บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

หลักการและทฤษฎี จากหนังสือการสำรวจรังวัด : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ ของ ผศ.วิชัย เยี่ยงวีรชน และ จากเว็บไซต์ http://www.cte.kmutt.ac.th:8080/WebProjectProduct/geomatic

2.1 หลักการ

การสำรวจ (Surveying) เป็นการหาตำแหน่งที่แน่นอนของจุด และความสัมพันธ์ของตำแหน่งของจุดที่อยู่บนหรืออยู่ใต้ผิวโลกหรืออยู่ในอากาศ โดยมีพิกัดกำกับ หรือเป็นการวัดระยะราบ ระยะดิ่งระหว่างวัตถุหรือจุด การวัดมุมราบ มุมสูง การวัดระยะและทิศทางของเส้นนั้น ค่าที่วัดได้จากการสำรวจจะนำมาคำนวณหาระยะจริง มุมทิศทาง ตำแหน่ง ค่าระดับเนื้อที่ และปริมาตร ค่าที่ได้จะนำไปสร้างเป็นแผนที่ได้ หรือนำไปเขียนแบบสำรวจเพื่อใช้กำหนดแบบแผนแม่บท (Master Plan) ใช้ในการออกแบบก่อสร้างและคำนวณราคา ซึ่งแบ่งการสำรวจได้ดังนี้

2.1.1 การสำรวจภาคพื้นดิน (Earth surface Surveying) เป็นการสำรวจโดยใช้เครื่องมือสำรวจทั่วไปเช่นการสำรวจด้วยโซ่ (Chain Surveying) การสำรวจด้วยกล้อง Theodolite และเทปวัด การสำรวจด้วยกล้อง ETS (Electronic Total Station) การหาทิศเหนือโดยใช้วิธีทางดาราศาสตร์ และ Gyroattachment หรือ Autogyroattachment ถ้าใช้เครื่องรับดาวเทียมหาทิศจะต้องตั้งห่างไกลตามความละเอียดของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (GPS Reciever)

2.1.2 การสำรวจทางอากาศ (Aerial Survey) เป็นการสำรวจโดยการบินถ่ายรูปทางอากาศ ปัจจุบันได้พัฒนาไปใช้เครื่องมือทางอิเลคทรอนิคส์ และรังสีอินฟราเรด หรือเรดาร์โดยใช้วิธีการ Scan แล้วเก็บภาพไว้ในระบบเทปวีดีทัศน์นอกจากนี้ยังมีการสำรวจโดยใช้ระบบความเฉื่อย การสำรวจหาความสูงต่ำของพื้นที่ โดยการใช้เลเซอร์ติดตั้งบนเครื่องบิน (Aircorne Laser Terrian Profiler) การหาความสูงและถ่ายภาพด้วยระบบเรดาร์ (Aircorne Raber Profiler)

2.1.3 การสำรวจด้วยดาวเทียม (Satellite Surveying) การสำรวจด้วยดาวเทียมจะมีหลายอย่างเช่น การใช้ดาวเทียมเพื่อกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System = GPS) และการใช้ดาวเทียมถ่ายรูปโลกโดยการสะแกนเหมือนกับใช้เครื่องบิน

2.1.4 การสำรวจใต้ดิน (Underground Surveying) เป็นการเจาะเพื่อหาแร่ธาตุและทรัพยากรต่าง ๆ ปริมาณแร่หรือน้ำมันสำรอง การสำรวจเพื่อการเจาะอุโมงค์ การสำรวจทางธรณีวิทยา เพื่อหาโครงสร้างของเปลือกโลก ทั้งนี้การกำหนดตำแหน่งโดยการสำรวจจะมีความสำคัญต่อการสำรวจชนิดนี้เป็นอย่างมาก

2.1.5 การสำรวจทางสมุทรศาสตร์ เป็นการสำรวจหาความเร็วของกระแสน้ำ ทิศทางของกระแสน้ำ การหาความสูงต่ำของท้องทะเลเพื่อการเดินเรือ เพื่อทำแผนที่ทางทะเล การหาอุณหภูมิของน้ำทะเลเพื่อใช้ประโยชน์ในการประมงซึ่งการสำรวจจะใช้ดาวเทียม โดยใช้ระบบอินฟราเรด

2.2 คำนิยามการสำรวจ และการระดับ

- **งานระดับ (Levelling)** หมายถึง การหาความสัมพันธ์ของความสูงต่ำของจุดต่างๆที่ต้องการหาบนพื้นโลก

