

## 若年技術者のための基礎知識

## 測量編

坂田建設株式会社 技術部長  
鈴木 正司

## 1 測量の大切さ

三十数年前のことですが、高速道路の中空床版高架橋下部工事現場で、掘削が完了して均しコンクリートを打設し、構造物の墨出しが終了、明日からP2橋脚の鉄筋組立工事にとりかかろうとするときでした。

本社の部長が視察に来て、なにやら下部工の間を大股でしきりと歩いていました。しばらくして部長は、「P1橋脚とP2橋脚の間は21歩だったが、P2橋脚とP3橋脚の間は19歩だった。径間長は同じではないのか？」と測量をしていた部下に声をかけました。ドキリとした若い技術者は、すぐに測量して確かめたところ、P2橋脚が1mズレていました。河川敷で直接基礎であったため、掘削をし直し、均しコンクリートを打ち継ぐことで事無きを得ました。以来、わが社では、現場での測量業務を若い技術者に指導する際、歩数を数える習慣を定着させています。

測量ミスは、構造物の取壊しや工事の手戻りを招くなど、会社や現場に与えるダメージが大きいにもかかわらず、まだ若い技術者のやる仕事とされているところがあります。「測量は正確で当たり前だ」「測量くらい若い技術者でもできるだろう」と簡単に考えていると、大きな落とし穴が待っています。

測量業務に関する社内ルールをつくり、どの現場でも通用する手順を決めて順守するように、若い技術者への実践的な教育が大切です。

今号は、測量に関する社内ルールづくりの例として、また、若い技術者が測量への理解を深める参考資料として活用していただければと思います。

## 2 測量の基本事項

測量ミスの原因は、三脚の踏込不足、単純な計算違い、設計図面の勘違い、丁張りへの記入間違い、施工者への丁張りに関する指示不足など、意外と身近に潜んでいます。

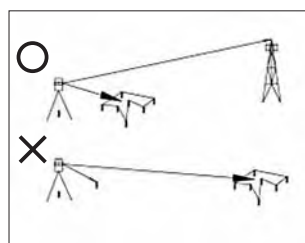
測量ミスを起こさないための基本的な事項を以下に挙げましたが、「重要な杭は2度、3度と確認する」「他人が出した丁張りや自分が設置した丁張りでさえ信用せずに再測量する」など、経験から得たコツを加えた社内ルールをつくり、そのルールを守ることが大切です。

ちょっとしたテクニックで精度が向上し、測量時間の短縮にもつながります。

## 【測量に入る前の基本事項】

- 遠い所を視準して、近い所を測量する(図表1)
- 基準杭の位置やベンチマークの地盤高は、確実に記憶にとどめておく
- 測量テクニックの高い技術者が測量手元となる

図表1



遠い視準点から、近くを測量する

鉄塔が陽炎と風の影響で10mmズレても、測量範囲は誤差が少なく精度は高い

近い視準点から、遠くを測量する

視準した杭が1mmズレていたら、10倍の距離にある測量範囲の誤差は10mmとなり測量にならない

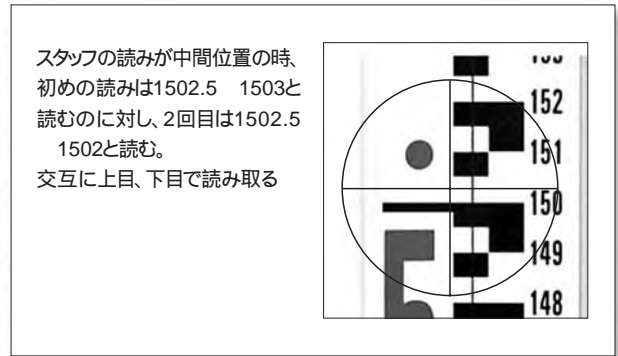
【機器の取扱いの基本事項】

- トータルステーション・レベルは利き目で見ると
- レベルの読み誤差は、上目・下目で誤差を消す (図表 2)
- スタッフは垂直に立て、ゆっくりと振る(図表 3)
- 水準測量の誤差は 2 mm 以内にする
- 巻尺を使用して測距する場合は 2 回行い、その誤差は 2 mm 以内にする

