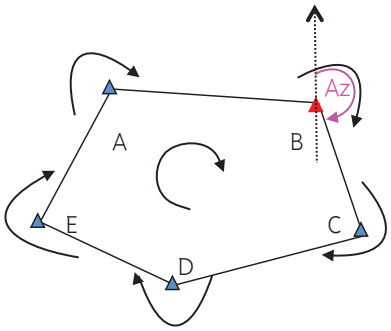
Correction each point

= Sum Correction / n

=

=

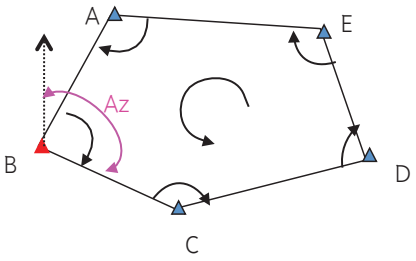
การคำนวณทางมุม



งานวงรอบวัดแบบวัดมุมตามเข็ม

ขั้นตอนการปรับแก้ได้แก่

1. ปรับแก้มุมตามเข็ม ภายใต้เงื่อนไขที่ต้องปรับแก้



วงรอบปิด

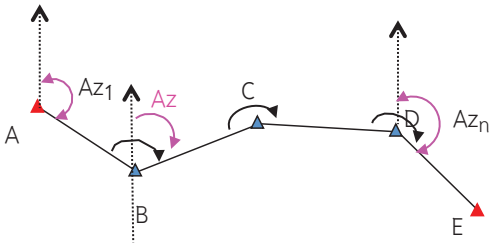
ผลรวมของมุมภายใน =

ผลรวมของมุมภายนอก =

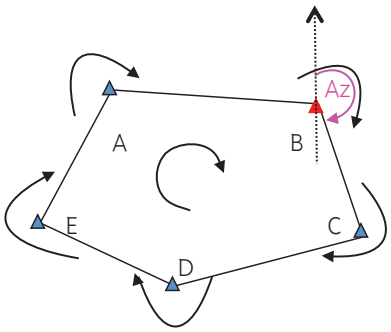
วงรอบเปิด

ผลรวมของมุมตามเข็ม =

เมื่อ n คือจำนวนมุม



การคำนวณทางมุมของงานวงรอบ



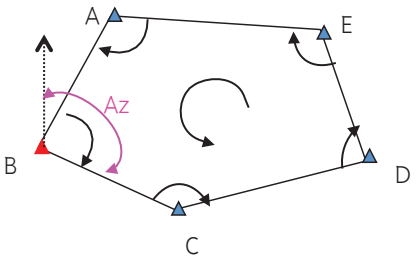
งานวงรอบวัดแบบมุมภายใน

2. คำนวณหาอะซิมุทของเส้นรอบวง

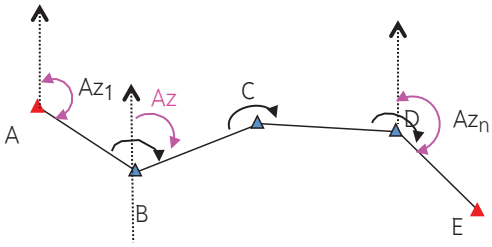
อะซิมุทเส้นถัดไป = อะซิมุทย้อนเส้นก่อนหน้า + มุมภายในจุดนั้น

AZ. CD = Back AZ. BC + ∠ C

AZ. CD = AZ. CB + ∠ C



วงรอบวนทวนเข็ม



ตย.2

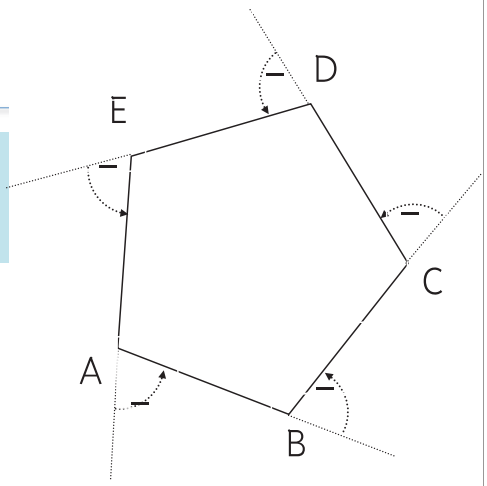
การทำงานวงรอบ PQRST โดยวางหมุดทิศทางทวนเข็ม และวัดทิศทางของเส้นวงรอบ และแอซิมัธของ PT ด้วยเข็มทิศได้ $90°00'00''$ จงปรับแก้มุมวงรอบ

จุด	เป้า	ทิศทางราบ ° ‘ “	มุมภายใน ° ‘ “	ค่าปรับแก้ ° ‘ “	มุมหลังปรับแก้ ° ‘ “	แอซิมัท ° ‘ “
P	T	51 54 50				90 00 00
	Q	92 16 00				
Q	P	195 42 15				
	R	263 45 30				
R	Q	00 00 00				
	S	255 01 15				
S	R	320 16 00				
	T	101 00 20				
T	S	302 36 20				
	P	338 26 35				
Sum						

Error = Sum – (n–2)x180 = 539 58 30 – 540 00 00 = –00 01 30

การคำนวณทางมุม

งานวงรอบวัดแบบวัดมุมเบี่ยงเบน

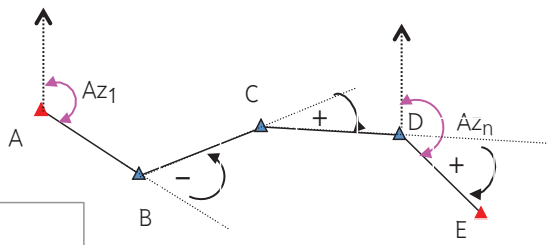


ขั้นตอนการปรับแก้ได้แก่

1. ปรับแก้มุมเบี่ยงเบน ภายใต้เงื่อนไขที่ต้องปรับแก้

วงรอบปิด

วงรอบเปิด



2. คำนวณหาอะซิมุทของเส้นรอบวง

ตย.3

การทำงานวงรอบ NOPQR โดยวัดมุมเบี่ยงเบน และวัดแอซิมัธของ NO และ QR ด้วยเข็มทิศได้ 236°12′30″ และ 202°15′30″ จงปรับแก้มุมวงรอบ

จุด	เป้า	มุมเบี่ยงเบน ° ′ ″	ค่าปรับแก้ ° ′ ″	มุมหลังปรับแก้ ° ′ ″	แอซิมัท ° ′ ″
N		---	---	---	
	O				236 12 30
O		57 28 00			
	P				
P		109 15 30			
	Q				
Q		17 52 00			
	R				202 15 30
Sum					
Error = Sum– (Az_n – Az_1) =					

Sum Correction

= – Error

=

Correction each point

= Sum Correction / n

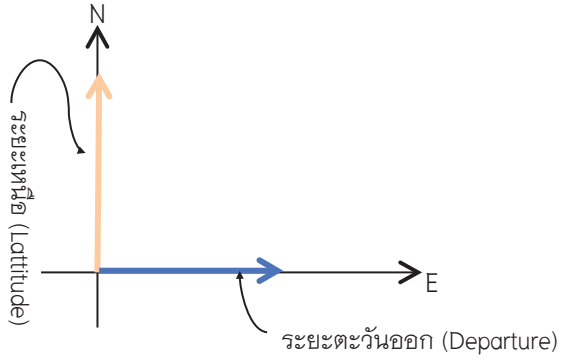
=

=

การคำนวณทางด้านของงานวงรอบ

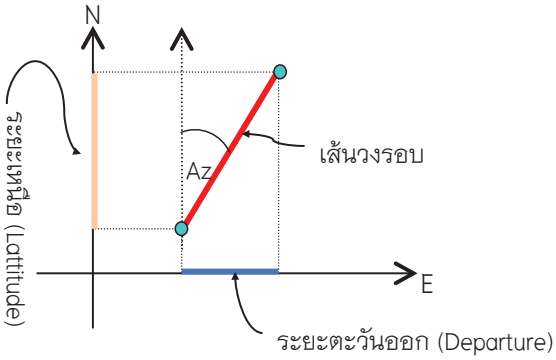
การคำนวณเกี่ยวกับระยะหรือด้านของงานวงรอบ เป็นการปรับแก้เพื่อให้เส้นวงรอบสอดคล้องตามเงื่อนไขของรูปวงรอบ ประกอบด้วยการคำนวณ 3 ขั้นตอน คือ

1. _____ ของเส้นวงรอบ เป็นการหาค่าระยะเหนือ (Latitude) กับระยะตะวันออก (Departure)
2. _____ เป็นการตรวจสอบเงื่อนไขของ Latitude กับ Departure หาขนาดความคลาดเคลื่อน กระจายความคลาดเคลื่อนไปยังเส้นวงรอบทุกเส้น
3. _____ ของหมุดวงรอบ เป็นการคำนวณหาพิกัดราบ N, E ของหมุดวงรอบ



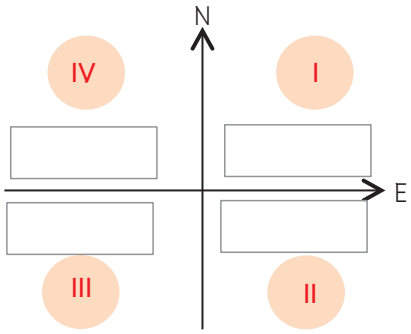
การคำนวณทางด้านของงานวงรอบ

ระยะฉาก เป็นระยะฉาย (Projection) ของเส้นวงรอบบนแกนอ้างอิง ได้แก่ ระยะเหนือ *(Lattitude)* และระยะตะวันออก *(Departure)*



ระยะเหนือ คือ ระยะฉายของเส้นวงรอบบนแกนเมอริเดียน (แกนเหนือ–ใต้)

ระยะตะวันออก คือ ระยะฉายของเส้นวงรอบบนแกนขนาน (แกนตะวันออก–ตะวันตก)



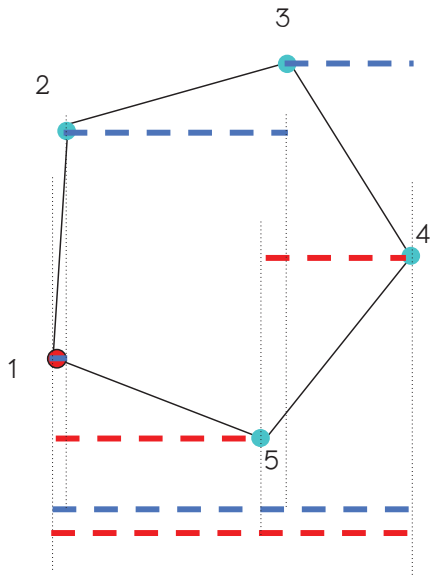
การคำนวณทางด้านของงานวงรอบ

เงื่อนไขการปรับแก้ เงื่อนไขทางด้านของวงรอบขึ้นอยู่กับชนิดงานวงรอบ

วงรอบปิด

เงื่อนไขของระยะฉาก

ขนาดของความคลาดเคลื่อน (Δ)



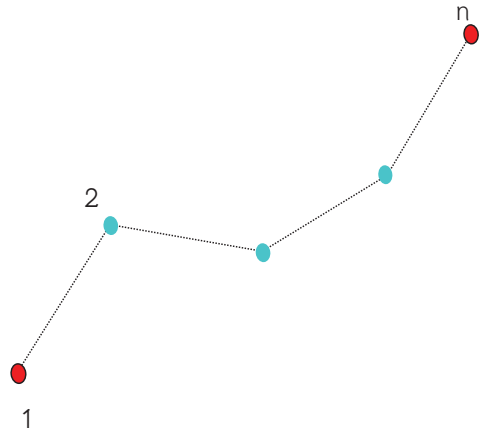
การคำนวณทางด้านของงานวงรอบ

เงื่อนไขการปรับแก้ เงื่อนไขทางด้านของวงรอบขึ้นอยู่กับชนิดงานวงรอบ

วงรอบเปิด ถ้าให้วงรอบมีหมุด n จุด

เงื่อนไขของระยะฉาก

ขนาดของความคลาดเคลื่อน (Δ)



การคำนวณทางด้านของงานวงรอบ

วิธีการปรับแก้ การเลือกวิธีการกระจายคลาดเคลื่อนจะขึ้นอยู่กับระดับความถูกต้องของการวัดมุมและการวัดระยะทาง ซึ่งได้แก่

Transit Rule เป็นวิธีที่ให้ค่าน้ำหนักการปรับแก้ตามค่าระยะฉากของเส้นวงรอบ

$$\text{Corr.Lat} = -\Delta\text{Lat.} \times \qquad \text{Corr.Dep.} = -\Delta\text{Dep.} \times \frac{\text{Departure}}{\sum|\text{Departure}|}$$

Compass Rule เป็นวิธีที่ให้ค่าน้ำหนักการปรับแก้ตามค่าระยะทางของเส้นวงรอบ

$$\text{Corr.Lat.} = -\Delta\text{Lat.} \times \qquad \text{Corr.Dep.} = -\Delta\text{Dep.} \times \frac{\text{Length}}{\sum|\text{Length}|}$$

ตย.4 การทำงานวงรอบปิดหลังจากปรับแก้ค่ามุมแล้ว ได้ค่าทิศทางแอซิมัธของเส้นวงรอบ และระยะทางตามค่าในตาราง จงปรับแก้โดยวิธี Transit Rule

เส้น	แอซิมัธ	ความยาว	ระยะ *Lat*	ระยะ *Dep*	ค่าแก้ *Lat*	ระยะ *Lat*	ค่าแก้ *Dep*	ระยะ *Dep*
AB	*16° 50.0′*	*354.51*						
BC	*85 56.0*	*318.54*						
CD	*65 00.0*	*274.17*						
DE	*191 23.0*	*469.65*						
EF	*292 17.5*	*246.57*						
FA	*252 18.5*	*365.01*						
Transit Rule		*2028.45*						

ระยะเหนือ A–B =

ระยะตะวันออก A–B =

ความคลาดเคลื่อนระยะเหนือ = ผลรวมค่าสัมบูรณ์ระยะเหนือ =

ความคลาดเคลื่อนระยะตะวันออก = ผลรวมค่าสัมบูรณ์ระยะตะวันออก =

ค่าปรับแก้ระยะเหนือ A–B กับ D–E = [เพราะเส้นทั้งสองมีค่า Lat มากกว่าเส้นอื่น]

ระยะเหนือ A–B ที่ถูกต้อง =

ค่าปรับแก้ระยะตะวันออก A–B =

ระยะตะวันออก A–B ที่ถูกต้อง =

ตย.5 การทำงานวงรอบปิดหลังจากปรับแก้ค่ามุมแล้ว ได้ค่าทิศทางแอซิมัธของเส้นวงรอบ และระยะทางตามค่าในตาราง จงปรับแก้โดยวิธี Compass Rule

เส้น	แอซิมัธ	ความยาว	ระยะ *Lat*	ระยะ *Dep*	ค่าแก้ *Lat*	ระยะ *Lat*	ค่าแก้ *Dep*	ระยะ *Dep*
AB	*16° 50.0′*	*354.51*	*+339.32*	*+102.66*				
BC	*85 56.0*	*318.54*	*+ 22.59*	*+317.74*				
CD	*65 00.0*	*274.17*	*+115.87*	*+248.48*				
DE	*191 23.0*	*469.65*	*–460.41*	*– 92.70*				
EF	*292 17.5*	*246.57*	*+ 93.53*	*–228.14*				
FA	*252 18.5*	*365.01*	*–110.92*	*–347.75*				
Transit Rule		*2028.45*						

ระยะเหนือ A–B =

ระยะตะวันออก A–B =

ความคลาดเคลื่อนระยะเหนือ =

ความคลาดเคลื่อนระยะตะวันออก =

ค่าปรับแก้ระยะเหนือ D–E กับ F–A = [เพราะเส้นทั้งสองมีค่าระยะทางมากกว่าเส้นอื่น]

ระยะเหนือ A–B ที่ถูกต้อง =

ค่าปรับแก้ระยะตะวันออก A–B =

ระยะตะวันออก A–B ที่ถูกต้อง =

การคำนวณค่าความถูกต้อง

เป็นความถูกต้องของการวัดมุมและความถูกต้องของการวัดระยะ เป็นข้อกำหนดความถูกต้องของงานรังวัด เช่น งานรังวัดชั้นสาม, ชั้นสี่, และงานรังวัดทั่วไปต้องการความถูกต้อง 1:5,000, 1:2,500, 1:1,000 ตามลำดับ