- **ผิวระดับ (Level Surface)** หมายถึง พื้นผิวที่มีจุดทุกจุดตั้งฉากกับแนวแรงดึงดูดของโลก

- **เส้นระดับ(Level Line)** หมายถึง เส้นที่อยู่บนผิวระดับ

- **ฐานระดับ(Datum)** หมายถึง ผิวระดับที่ใช้อ้างอิงในการคำนวณหาระยะตามแนวดิ่ง มีค่าความสูงเป็นศูนย์ และนิยมใช้ระดับน้ำทะเลปานกลางเป็นฐานระดับ

- **ค่าระดับ (Elevation)** หมายถึง ระยะตามแนวดิ่งซึ่งวัดจากฐานระดับไปถึงจุดที่ต้องการทราบค่า

- **แนวราบ(Horizontal Line)** หมายถึง เส้นตรงที่ตั้งฉากกับแนวแรงดึงดูดของโลกตรงจุดสัมผัสกับผิวระดับ

- **หมุดระดับ (Bench Mark)** หมายถึง จุดที่ทราบค่าระดับ และใช้เป็นจุดอ้างอิงในงานระดับ

- **ไม้ระดับหลัง (Back Sight)** หมายถึง ค่าที่อ่านได้จากไม้ระดับของจุดที่ทราบค่าระดับหรือจุดที่หาค่าระดับได้โดยเป็นค่าแรกที่อ่านหลังจากตั้งกล้องเสร็จ

- **ไม้ระดับหน้า (Fore Sight)** หมายถึง ค่าที่อ่านได้จากไม้ระดับของจุดที่ต้องจากทราบค่าระดับเป็นจุดสุดท้ายก่อนการย้ายกล้อง

- **ไม้ระดับกลาง(Intermediate Fore Sight)** หมายถึง ค่าที่อ่านได้จากไม้ระดับซึ่งอยู่ระหว่างไม้ระดับหน้าและไม้ระดับหลัง

- ความสูงของแนวเล็ง (Height of Instrument) หมายถึง ความสูงของแนวเล็งของกล้องระดับวัดจากฐานระดับ

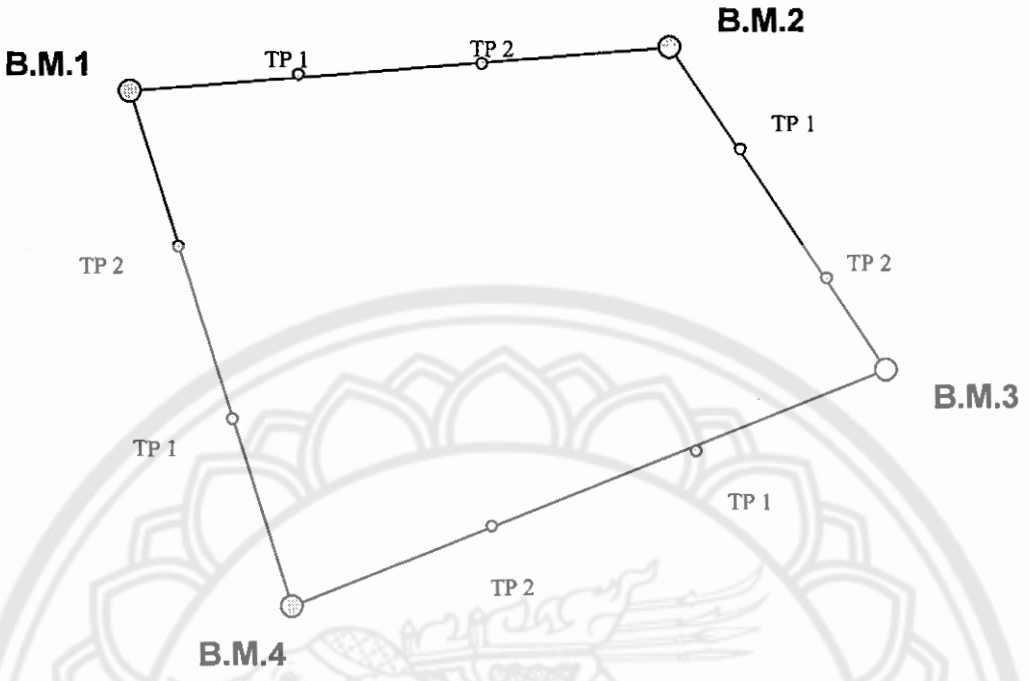
- จุดถ่ายระดับ (Turning Point) หมายถึง จุดที่มีการอ่านค่าทั้งไม้ระดับหน้าและไม้ระดับหลัง เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในการหาค่าระดับของจุดต่อไป

