

## 鉄道建設技術講座 (V)

udc 625.1

正員 桑原 彌寿雄

## 第3章 予測—地形測量及び図上撰定 (II)

## 4. 地形測量の作業

(1) 地形測量の要素 地形図と云うものは等高線の入った平面図なのであるから、その測量作業は図上諸点の平面位置測量と高低差測量との2つの要素に帰着する。平面位置測量はその骨格をなす基点測量(測角及び測長)と、細部は通常平板測量との2つに分れる。高低差測量は全体の基準を作る水準測量と地形各部の高さ(と位置)を出すスタヂア(地形)測量とに分れる。個々の要素測量のやり方については、各要素測量の専門書を参照されたい。ここにはその実施に当つての各測量の駆使法と、実施に当つての要領のみを述べる。

この2種の要素測量の扱い方としては、

- i) 平面図を作つておいてから別に等高線の高低測量を行う方法(これが普通である)と
- ii) 図上各点の平面位置と高低を全部同時に測定する方法(全部トランシットのスタヂアのみによる方法、または平板測量のアリダードでスタヂアも行う方法等)

との2つがある。この i), ii) の中間をゆくものは平板とトランシットによるスタヂアの併用法であるが、航空写真もこの併用法の1種と考えてもよい。

## (2) 基点測量

i) 地形測量の精度 以下の地形測量は国鉄の方式で 1:2500 の地形図を作るものとするが、製図上描画の限度を、点の大きさ 0.2 mm (視別の限度 0.1 mm, 角度の図示の限度 5分) とすると、図上約 50 cm となることと、良質のガードリッチ原紙を使つても乾湿の伸縮が約 200 分の 1 くらいあるから、これを念頭において必要な桁の精度を保持するように考えるべきである。

測角についても、1分の角で 1 km さまの弧または sine は 29.2 cm  $\approx$  30 cm であるから、トランシットは読みが 1 分ないしは 20 秒のものを用いればよいこととなる。しかし問題は基点網(列)の全体の方向の狂い、あるいは長さの過不足であつて、個々の測定が必要精度であるとともに累差とならぬように扱うこ

とが必要なのである。

ii) 選点 地形測量でまづ第一にやる基点(通称ホネ)測量は一般に道路または川沿いに折測線(トラバース)が用いられるが、川の両岸が広くて比較線や渡り返しがある場合は、両岸にホネを通し、要所(時には架橋点)では相互に結んで関係をつけ、地形により深山やトンネル区間や直接測長のできない架橋点などは三角網を組むことが多い。

ホネのトラバースの1辺の長さは、小さく屈曲が多いと測定誤差と製図誤差のチャンスが多くなるから、適当な長さとしねばならない。峠や谷間の道路に沿う場合特に注意を要するが、この点測長は直接測鎖法をさけて視距法による方が便利である。測点の位置は見通しのきく路肩等におくことが便利であるが、沈下のおそれのない場所に杭を十分に打込んで作り、数本の囲い杭を打つて、かつ杭の番号やその他必要事項(例えば測量の企業者名)等を記入しておくことが必要である。測量範囲が見とおしのきかない場所にもわたつている時には枝点(Branch)を出して基点と同様に扱う。

なおこの基点網は測量法(法律)によつて適当な位置で地理調査所の三角点と結びつけておかねばならない。

iii) 測長(測距) 一般に直接の測長は竹鎖を引くが、地形測量ではその図上精度の関係上そんな必要は無く、ていねいなスタヂア、すなわち測角のついでに測距線の桿読と堅角の測定をやつておけばよい。特に小屈曲をとばした基点で、途中が遅れぬ時にはこの方法が便利である。この測長は必ず正反位で相互方向に行うことが必要であるが、その誤差は、距離で 30 cm 以内、高低差で 10 cm 以内とする。この点で1辺の長さは最大 150 m 以下とし、あまり長い時は途中に T.P. を置いて補助測点とする。

iv) 測角 トランシットによる測角は一般にトラバース基点のときは、倍角法が便利で大体3倍角でやれば十分であるが、機械誤差を消すために必ず左右回転方向を正反位で、少なくとも左(右)回り正位と右(左)回り反位との組合せで測定することが絶対必要である。トランシットと云うのはその字の示すごとく、反転することによつて水平軸の傾きの誤差が消去でき