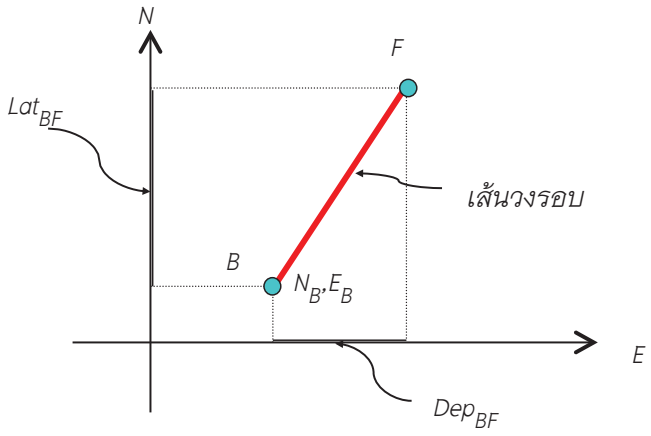
ต้องไม่เกินค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งหาจากความถูกต้องที่กำหนดตามชั้นงาน เช่น งานวงรอบปิดชั้นที่ 3 กำหนดความคลาดเคลื่อนของการบรรจบมุม (Angular Error of Closure) เท่ากับ $30''\sqrt{n}$ เมื่อ n เป็นจำนวนมุมของวงรอบ

[หมายเหตุ งานชั้นสาม ความถูกต้อง 1:5,000 ค่าคลาดเคลื่อนในงานวัดมุมที่แต่ละหมุดวงรอบจะต้องไม่เกิน (1/5000) เรเดียน เท่ากับ 41″ และปัดเป็น 30″]

หาจากค่าคลาดเคลื่อนของระยะเหนือและระยะตะวันออก เป็นความคลาดเคลื่อนของการบรรจบด้าน (Linear Error of Closure) ความถูกต้องทางด้านที่ได้จะเท่ากับ e / ผลรวมระยะทาง จะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดของชั้นงาน

การคำนวณค่าพิกัดวงรอบ

การคำนวณหาพิกัดราบ N, E อาจเป็นระบบพิกัดเดียวกับหมุดควบคุมอื่น หรือเป็นพิกัดสมมุติที่เป็นอิสระ ซึ่งกำหนดขึ้นมาเฉพาะงานนั้น ๆ จะนิยมสมมุติพิกัดหมุดเริ่มงานเป็นตัวเลขลงตัว เช่น 500.00,1000.00 และประมาณว่าไม่มีค่าพิกัดหมุดใดๆ ที่คำนวณได้มีค่าเป็นลบ



พิกัดเหนือจุดใด = พิกัดเหนือจุดก่อน + ระยะเหนือจากจุดก่อนถึงจุดนั้น

พิกัดตะวันออกจุดใด = พิกัดตะวันออกจุดก่อน + ระยะตะวันออกจากจุดก่อนถึงจุดนั้น

ตย.6

หลังจากทำการปรับแก้วงรอบปิด ได้ค่า Latitude และ Departure ดังตาราง ถ้าให้พิกัดที่จุด A มีค่าเท่ากับ 100.00, 300.00 จงหาพิกัดราบของจุดที่เหลือ

จุด	Lat.	Dep.	N	E
A			100.00	300.00
B	339.33	102.64		
C	22.59	317.67		
D	115.87	248.43		
E	−460.40	−92.72		
F	93.53	−228.19		
A	110.92	−347.83		

พิกัดเหนือจุด *B* (N_B) =

พิกัดตะวันออกจุด *B* (E_B) =

สำหรับพิกัด *N,E* ของจุดอื่นคำนวณได้โดยวิธีเดียวกัน

ตย.7 การปรับแก้งานวงรอบปิดแบบ compass rule

BM	Dist. (m.)	Angle ° ‘	Corr. ‘	Adj. Angle ° ‘	Az ° ‘	Lat.	Dep.	Cor. Lat	Cor. Dep	Adj. Lat	Adj. Dep	N	E
A												200.00	300.00
B	86.90	101 34											
C	186.09	89 05											
D	219.60	17 11											
E	61.87	231 23											
A	197.21	100 43											
	751.67	539 56											

ข้อกำหนดงานชั้นสี่

ความคลาดเคลื่อนการบรรจบมุมไม่เกิน $\sqrt{5}$ ลิปดา หรือ 134 วิลิปดา

ความคลาดเคลื่อนการบรรจบด้านไม่เกิน 1:2500

ความคลาดเคลื่อนการบรรจบมุม =

ค่าปรับแก้มุม =

ความคลาดเคลื่อนการบรรจบด้าน =

ความถูกต้องทางระยะ =

ปรับแก้ Lat และ Dep ใช้ Compass Rule กระจายความคลาดเคลื่อนตามขนาดระยะ

พิกัดจุด A 200.00, 300.00 เป็นพิกัดสมมุติ

ตย.8 การปรับแก้งานวงรอบเปิด Transit Rule

BM	Dist. (m.)	Angle ° ‘ “	Corr. “	Adj. Angle ° ‘ “	Az ° ‘ “	Lat.	Dep.	Cor. Lat	Cor. Dep	Adj. Lat	Adj. Dep	N	E
X													
A		271 38 00			156 22 45							970.20	556.10
B	346.21	116 52 45											
C	448.62	93 46 15											
D	502.74	176 10 00											
E	270.86	237 08 45										295.05	964.20
Y					151 57 00								

ข้อกำหนดงานชั้นสี่

ความคลาดเคลื่อนการบรรจบมุมไม่เกิน $\sqrt{5}$ ลิปดา หรือ 134 วิลิปดา

ความคลาดเคลื่อนการบรรจบด้านไม่เกิน 1:2500

ความคลาดเคลื่อนการบรรจบมุม =

ค่าปรับแก้มุม =

แบบฝึกหัด

- เพิ่มเติมในห้องเรียน

อ้างอิง

1. การสำรวจรังวัด : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ ... วิชัย เยี่ยงวีรชน
2. เอกสารคำสอนการสำรวจ 1 ... วินิจ จึงเจริญธรรม
3. การรังวัดเบื้องต้น ... ผศ.ดร.พุทธิพล ดำรงชัย
4. รูปภาพทั้งหมดจากอินเตอร์เนต

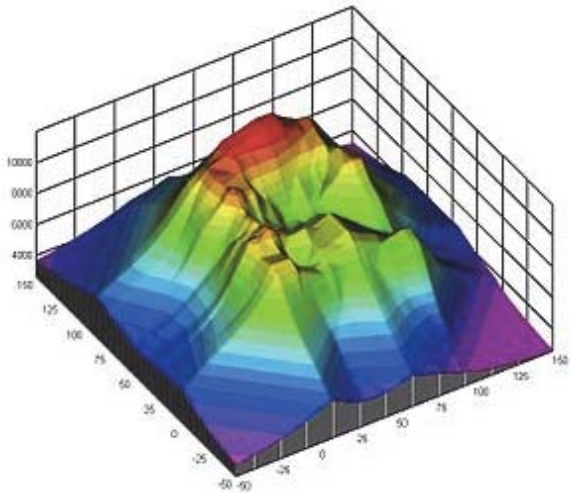
Map and Contour Line

Suriyah Thongmunee

1-2557

Contents

- บทนำ
- สัญลักษณ์แผนที่
- มาตราส่วนแผนที่
- เส้นชั้นความสูงและแผนที่เส้นชั้นความสูง
-
-
- การกำหนดช่วงเส้นชั้นความสูง
- การรังวัดทำแผนที่เส้นชั้นความสูง
- การเขียนเส้นชั้นความสูง
- การตรวจสอบความถูกต้อง
- ประโยชน์ของแผนที่เส้นชั้นความสูง

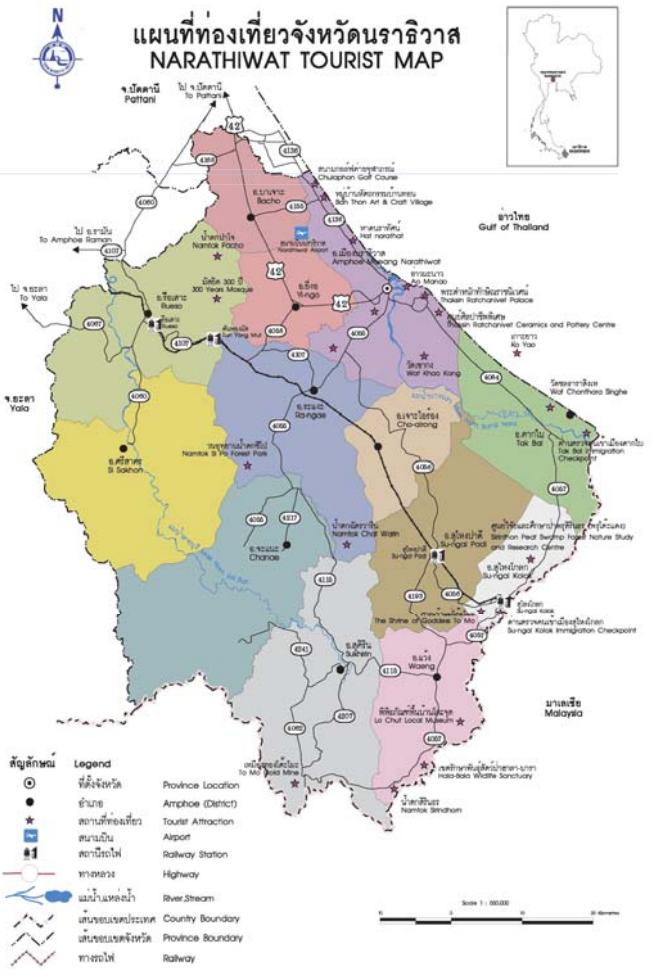


SURIYAH THONGMUNEE....SURVEY 1

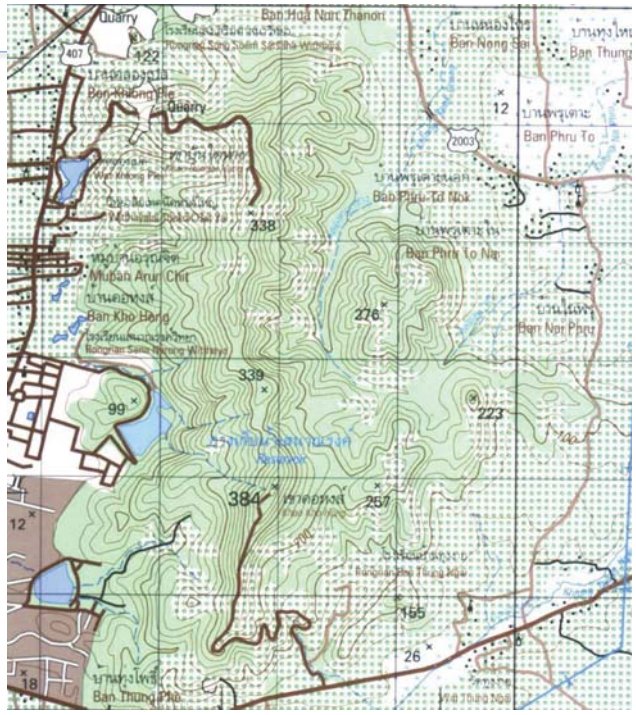
บทนำ

 คือ การวาดสิ่งที่ต้องการบันทึกลงบนกระดาษ โดยอาจจะเป็นภูมิประเทศ ธรรมชาติ หรือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นโดยการย่อส่วน การแสดงรายละเอียดต่าง ๆ บนแผนที่จะใช้ ”สัญลักษณ์” เป็นหลักเพื่อให้ครอบคลุมรายละเอียด

สัดส่วนของการย่อสิ่งต่าง ๆ ลงมาบนกระดาษจะเรียกว่า “มาตรส่วนแผนที่”



บทนำ



map) แสดงลักษณะสูงต่ำของภูมิประเทศ ถ้าแสดงด้วยเส้นชั้นความสูง (Contour Line) เรียกว่า แผนที่เส้นชั้นความสูง (Contour map) ส่วนแผนที่ที่แสดงตำแหน่งทางราบและทิศทางของจุดและเส้น เรียกว่า แผนที่อาณาเขต (*Planimetric Map*)

การแสดงตำแหน่งทางราบในแผนที่ทั่วไปใช้ระบบพิกัดฉาก *X–Y* หรือพิกัดฉากเหนือใต้ *N–E* แต่ในแผนที่ขนาดใหญ่จะใช้ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (*Latitude –Longitude*)

สัญลักษณ์แผนที่

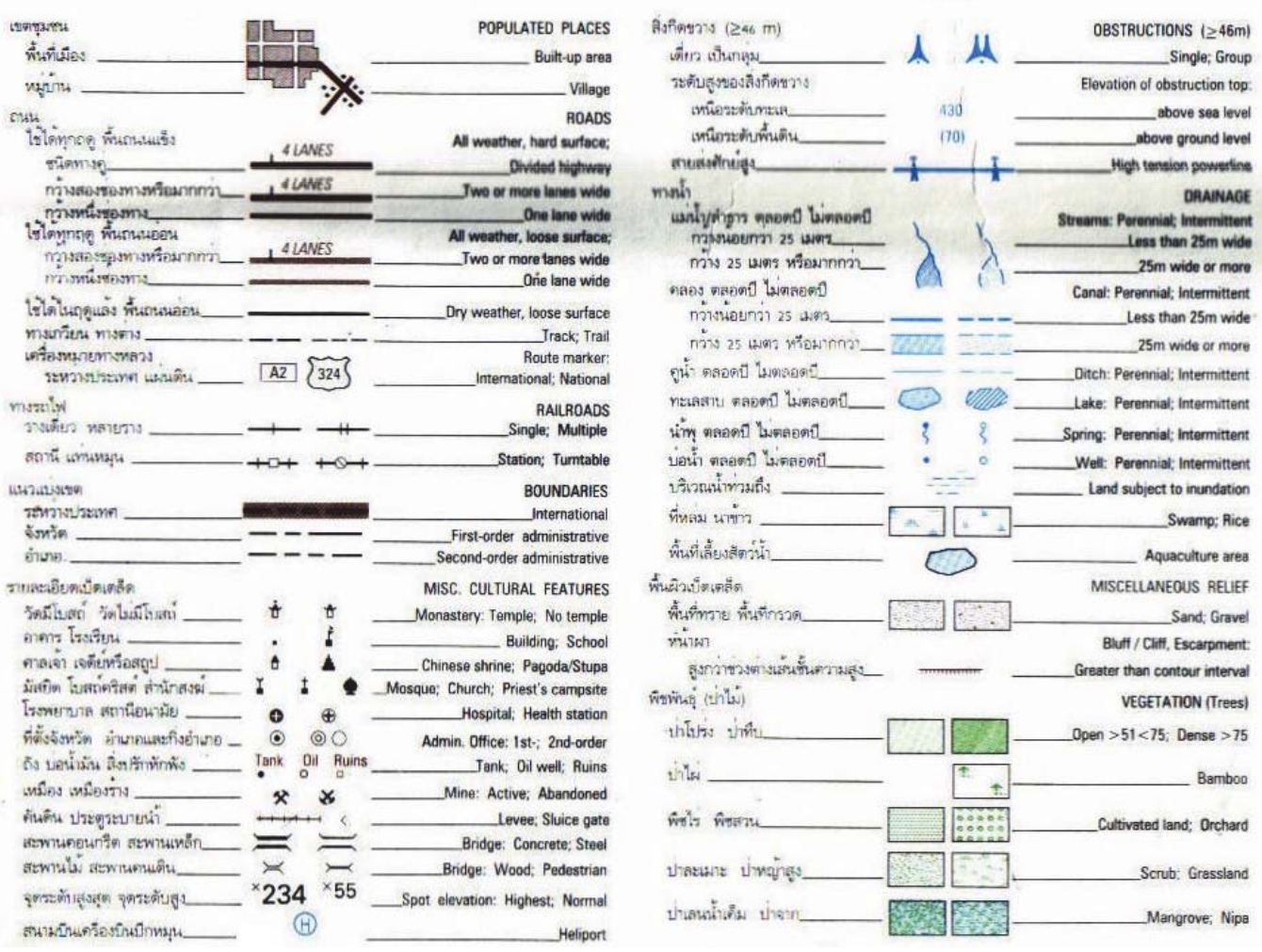
สัญลักษณ์แผนที่ คือ เครื่องหมายชนิดต่างๆที่ผู้ทำแผนที่กำหนดขึ้นในแผนที่ เพื่อใช้แทนรายละเอียดที่ปรากฏอยู่บนพื้นที่

สัญลักษณ์โดยทั่วไปสามารถแยกออกได้เป็น 5 ประเภทคือ

1. แหล่งน้ำ เช่น แม่น้ำ ลำธาร หนอง บึง ที่ลุ่ม
2. สิ่งก่อสร้าง เช่น ถนน ทางรถไฟ อาคาร
3. พืชหรือต้นไม้ เช่น ป่า สวน ไร่
4. ลักษณะสูงต่ำของภูมิประเทศ
5. สิ่งที่กำหนดขึ้นเป็นพิเศษต่างๆ

สี ใช้แสดงร่วมกับสัญลักษณ์รูป ช่วยเสริมให้แผนที่มีความเด่นชัดและอ่านเข้าใจง่าย ได้แก่

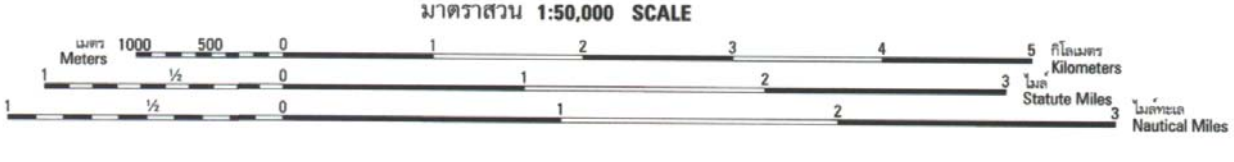
1.
2.
3.
4.
5.