2.3 รูปแบบการทำระดับ

2.3.1 การทำระดับวงรอบเปิด เป็นการทำงานระดับที่ไม่ครบรูปวงรอบ คือ เริ่มต้นส่องกล้องจากระดับของหมุดหลักฐานเดิมไปยังหมุดหลักฐานใหม่เรื่อยๆ ปกติผู้ทำระดับแบบนี้จะทำงาน2ครั้งเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

รูปที่ 2.1 การทำระดับแบบเปิด

2.3.2 การทำระดับวงรอบปิด เป็นการทำงานระดับที่ครบรูปวงรอบ คือ เริ่มต้นส่องกล้องจากระดับของหมุดหลักฐานใดก็ส่องกล้องกลับมาบรรจบหมุดหลักฐานอันเดิมนั้นจะทำให้ทราบค่าความถูกต้องในการทำงานได้ เมื่อส่องกล้องไม้หน้า(F.S.)เข้าหาหมุดหลักฐานเดิมแล้ว ค่าระดับได้เท่าเดิม



รูปที่ 2.2 การทำระดับวงรอบปิด

2.4 การทำระดับด้วยวิธี 3 สายใย (Three - Wire Leveling)

เป็นการทำระดับจากการอ่านระดับจากสายใยทั้งสาม วิธีนี้ทำระดับแบบนี้จะให้ความละเอียดดีกว่าการทำระดับแบบสายใยเดียว เหมาะสำหรับใช้ในการถ่าย BM ที่ต้องการความละเอียด เพราะสามารถขจัดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากความโค้งของโลกและการหักเหของแสง ความผิดเนื่องจากสายใยกล้องเอียง เนื่องจากสามารถทราบระยะทางจากจุดตั้งกล้องไปยัง B.S. และ F.S. ด้วยวิธี Stadia และสามารถรักษาระยะทางดังกล่าวให้เท่ากันได้

เครื่องมือที่ใช้นั้น เป็นกล้องที่มีความละเอียดและมีความไวของหลอดระดับที่ไวมาก ในขณะที่อ่านค่าไม้ระดับแต่ละครั้งตรวจสอบได้จาก การเปรียบเทียบระหว่างผลต่างของสายใย คือ สายใยบนกับสายใยกลาง และสายใยกลางกับสายใยล่าง ผลต่างทั้งสองค่าจะต้องมีค่าเท่ากับหรือมีค่าความคลาดเคลื่อนต่างกันได้ไม่เกิน 2 มม. ถ้าต่างกันมากกว่านี้ต้องอ่านใหม่

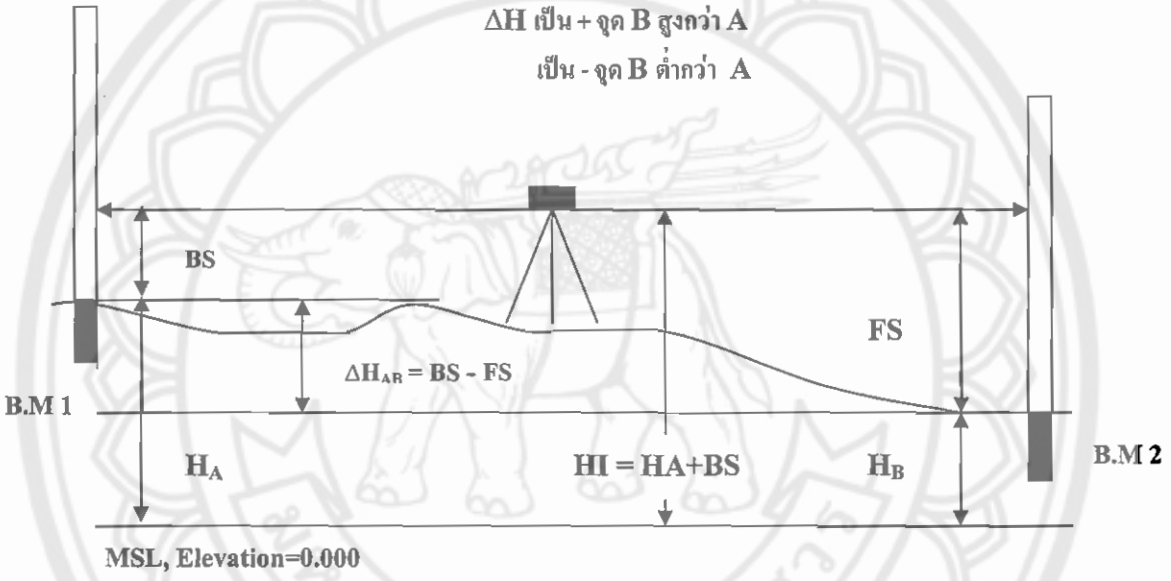
ในการทำระดับแบบสามสายใยจะช่วยตรวจสอบความถูกต้องของการอ่านค่าบนไม้ระดับได้เป็นอย่างดีและช่วยให้การทำงานมีความระเอียดมากยิ่งขึ้น