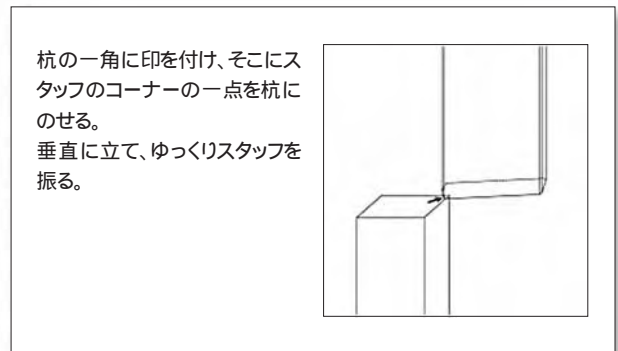
【間違いや勘違いをしないための基本事項】

- 座標や線形などの測量計算は、前日までに事務所で行う
- 測量するたびに図面を確認する
- 測距、測角の野帳への記入は、2 回声を出し読み上げてから記録する
- 野帳は丁寧に記入する(図表 4)
- 水準測量は、以前に設置した丁張りにぶつけて高さチェックをする
- 丁張りを設置したら目でチェックする(一定勾配は横ヌキがまっすぐ通る)
- 設置した主要点や丁張りは、設置した測量方法と違う方法でチェックする

図表 2 レベルの読み



図表 3



図表 4 野帳の記入例

野帳の左ページ							野帳の右ページ						
2009/3/2 A1橋台 掘削丁張り測量(日付と測量内容を記入) (後視 ◯ 機械高 × 前視 ◯ 地盤高 ◯ 計画高)							コメントやフリーハンドで概要図を記入する ターニングポイントなどの位置平面図を記入 工事測量では測定ポイントなどの位置平面図を記入 横断測量では、断面図と測定番号を記入						
測点	BS	IH	FS	GH	PH	差	自分流 野帳記入法の進め 現場測量は、測量を専門に行っている人とは違い、施工管理や品質管理などをこなしながら行うので、野帳への記入は、自分流の間違ったルールを確立して忠実に厳守することが必要となる						
KB1				22.352			一般的には、ここにBSを記入するが、1行下げて記入する						
	3.523	25.875											
NO.1杭			2.325	23.55	23.257	↓0.293							
NO.2杭			2.556	23.319	23.257	↓0.062							
TP1杭			1.625	24.250									
	2.560	26.810											
TP2縁石			3.663	23.147			レベルの読みは1行に1つずつ記入すると、測量した順番が明確になり、BSとFSを反対に記入しても、後からすぐに間違いに気づくことができる						
	1.875	25.022											

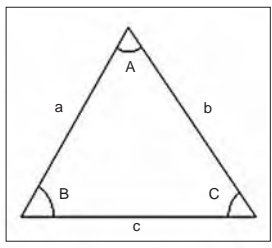
### 3 ● これだけで測量ができる 8 つの公式

測量は、決して難しいスキルが必要なわけでは  
ありませんが、土木技術の基本ですので、必ず習  
得しておかなければなりません。測量で使用する

公式に必要なものは次のとおりです。この 8 つの  
公式を理解すれば、明日から測量の達人になれる  
かもしれません。

#### 三角形の性質

正弦定理

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$


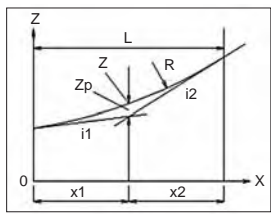
余弦定理

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos A$$

#### 縦断曲線

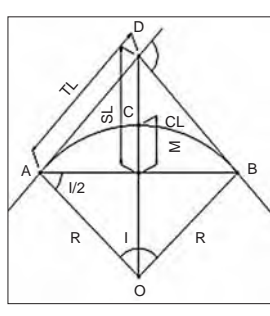
$L/2 = x_1 = x_2$   
の時、

$$Z_p = \frac{L^2}{8R^2}$$

$$Z = Z_0 + i_1 x + \frac{i_2 - i_1}{2L} x^2$$


参照)財団法人道路厚生会『設計要領第4集』(平成9年5月発行)