มาตราส่วนแผนที่

มาตราส่วนแผนที่ คือ สัดส่วนระหว่างระยะราบของจุดสองจุดบนแผนที่กับ ระยะทางราบของสองจุดนั้นบนภูมิประเทศ

รูปแบบมาตราส่วน การแสดงมาตรส่วนนั้น โดยทั่วไปใช้อยู่ 2 แบบ ได้แก่ มาตราส่วนแบบตัวเลขอัตราส่วน และ มาตราส่วนแบบรูปภาพ



มาตราส่วนแผนที่

ขนาดมาตราส่วน การพิจารณาใช้ค่ามาตราส่วน นอกจากจะใช้ตัวเลขลงตัวที่เหมาะสม จำเป็นต้องพิจารณาเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

- เช่น แผนที่ภูมิประเทศเพื่อการก่อสร้างจะมีมาตราส่วนใหญ่กว่าแผนที่ภูมิประเทศเพื่อการวางผังแม่บท
- ขนาดของพื้นที่ดินที่จะทำแผนที่ พื้นที่ขนาดใหญ่จะมีมาตราส่วนเล็ก
- ขนาดมาตรฐานของกระดาษที่ใช้พิมพ์แผนที่หรือขนาดของเครื่องวาดแผนที่
- ความถูกต้องของการใช้แผนที่ ความถูกต้องสูงจะต้องใช้มาตราส่วนขนาดใหญ่

การพิจารณาความละเอียดในการทำงาน มาตราส่วนกับความละเอียดในการวัด เช่น แผนที่ 1:500 การวัดระยะทางบนภูมิประเทศให้วัดละเอียดเพียง 10 ซม. เพราะเส้นและจุดบนแผนที่จะไม่เล็กกว่า 0.2 ม.ม. ความละเอียดในการวัดระยะทางเท่ากับ $0.2 \times 10^{-3} \times 500 = 0.1$

มาตราส่วนแผนที่

ขนาดมาตราส่วนกับงานต่าง ๆ

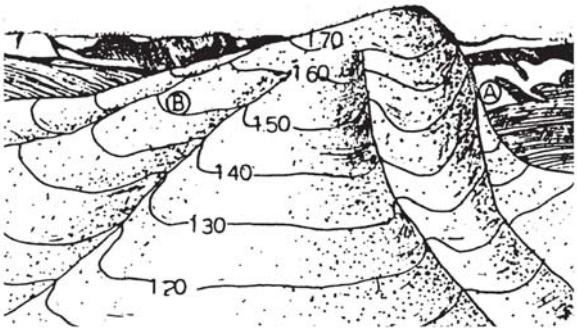
แผนผังหรือแผนที่สำหรับงานก่อสร้าง	
แผนผัง	1:100 1:250 1:500 1:1000 1:2000
รูปตัดขวาง ดินตัดดินถม	1:100 1:50 1:25 1:20
รูปตามยาว	ทางดิ่ง 1:100 1:50
แผนที่กรรมสิทธิ์ที่ดิน	
งานทั่วไป	1:500 1:1000 1:2000 1:4000
มูลค่าที่ดิน	สูง 1:500 ต่ำ 1:4000
แผนที่ภูมิประเทศ	
มาตราส่วนขนาดใหญ่ (ต้องการรายละเอียดสูง)	1:500 1:1000 1:2500
มาตราส่วนขนาดกลาง	1:5000 1:10000 1:20000 1:25000
มาตราส่วนขนาดเล็ก	1:50000 1:100000 1:250000

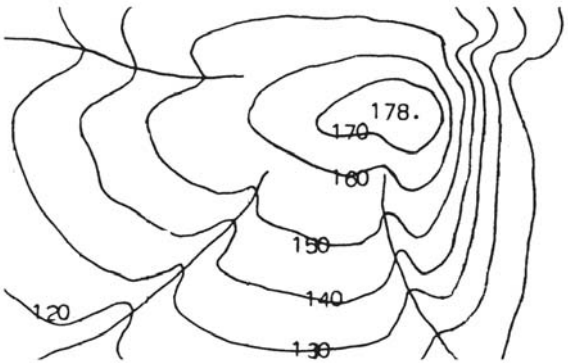
เส้นชั้นความสูงและแผนที่เส้นชั้นความสูง

คือเส้นที่ลากผ่านจุดบนพื้นดินที่มีระดับความสูงเท่ากัน จะเห็นเป็นเส้น ๆ เกือบขนานกันบนแผนที่ มีตัวเลขความสูงกำกับเป็นช่วง

Interval) คือระยะดิ่งระหว่างเส้นชั้นความสูงสองเส้นที่อยู่ใกล้กัน ช่วงเส้นชั้นความสูงสำหรับแผนที่หนึ่ง ๆ จะคงที่

จุดความสูง (Spot Height) คือจุดที่บอกค่าความสูง ณ ตำแหน่งนั้น ซึ่งจะเป็นจุดที่สูงที่สุดหรือต่ำที่สุดในแผนที่นั้น

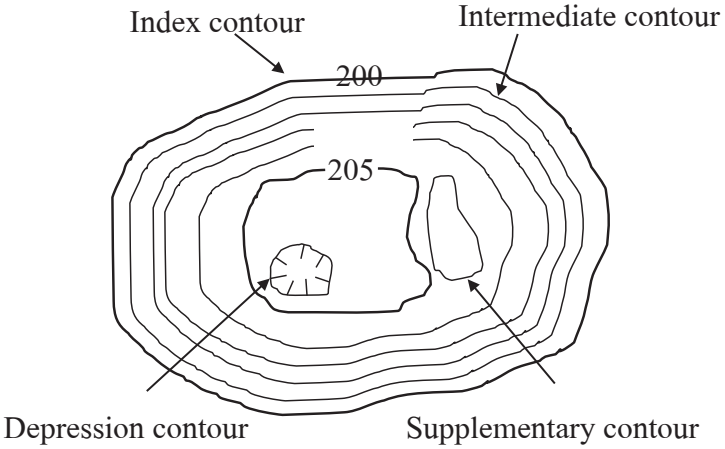




ชนิดของเส้นชั้นความสูง

1.

2. เส้นชั้นความสูงย่อย (Intermediate Contour) อยู่ระหว่างเส้นชั้นความสูงหลัก แสดงด้วยเส้นที่บางกว่า
3. เส้นชั้นความสูงลด (Depression Contour) ใช้แสดงลักษณะภูมิเทศที่ลาดลง เช่น หลุม บึง เหว มีขีดสั้นๆในแนวตั้งฉากกับเส้นชั้นความสูงและชี้ไปทางทิศที่ลาดลง
4. เส้นชั้นความสูงเสริม (Supplemental Contour) เขียนเสริมในบริเวณที่มีความลาดชันน้อย แสดงด้วยเส้นประ

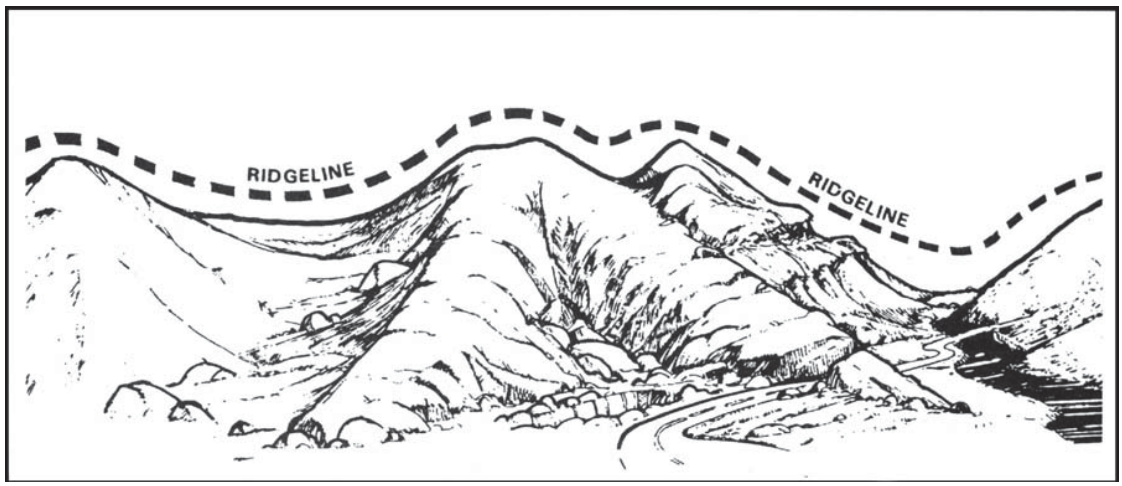


คุณสมบัติของเส้นชั้นความสูง

ความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของเส้นชั้นความสูงจะช่วยให้การแปลความหมายของแผนที่ มีความรวดเร็วและถูกต้อง คุณสมบัติที่ควรรู้มีดังต่อไปนี้

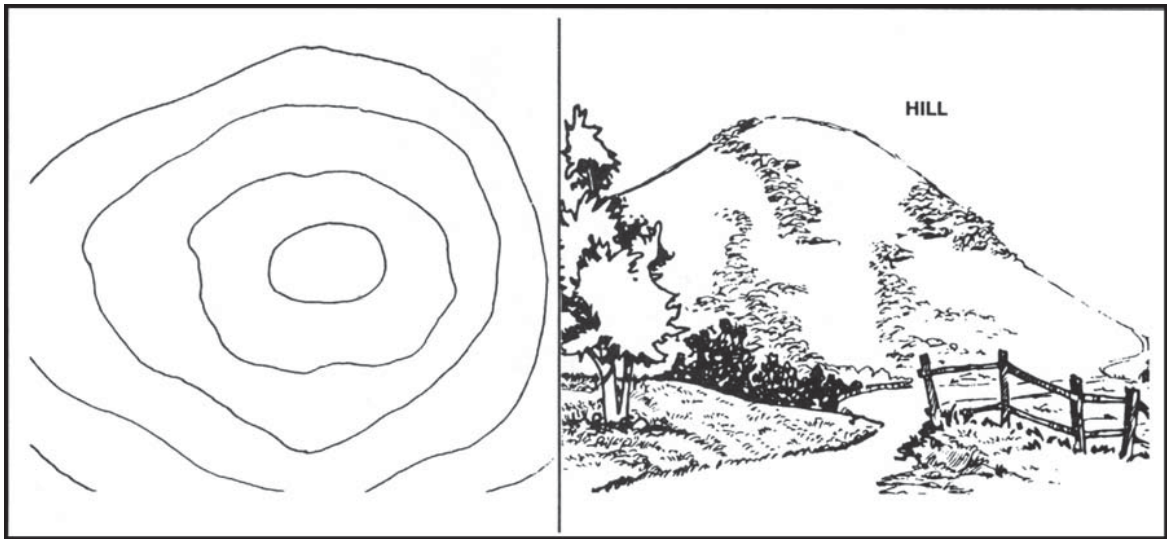
1. ทุกจุดบนเส้นมีค่าระดับเท่ากัน ยกเว้นพื้นที่ที่เป็นหน้าผาหรือชะโงกยื่น
2. เส้นชั้นความสูงเส้นเดียวกันจะไม่แยกออกเป็นสองเส้น
3. เส้นชั้นความสูงจะไม่หยุดที่ใดที่หนึ่ง แต่จะวนกลับมาที่เดิม หรือบรรจบขอบแผนที่
4. เส้นชั้นความสูงเส้นหนึ่งจะไม่อยู่ระหว่างเส้นชั้นความสูงที่มีค่าระดับสูงกว่า หรือต่ำกว่า
5. ระยะห่างของเส้นชั้นความสูง จะแปลผกผันกับความชันของพื้นที่
6. ความสม่ำเสมอของระยะห่างระหว่างเส้นชั้นความสูง แสดงถึงความสม่ำเสมอของความชัน
7. ทิศทางของเส้นชั้นความสูงจะตั้งฉากกับแนวลาดเอียงสูงสุด
8. เส้นชั้นความสูงที่ตัดผ่านสันเขาหรือสันปันน้ำจะเป็นรูปตัว U และส่วนที่ตัดผ่านหุบเขาหรือทางน้ำไหนจะเป็นรูปตัว V
9.

เส้นชั้นความสูงในภูมิประเทศต่าง ๆ



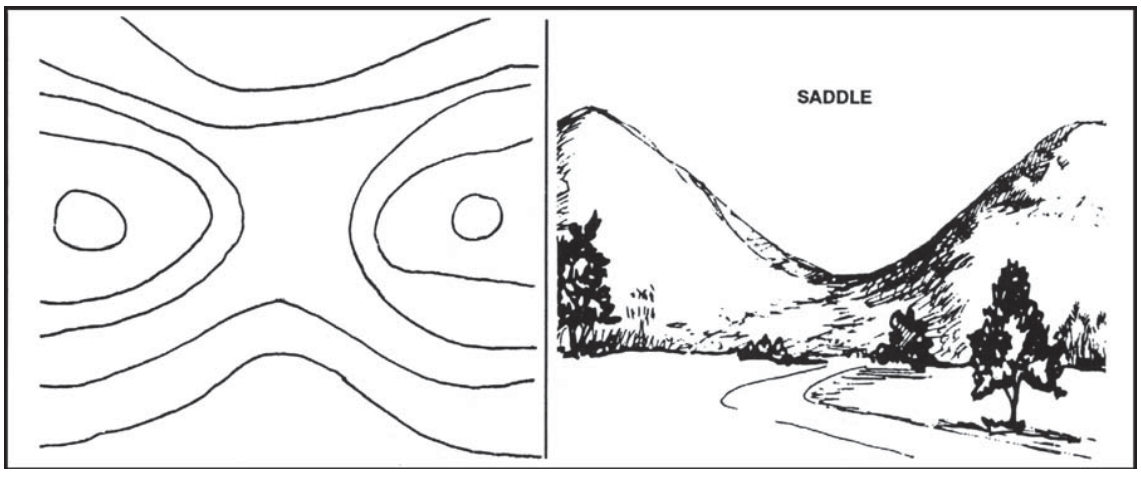
ภาพแสดงแนวสันเขา (Ridgeline)

เส้นชั้นความสูงในภูมิประเทศต่าง ๆ



ภาพแสดงเส้นชั้นความสูงของพื้นที่เขา (Contour line of Hill)