2.5 ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ต้องการถ่ายระดับจาก B.M.1 ไป B.M.2

2. ทำการถ่ายระดับโดยวิธี Differential คือตั้งกล้องระดับระหว่าง B.M.1 กับ B.M.2 หมุนกล้องส่อง (B.S.) ที่หมุด B.M.1 อ่านค่าบนไม้วัดระดับ 3 สายใย (บน, กลาง, ล่าง) แล้วบันทึกค่าลงในสมุดสนาม

3. หมุนกล้องส่อง (F.S.) ที่หมุด B.M.2 อ่านค่าบนไม้วัดระดับ 3 สายใย (บน, กลาง, ล่าง) แล้วบันทึกค่าลงในสมุดสนาม



รูปที่ 2.3 การหาค่าระดับความสูงด้วยกล้องระดับ

จากรูป จุด B.M.1 เป็นจุดที่ทราบค่าระดับเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (MSL) เท่ากับ H_A ต้องการหาค่าระดับความสูงที่จุด B.M.2 ทำการตั้งกล้องระดับอยู่ระหว่างกลาง B.M.1 และ B.M.2 ตั้งไม้ระดับที่ B.M.1 และ B.M.2 อ่านค่าไม้ระดับที่จุด B.M.1 ซึ่งทราบค่าระดับ ดังนั้นค่าไม้ระดับที่อ่านได้เรียกว่า ค่าไม้หลัง (Back-Sight , BS) อ่านไม้ระดับที่จุด B.M.2 เป็นค่าไม้ระดับหน้า (Fore-Sight , FS) สามารถคำนวณค่าระดับความสูงของจุด B เหนือระดับน้ำทะเลปานกลางได้ดังนี้

คำนวณ ค่าความสูงของกล้องเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางจาก	$HI = HA+BS$
คำนวณค่าระดับของจุด B.M.2 จาก	$H_B = HI - FS$
หรือ คำนวณค่าต่างระดับจาก B.M.1 ไป B.M.2	$\Delta H_{AB} = BS - FS$
ดังนั้นค่าระดับที่จุด B.M.2 คือ	$H_B = H_A - \Delta H_{AB}$

2.6 ข้อกำหนดในการทำระดับของอเมริกา

จากหนังสือ วิชาการสำรวจ ของ ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย ได้สรุปเนื้อหาของข้อกำหนดในการทำระดับไว้ดังนี้

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

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

- ข้อกำหนดที่ยอมให้ของรูปแบบทางเรขาคณิตของโครงข่ายระดับ (Network Geometry) ดังแสดงในตารางที่ 2.1
- ข้อกำหนดที่ยอมให้ของเครื่องมือการทำระดับ (Instrumentation) ดังแสดงในตารางที่ 2.2
- ข้อกำหนดที่ยอมให้ในการปรับแก้ (Calibration Procedure) ดังแสดงในตารางที่ 2.3
- ข้อกำหนดที่ยอมให้ในการปฏิบัติในสนาม (Field Procedures) ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดที่ยอมให้ของรูปแบบทางเรขาคณิตของโครงข่ายระดับ