#### 単曲線

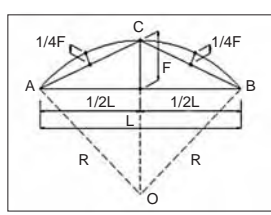


$TL = R \tan \frac{I}{2}$   
 $SL = R \left\{ \sec \frac{I}{2} - 1 \right\}$   
 $CL = R \frac{\pi}{180^\circ} I^\circ$   
 $M = R \left[ 1 - \cos \frac{I}{2} \right]$   
 弧張  $AB = 2R \sin \frac{I}{2}$

#### 1/4法カーブ(土方カーブ)

ABの中点から垂直に取った距離F

AC,BCの中点から垂直に取った距離は  
距離Fの1/4とすると単カーブになる

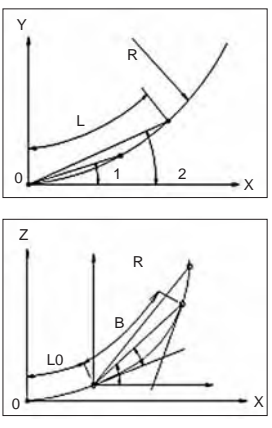
$$F = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}$$


#### 弦角弦長法 (道路はクロソイド曲線、鉄道は3次曲線)

単カーブ  
:接線と弦のなす角度(分)  
L:カーブレングス  
R:半径

$$\sigma = 1718.873 \frac{L}{R} \text{ (分)}$$

クロソイドカーブ  
法  
 $K = \frac{\rho}{6A^2}$   
 $\rho = 206264.88''$   
 $\alpha = K(3L_0 + B)B \text{ (秒)}$



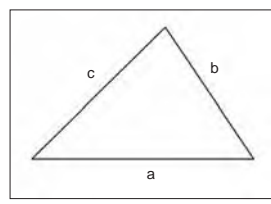
LO:KAからトータルステーションまでの距離  
B:トータルステーションから求める点までの距離  
K:パラメーターによって決まる係数

参照)社団法人日本道路協会『クロソイドポケットブック改訂版』  
(昭和63年10月20日発行)

#### ヘロンの公式

三角形の3辺の長さを測ると  
面積が求まる

$$S = \frac{a + b + c}{2}$$

$$A = \sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}$$


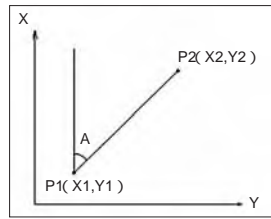
### 座標 逆計算

$$\Delta X = X_2 - X_1$$

$$\Delta Y = Y_2 - Y_1$$

$$S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

$$A = \tan^{-1} \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$



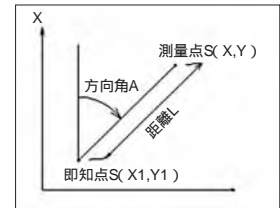
座標逆計算  
第1象限方向角 = A  
第2象限方向角 = 180 - A  
第3象限方向角 = 180 + A  
第4象限方向角 = 360 - A