เส้นชั้นความสูงในภูมิประเทศต่าง ๆ



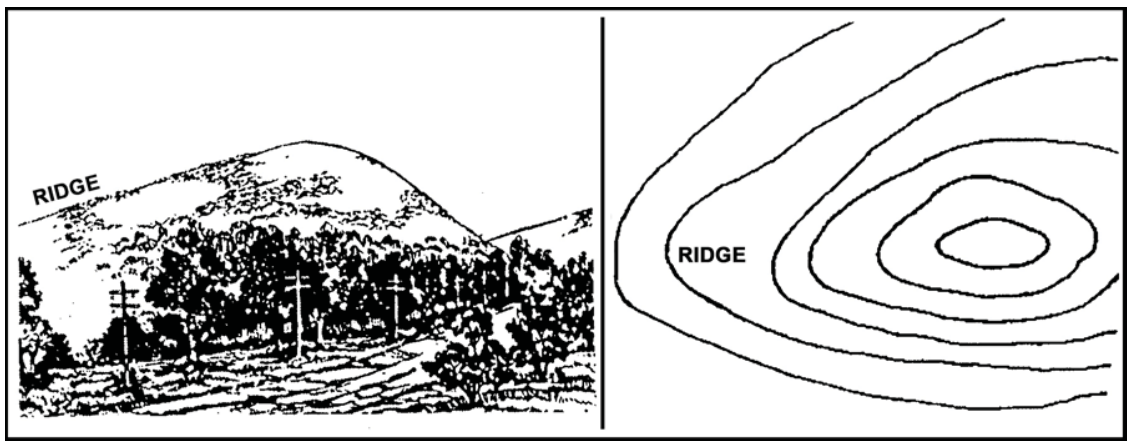
ภาพแสดงเส้นชั้นความสูงของพื้นที่อานม้า (Contour line of Saddle)

SURIYAH THONGMUNEE....SURVEY 1

เส้นชั้นความสูงในภูมิประเทศต่าง ๆ

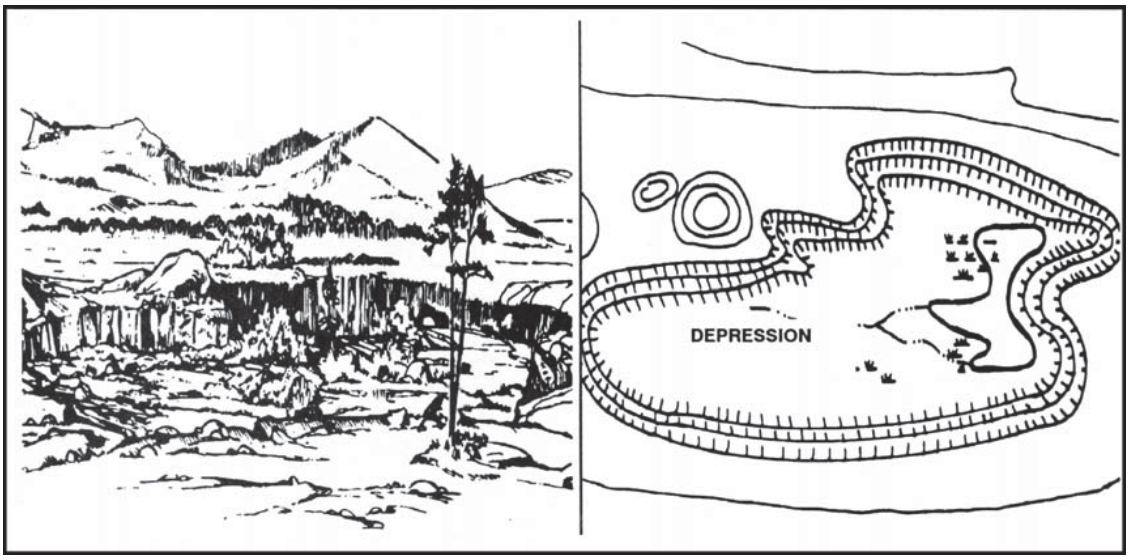
ภาพแสดงเส้นชั้นความสูงของพื้นที่อานม้า (Contour line of Valley)

เส้นชั้นความสูงในภูมิประเทศต่าง ๆ



ภาพแสดงเส้นชั้นความสูงของพื้นที่สันเขา (Contour line of Ridge)

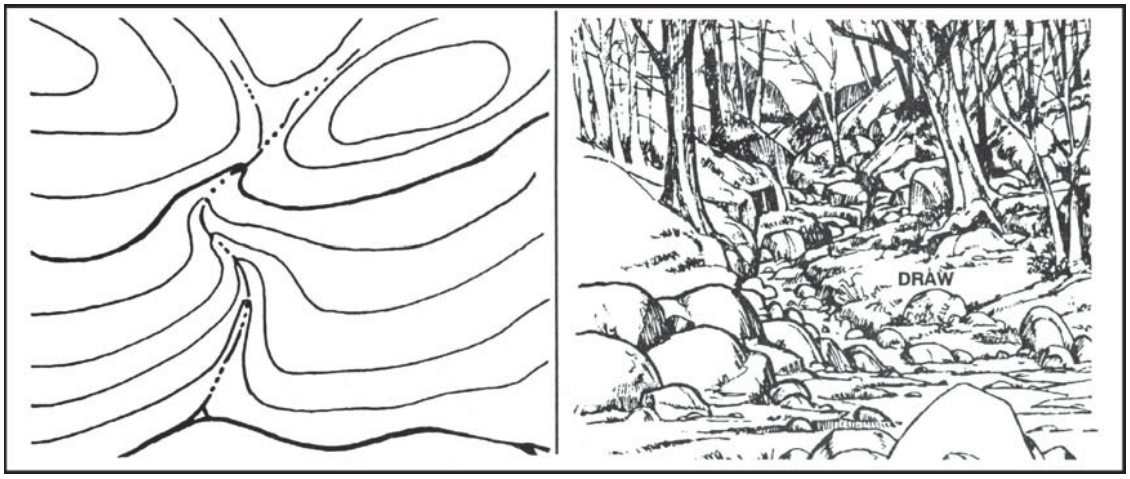
เส้นชั้นความสูงในภูมิประเทศต่าง ๆ



ภาพแสดงเส้นชั้นความสูงของพื้นที่บ่อ (Contour line of Depression)

SURIYAH THONGMUNEE....SURVEY 1

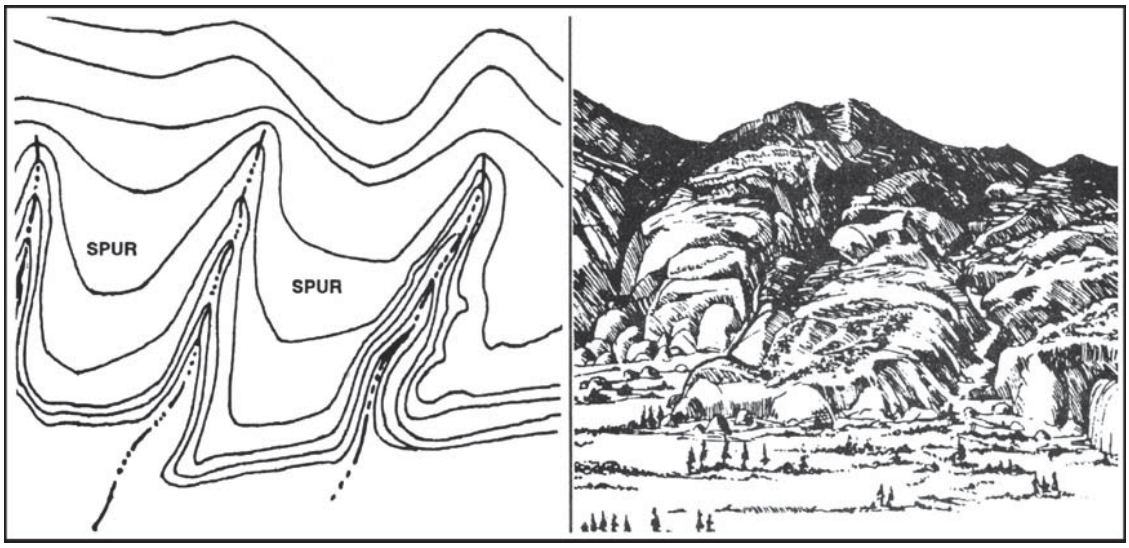
เส้นชั้นความสูงในภูมิประเทศต่าง ๆ



ภาพแสดงเส้นชั้นความสูงของพื้นที่น้ำกัดเซาะ (Contour line of Draw)

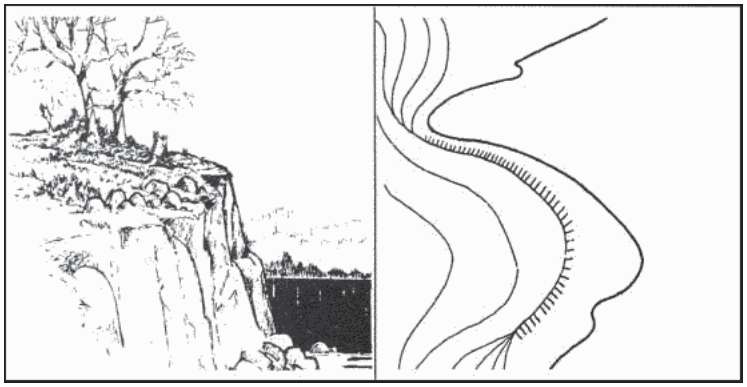
SURIYAH THONGMUNEE....SURVEY 1

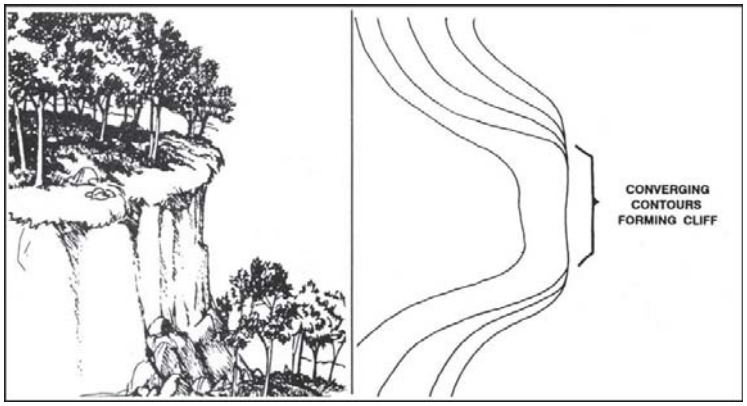
เส้นชั้นความสูงในภูมิประเทศต่าง ๆ



ภาพแสดงเส้นชั้นความสูงของพื้นที่ลาดกัดเซาะ (Contour line of Spur)

เส้นชั้นความสูงในภูมิประเทศต่าง ๆ





ภาพแสดงเส้นชั้นความสูง
ของพื้นที่หน้าผา
(Contour line of Cliff)

การกำหนดช่วงเส้นชั้นความสูง

การเลือกช่วงเส้นชั้นความสูงที่ไม่เหมาะสม ถ้าถี่เกินไปจะบังรายละเอียดอื่น หรือถ้าห่างเกินไปก็อาจใช้ประโยชน์ไม่ได้ ข้อพิจารณาในการเลือกมีดังนี้

1. **เวลาและค่าใช้จ่ายของงานสนามและงานสำนักงาน** การเลือกใช้ช่วงเส้นชั้นความสูงยิ่งเล็ก การรังวัดในสนาม การคำนวณ และการเขียนในสำนักงานจะมากขึ้นไปด้วย หมายถึงเวลาและค่าใช้จ่ายที่มากขึ้นตาม
2. ใช้งานต่างๆ เช่น
   - แผนผังงานก่อสร้างอาคาร ควรใช้ช่วงเส้นชั้นความสูง 0.25 ถึง 0.5 เมตร
   - งานสร้างอ่างเก็บน้ำ งานจัดสวน และงานวางผังของเมืองใช้ 0.5 ถึง 2 เมตร
   - งานทาง งานถนน งานทางรถไฟใช้ 1 ถึง 5 เมตร
3. **ลักษณะภูมิประเทศและมาตราส่วนแผนที่** ช่วงเส้นชั้นความสูงจะต้องมีขนาดพอที่จะแสดงความสูงต่ำของผิวพื้นดิน ในพื้นที่ราบจะมีช่วงเส้นชั้นความสูงถี่กว่าพื้นที่ภูเขา และถ้าแผนที่มาตราส่วนใหญ่ขนาดช่วงเส้นชั้นความสูงจะเล็ก

การกำหนดช่วงเส้นชั้นความสูง

มาตราส่วนแผนที่	พื้นที่ลาดชันมาก	พื้นที่ลาดชันปานกลาง	พื้นที่เนินค่อนข้างราบ
1:1,000	1	0.50	0.25
1:2,000	2	1	0.50
1:5,000			
1:10,000	10	5	2
1:20,000	20	10	2.5
1:25,000	20	10	2.5
1:50,000	20/30	10/20	5
1:100,000	50	25	5/10

สรุป

การกำหนดมาตราส่วนแผนที่เพื่อจัดทำแผนที่ภูมิประเทศที่มีมาตราส่วนใหญ่กว่า 1:5,000

- พื้นที่มีความลาดชันสูงและต่างระดับมาก หารด้วย 1,000
- พื้นที่มีความลาดชั้นระดับ ปานกลาง หารด้วย 2,000
- พื้นที่เป็นเนินหรือค่อนข้างราบ หารด้วย 4,000

การรังวัดทำแผนที่เส้นชั้นความสูง

การรังวัดเพื่อทำแผนที่ภูมิประเทศ คือการหาตำแหน่งทั้งพิกัดราบและพิกัดดิ่งของจุดต่างๆ ที่กระจายอยู่บนพื้นที่ แล้วลากเส้นผ่านไปบนจุดที่มีความสูงเท่ากับค่าระดับของเส้นชั้นความสูง วิธีการรังวัดมี 4 วิธี ได้แก่

1. **Trace Contours** เป็นรังวัดจุดที่มีระดับความสูงเท่ากับเส้นชั้นความสูงที่กำหนด เช่น การรังวัดด้วยโต๊ะแผนที่
2. **Checker Board** วัดค่าระดับของจุดที่กำหนดขึ้นบนพื้นที่เป็นตารางสี่เหลี่ยม มีความยาวด้านตั้งแต่ 5 – 25 เมตร โดยวัดตรงจุดมุมของรูปเหลี่ยม
3. [ ] โดยทำระดับรูปตัดขวางแนว และรูปตัดตามแนว ของเส้นที่กำหนดขึ้นบนพื้นที่
4. [ ] รังวัดจุดบนพื้นที่โดยอ้างอิงกับจุดควบคุม อาจใช้หลักการของ Tacheometry (ใช้ Stadia) หรือ Total Station โดยตั้งกล้องจุดที่รู้ค่าพิกัดทั้งทางราบและทางดิ่ง แล้ววัดหาตำแหน่งและระดับของจุดต่างๆ

Tacheometry (Stadia)

เริ่มจาก ตั้งกล้องที่หมุดควบคุม (A) วัดความสูงของกล้อง (*HI*) ส่องไปยังแนวที่รู้ Azimuth (Az_{AO}) อ่านค่ามุมราบ (Az_{ORdg}) แล้วส่องไปจุดต่างๆ (P) อ่านค่า มุมราบ ($Az_{AP\ Reading}$) มุมดิ่ง ($V_{Reading}$) ค่าสเตเดีย (u,m,l) คำนวณค่าพิกัดและระดับของจุดที่ส่องได้ ดังนี้

Vertical Angle (β) = 90 – ($V_{Reading}$ – Index error) .....กล้องหน้าซ้าย

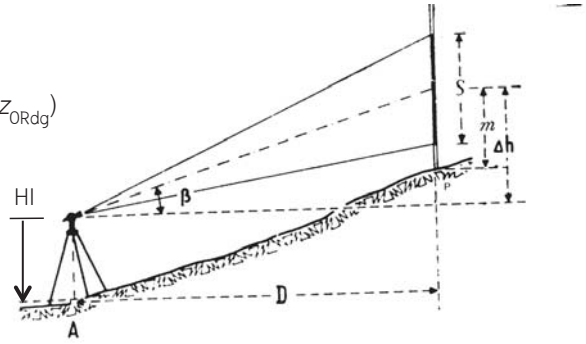
ระยะราบ (Distance ; D) = $100 \times (u - l) \times \cos^2\beta$

ค่าความต่างระดับ (Δh) = $100 \times (u - l) \times \cos\beta \sin\beta$

Az_{AP} = Az_{AO} + มุมราบ OAP

= $Az_{AO} + (Az_{AP\ Reading} - Az_{ORdg})$

[ ]