るのが特徴であり、測角でも直線の延長でも必ず正反転して測定しその平均値をとることが要領である。

基点が三角網を組んでいる場合は円周法による測定が便利であるが、これも左右廻転正反位で測定すべきことは同様である。なお測角の場合各基点ごとに基線の磁針方向角を読んでおくと、平板測量その他に便利である。

(3) 水準測量 地理調査所の水準点 B.M. (距離 1 等水準約 2 km, 2 等水準約 4 km) がある場合はこれを利用して、その中間を水準測量するが、無い場合は全線の基本水準測量 (先行する場合もある) を兼ねて行う。仮 B.M. は国鉄では約 1 km ごとに、必要ある場合にはその中間にも作るようになっており、許容誤差は 1 km 往復につき 5 mm 以内と作業標準 (内規) になっているが、できうる限り 3~5 mm 以内とすべきである。なおこの往復観測の途中に、すでに先に進んでいる基点測量の杭の頭の高さを当つておくべきである。B.M. の造標は時には天然の岩盤や橋台などにペンキで書いてやることもあるが、角杭 (10~12 cm) を打込んで囲い杭を打ち、頭に丸鋸を打込んでおくのが普通である。この場合沈下しやすい路肩、特に築堤は絶対にさけて、沈下のおそれの無い、通行の邪魔にならぬ所を選ぶべきである。

連絡路線の水準測量の場合はもちろん何かの必要があつて出す枝線の水準測量でも少なくとも 1 回必ず往復観測することは絶対必要で、できれば何回も往復して誤差を少なくせねばならない。片道でやめてごま化したために桁違いの誤りをしてトンネルの横杭の高さが 6 m も違つたと云うとんでもない失敗例がある。地理調査所の B.M. があつたら、それは観測は 0.1 mm 単位で網として修正してあり、精度が非常に高いから、なるべくこれを利用し、少なくとも必ず連絡をつけておき、誤差の累差とならぬようにすべきである。ただし当つてみて差があまりにも桁違いに大きい場合には、よく道路工事などで動かされている場合もあるから、道路工夫か附近の老人などに確かめてみる必要がある。

水準測量の要領は、まず器械の整正を少なくとも毎朝は行うこと、前視後視の距離を均等ならしめることが絶対に必要である。ことに坂道は片延しとなりがちであるが、視距離が同一ならば、多少器械をかついだりしたために狂つてきても、誤差は相殺されるから、悠張らずに平均の距離に前後視すべきである。なお平地でもあまり長い距離を視ることは誤差の基であるから、80 m 程度を限度するように心掛けるべきである。またあせらず、ゆつくり着落いてやるのが結果として精度がよくなり、かえつて進行の速い秘訣である。

(4) 平板測量 細部の平面測量法として最も能率のよい方法ではあるが、一般に用紙が薄美濃紙で伸縮多くまた作業も細かい多くの動作をとまなうので、誤差が多いから、累差とならぬよう、基点をもとにして部分部分の細部の平面図として利用せねばならぬ (その代りに原紙を原図に移す際は、全体として縮伸のある場合は火や湯気で縮伸させる要領がきく)。従つて必ず基点から出発して基点 (もしくはトランシット測量による支点) に結ばねばならぬ。これを怠つて開放しをやつて巨大な閉合誤差 (方向の狂い) を知らずに、架橋点で径間に大きな違いがあつた失敗例がある。

平板作業の要領として、その据え方は 1:2500 の平面図では、50 cm 以下は図に現われないから、ほぼ杭の上に据えて (もちろん求心器はいらない)、その代り水平はともかく、おそろしい方向の狂いを生ずる廻転方向の狂いを生じないようにネジもよく締め、また測量者の目方がかからぬよう注意せねばならない。すなわち観測の途中も時どき、少なくとも最後には必ず後視 (B.S.) して修正してから、次の測点に移るべきである。これを怠ると巨大な閉合誤差を生ずることになる。閉合誤差はまず 10~20 cm くらい以下で、どんな急ぐ時でも 50 cm 以上あつたら、戻つて測点だけを逐次当つてみる必要がある。