ข้อกำหนดที่ยอมให้	งานชั้นที่ 1		งานชั้นที่ 2		งานชั้นที่ 3
(Specification)	Class I	Class II	Class I	Class II	
1.ความห่างของหมุด BM ต้องไม่เกิน(กม.)	3	3	3	3	3
2. หรือเฉลี่ยระหว่าง BM ต้องได้ (กม.)	1.6	1.6	1.6		
3. ความยาวของสายการระดับ (Level line)					
จะต้องไม่เกิน (กม.)	300	300	300		
ถ่ายไป - กลับ (Double run)				50	25
ถ่ายครั้งเดียว (Single run)				25	10

ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดที่ยอมให้ของเครื่องมือการทำระดับ

ข้อกำหนดที่ยอมให้	งานชั้นที่ 1		งานชั้นที่ 2		งานชั้นที่ 3
(Speeification)	Class I	Class II	Class I	Class II	
1. เครื่องมือทำระดับ					
1.1 ค่าเบี่ยงเบนของแนวเล็ง	0.25"	0.25"	0.50"	0.50"	1.00" Staff ไม้
1.2 ชนิดของไม้ Staff	IDS	IDS	IDS	ISS	หรือโลหะ 1.0
2. กล้องต้องอ่านได้ละเอียด (มม.)	0.1	0.1	0.5 -1.0	1.0	
IDS = Invar, double scale ISS = Invar, Single scale			งานชั้น 3 อาจใช้ 3 สายใยก็ได้		

ตารางที่ 2.3 ข้อกำหนดที่ยอมให้ในการปรับแก้

ข้อกำหนดที่ยอมให้ (Specification)	งานชั้นที่ 1		งานชั้นที่ 2		งานชั้นที่ 3
	Class I	Class II	Class I	Class II	
a) กล้องทำระดับ					
1. ความผิดของสายใย มม./ม.	0.05	0.05	0.05	0.05	0.5
2. ความผิดของสายใยที่มากที่สุดของ กล้องNi 002 ที่ใช้ Reversible Compensator มม./ม.	0.02	0.0.2	0.02	0.02	0.02
3. ระยะเวลาตรวจสอบปรับแก้สายใย (วัน)					
- Reversible Compensator	7	7	7	7	7
- กล้องชนิดอื่นๆ	1	1	1	1	1
4. ความแตกต่างของสายใยจากการใช้ Reversible Compensator สองหน้า	40"	40"	40"	40"	40"
b) ไม้วัดระดับ(leveling rod)					
1. การปรับแก้ขีด Staff(มม.)	N (±0.5)	N (±0.5)	N (±0.5)	N (±0.5)	N (±0.5)
2. ระยะเวลาที่ตรวจสอบ(ปี)	1	1			
3. ความเอียงของไม้วัดระดับต้องไม่เกิน	10'	10'	10'	10'	10'
N = National , M = ผู้ผลิต					

ตารางที่ 2.4 ข้อกำหนดที่ยอมให้ในการปฏิบัติในสนาม

ข้อกำหนดที่ยอมให้ (Specification)	งานชั้นที่ 1		งานชั้นที่ 2		งานชั้นที่ 3
	Class I	Class II	Class I	Class II	
a) ข้อกำหนดเกี่ยวกับเครื่องมือ					
1. วิธีการส่องอ่าน	Miero	Micro	Microหรือ 3wire	3 wire	Center
2. การถ่ายระดับในตอนการระดับ	SRDS หรือDR หรือSP	SRDS หรือDR หรือSP	SRDS หรือDR หรือSP	SRDS หรือDR	SRDS หรือDR
3. ผลต่างของระยะBS,FS					
- ต่อการตั้งกล้อง I ครั้ง (ม.)	2	5	5	10	10
- ต่อตอนการระดับ(ม.)	4	10	10	10	10
4. ระยะจากกล้องไปยัง staff (ม.)	50	60	60	70	90
5. ความสูงของสายใยจากพื้นดิน(ม.)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
6. ความผิดของการถ่ายในตอนการระดับ	$3\sqrt{D}$	$4\sqrt{D}$	$6\sqrt{D}$	$8\sqrt{D}$	$12\sqrt{D}$
7. ความผิดของการถ่ายในสายการระดับ	$4\sqrt{E}$	$5\sqrt{E}$	$6\sqrt{E}$	$8\sqrt{E}$	$12\sqrt{E}$
b) การระดับส่องสายใยเดี่ยว จะต้องถ่ายไปกลับให้เสร็จในครึ่งวัน	ใช่	ใช่	ใช่	-	-
c) การถ่าย 3 สายใย ผลต่าง Upper intercept(U-M) และ Lower interccpt (M-L)(มม.)			2	2	3
d) Double scale rod การอ่าน Low และHigh scale ต่อการตั้งกล้อง 1 ครั้งจะต้องไม่เกิน					
- Reversible Compensator					
Zeiss Ni 002(มม.)	0.40	1.0	1.0	2.0	2.0
- กล้องอื่นๆ	0.25				
HCM Rod	0.25	0.30	0.6	0.7	1.3
CM Rod	0.30	0.30	0.6	0.7	1.3

