

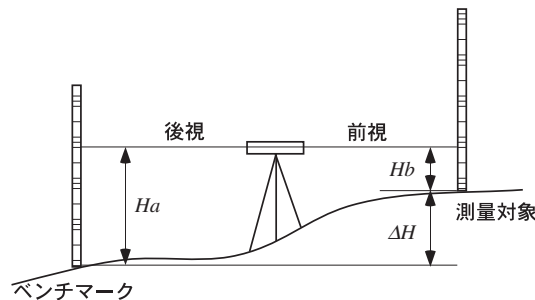
測量実習 講義資料 5 (水準測量)

1 測量の原理

高低差は、レベル（水準儀）と呼ばれる機器を用いて計測するのが普通である。このレベルは、2点間の高低差を計測できる。レベルに据え付けられた視準用の望遠鏡は、水平方向にしか回転しない。そこで下図のように、二つの測点にスタッフ（標尺）とよばれる目盛りのついた物差しを鉛直に設置し、測点の間にレベルを据え付け、それぞれの標尺の目盛りを読み取れば、2点間の高低差が算出できる。このように対象物に直接標尺をおいて測量する方法を直接水準測量と呼んでいる。

$$\Delta H = H_a - H_b \quad (1)$$

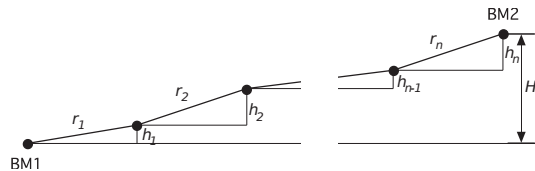
ここで、水準測量の出発点となる基準点は、ベンチマークと呼ばれ、BM と略されて使われることが多い。またレベルを設置し、ベンチマーク側のスタッフを視準することを後視、測量対象側のスタッフを視準することを前視と呼んでいる。



水準測量の原理

見通しがきかなかつたり、標尺の長さ以上に高低差が大きい場合には、1度に計測するのではなく何回かに分割して計測しなければならない。また、水準測量においてもトラバース測量と同様に多点観測を行うことが一般で、閉合差をみて計測の妥当性を判断し、その閉合差によって誤差調整によって各点の補正量を求める。下図は、高低差が H の BM1 から BM2 へ向かって $n - 1$ 個の点を設けて水準測量を実施した場合の例を模式化したものである。 h_i は、各測点間での高低差を示している。実際の高低差 H と水準測量によって得られる高低差との差が閉合差となり、この閉合差を ΔE とすると、以下の式で表すことができる。

$$\Delta E = H - \sum_{i=1}^n h_i \quad (2)$$

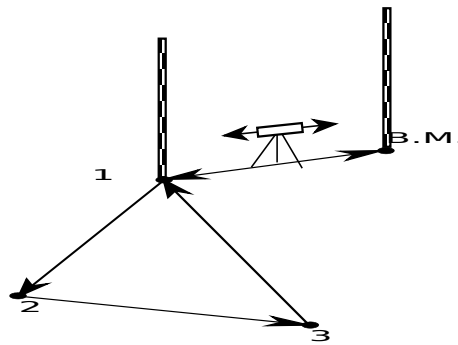


各点における補正量は、水準測量の路線延長距離に比例して大きくなると仮定できる。つまり、BM1に近い所は補正量が小さく、BM2に近づくに連れて Δ に近い補正量と予測される。したがって、各測点間の距離が i とすると、補正量 δ_i は、以下の式で計算できる。

$$\delta_i = \frac{\sum_{j=1}^i r_j}{\sum_{j=1}^n r_j} \Delta E \quad (3)$$

2 測量の要領

2組の班で共通のベンチマークを設置する。ベンチマークは、前回の確認測量で用いた点を利用する。ベンチマークを出発し、三角測量で利用した測点3つの地盤高を測る。



必要機材

- レベル
- レベル用三脚（取り付け部分が丸みを帯びているもの）
- スタッフ2本

レベル係

- レベルは、測点間のおよそ中心に据え付け、整準する。
- スタッフは前後に振られている。
- 最も値の小さくなるところが、鉛直状態といえるので、その値を読み取る。
- 前視・後視ともこのように目盛りを読み取る（1mmの精度で）。

スタッフ係

- スタッフを測点に立てる。（測点の杭の上ではなく、地面の上）
- スタッフは、レベルとスタッフと自分が一直線上に来るようにしたうえで、鉛直に立てる。
- 次にスタッフをレベルに向かって接地点を中心に前後にゆっくりと振る。

- レベル係が読み取り終わるまで振り続ける。

3 測量成果

- すべての測点における地盤高測量結果
 - 役割分担表
 - 後視と前視のスタッフ読み取り値
 - 地盤高の計算
 - 閉合差の計算
 - 閉合差を利用した誤差の調整
 - 各基準点における標高の計算
- 測量成果が十分な精度を持っていないと判断された場合は、再測を行なう。(閉合差 2cm 以内)
- 誰が見ても理解できる解りやすい成果を作成すること
- 各自、水準測量のレポートを用意すること。
- 班ごとに、レポートを提出すること。

測量成果の例は、以下のとおり。

表 1 水準測量結果表

測線	距離	後視	前視	標高差
BM- 1	r_0	H_{1a}	H_{1b}	ΔH_1
1 - 2	r_1	H_{2a}	H_{2b}	ΔH_2
2 - 3	r_2	H_{3a}	H_{3b}	ΔH_3
3 - 1	r_3	H_{4a}	H_{4b}	ΔH_4
1 - BM	r_0	H_{5a}	H_{5b}	ΔH_5

ΔH_1 の絶対値は ΔH_5 とほぼ同じはず。1 の地盤高は、BM から測った値を平均することにより求め、閉合差 ΔE は、表 2 より 1 の地点における閉合差を求める。 $\Delta E = E_4 - E_1$

表2 水準測量集計表

測点	地盤高	補正量	修正地盤高
B.M.	0		
1	$E_1 = (\Delta H_1 - \Delta H_5)/2$		E_1
2	$E_2 = E_1 + \Delta H_2$	$\delta_2 = \Delta E * r_1 / (r_1 + r_2 + r_3)$	$E_2 - \delta_2$
3	$E_3 = E_2 + \Delta H_3$	$\delta_3 = \Delta E * (r_1 + r_2) / (r_1 + r_2 + r_3)$	$E_3 - \delta_3$
1	$E_4 = E_3 + \Delta H_4$	$\delta_4 = \Delta E$	$E_4 - \delta_4$
B.M.	0		