目標物までの長さは、10 cm 単位ではほぼ視点から測らねばならないが、30 m テープを 3 本つなぐと、アリダで視ける最大距離であるから、平板の盛替点は 100 m 以内となる。途中で障害物がある時は「さす又」を竹の先につけて「テープ返し」をする人足がいることや、形のきまつた建物等は手前の二、三の隅を測つて、反対側はスケッチをとらせて書くなどは常識である。

また路線がトンネルなどで一部狭い屈曲した谷間の図面が欲しい時には、見とおしがきかなくてどんな器械でも盛替がやたらに多くなるから、こんな時は、ポケットコンパスとハンドレベルにテープで距離と方位と高低を測り、スケッチしながら折測線で往復する方が能率がよいことがある。

#### (5) 視距測量 (スタヂア測量)

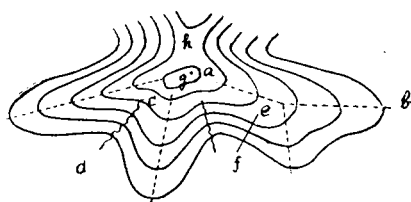
i) 視距の距離 きわめて勾配の緩い地形では平板と Y レベル を併用して等高線を描くこともできるが、高低差、変化のある地形では、トランシットに測距糸を刻んで、スタヂアにより多数の点の位置と高低差を出すよりほかはない。一般にスタヂア係数 (倍率) は 100 前後であり、測桿は長さ 5~6 m の 5 mm 読みのものであるから、600 m まで測り得るわけであるが、地上の障害物もあり、また望遠鏡の倍率の関係もあり、300 m くらいまではやつと読めるが、これも

糸の太さと眼の位置で 1 cm はおろか 2~3 cm くらいは読み違いし、まして陽炎のある時など問題にならないので、絶対に線路は通らない場所だが、図面として山の形や雪崩の発生場所が図面に欲しいと云うような場合にしか役立たない。大体 200 m くらいが普通の望遠鏡での最大限度であつて、150 m くらいまでがよいところであろう。

ii) 観測の要領 スタヂアの作業に当つては、主測点すなわち器械を据える位置（一般に基点または支点）からの視準は、基点列に直角な方向に必要な測量範囲（なるべく 200 m 以内が望ましい）を観るべきであるが基点列（一般にトラバース）方向には、基点間のはぼ中央まで観測して、観測距離が不均等になつたり重複したりしないように注意しないと、図上の点の位置や標高の精度が一様でなくなるおそれがある。また桿読はでき得る限り精確に読み、かつ堅角は最少目盛（たいてい 1 分読み）まで読むべきであるが、水平角は 1 km 1 分の弧が約 30 cm であるから、ほぼ 100 m 以上の距離は 5 分読み、それ以下では 10 分読みで充分である。すなわちこれを知つていればこの程度なら副尺（バーニア）をいちいち虫眼鏡で見ずとも肉眼で簡単にわかるから経験は浅くとも迅速に多くの点を観測し得るわけである。

iii) 測桿の樹て方 現場の作業は、測桿手を

図-4 地性線



a b: 峯線 (凸線) c d: 谷線 (凹線)  
e f: 彎曲点 (最大傾斜線)  
g: 頂上 h: 鞍部

地面の傾斜に並べておいて水平方向に歩かせて、べた一様に観測する方法もあるが、後の地形の描画法で説明するように、地形の要点、すなわち図-4 の鞍部、頂、峯線、谷線、勾配変化点、法肩、法尻などの地性線または点を押えるように、測桿を樹てきすべきである。ただし測桿手にはあらかじめ各自に横這い、縦這い等、移動の方向や目標を指示しておかねばならない。なお各測桿には別々の色布をつけておいて同じ色の手旗を挙げて「拜見」と合図しないと、遠くや川の音があると声ではわからない。測桿手は普通 5~6 人であるが、地形の悪い所では 10 人以上もいないと、トランシット・マンが遊びになることがある。

iv) スタヂアの覗き方とノート方 スタヂアの観測は 1 日に多数の点を見るから、必ず両眼を開いてやることで、まづ目標の測桿を肉眼で見て望遠鏡をそちらに向けてから覗き、1 回で視野内に捉えなければならぬ。次に理論上は中央糸線を器械高にびつたり合わすべきであるが、実用上はその近くにある程度で、下の糸をラウンド・ナンバーの読みに合わせて、上の糸との読みとの差から視距を取り、次に視準高を読んでノートする。立木その他の障害で上下糸のいずれかが見えない時は、半分の中央の糸との間の読みを取つて 2 倍する。また樹林でどうしても足許の地面の見えない時は、樹の枝に登らせて地上から +○ m させる。次に水平角を読んで、最後に身体はそのままにして、トランシットを回転させて（もちろん下緊させておく）、堅角を読みノートする。

v) 野帳の計算と点描 (プロット Plotting)

