

間接水準測量

＜試験合格へのポイント＞

間接水準測量（高低計算）に関する問題は、過去、旧三角測量と旧多角測量の2分野にまたがって出題されている。

問題文に図が描かれていない場合もあるため、「図を描き」→「式を組立てる」という流れで解答すると良い。また、器械高や標高、高低角など、問題より与えられる数値が多いため、どの項目が何を表しているのかを、しっかりと理解する必要がある。特に、高低角には+と-の数値が付くため注意が必要である。さらに、両方向からの観測なのか？ 片方向からの観測なのか？により、「両差」について考慮する必要がある。問題文を熟読し、必ず図を描いてから取組む事が大切である。

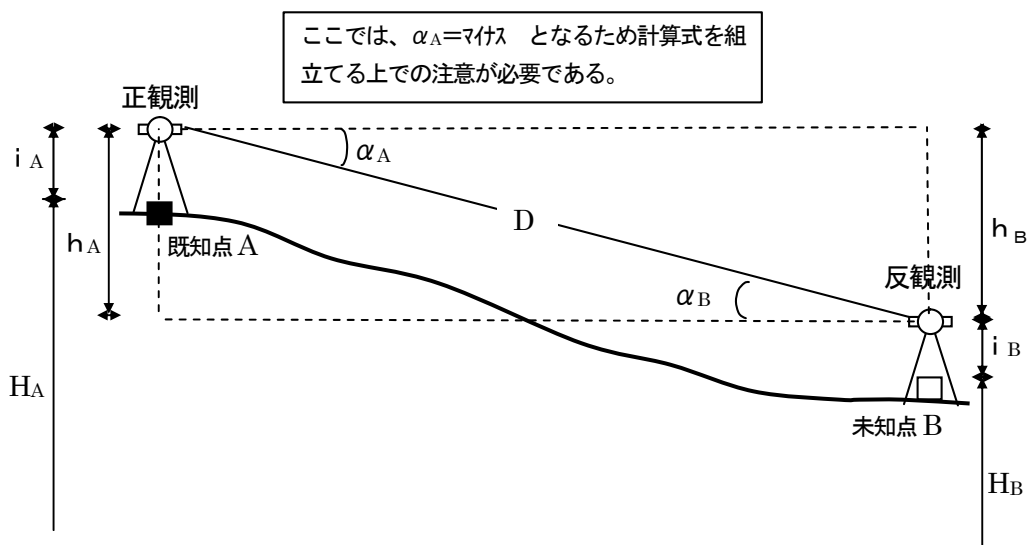
この問題は、単に公式を暗記するのではなく、導き出せるようになると良い。

(★★★★：最重要事項 ★★：重要事項 ★：知っておくと良い)

● 間接水準測量とは ★★

間接水準測量とは、次図のように観測区間の両端に固定点を設け、鉛直角観測と距離測定を行い、その後高低計算によって未知点の標高を計算するものである。

間接水準測量の問題は、士補試験において図が描かれない事が多く、このような問題を解くために、普段から「問題文より図を描いてから」取組むことが重要である。



ここで、 i : 器械高、 α : 鉛直角 H : 標高 D : 2点間の斜距離

※ 問題文の中には、目標高と器械高を同一としている場合がある。この例のように、目標高が器械高と異なる場合は、目標高 (f) として、図を描き計算に加えればよい。

● 間接水準測量の式を組み立てる ★★★

前図を用いて、未知点Bの標高 (H_B) を求める式を組立てると次のようになる。

<正観測からの式>

$$h_B + i_B + H_B = i_A + H_A \text{ より、 } H_{B正} = i_A + H_A - h_B - i_B + K$$

ここで、 $h_B = D \sin \alpha_A$

<反観測から求める式>

$$h_A + i_B + H_B = i_A + H_A \text{ より、 } H_{B反} = i_A + H_A - h_A - i_B - K$$

ここで、 $h_A = D \sin \alpha_B$

※ なおKは両差を表す。

未知点Bの標高を求めるには、**正観測と反観測の平均を取ればよい**ため、**両式をまとめると**次のようになる。

$$H_B = \frac{H_{B正} + H_{B反}}{2} = \frac{(i_A + H_A - h_B - i_B + K) + (i_A + H_A - h_A - i_B - K)}{2} = i_A + H_A - i_B - \frac{(h_B + h_A)}{2}$$