### 座標 放射計算

既知点Tの座標(X1, Y1) (トータルステーション)  
設置点求座標点Sまでの  
方向角Aと距離Lを計測  
求めるSの座標(X, Y)

$$X = X_1 + L \cos A$$

$$Y = Y_1 + L \sin A$$



カーブの半径が小さな道路で、その縁石が3mごとに直線で折れ曲がっているのを見かけることがあります。残念ながら、測量担当者は、3mピッチに丁張りを設置して大変だったと思いますが、施工者にひとこと助言をしなかったために、流れるようなカーブの縁石をつくることができなかったのです。もし、1/4法カーブ(土方カーブ)を知っていたら、施工者にこう言ったはず。「丁張りを1つ飛ばして6mで水糸を張り、中間点の丁張りの縁石の設置ポイントと水糸の離れの距離を測ったら、3mの中間点(1.5m)の位置では、測った離れの距離の4分の1だけ、前を出して縁石を設置してください」と。これだけで、流れるようなカーブの縁石となり、出来栄を向上させることが可能です。1/4法カーブ(土方カーブ)を利用すると、3mピッチに設置した丁張りを6mピッチに減らすことができますので、測量時間の短縮にもなるのです。

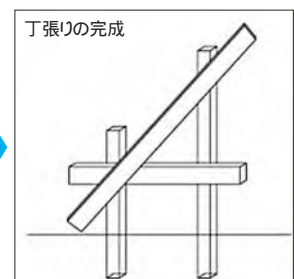
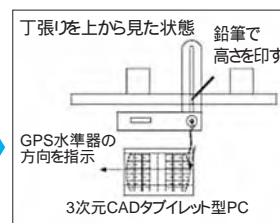
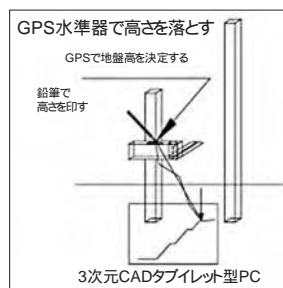
## 4 ● 近未来の測量技術の提案

グーグルアースは50mメッシュの地盤高さ情報を持っています。この情報と3次元CADを組み合わせると、簡単に道路の平面図と縦横断図が作成できます。この技術は、3次元CADが不可欠ですが、これに携帯電話のGPS機能を連携させると、測量ではトータルステーションやレベルは

必要なくなります。さらにGPSを搭載した水準器とタブレット型PCを連動させれば、測量方法の革新的な変化が生まれると思います。しかし、今のGPSの精度では、切盛土工事における丁張りに特化して使用することになるでしょうが、それでも大きな省力化になります。

#### 近未来の測量イメージ

GPSを搭載した水準器と  
タブレット型PCによる測量の概念図



## レベルマンの精度を上げる水準測量のコツ → 図表2 参照

ターニングをしている場合、スタッフの目盛の読みが中間位置（たとえば、読みが2.5 mm）にきたときは注意をする

最初に中間位置の読みがあったとき、「3 mm」と上目で読む

2回目に中間位置の読みがあったとき、「2 mm」と下目で読む

3回目は上目、4回目は下目と交互に読む。これで、自然と読み誤差がなくなってくる

## スタッフマンがやるべき、精度を上げる水準測量のコツ → 図表3 参照

スタッフは垂直に立て、ゆっくりと振るようにする

スタッフの目盛を手で隠さないように、両手で挟み込むように持つ

測量杭をターニングポイントにする場合は、杭の一角に印をつけ、そこにスタッフのコーナーの1点を杭にのせる（杭の頭全体に、スタッフをのせると、杭傾きで、レベルマンが正確に読みとれない）

スタッフの底を確認して泥や異物がついていないか確認をする

スタッフを伸ばしたとき、きちんと伸びきっているか確認する（スタッフがかチンと音がすることを確認）

底が潰れているもの、目盛がかすれているものは使用しない

夏の日の陽炎が出るような暑い日は、早朝の時間帯で行う

陽炎がある場合は、レベルマンのスタッフの読みが50 cm以上となる場所を探してターニングの位置を決める

前・後視の距離をなるべく同距離とする

## 間違いをなくす野帳の書き方のコツ → 図表4 参照

野帳への記入は、キレイに書くことよりも、丁寧に記入するように心がけることが、間違いをなくす方法です。野帳は自分だけのものではありません。野帳は、丁張りと同様に現場測量者の製品です。他の人に見られて恥ずかしくないような記入を心がけることで、プロ意識も高くなるのではないのでしょうか。万一に備え、すぐにトレースできるようにしておくことが大切です。

