# Ⅳ－58　視準するときのポールの致心誤差について

日本大学理工学部　正員　亀田和昭

トラバース測量などで，測角するときに，視準物としてポールを使用する場合が多い。このような，ポールを使用しての測角値の誤差について，いままでにも調べて来たが，本文は，測角誤差の原因のうち，視準するときのポールの中心が，正しく測点上にないために起るポールの偏心誤差について調べ，測角誤差のうち，ポールの致心による誤差を求めてみたものである。

測点とポール中心との偏心誤差をみるため，次のような実験を行なった。使用したポールは現在使用中の直径3 cmポールから任意に100本を抽出した。これらのポールは石突き先端がほとんど完全なものから，かなりつぶれているものまであるが，甚だしくつぶれたものは常時順次廃棄しているので含まれていないので，通常一般に使用中の状態のものとみてよい。測点としては，地面に木杭を打ち込みその頭部に小釘を打ったものを設け，この測点上にポールを鉛直に立てたものを近距離から望遠レンズを付けて撮影した。このとき，ポールの石突きはどれも多少ゆがんでいるので，その曲りの最大量が写真機の方を向くようにした。このような写真画面上から，スケール目盛の入った拡大鏡をもちいて，ポールの偏心誤差等を求めてみた。

1、ポールの太さ

一般に直径3 cmポールとして市販されているものの平均的太さを知ろうと測定した結果は、

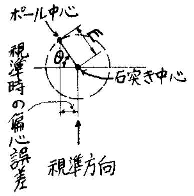
平均値＝30.03 mm，　標準偏差＝±0.87 mm

で、80%が30 mm ±1 mmの範囲に入っており、最大寸法のもので32.4 mm、最小のもので28.5 mmであった。

2、石突き先端の中心とポールの中心との偏心

石突きの先端は少しつぶれているので、そのつぶれている巾の中心とポールの中心の偏心量が最大である方向からの写真画面より測定した結果、偏心量の平均値 E は、

E＝1.34 mm，標準偏差＝±1.07 mm　で、最大のもので6.7 mm，全体の76%は2 mm以下の偏心であった。




石突き先端の中心とポール中心との偏心量がEであるポールを任意の向きに立てて視準したときに視準方向からの偏心中等誤差 $d$ は、

$$d^2 = \frac{\int_0^{2\pi} (E\cos\theta)^2 d\theta}{2\pi} = \frac{E}{2}$$

と考えられる。　E＝1.34 mm を代入すると　$d = \pm 0.95$ mm　となる。

Eの量は、通常、ポールを見るとかなり石突きの曲りが目につくが、測定してみると以外に小さな値である。

3、石突き先端の中心と測点との偏心

ポールの石突きは使用しているうちに次才につぶれて来る。甚だしくつぶれたものは廃棄するわけであるが、或る程度つぶれているものは、そのまま使用している。このように，石突きの先端のつぶれている巾の中心と測点とをていねいに合わせてポールを立てた場合、どの位の偏心があるかを調べてみた。石突きのつぶれ巾が大きいほど偏心誤差が大きいので，石突きのつぶれ巾によって次の3グループに分け，石突きのつぶれ巾及び，石突き先端の中心と測点との偏心中等誤差を求めた結果を表－1に示す。

A　グループ　　石突き先端のつぶれ巾4 mm以内

B　グループ　　〃　　4 mm～10 mm

C　グループ　　〃　　10 mm以上

| グループ | | A | B | C | 全体 |
|---|---|---|---|---|---|
| 石突きの | 平均値 | 2.57 mm | 6.96 mm | 11.86 mm | 6.20 mm |
| つぶれ巾 | 標準偏差 | ±0.64 | ±1.72 | ±1.65 | ±1.41 |
| 偏心中等誤差 | | ±0.51 | ±0.89 | ±0.98 | ±0.89 |

表－1

4、測点とポール中心の偏心

測点と石突きの中心とを合わせてポールを立てた場合の測点とポール中心との偏心をみると，まず，石突き中

心と測点との偏心中等誤差を $m$ とし，次に任意にポールを立てたときの石突き中心とポール中心との偏心中等誤差を $d$ とすれば，測点とポール中心との偏心中等誤差 $\varepsilon$ は，