SRDS=ถ่ายไปทิศทางเดียวแล่ขยับกล้อง 2 ครั้ง

DR= Double run ถ่ายไปกลับ

D= ระยะของตอนการระดับ(Section)

E= เส้นรอบวงของวงรอบปิดหรือระยะของวงรอบเปิด

2.7 ชนิดของกล้องระดับ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม

2.7.1 Dumpy level เป็นกล้องระดับอย่างง่าย ใช้กับงานไม่ละเอียด เพราะกล้องมีความละเอียดไม่มาก หลอดระดับฟองยาวจะอ่านด้วยตาเปล่า เวลาฟองระดับได้ระดับจะอยู่ในขีดยาว (Zero mark) ทั้งสองข้าง แสดงว่าแกนกล้องอยู่ในแนวราบแล้ว
ปัจจุบันกล้องชนิดนี้แทบจะไม่ใช้ในการปฏิบัติ เพราะความละเอียดน้อย และถูกกล้องชนิดอื่นๆ แทนที่ไปหมด โดยเฉพาะกล้อง อัตโนมัติและกล้องอิเล็กทรอนิกส์

2.7.2 Tilting level ระบบการดูฟองระดับจะใช้ Prism และ Lens มาช่วยสามารถทำให้ผู้ส่องปรับฟองระดับ ให้ได้ระดับอย่างแท้จริงเพราะฉะนั้นจึงทำให้แกนกล้อง (Line of collimation) อยู่ในแนวราบ(Horizontal line) อย่างถูกต้อง การปรับระดับจะต้องยืนตรงตามแนวแกนหลอดระดับ แล้วปรับให้ฟองระดับขบกัน (Coincidence) แสดงว่าได้ระดับ ก่อนอ่านทุกครั้งจะต้องดูฟองระดับเสมอ ในการทำงานจะเรียกกล้องนี้ว่า Engineer's Level

2.7.3 Automatic level พิเศษ (Precise level) กล้องระดับชนิดนี้จะใช้ระดับเขาควาย หรือ Tilting level แต่จะมีความไวหลอดระดับมากกว่าชนิดที่สองและระบบการอ่านไม้ระดับจะใช้ระบบ Plane parallel plate micrometer มาช่วยดังจะได้กล่าวต่อไปกล้องชนิดนี้จะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า กล้องระดับไมโครมิเตอร์

2.7.4 กล้องระดับอัตโนมัติ (Automatic level) เป็นกล้องระดับที่อาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก เช่นเดียวกับ Spirit level เหมือนกันแต่กล้องอัตโนมัติจะใช้ระบบอัตโนมัติบังคับให้แนวเล็งของกล้อง(Ling of sight หรือ Collimation line) อยู่ในแนวราบเสมอ

2.8 การแบ่งชั้นงานระดับ

ชั้นของงานระดับกำหนดโดยความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น นั่นคือถ้าความคลาดเคลื่อนน้อยชั้นของงานระดับก็สูง ความคลาดเคลื่อนของงานระดับขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างมากกว่าการสำรวจชนิดอื่น ๆ แม้ว่าเครื่องมือและอุปกรณ์จะเป็นส่วนหนึ่ง แต่ส่วนใหญ่แล้วขึ้นอยู่กับความชำนาญ (skill) ของผู้ทำการรังวัด วิธีการทำระดับและการคำนวณปรับแก้ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพของภูมิประเทศ เช่น พื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ เป็นเนิน เป็นภูเขา ความคลาดเคลื่อนย่อมจะเกิดได้ง่ายกว่าพื้นที่ราบ ดังนี้เป็นต้น

2.8.1 การทำระดับอย่างประมาณ (Rough Leveling) ใช้ในการสำรวจขั้นมูลฐานหรือการสำรวจขั้นต้น ใช้กล้องระดับแบบเล็ก เช่น กล้อง Dummy อ่านสายใยเดี่ยว จัดเป็นงานชั้นที่ 4 (Fourth Order Leveling) งานระดับที่ต้องการความเร่งด่วนที่มีความละเอียดต่ำโดยการส่องระดับ