การเขียนเส้นชั้นความสูง

การเขียนเส้นชั้นความสูงสามารถกำหนดเป็นหลักการเพื่อความสะดวกในการเขียนได้ดังนี้

1. การเขียนเส้นชั้นความสูง _____ ของแผนที่ หรือเรียงจากจุดต่างระดับที่อยู่ริมแผนที่
2. การเขียนเส้นชั้นความสูงจะเขียนแบบใช้มือเปล่า (free hand) ให้เป็นไปตามธรรมชาติและเส้นจะต้องสม่ำเสมอ
3. การเขียนเส้นชั้นความสูง ควรเขียนเส้นให้เป็นกลุ่มต่อเนื่องกันไป ไม่ควรเขียนเส้นหนึ่งเส้นใดจนจบสุดแผนที่ หรือเข้าบรรจบเส้นตัวเอง เพราะอาจจะทำให้ลืมเส้นชั้นความสูงบางเส้นที่แสดงความผิดปกติของพื้นที่ หรือลืมจุดที่หมายไว้ของค่าระดับต่างๆ ทำให้เสียเวลามาตรวจสอบใหม่
4. ถ้ามีทางน้ำ _____ โดยลากเส้นต่อจุดของค่าระดับแนวทางน้ำไว้ เพื่อที่จะทราบว่า มีแนวทางน้ำอยู่ส่วนไหนของพื้นที่

การเขียนเส้นชั้นความสูง (ต่อ)

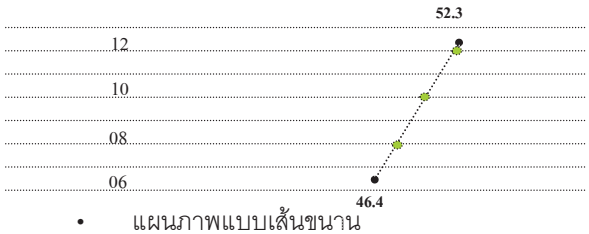
การเขียนเส้นชั้นความสูงสามารถกำหนดเป็นหลักการเพื่อความสะดวกในการเขียนได้ดังนี้

5. กรณีมีอาคาร เส้นชั้นความสูงจะไม่ผ่านเข้าอาคาร นอกจากว่าจะได้เก็บรายละเอียดแสดงระดับภายในอาคารอย่างชัดเจน
6. _____ จะต้องสุดที่ขอบแผนที่ หรือบรรจบกับเส้นของตัวเอง
7. การเขียนตัวเลขบอกเส้นชั้นความสูง จะไม่เขียนทับลงบนเส้น จะเขียนลงในช่องว่างที่เว้นไว้โดยให้อยู่ในที่เหมาะสมอ่านได้ง่าย จะเขียนเลขกำกับทุกเส้นชั้นความสูงหลัก ส่วนเส้นอื่นๆจะมีหรือไม่มีก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม

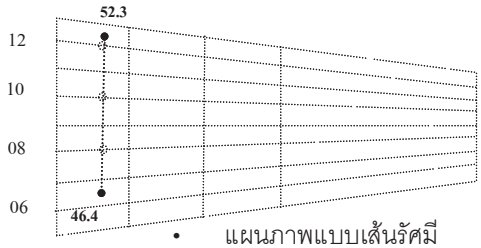
การเขียนเส้นชั้นความสูง (ต่อ)

การหาจุดที่มีความสูงเท่ากับเส้นชั้นความสูงเพื่อทำการเขียนเส้นชั้นความสูงสามารถทำได้โดยวิธีการดังนี้

1. **วิธีกะประมาณ (Estimation)** ผู้เขียนทำการประมาณด้วยตาหาตำแหน่งที่เส้นชั้นความสูงผ่าน พร้อมลากเส้นชั้นความสูง
2. **วิธีการคำนวณ (Computation)** ผู้เขียนคำนวณประมาณภายใน (Interpolation) เช่น แผนที่เส้นชั้นความสูง 2 เมตร ระดับจุด C = 46.4 เมตร D = 52.3 เมตร ถ้าวัดระยะระหว่างจุด C กับ D ได้ 4 ซม. ระยะจากจุด C ถึงจุดที่เส้นชั้นความสูง 48,50,52 ผ่าน คือ
   - เส้นชั้นความสูง 48 = 4x(48.0–46.4)/(52.3–46.4) = 1.1 ซม.
   - เส้นชั้นความสูง 50 = 4x(50.0–46.4)/(52.3–46.4) = 2.4 ซม.
   - เส้นชั้นความสูง 52 = 4x(52.0–46.4)/(52.3–46.4) = 3.8 ซม.
3. **วิธีใช้แผนภาพ (Graphic)** ใช้แผ่นใสหรือกระดาษไขโปร่งแสงมี 2 ลักษณะ คือ

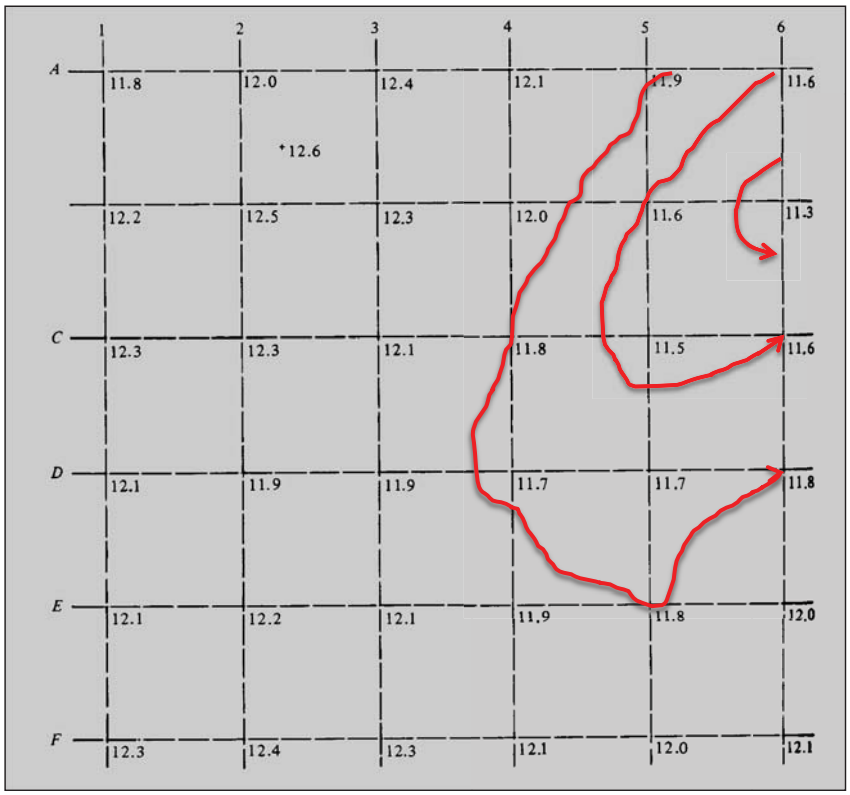


- แผนภาพแบบเส้นขนาน



- แผนภาพแบบเส้นรัศมี

การเขียนเส้นชั้นความสูง (ต่อ)



การตรวจสอบความถูกต้อง

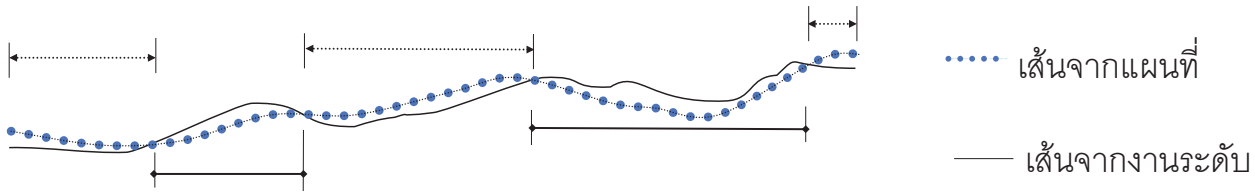
การตรวจสอบต้องทำทั้งทางราบและทางดิ่ง โดยเลือกจุดทดสอบอย่างน้อย 10 จุด ทำการวัดเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากแผนที่กับค่าที่วัดได้จากพื้นที่จริง

1. การตรวจสอบทางราบ เกณฑ์ที่ต้องการ

- ค่าคลาดเคลื่อนของระยะทางราบเฉลี่ยจะต้องไม่เกินค่า ๆ หนึ่ง
- ร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนของพื้นที่วัดจากแผนที่ต้องไม่เกินค่า ๆ หนึ่ง

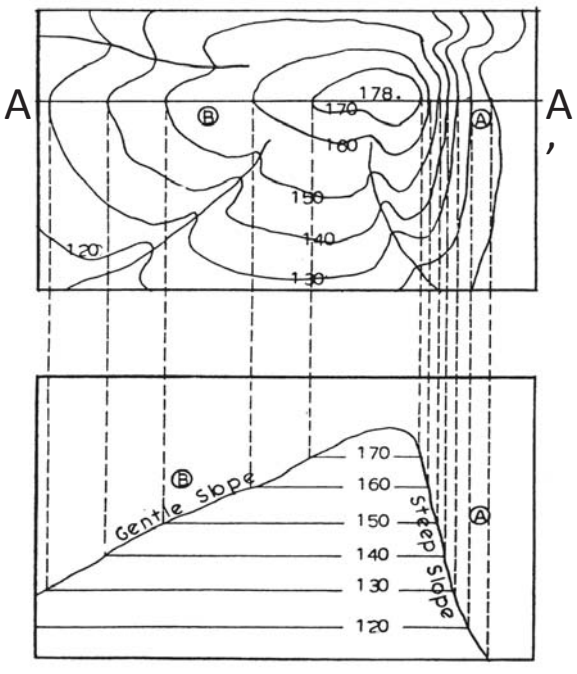
2. การตรวจสอบทางดิ่ง เกณฑ์ความถูกต้องกำหนดเป็นค่าสูงสุดของ

- ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของระดับที่ได้จากแผนที่กับระดับที่ได้จากการทำระดับ
- ค่าคลาดเคลื่อนสูงสุดของอัตราส่วนระยะของแนวที่อยู่เหนือผิวดินกับที่อยู่ใต้ผิวดินที่แสดงให้เห็นจากการเปรียบเทียบแนวเส้นผิวดิน



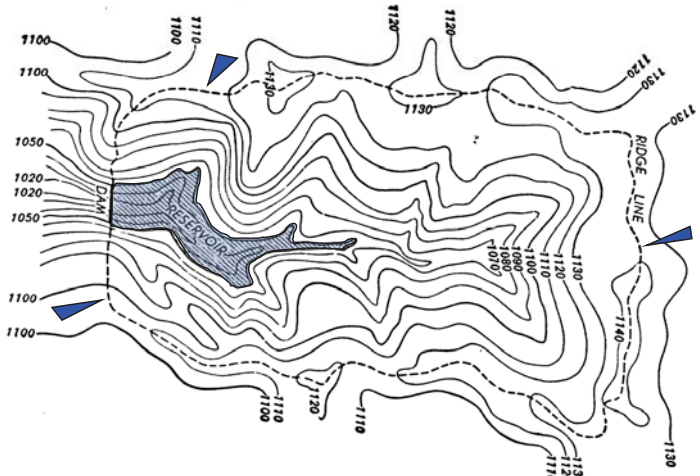
ประโยชน์ของแผนที่เส้นชั้นความสูง

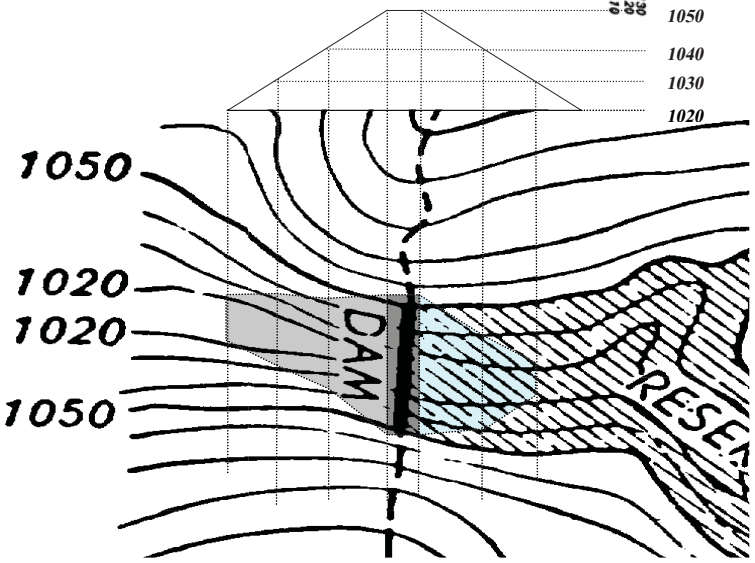
1. ใช้แผนที่ศึกษาลักษณะของบริเวณใด ๆ ได้โดยไม่ต้องออกไปดูสถานที่จริง ทำให้รู้ว่าภูมิประเทศบริเวณนั้นเป็นที่ราบหรือภูเขา
2. ใช้แผนที่ในการออกแบบหรือตัดสินใจเลือกสถานที่ ที่เหมาะสมสำหรับโครงงานทางวิศวกรรมต่างๆ
3.
4. ใช้แผนที่หารูปตัดของพื้นที่ โดยการเขียนรูปตัดจากค่าระดับที่ได้จากเส้นชั้นความสูง
5. ใช้แผนที่ในการหาว่าจุด 2 จุดสามารถมองเห็นกันหรือไม่



(ต่อ)

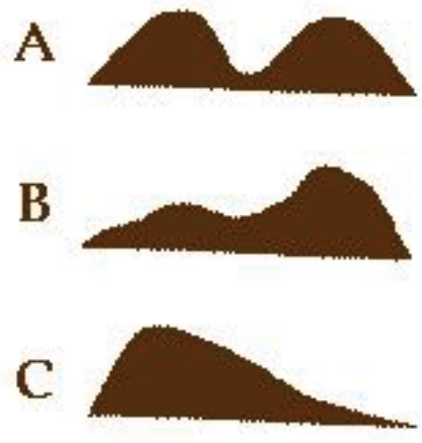
6. ใช้แผนที่หาพื้นที่เก็บกักน้ำและพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำ เพื่อคำนวณความจุการเก็บน้ำและปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างได้
7. ใช้แผนที่ในการหารอยตัดของผิวดินกับขอบสิ่งก่อสร้างเพื่อหาขอบเขตของพื้นที่ก่อสร้าง





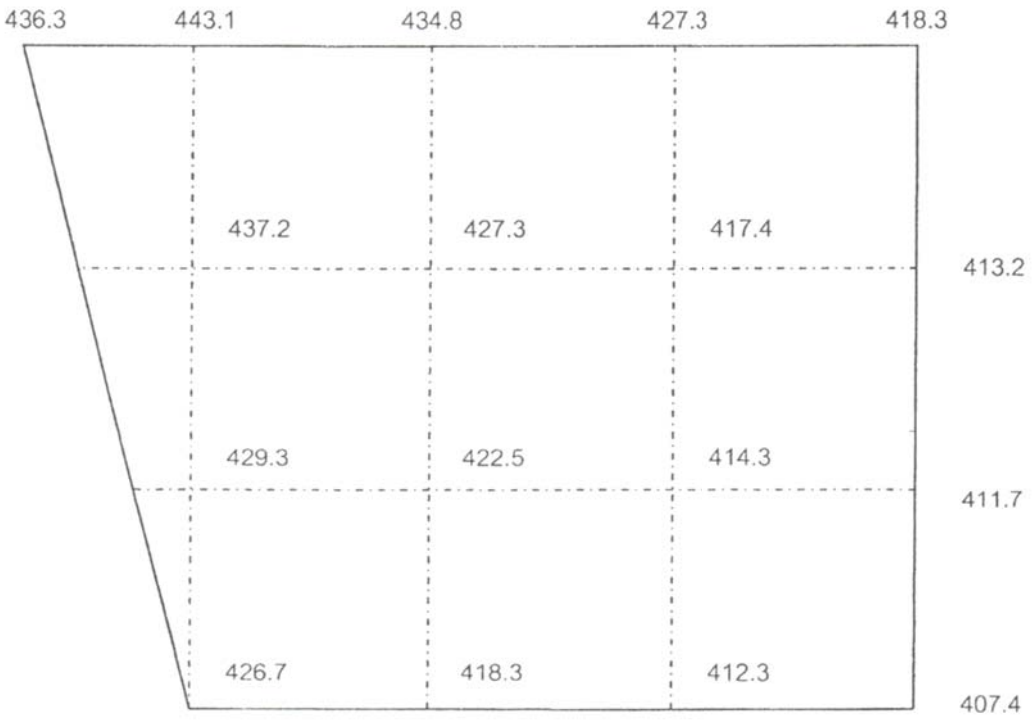
แบบฝึกหัด

1. เส้นชั้นความสูงมีกี่ประเภท อะไรบ้าง
2. ค่าความลาดชันของพื้นที่มีความสัมพันธ์กับระยะห่างของเส้นชั้นความสูงอย่างไร จงอธิบาย
3. จงยกตัวอย่างประโยชน์ของเส้นชั้นความสูงในงานทางวิศวกรรมมา 4 ข้อ
4. แผนที่กับแผนผังต่างกันอย่างไร
5. จงเขียนเส้นชั้นความสูงของรูป A, B และ C โดยใช้วิธีกะ