$\varepsilon = \pm\sqrt{d^2+m^2}$ で求められる。$d$，$m$ に前述の値を代入してこの $\varepsilon$ の値を計算したものが表−2である。

| グループ | A | B | C | 全体 |
|---|---|---|---|---|
| $d$ | ±0.95 | ±0.95 | ±0.95 | ±0.95 |
| $m$ | ±0.51 | ±0.89 | ±0.98 | ±0.89 |
| $\varepsilon$ | ±1.08 | ±1.30 | ±1.36 | ±1.30 |

表−2

5、測角誤差に与える影響

測点とポール中心の偏心中等誤差によって生じる測角誤差 $\delta$ は，視準距離を $l$ とすれば，

$$\delta'' = \frac{\varepsilon}{l}\rho''$$

である。いま，視準距離がそれぞれ $a$，$b$ である測点をはさむ角を測定するものとすれば，この $\varepsilon$ による角誤差，つまりポールの致心誤差 $\Delta\theta$ は，観測方法（倍角数，対回数）に関係なく

$$\Delta\theta^2 = \left(\frac{\varepsilon}{a}\rho\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon}{b}\rho\right)^2 = \left(\frac{1}{a^2}+\frac{1}{b^2}\right)\varepsilon^2\rho^2 = \frac{1}{a^2}(1+K^2)\varepsilon^2\rho^2 \qquad ただし\ K = \frac{b}{a}$$

となる。この値を表−3に示す。

表−3

| K | | K = 1 | | | | | | K=2 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距離 $a$ (m) | | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 |
| ±Δθ (秒) | A | 63.0 | 31.5 | 12.6 | 6.3 | 3.2 | 1.6 | 99.6 | 49.8 | 19.9 | 10.0 | 5.0 | 2.5 |
| | B | 75.8 | 37.9 | 15.2 | 7.6 | 3.8 | 1.9 | 119.9 | 60.0 | 24.0 | 12.0 | 6.0 | 3.0 |
| | C | 79.3 | 39.7 | 15.9 | 7.9 | 4.0 | 2.0 | 120.5 | 62.7 | 25.1 | 12.5 | 6.3 | 3.1 |
| | 全体 | 75.8 | 37.9 | 15.2 | 7.6 | 3.8 | 1.8 | 119.9 | 60.0 | 24.0 | 12.0 | 6.0 | 3.0 |

表−3から，Aグループは $\Delta\theta$ がやや小さく，BとCグループはほとんど同じである。この両者の差から，視準距離が小さいときは，先端のとがったポールをもちいる方が有利であるが，距離が大きくなるとその差はなくなることがわかる。そして，距離が近いときは，いずれも $\Delta\theta$ がかなり大きな測角誤差の原因になってしまう。

ポールを視準したときの測角誤差の原因としては，完全に調整されたトランシットをもちいたものとすれば，

(1) 器械の致心誤差によるもの，　(2) 目盛の読取誤差，　(3) 視準誤差

(4) ポールの致心誤差によるもの，　(5) その他

が考えられる。

いま，C秒読みのトランシットで，器械の最大致心誤差を $e$ として，視準距離 $a$，$b$ をはさむ角 $\alpha$ を $n$ 倍角法で測定するものとすれば，上記の測角誤差の原因のうち，(1) による中等致心誤差 $\Delta\theta_1$，(2) による中等読取誤差 $\Delta\theta_2$，および (3) による視準誤差 $\Delta\theta_3$ は太さ3cm のポールの場合，$K = a/b$ とおいて，

$$\Delta\theta_1^2 = \frac{\rho^2 e^2}{3a^2}\left(\frac{1+K^2}{2} - K\cos\alpha\right), \qquad \Delta\theta_2^2 = \frac{C^2}{12n^2}, \qquad \Delta\theta_3^2 = \frac{11.365^2}{n\,a^{0.226}}(1+K^{0.226})$$

であった（オ21，25回土木学会学術講演会発表）。(4) についてはさきに述べたように $\Delta\theta$ であった。

(4) についてはさきに述べたように $\Delta\theta$ であった。

(5) については，更に吟味せねばならないが，熟練者が，注意深かく測定すればあまり大きな値ではないであろう。

以上のことから推定して，この場合の測角誤差 $\Delta$ は，

$$\Delta^2 = \Delta\theta_1^2 + \Delta\theta_2^2 + \Delta\theta_3^2 + \Delta\theta^2 = \frac{\rho^2 e^2}{3a^2}\left(\frac{1+K^2}{2} - K\cos\alpha\right) + \frac{C^2}{12n^2} + \frac{11.365^2}{n\,a^{0.226}}(1+K^{0.226}) + \frac{1}{a^2}(1+K^2)\varepsilon^2\rho^2$$

で求められる。