B.S. และ F.S.ไกลกว่าปกติ จัดอยู่ในงานชั้นนี้ ความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้(maximum permissible error) = ±25 มม./K เมื่อ K เป็นมีหน่วยเป็นกิโลเมตร จัดเป็นงานชั้นที่ 4

2.8.2 งานระดับชั้นธรรมดา (Ordinary Leveling) ใช้สำหรับงานวิศวกรรมและการก่อสร้างทั่ว ๆ ไป เช่น การก่อสร้างเขื่อน ทางหลวง อาคาร ฯลฯ ใช้กล้องที่มีความละเอียดปานกลาง ความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้ตอนบรรจบต้องไม่เกิน±12 มม. จัดเป็นงานชั้นที่ 3

2.8.3 งานระดับชั้นดีเยี่ยม (Excellent Leveling) สำคัญและจำเป็นสำหรับการสร้าง B.M. ในเมืองหรือเป็นหมุดหลักฐานอ้างอิงของการทำ จัดเป็นงานชั้นที่ 2 (second-order leveling) ความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้ ± 8.4 มม.

2.8.4 การทำระดับอย่างละเอียด (Precise Leveling) ใช้ในงานสร้าง B.M. ที่ต้องการความละเอียดสูง เพื่อเป็นหมุดหลักฐานของงานระดับที่จะทำกระจายไปทั่วทั้งบริเวณอันกว้างใหญ่ เครื่องมือที่ใช้ในการทำระดับประเภทนี้ ต้องมีความละเอียดสูง ได้รับการตรวจและปรับแก้อย่างดี ใช้กล้องระดับที่มีความละเอียดสูง ไม่ทำระดับขณะที่ร้อนจัดและลมแรง จัดเป็นงานระดับชั้นที่ 1 (first-order leveling) ปกติจะใช้เป็น B.M. ฐานของ B.M. ในชั้นอื่น ๆ โดยการวางสายการระดับปกคลุมไปทั่วประเทศโดยไม่ให้ระยะของ B.M. ที่วางไว้สำหรับชั้นนี้ห่างกันเกิน 80 กม. ทุก ๆ สายการระดับให้แบ่งเป็นตอน มีระยะ 1-2 กม. และทุก ๆ ตอนต้องทำระดับทั้งไปและกลับ โดยให้มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้ ±4 มม. วิธีการทำระดับจะต้องกระทำให้ถูกวิธีทุกขั้นตอน การปรับแก้จะต้องปรับแก้เพื่อขจัดค่าความคลาดเคลื่อนอันอาจจะเกิดขึ้นได้ทุกอย่าง

2.8.5 การทำงานระดับชั้นพิเศษ (Special-order Leveling) นอกจากเกณฑ์ของงานระดับทั้ง 4 ชั้นที่กล่าวมาแล้ว ยังมีเกณฑ์ของงานระดับชั้นพิเศษที่ใช้ในการตรวจสอบการทรุดตัวของอาคาร พื้นดิน การติดตั้งเครื่องจักร เครื่องยนต์ ที่ต้องการความละเอียดสูงยิ่ง ใช้เครื่องมือและวิธีการทำระดับแบบการทำงานระดับชั้นที่ 1 แต่แตกต่างกันในเรื่องความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้ โดยงานระดับพิเศษจะต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด ที่ยอมให้ไม่เกิน ±1-2 มม.

2.9 สาเหตุของความผิดพลาดในการถ่ายระดับ

2.9.1 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากเครื่องมือ

- กล้องไม่ได้รับการตรวจสอบและปรับแก้ก่อนที่จะนำไปใช้งาน เพราะฉะนั้นจะทำให้แกนหลอดระดับและแกนกล้องไม่ขนานกัน ซึ่งเราเรียกว่า Collimation Error ถ้าตั้งกล้องไม่อยู่กึ่งกลางจริงก็จะทำให้ความผิดสะสมขึ้นเรื่อย ๆ

- ไม้ระดับมีความยาวไม่ถูกต้อง เช่น ขีดของไม้ระดับไม่ได้มาตรฐาน จะสามารถตรวจสอบได้โดยการเทียบกับเทปวัดที่มีความยาวมาตรฐาน