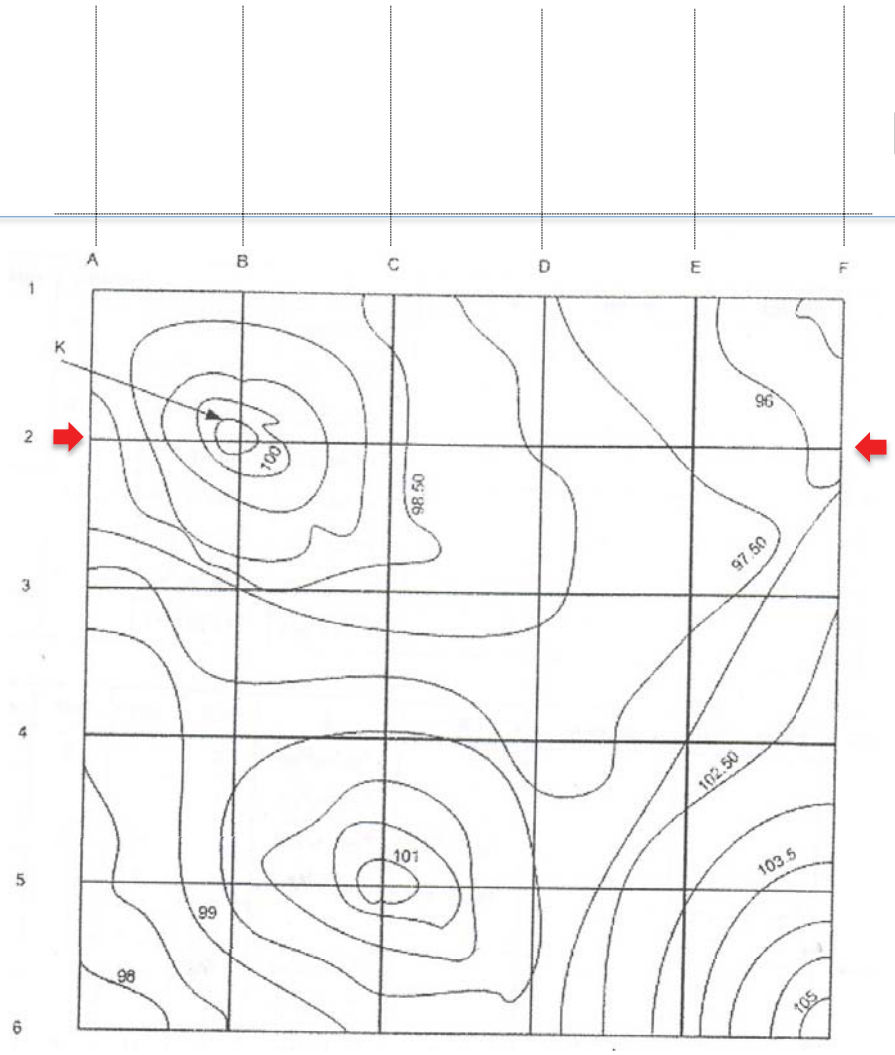


แบบฝึกหัด

จงเขียนเส้นชั้นความสูงทุก ๆ 5 เมตร



แบบฝึกหัด

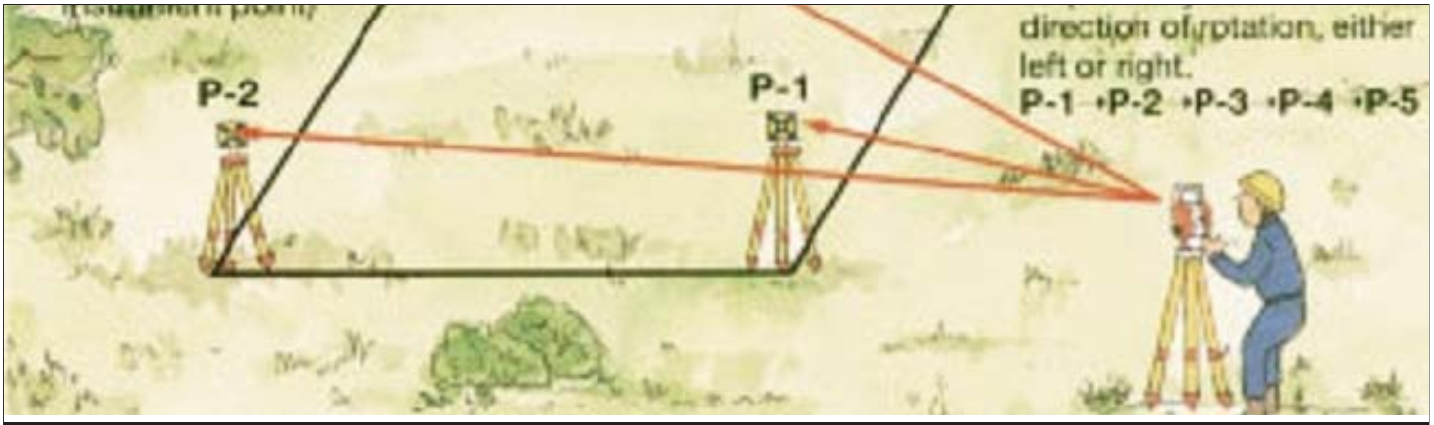


จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

- Contour internal มีค่าเท่ากับเท่าไหร
- ค่าระดับที่หัวลูกศร K มีค่าเท่าไหร
- จุดยอดที่มีค่าสูงสุดในแผนที่มีค่าเท่ากับเท่าไหร
- ในแผนที่มีจุดยอดเขาเท่าไหร
- จงเขียนรูปตัดตามยาวในแนว 2 ในพื้นที่หัวกระดาษ

อ้างอิง

1. การสำรวจรังวัด : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ ... วิชัย เยี่ยงวีรชน
2. เอกสารคำสอนการสำรวจ 1 ... วินิจ จึงเจริญธรรม
3. การรังวัดเบื้องต้น ... ผศ.ดร.พุทธิพล ดำรงชัย
4. รูปภาพทั้งหมดจากอินเตอร์เนต



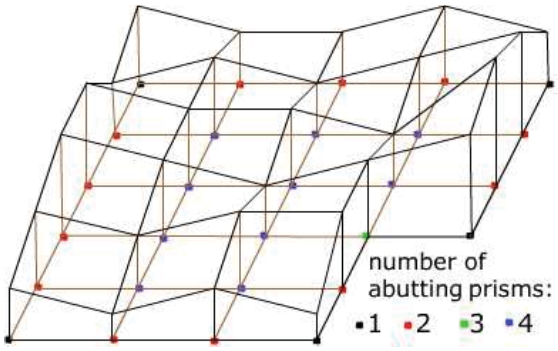
Area and Volume

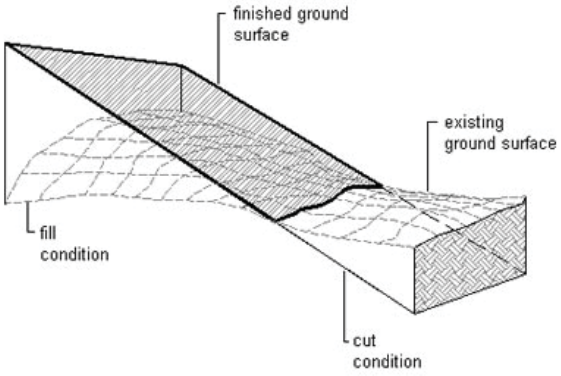
Suriyah Thongmunee

1–2557

Contents

- บทนำ
- การหาพื้นที่โดยการรังวัด
- การหาพื้นที่จากแผนผังหรือแผนที่
-
-
- การหาปริมาตรจากรูปตัด
- การหาปริมาตรจากเส้นชั้นความสูง
- การหาปริมาตรจากจุดความสูง





บทนำ

โครงการทางด้านวิศวกรรมขนาดใหญ่ เช่น เขื่อน คลองส่งน้ำ สนามบิน เป็นต้น จำเป็นที่จะต้องทำแผนที่ภูมิประเทศ และทำการออกแบบรายละเอียด เพื่อคำนวณเพื่อหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้าง ซึ่งรวมไปถึงงานปริมาณงานดินที่จำเป็นต้องขุด ถม หรือเตรียมวัสดุต่าง ๆ

การคำนวณปริมาณงานจะต้องเริ่มคำนวณจากพื้นที่เป็นอันดับแรก ซึ่งพื้นที่ในงานรังวัดนั้น หมายถึงพื้นที่บนระนาบราบ ไม่ใช้พื้นที่ตามผิวดินจริง หรือเป็นพื้นที่ในระนาบดิ่งก็ได้ หลังจากนั้นจึงคำนวณหาปริมาตรต่อไป

ข้อมูลสำหรับหาพื้นที่และปริมาตร

-
-

บทนำ

วิธีการหาพื้นที่แบ่งได้ 3 วิธี
(1) การหาพื้นที่โดยการรังวัดบนภูมิประเทศ
(2) การหาพื้นที่โดยการวัดจากแผนที่
(3) การหาพื้นที่จากระยะฉากและพิกัดฉาก

วิธีการหาปริมาตรแบ่งได้ 3 วิธี
(1) การหาปริมาตรจากพื้นที่รูปตัด
(2) การหาปริมาตรจากเส้นชั้นความสูง
(3) การหาปริมาตรจากจุดความสูง

ความถูกต้องของการคำนวณพื้นที่และปริมาตรจะขึ้นกับปัจจัย 3 อย่างคือ

1.
2. ความถูกต้องของการเขียนแผนผัง
3. วิธีการที่ใช้ในการคำนวณ ถ้ารูปพื้นที่ไม่เป็นรูปทรงทางเรขาคณิต ผลลัพธ์ที่คำนวณได้จะเป็นค่าที่ใกล้เคียงเท่านั้น

การหาพื้นที่โดยการรังวัด

สูตรทางเรขาคณิตและตรีโกณมิติ

เป็นวิธีการที่สามารถแบ่งพื้นที่ในการทำการรังวัดเป็นพื้นที่ย่อย ให้สามารถใช้สมการทางเรขาคณิตพื้นฐานหาค่าได้โดยตรง เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมคางหมู เป็นต้น ซึ่งการวัดจะวัดระยะเป็นหลัก แต่อาจจะมีการวัดมุมด้วยบางกรณี

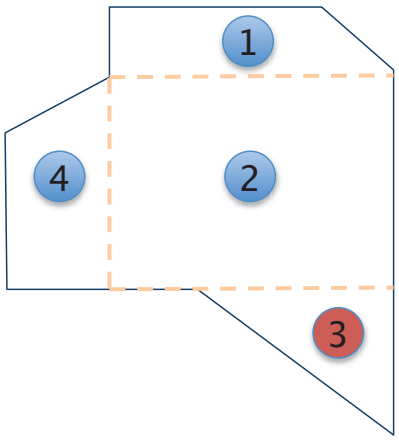
พื้นที่ของสามเหลี่ยม

$A = \frac{1}{2} bh$

$= [s(s-a)(s-b)(s-c)]^{\frac{1}{2}}$

$= \frac{1}{2} ab \sin \theta$

เมื่อ a, b, c คือ ระยะของด้าน
h คือความสูงจากด้าน b
θ คือมุมระหว่างด้าน a และ b



การหาพื้นที่โดยการรังวัด

สูตรทางเรขาคณิตและตรีโกณมิติ

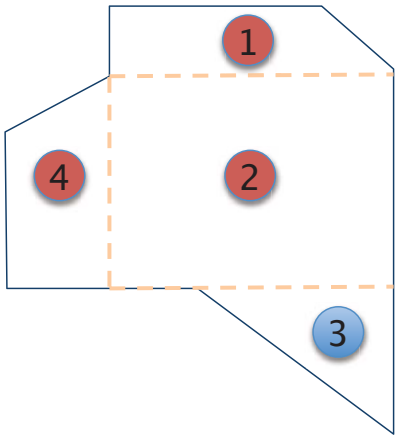
เป็นวิธีการที่สามารถแบ่งพื้นที่ในการทำการรังวัดเป็นพื้นที่ย่อย ให้สามารถใช้สมการทางเรขาคณิตพื้นฐานหาค่าได้โดยตรง เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมคางหมู เป็นต้น ซึ่งการวัดจะวัดระยะเป็นหลัก แต่อาจจะมีการวัดมุมด้วยบางกรณี

พื้นที่ของสี่เหลี่ยม

A = bh ..... สี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือจัตุรัส

= bh ..... สี่เหลี่ยมด้านขนาน

= ½ $(b_1+b_2)h$



การหาพื้นที่โดยการรังวัด

วิธีการวัดระยะตั้งฉาก (Offset)

เป็นวิธีการหาพื้นที่ระหว่างแนวเส้นตรงกับแนวเขตคดโค้ง โดยจะทำการวัดระยะตั้งฉากจากแนวเส้นตรงไปยังเขต โดยกำหนดให้ช่วงห่างคงที่เพื่อง่ายสำหรับการคำนวณ การคำนวณมี 4 วิธีดังต่อไปนี้

1. Mid-ordinate rule

A = ∑m × d

2. Average ordinate rule

A = ∑O × D/n = ∑O × d

3. Trapezoidal rule

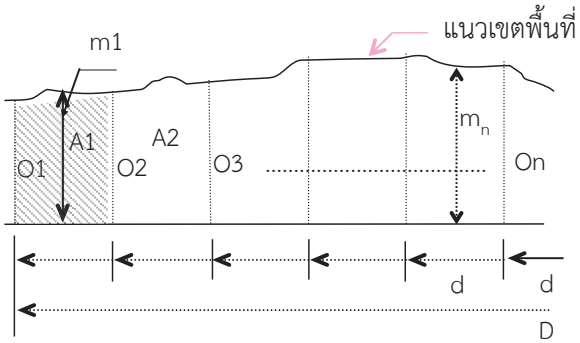
4. Simson's rule

A = $(d/3)[O_1+O_n+4\sum O''+2\sum O']$

Low

Accuracy

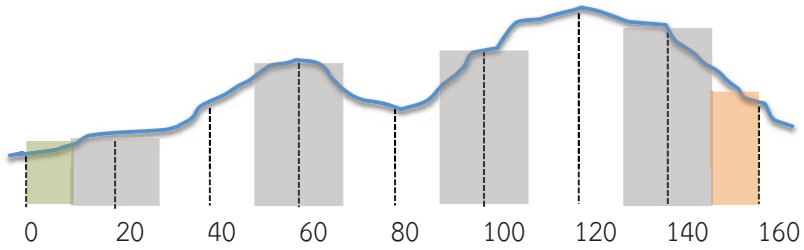
High



ตย. การหาพื้นที่โดยใช้การรังวัด

จากการวัดระยะฉากออกจากเส้นวัดไปยังแนวเขตที่ดิน ได้ข้อมูลระยะตั้งฉากช่วงละ 20 เมตร จงหาพื้นที่ระหว่างเส้นรังวัดกับแนวเขตที่

ช่วงระยะ (เมตร)	0	20	40	60	80	100	120	140	160
ระยะฉาก (เมตร)	2.3	3.8	4.5	6.7	5.2	7.3	8.9	8.2	5.5



วิธีที่ 1 Mid-ordinary rule

A =

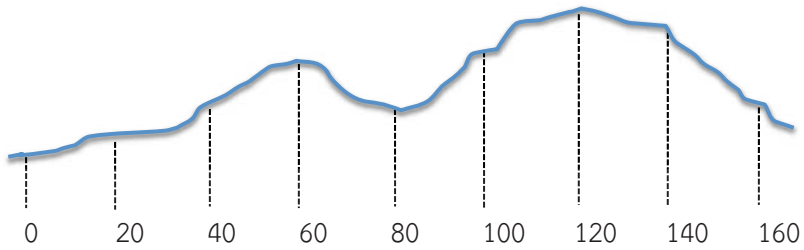
=

=

ตย. การหาพื้นที่โดยใช้การรังวัด

จากการวัดระยะฉากออกจากเส้นวัดไปยังแนวเขตที่ดิน ได้ข้อมูลระยะตั้งฉากช่วงละ 20 เมตร จงหาพื้นที่ระหว่างเส้นรังวัดกับแนวเขตที่