野帳への記入における注意点をまとめると、以下のとおりです。

測量ごとに新しいページに移動し、測量日、測量目的の内容を記入する

丁寧に記入する

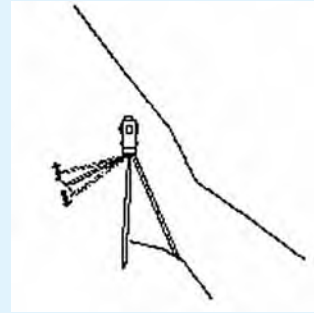
水準測量では、BSとFSの読みは1行に1つだけ記入する

右のページには、コメント・平面図・横断図を記入しておく



## トータルステーションを速く据えるコツ

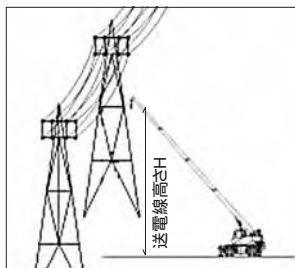
三脚の脚を調整して、平台座をレベルにする  
トータルステーションが平台座の中心にくるように固定する  
トータルステーションの高さ調整ネジを同じ位置にする  
両腕の肘を直角にして、三脚の2本の脚をつかみ、据えたい位置に軽くおく  
その場を少し離れ、トータルステーションの中心が、据える位置の真上にあるかを確認し、前上になるように持ち上げて修正する  
最初に見た位置から90度移動し、少し離れて、トータルステーションの中心が、据える位置の真上にあるかを確認し、前上になるように持ち上げて修正する  
2回ほど繰り返す、トータルステーションの中心が、据える位置の真上にあると確信したら、三脚を踏み込み足場を固める  
三脚の平台座が水平になるように脚の長さを調整する  
トータルステーションの高さ調整ネジで、円形気泡管で水平を確認する  
トータルステーションから据えるポイントを覗き、三脚の平台座にある固定ネジで合わせる  
トータルステーションの平盤気泡管で水平をとり、90度方向に向けてさらに水平をとる。これを2～3回ほど繰り返す、水平を確認する  
最後にトータルステーションを微動させて、据えるポイントに合わせて固定する



## 頭の体操

1

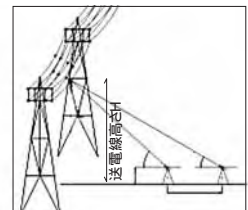
送電線の高さはどうやって測る?



解答

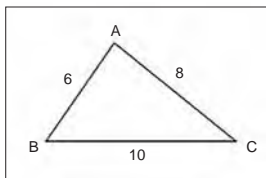
図のように2点から視準すると送電線の高さがわかる2つのトータルステーション地点の距離Lを測定する。それぞれのポイントにおける仰角  $\theta_1$  と  $\theta_2$  を測角して、正確な送電線高さを求める。

$$H = \frac{\sin \theta_1 \cdot \sin \theta_2 \cdot L}{\sin(\theta_1 - \theta_2)} + IH$$



2

ABCでAB=6、BC=10、CA=8のとき、ABCの面積を求めよ。



解答

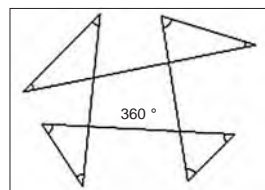
3・4・5の直角がわかれば  $A = \frac{6 \times 8}{2} = 24$

ヘロンの公式がわかれば  $A = \frac{6+10+8}{2} \sqrt{12(12-6)(12-10)(12-8)} = 24$

$$A = \sqrt{12(12-6)(12-10)(12-8)} = 24$$

3

次の図の印を付けた角の和を求めよ。



解答

各三角形の残りの角は、対頂角で四角形の内角の和に等しい。  
四角形の内角の和は360°  
三角形の内角の和は、180°であるから、  
角度 =  $180 \times 4 - 360 = 360$