- ขากล้องหลวมหรือแน่นเกินไป โดยเฉพาะขากล้องหลวมจะมีผลต่อการตั้งกล้องคือระดับจะเสีย ผลที่ออกมาจะผิด

2.9.2 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ

- ความโค้งของโลก ความโค้งของโลกจะสามารถแก้ให้หมดได้โดยการตั้งกล้องอยู่กึ่งกลางระหว่างไม้ระดับทั้งสอง

- การหักเหของแสง การหักเหของแสงจะมีค่าไม่แน่นอนในแต่ละวันเวลา โดยปกติการหักเหจะทำให้แนวกล้องสูงขึ้น การแก้ไขก็อาจจะตั้งกล้องอยู่กึ่งกลางระหว่างไม้ระดับ

- การเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนทำให้ไม้ระดับหดหรือขยายตัวได้ แต่ในงานระดับธรรมดา Ordinary Leveling จะไม่คิดถึงเรื่องนี้ แต่ความร้อนจะมีผลทำให้กล้องขยายตัวทำให้ระดับเสียได้ เพราะฉะนั้นจะต้องกางร่มให้กล้อง นอกจากนั้นถ้ากล้องส่องผ่านเนินดินสายใยกล้องสูงจากเนินดินไม่มาก ทำให้แนวกล้องผ่านชั้นของอากาศที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน จะทำให้แนวกล้องหักเหได้ หรือส่องกล้องผ่านกองโลหะหรือถังโลหะในเวลาร้อนจัดคลื่นความร้อนจากโลหะก็จะทำให้แนวกล้องหักเหได้ ในทำนองเดียวกันถ้าส่องกล้องผ่านสี่แยกหรือถนนที่มีการจราจรติดขัดก็จะให้ผลเช่นเดียวกัน

- ลม ในขณะที่ส่องกล้องถ้าลมพัดก็จะทำให้กล้องสั่น และไม้ระดับไม่ตรงนิ่ง จะทำให้เกิดความผิดพลาดได้

- การทรุดของขากล้อง เนื่องจากตั้งกล้องในพื้นที่ที่ไม่แข็งทำให้ขากล้องทรุดได้ ค่าไม้ระดับที่ได้ก็จะผิด ถ้าขากล้องทรุดหลังจากส่อง BS เสร็จก็จะทำให้ FS ผิดมาก

- การทรุดของ TP การทรุดของ TP ก็เช่นเดียวกับกล้อง เพราจุดที่จะตอก TP จะต้องเลือกให้ดี ถ้าใช้ Foot plate จะต้องตั้งในตำแหน่งที่แข็งแรงไม่มีการ

2.9.3 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากบุคคล

- การปรับฟองระดับไม่อยู่กึ่งกลาง โดยเฉพาะกล้อง Dumpy เราไม่สามารถมองฟองนะดับให้ห่างจากขีดยาวได้เท่ากัน หรือถ้ากล้อง Tilting Level เมื่อปรับระดับได้ระดับแล้วส่องอ่าน แต่ในขณะที่ส่องอ่านระดับจะเคลื่อนออกจากกึ่งกลาง เพราะฉะนั้นเวลาอ่านเสร็จจะต้องดูฟองระดับทันที ในปัจจุบันนิยมใช้กล้องอัตโนมัติเป็นส่วนมาก

- Parallax พาราแลกซ์เกิดขึ้นเนื่องจากการปรับภาพของไม้ระดับและสายใยชัดไม่เท่ากัน ทดสอบได้โดยเหลือบตาขึ้นลง ถ้าภาพของไม้ระดับและสายใยเคลื่อนที่สวนทางกันแสดงว่ามี **Parallax อยู่ จะต้องปรับให้หายคือ เหลือบตาขึ้นลงแล้วภาพไม้ระดับและสายใยเคลื่อนที่ไปด้วยกัน**

- การอ่านค่าไม้ระดับผิด ซึ่งมีผลมาจาก Parallax สภาพอากาศไม่ดี ตั้งกล้องห่างจากไม้ระดับ มากจนเกินไป การตั้ง Taeget ไม่ตรงกับสายใยกล้อง

- สายใยราบไม่อยู่ในแนวราบ แก้ไขได้โดยใช้จุดตัดของสายใยอ่านค่าไม้ระดับ

- การตั้งไม้ระดับไม่ตรงนิ่ง แก้ไขโดยการปรับระดับของไม้ระดับใหม่