ช่วงระยะ (เมตร)	0	20	40	60	80	100	120	140	160
ระยะฉาก (เมตร)	2.3	3.8	4.5	6.7	5.2	7.3	8.9	8.2	5.5



วิธีที่ 2 Average ordinary rule

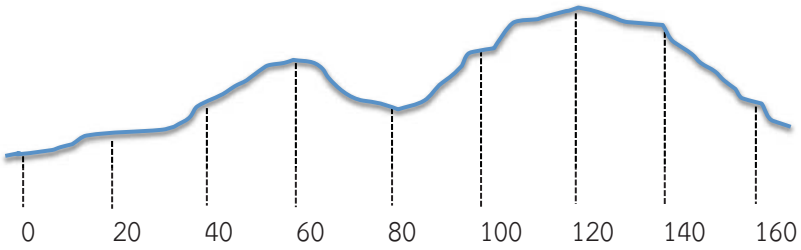
A =

=

ตย. การหาพื้นที่โดยใช้การรังวัด

จากการวัดระยะฉากออกจากเส้นวัดไปยังแนวเขตที่ดิน ได้ข้อมูลระยะตั้งฉากช่วงละ 20 เมตร จงหาพื้นที่ระหว่างเส้นรังวัดกับแนวเขตที่

ช่วงระยะ (เมตร)	0	20	40	60	80	100	120	140	160
ระยะฉาก (เมตร)	2.3	3.8	4.5	6.7	5.2	7.3	8.9	8.2	5.5



วิธีที่ 3 Tropetzoidal rule

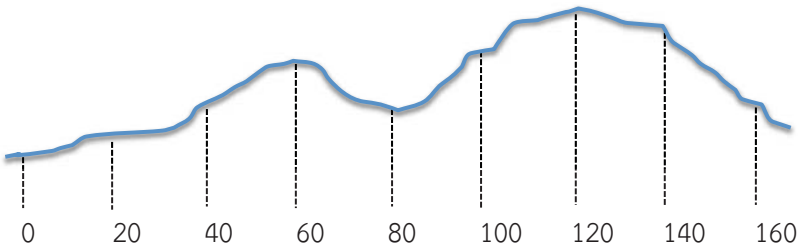
A =

=

ตย. การหาพื้นที่โดยใช้การรังวัด

จากการวัดระยะฉากออกจากเส้นวัดไปยังแนวเขตที่ดิน ได้ข้อมูลระยะตั้งฉากช่วงละ 20 เมตร จงหาพื้นที่ระหว่างเส้นรังวัดกับแนวเขตที่

ช่วงระยะ (เมตร)	0	20	40	60	80	100	120	140	160
ระยะฉาก (เมตร)	2.3	3.8	4.5	6.7	5.2	7.3	8.9	8.2	5.5



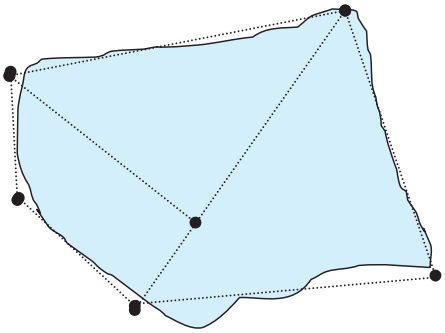
วิธีที่ 4 Simson's rule

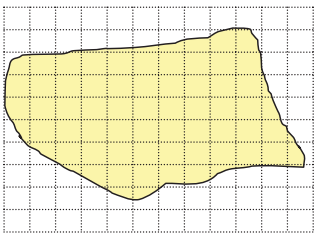
A =

=

การหาพื้นที่จากแผนผังหรือแผนที่

1. **วิธีแบ่งพื้นที่เป็นรูปทรงเรขาคณิต** โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม ให้พื้นที่ในและนอกที่เส้นตรงตัดผ่านเท่ากันทั้งสองด้าน
2. **วิธีการนับตารางกริด** โดยใช้แผ่นใสทาบ คือ แผ่นใสตารางรูปสี่เหลี่ยม และแผ่นใสเส้นขนานช่องห่างเท่าๆกัน แบ่งครึ่งช่องด้วยเส้นประ
3. _____ มี 2 ชนิด คือ เครื่องวัดแบบจุดขั้ว (Polar Planimeter) และเครื่องวัดแบบล้อ (Rolling Planimeter)





การหาพื้นที่จากแผนผังหรือแผนที่

วิธีการใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ (Planimeter)

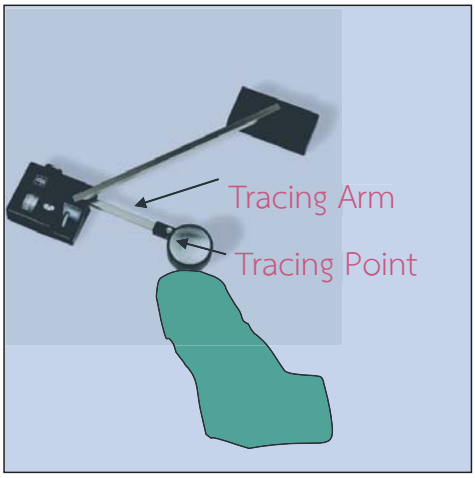
(1) ปรับความยาวของแขนหมุดเขียน (Tracing Arm)

(2) วางหมุดขั้วปักลงบนกระดาษแผนที่ภายนอกพื้นที่ที่จะวัด

(3) วางจุดมองบนเส้นขอบเขตพื้นที่เป็นจุดเริ่มต้น ตั้งค่าเริ่มเป็นศูนย์ หรืออ่านค่าเริ่ม (Initial Reading)

(4) เคลื่อนที่จุดมองตามแนวเส้นเขตของพื้นที่ไปตามเข็มนาฬิกา จนถึงจุดเริ่มต้น อ่านค่าสุดท้าย (Final Reading)

(5) หาผลต่างของค่าสุดท้ายกับค่าเริ่ม คือ ค่าอ่านพื้นที่



วิธีปฏิบัติโดยทั่วไป

- จะวัดพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมที่เขียนบนแผนที่ (a) แล้ววัดพื้นที่ที่ต้องการ (b)

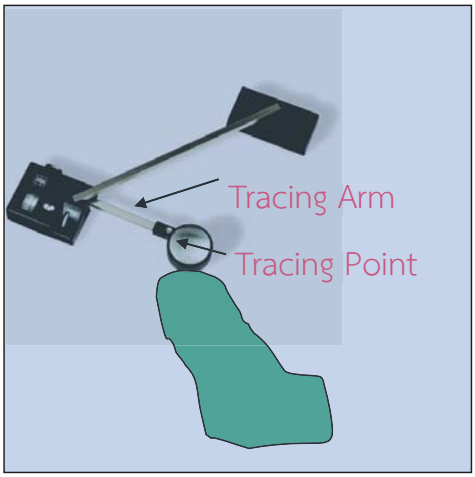
_____

- กรณีพื้นที่ขนาดใหญ่ นิยมแบ่งเป็นส่วนย่อยๆแล้วหาพื้นที่ทีละส่วนจะดีที่สุด

การหาพื้นที่จากแผนผังหรือแผนที่

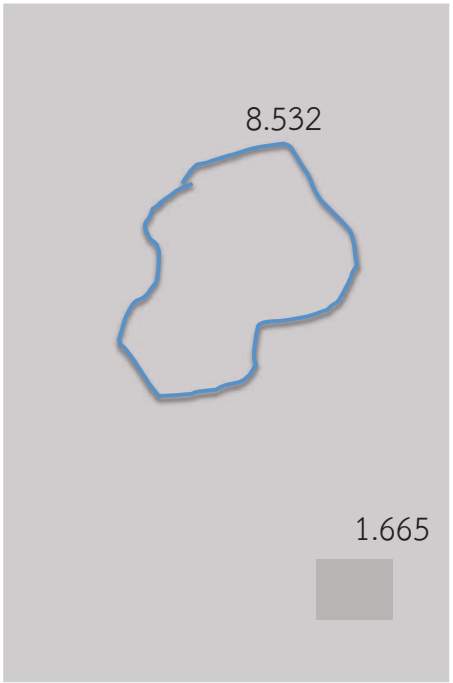
ข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือวัดพื้นที่

1. โต๊ะที่วางแผนที่จะต้องวางอยู่ในแนวราบ
2. ผิวของกระดาษแผนที่ควรเป็นผิวที่ราบเรียบ แผนที่ถูกม้วนโค้งไม่ควรใช้
3. ไม่ควรเสียเวลากับการตั้งเวอร์เนียร์หรือค่าอ่านเริ่มให้เป็นศูนย์
4. การเคลื่อนจุดมองอาจใช้ไม้บรรทัดตรงหรือบรรทัดโค้งช่วย
5.
6. ควรคำนวณตรวจสอบค่าพื้นที่ที่ได้เคร่าๆเพื่อป้องกันผิดพลาด



ตย. การหาพื้นที่โดยใช้แผนผัง

การวัดพื้นที่โดยใช้เครื่องมือวัดแผนที่ บนแผนที่มาตราส่วน 1:5000 ได้ผลต่างค่าอ่านของค่าสุดท้ายกับค่าเริ่มต้นเท่ากับ 8.532 และเมื่อนำไปวัดรูปสี่เหลี่ยมขนาด 2x3 เซนติเมตรได้ค่าความต่างเท่ากับ 1.665 จงหาพื้นที่ที่วัดได้จากแผนที่



วิธีทำ

พื้นที่จริงของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 2x2 เซนติเมตร

A_{2*2} =

=

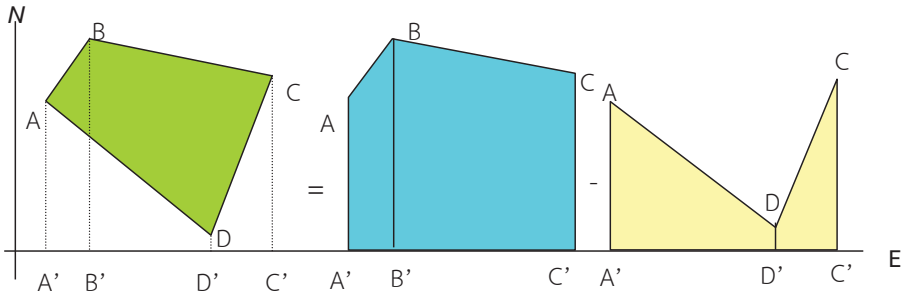
พื้นที่จริง ที่ต้องการวัด

A =

=

การหาพื้นที่โดยพิกัดฉาก

เป็นการหาพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยเส้นตรง พิกัดฉากอาจเป็น พิกัดเหนือ–ตะวันออก (N,E) หรือพิกัด X,Y ส่วนระยะฉากหมายถึง ระยะเหนือ (Lattitude) และระยะตะวันออก (Departure)



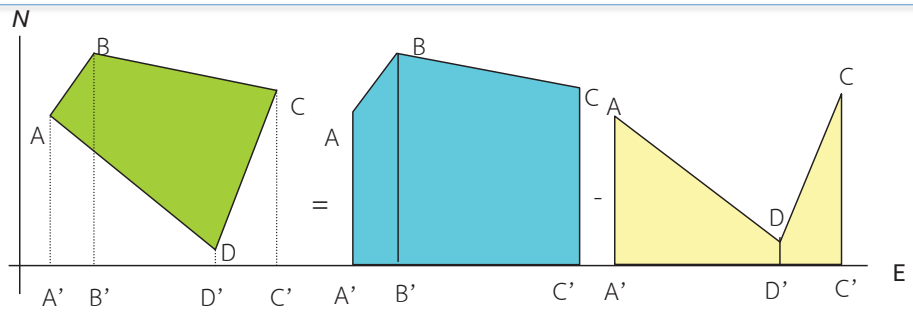
ABCD = A'ABCC' – A'ADCC'

= [ABB'A'+BCC'B'] – [DCC'D'+ ADD'A']

= [½ A'B'(AA'+BB')+½ B'C'(BB'+CC')]–[½ D'C'(DD'+CC')+½ A'D'(AA'+DD')]

2ABCD = [A'B'(AA'+BB')+ B'C'(BB'+CC')]–[D'C'(DD'+CC') + A'D'(AA'+DD')]

การหาพื้นที่โดยพิกัดฉาก



2ABCD = [A'B'(AA'+BB')+ B'C'(BB'+CC')]–[D'C'(DD'+CC') + A'D'(AA'+DD')]

จากสมการข้างบนแทนค่า

$A'B'=E_B-E_A$ $B'C'=E_C-E_B$ $D'C'=E_C-E_D$ $A'D'=E_D-E_A$

$AA'=N_A$ $BB'=N_B$ $CC'=N_C$ $DD'=N_D$

$2ABCD = [(E_B-E_A)(N_A+N_B)+(E_C-E_B)(N_B+N_C)]-[(E_C-E_D)(N_D+N_C)+(E_D-E_A)(N_A+N_D)]$

.....

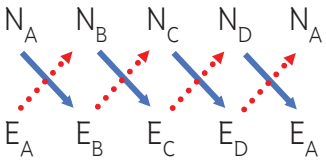
$2ABCD = [E_BN_A+E_CN_B+E_DN_C+E_AN_D]-[E_BN_A+E_CN_B+E_DN_C+E_AN_D]$

การหาพื้นที่โดยพิกัดฉาก

$2ABCD = [E_BN_A+E_CN_B+E_DN_C+E_AN_D]-[E_BN_A+E_CN_B+E_DN_C+E_AN_D]$

ซึ่งสามารถเขียนเป็นรูปไขว้ค่าพิกัดเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณดังนี้

2เท่าพื้นที่ =



โดย คูณลงเป็น + คูณขึ้นเป็น –

ข้อพึงระวัง

1. พื้นที่ที่ได้เป็นผลลัพธ์แน่นอน ไม่ใช่โดยประมาณ
2. การตั้งค่าพิกัดเริ่มที่จุดใดก็ได้ เรียงตามลำดับเหลี่ยมของรูป และจบด้วยจุดเริ่ม สลับไม่ได้
3. ถ้าพิกัดเป็นลบ ต้องนำเครื่องหมายลบมาคิดด้วย
4.
5. ระบบพิกัด X,Y ผลลัพธ์ที่ได้จะมีเครื่องหมายตรงข้ามกับพิกัด N, E

ตย. การหาพื้นที่โดยพิกัดฉาก

จากข้อมูลจากการรังวัดในสนามนำมาคำนวณพิกัดของหมุดวงรอบ ได้ค่าพิกัดดังแสดงในรูปตาราง จงหาพื้นที่ของวงรอบ

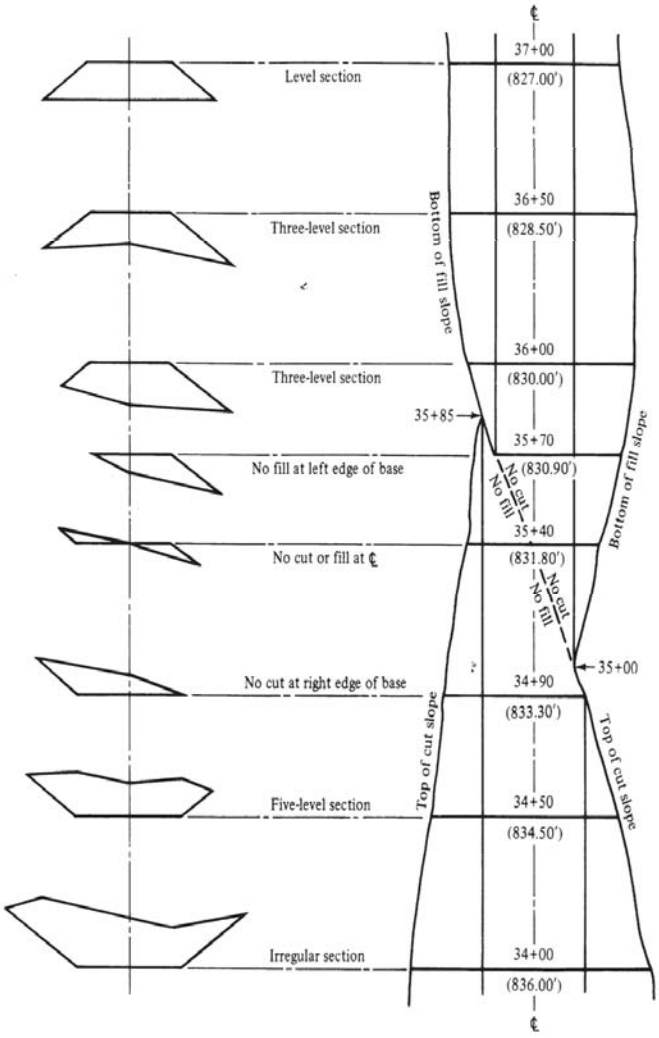
จุด	N	E	+	–
A	100.00	300.00		
B	439.33	402.64		
C	461.92	720.31		
D	577.79	968.74		
E	117.39	876.02		
F	210.92	647.83		
A	100.00	300.00		
Sum				
$2A\ (m^2)$				
$A\ (m^2)$				