※ 正観測と反観測の計算は、別々に行い最後に平均をしても良いが、士補試験は手計算であるため、その計算し易さを優先させ、まとめたほうがよい。

● 両差 (K) について ★★

両差とは、球差と気差を合計したもので、この影響を受けずに観測作業を行うためには、関連事項のように、両端から正反方向の同時観測を行えばよい。また気差における、屈折係数 k の値は、一般に 0.12~0.14 程度であり、両差 (K) は常に「+」の値となるのが普通である。

※公共測量では、屈折係数 $k=0.133$ を使用している。また、地球の半径 $R=6370000\text{m}$ (平均曲率半径) としている。

・球差：地球の表面が球であるために生じる誤差

$$\frac{S^2}{2R} \quad (R : \text{地球の半径} \cdot S : \text{測点間の距離})$$

・気差：大気密度が標高により異なるために、視線が屈折して生じる誤差

$$\frac{S^2 k}{2R} \quad (k : \text{屈折係数})$$

$$\cdot \text{両差} : K = (\text{球差}) - (\text{気差}) = \frac{S^2}{2R} - \frac{S^2 k}{2R} = \frac{S^2}{2R} (1 - k)$$

◆ 過去問題にチャレンジ！ (H16-2-B：士補出題)

求点 B の標高を求めるために、既知点 A 及び求点 B においてそれぞれ高低角及び斜距離 D の観測を行い、表 2-1 の結果を得た。求点 B の標高はいくらか。最も近いものを次の中から選べ。

ただし、斜距離 D は気象補正、器械定数補正及びミラ一定数補正が行われているものとする。また、ジオイドの起伏、大気による屈折、地球の曲率は考えないものとする。

なお、関数の数値が必要な場合は、表 2-2 の値を使用すること。

表 2-1

既知点 A の標高	300.00m	D (A と B の間の斜距離)	2,500.00m
A から B への高低角	− 0° 20′ 40″	B から A への高低角	+0° 18′ 50″
既知点 A の器械高	1.50m	求点 B の器械高	1.40m
既知点 A の目標高	1.50m	求点 B の目標高	1.40m