SURIYAH THONGMUNEE....SURVEY 1

การหาพื้นที่รูปตัด

วัตถุประสงค์ของการหาพื้นที่รูปตัดคือ การหาปริมาตรงานดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานก่อสร้างทางที่ต้องคำนวณปริมาณงานดินขุดและดินถม เพื่อคิดราคางานและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการรังวัดรูปตัดขวางตามแนวทางจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้ทราบลักษณะพื้นดิน ส่วนแบบก่อสร้างจะกำหนดรูปตัดถนนที่ต้องการ ทำให้สามารถหาได้ว่าแต่ละช่วงของรูปตัดจะต้องขุดหรือถมดิน



การหาพื้นที่รูปตัด

การหาพื้นที่รูปตัดทำได้หลายวิธี แต่ที่นิยมใช้มากคือ

1. การนำรูปตัดลักษณะดินซ้อนทับกับรูปตัดถนนตามแบบก่อสร้าง แล้วค่อยทำการวัดพื้นที่โดยใช้ Planimeter หรือ ใช้แผนใสตีกริด และอื่น ๆ
2. คำนวณด้วยสูตรทางเรขาคณิตพื้นฐานดังนี้

$y = mx + c$ or $m = (x_2 - x_1) / (y_2 - y_1)$

หลังจากนั้นกำหนดให้

- ใส่แกนอ้างอิงที่จุดกึ่งกลางถนน
- ใส่พิกัด (x,y) ที่จุดตัด และจุดมุมทั้งหมด
- หาพิกัดในจุดที่ยังไม่ทราบโดยใช้สมการเรขาคณิตเบื้องต้น
- หาพื้นที่โดยการคำนวณจากพิกัด หรือแบ่งพื้นที่เป็นรูปทรงเรขาคณิตย่อย

ตย. การหาพื้นที่รูปตัด

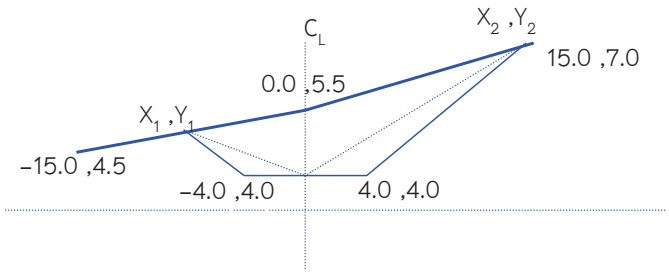
จงคำนวณพื้นที่รูปตัดขวางจากข้อมูล ดังนี้

ระยะจากแนวศูนย์กลาง	-15	0	15
ค่าระดับ	4.5	5.5	7.0

กำหนดให้ ความกว้างผิวถนน = 8.0 เมตร

ระดับผิวถนน = 4.0 เมตร

ความลาดด้านข้าง = 2:1 (ราบ:ดิ่ง)



สร้างสมการจาก General line equation: y = m x + b

จากสมการ (1) และ (2) แก้สมการได้ X1 = -6.176 และ Y1 = 5.088

จากสมการ (3) และ (4) แก้สมการได้ X2 = 8.750 และ Y2 = 6.375

พื้นที่รูปตัด = 0.5 (4x1.088 + 1.5x6.176 + 1.5x8.75 + 4x2.375)

= 18.12 ตารางเมตร

การหาปริมาตรจากรูปตัด

การหาปริมาตรจากรูปตัดส่วนใหญ่นิยม 3 วิธีคือ

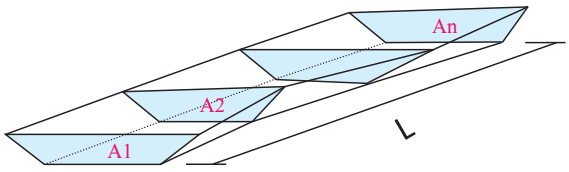
1. วิธีพื้นที่เฉลี่ย

$$V = \frac{(A_1 + A_2 + A_3 + \ldots + A_n)}{n} \times L$$

2. วิธีพื้นที่หัวท้ายเฉลี่ย

$$V = \left(\frac{A_1 + A_n}{2} + A_2 + A_3 + \ldots + A_{n-1}\right) \times d$$

3. วิธีสูตรพิสมอย



กำหนดให้

A_1, A_2, A_n = พื้นที่หน้าตัดต่าง ๆ

d = ระยะช่วงระหว่างพื้นที่หน้าตัด

L = ระยะทางทั้งหมด

V = ปริมาตรดินทั้งหมด

ตย. การหาปริมาตรจากรูปตัด

จงคำนวนปริมาตรของดินจากข้อมูลพื้นที่รูปตัดขวางที่ระยะต่างๆทุก 25 เมตรดังนี้

ระยะทาง m.	0	25	50	75	100	125	150
พื้นที่รูปตัดขวาง m^2	10.22	39.50	59.49	70.83	147.79	166.38	241.67

1. หาปริมาตรโดยวิธีเฉลี่ย

2. หาปริมาตรโดยวิธีหัวท้ายเฉลี่ย

ตย. การหาปริมาตรจากรูปตัด (ต่อ)

จงคำนวนปริมาตรของดินจากข้อมูลพื้นที่รูปตัดขวางที่ระยะต่างๆทุก 25 เมตรดังนี้

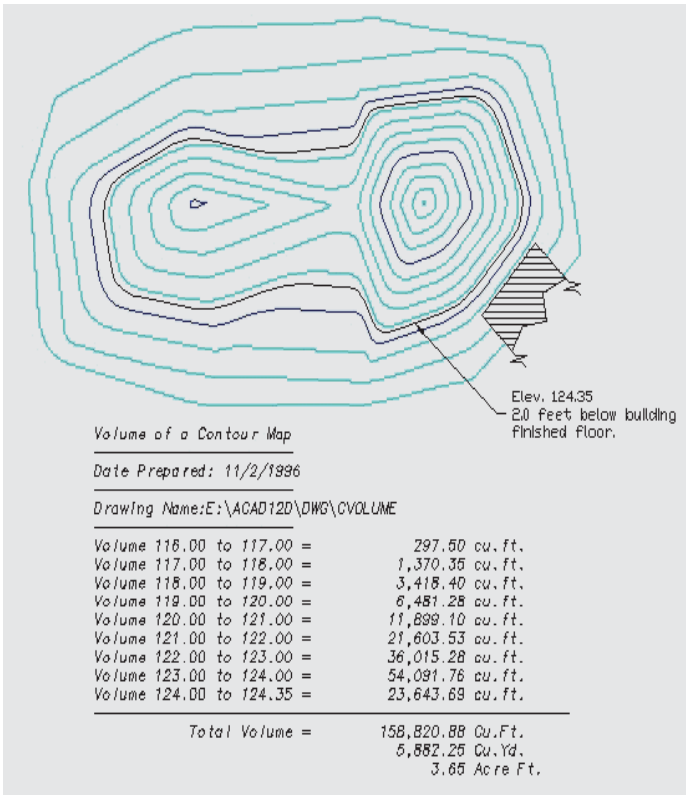
ระยะทาง m.	0	25	50	75	100	125	150
พื้นที่รูปตัดขวาง m^2	10.22	39.50	59.49	70.83	147.79	166.38	241.67

3. หาปริมาตรโดยวิธีพิสมอย

การหาปริมาตรจากเส้นชั้นความสูง

แผนที่เส้นชั้นความสูง ใช้คำนวณหาปริมาตรได้เช่นเดียวกับการคำนวณปริมาตรจากรูปตัดในแนวราบ เป็นรูปตัดที่ล้อมรอบด้วยเส้นชั้นความสูงแต่ละเส้น

พื้นที่รูปตัดในแนวราบอาจหาได้โดยใช้ Planimeter หรือวิธีกระดาษกราฟ หลังจากนั้นจึงใช้วิธีคำนวณปริมาตรแบบหัวท้ายเฉลี่ย หรือวิธีพิสมอยก็ได้



ตย. การหาปริมาตรจากเส้นชั้นความสูง

จงหาระดับน้ำสูงสุด เพื่อสร้างอ่างเก็บน้ำความจุ 3.54×10^6 ลบ.ม. ให้ระดับน้ำใช้ได้ต่ำสุดที่ 210 ม.

ค่าเส้นชั้นความสูง	230	227	224	221	218	215	212	209
พื้นที่ (ม.^{2})	290410	274900	229840	205130	178560	163420	118540	48310

ระดับ	พื้นที่	พื้นที่เฉลี่ย	ต่างระดับ	ปริมาตร	V สะสม
210	71720				---
		95130	2	190260	
212	118540				190260
		140980	3	422940	
215	163420				613200
		170990	3	512970	
218	178560				1126170
		191845	3	575535	
221	205130				1701705
		217485	3	652455	
224	229840				2354160
		252370	3	757110	
227	274900				3111270
		282655	3	847965	
230	290410				3959235

พื้นที่ที่ระดับ 210
= (118540-48310) /3 + 48310
= 71720

ตย. การหาปริมาตรจากเส้นชั้นความสูง

จงหาระดับน้ำสูงสุด เพื่อสร้างอ่างเก็บน้ำความจุ 3.54×10^6 ลบ.ม. ให้ระดับน้ำใช้ได้ต่ำสุดที่ 210 ม.

ค่าเส้นชั้นความสูง	230	227	224	221	218	215	212	209
พื้นที่ (ม.^{2})	290410	274900	229840	205130	178560	163420	118540	48310

ให้ค่าระดับที่ต้องการ = 227+y

พื้นที่ที่ระดับ (227+y)

= 274900+(290410−274900)y/3

= 274900 + 5170y

ปริมาตรส่วนที่ต้องการ $= \frac{[274900+(274900+5170y)].(y)}{2}$

$2x(3540000-3111270) = 549800\,y + 5170\,y^2$

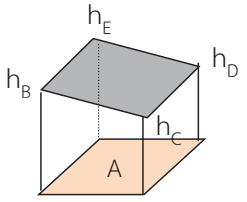
จะได้ $y = 1.537$

ค่าระดับน้ำสูงสุด = 227 + 1.537 = 228.54 เมตร

การหาปริมาตรจากจุดความสูง

การหาปริมาตรของดินที่ต้องขุดหรือถมในบริเวณกว้าง ๆ และมีขนาดใหญ่ เช่น บ่อยืม เป็นต้น วิธีที่เหมาะสมคือวัดความสูงของจุดที่กำหนด ซึ่งขั้นตอนในสนามมีดังนี้

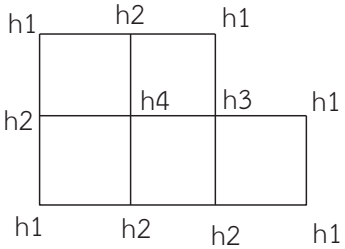
1. แบ่งพื้นที่ออกเป็นรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ก็ได้ **แต่**ต้องมีขนาดเท่ากันเพื่อง่ายต่อการคำนวณ นอกจากนี้ขนาดของรูปจะมีผลต่อความละเอียดของการคำนวณ
2. หาค่าระดับที่ผิวดินที่จุดมุมของทุกเหลี่ยม



การคำนวณหาปริมาตรจะคิดว่าแท่งดินมีหน้าตัดรูปเหลี่ยมตลอดความสูง แต่ความสูงของแต่ของแต่ละมุมของรูปเหลี่ยมไม่เท่ากัน

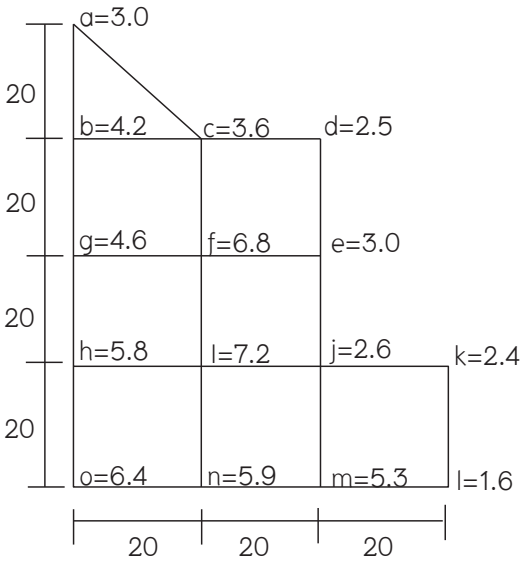
$$Volume\ of\ soil\ column = \frac{h_B + h_C + h_D + h_E}{4} \times A$$

$Volume\ of\ soil =$



ตย. การหาปริมาตรจากจุดความสูง

จากจุดความสูงของบ่อดินยืม จงหาปริมาตร ถ้าต้องการขุดดินถึงระดับ +0.0 เมตร



แบบฝึกหัด

1. จงคำนวณหาพื้นที่รูป ABCD ด้วยกฎของซิมป์สันซึ่งด้าน AB, BC, CD เป็นเส้นตรง และด้าน DA เป็นเส้นโค้งอกกด้านนอก โดยที่ AB = 50 m., BC = 80 m., CD = 50 m. และได้ทำการวัดระยะฉากจากเส้นโค้ง DA ไปยังเส้นตรง DA ได้ข้อมูลดังนี้

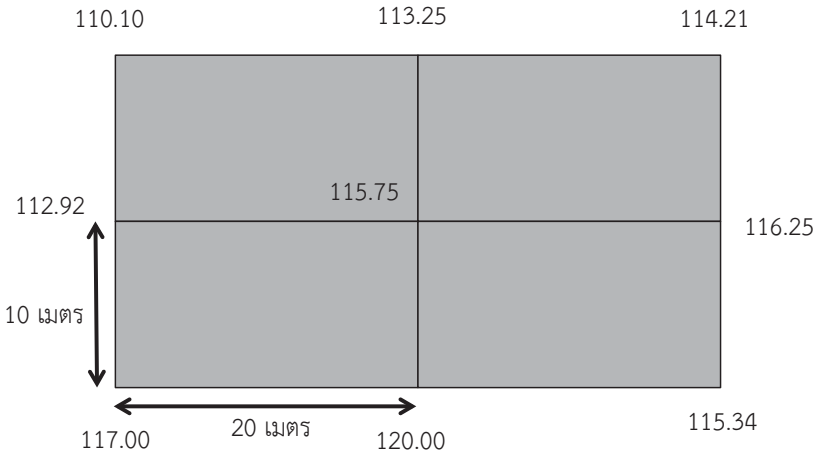
ช่วงระยะ (เมตร)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ระยะฉาก (เมตร)	0	2	3	4	5	4	3	2	0

2. จากข้อมูลรังวัดรูปตัดขวางตามแนวเส้นดังในตาราง ต้องการปรับพื้นที่ให้ได้ระดับ 0 เมตร กว้างข้างละ 10 เมตร และเพื่อป้องกันดินถล่มของผนังดินด้านข้าง จึงกำหนดให้ลาดเอียงดิ่งต่อราบคือ 1:2

Distance (m)	L				R		
	60	40	20	0	20	40	60
0	4	1	0	0	0	1	2.8
100	12.9	8.6	5	3	2	3	6
200	17.5	14.1	10.9	8	6	6	9.6
300	21.8	17.7	14.4	11.3	9.7	9.7	11
400	25	21.2	18	15.2	12.8	12	13.2

แบบฝึกหัด

3. ต้องการขุดบ่อจากระดับผิวดินเดิมดังรูป ลงไปถึงระดับความลึก 100 เมตรจากพื้นที่ผิวอ้างอิง จงคำนวณปริมาณดินขุด



อ้างอิง

1. การสำรวจรังวัด : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ ... วิชัย เยี่ยงวีรชน
2. เอกสารคำสอนการสำรวจ 1 ... วินิจ จึงเจริญธรรม
3. การรังวัดเบื้องต้น ... ผศ.ดร.พุทธิพล ดำรงชัย
4. รูปภาพทั้งหมดจากอินเตอร์เนต