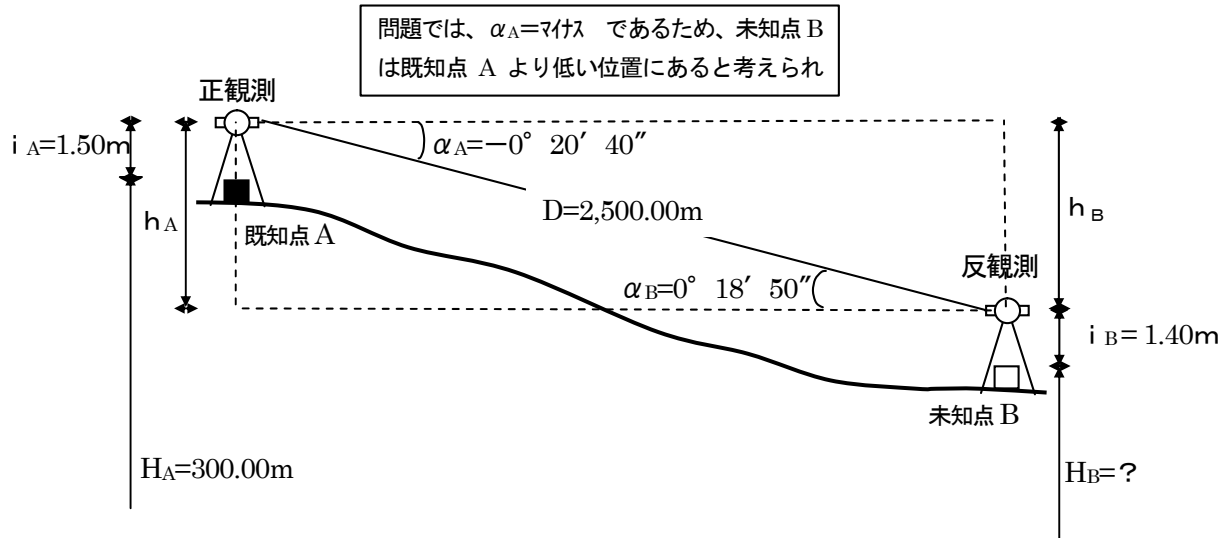
表 2-2

Sin 0° 18′ 40″ の値	0.005430
Sin 0° 18′ 45″	0.005454
Sin 0° 18′ 50″	0.005478
Sin 0° 19′ 40″	0.005721
Sin 0° 19′ 45″	0.005745
Sin 0° 19′ 50″	0.005769
Sin 0° 20′ 40″	0.006012
Sin 0° 20′ 45″	0.006036
Sin 0° 20′ 50″	0.006060

1. 285.07m
2. 285.54m
3. 285.64m
4. 285.74m
5. 286.31m

<解 答>

まず、問題文より図を描くと次のようになる。



ここで、 i : 器械高、 α : 鉛直角 H : 標高 D : 2点間の斜距離

※問題文より目標高も同一の高さであるため、ここでは考えていない。目標高が器械高と異なる場合は、目標高(f)として、図を組立て、計算に加えればよい。

<正観測から求める式>

$$h_B + i_B + H_B = i_A + H_A \text{ より、 } H_{B正} = i_A + H_A - h_B - i_B + K$$

ここで、 $h_B = D \sin \alpha_A$

<反観測から求める式>

$$h_A + i_B + H_B = i_A + H_A \text{ より、 } H_{B反} = i_A + H_A - h_A - i_B - K$$

ここで、 $h_A = D \sin \alpha_B$

※ なおKは両差を表す。

未知点Bの標高を求めるには、正観測と反観測の平均を取ればよい。ため、両式をまとめると次のようになる。

$$H_B = \frac{H_{B正} + H_{B反}}{2} = \frac{(i_A + H_A - h_B - i_B + K) + (i_A + H_A - h_A - i_B - K)}{2} = i_A + H_A - i_B - \frac{(h_B + h_A)}{2}$$

解答は、この式に問題文の数値を代入し計算を行えばよいことになる。

上式に、問題より与えられている数値を代入すると次のようになる。

$$H_B = 1.50\text{m} + 300.00\text{m} - 1.40\text{m} - \frac{(h_B + h_A)}{2}$$

ここで、 h_B と h_A の計算に注目して考える※と次のようになる。

※ 正観測と反観測の計算は、別々に行い最後に平均をしても良いが、士補試験は手計算であるため、その計算し易さを優先させ、まとめたほうがよい。

$$\frac{(h_B + h_A)}{2} = \frac{D \sin 0^\circ 18' 50'' + D \sin 0^\circ 20' 40''}{2} = 2,500.00 \text{m} \times \sin \left(\frac{0^\circ 18' 50'' + 0^\circ 20' 40''}{2} \right) = 2,500.00 \text{m} \times \sin 0^\circ 19' 45''$$

$$\text{よって、} \frac{(h_B + h_A)}{2} = 2,500.00 \text{m} \times 0.005745 = 14.3625 \text{m} \div 14.36 \text{m}$$

問題文より、 $\sin 0^\circ 19' 45'' = 0.005745$ を用いる

この値を、 H_B の式に代入すると、次のようになる。

$$H_B = 1.50 \text{ m} + 300.00 \text{ m} - 1.40 \text{ m} - 14.36 \text{ m} = 285.74 \text{m}$$

よって、求点 B の標高は、 $H_b = 285.74 \text{m}$ となる。

解答 4