野帳は桿読と堅角から、スタヂア、コンピューターまたはスタヂア付計算尺で、水平距離（基点間距離の時を除き、堅角 5° 以内は計算不要）と高低差を出し、器械高と視準高との差の補正をし、かつ樹上など地上よりの+のあるものも差引いた後、測点の標高から差引きして観測点の標高、位置を算出する。なお観測範囲内に他の主測点（基点）または仮 B. M. のように、確実な位置と高さのわかつた点があつたらこれを観測し計算して他の検測とする。

この計算結果を原図にプロットするには、適当な半径（例えば  $300 \text{ m} \div 2500 = 12 \text{ cm}$ ）の円形の孔をあけて、円周に 0° から 360° まで刻んだ堅い用紙またはセルロイドで作つた分度器を持つてきて、中心を図上のその測点（針をたてる）におき、後視の方向を合わせて文鎮またはピンで固定し、この上で物指して方位と距離から点を落し、その傍に標高を記入する。

vi) スタヂアと平板の併用法 これは能率上迅速と云うことと地形描画の写実性を求める意味から行われるが、現場のやり方は、トランシット・マンは視距（上下糸の桿読の差または中央糸との半分の読みの 2 倍）と視準高と堅角のみを読み（水平方位角は読まない）、傍に在る専門の計算手はただちにコンピューターまたは計算尺でまづ距離を出して、あらかじめアリダードで測桿に視準して待つている平板手に伝えたと平板手は点の位置をプロットし、ついで高低差を算出して、視準高、器械の差や+の補正をして観測点の標高を計算してこれを称呼すると、平板手は点の傍にこの標高を記入し、観測の合間に地形、地貌を見つ

この方法は迅速なものと地形の見落としや誤りがないの

は非常によいが、村落等地物、建物等平板で入れるべき平面図像の多い時には、平板の速度が間に合わず、山地で川と道路しか平板でとる物の少ないところでないとうまくゆかない。そこで筆者の実験では、一度平板測量をやつて原図に写してしまつた平板の原紙を、もう一度平板に貼りつけて、これとスタヂアを併用したのが結果がよかつた。すなわち普通スタヂアは地形により400~600点くらい(熟練者の地形容易な所の最大は1000点以上)の観測能率であるが、純併用の場合が250点前後、この後者の方法は400点弱であつた。

#### (6) 計算、製図及び地形の描画法

i) 原図の展開計画 1:2500の地形測量の原図は巾約1mのガードリッチの巻物であるが(表面の肌を見て裏表を間違えぬよう、一般に巻いてある外側が表)、長い線路に沿つた曲折した測量区域を入れるには、あらかじめ1:50000地図上に測量区域の巾を入れて、これをガードリッチ原図の巾約2km(4cm)の帯で蔽つてみて、原図への展開を計画する。

ii) 基点の計算とプロット 図面の骨格をなす基点測量の結果は、必ず原図の下辺に沿う基線(この方位は上の展開計画でできる)を横軸とする座標、もしくは経緯距で出し、この基線上の横軸上に垂線を立て縦座標をとつて基点をプロットする。この方法では基点の位置の描画の誤差が累差とならないのが特徴で、とかく素人の行いがちな分度器や切線距による挟角の延長で、個々の基線を逐次延ばしてゆくことは累差を起し、ことに曲折した道路沿いの基線は短少辺が多く、図上誤差の率とチャンスが多く累差となり、トンネルなどで短絡することのある場合、とんでもないことになることがあるから是非さなければならぬ。個々の点の位置の精度は50cm(図上0.2mm)以内であるから、基点の位置の計算も通常の12"の計算尺で、2.0以下の数字は4桁わかるので、個々の計算は計算尺で十分である。またこれと対応して基点間距離の測定はスタヂアで十分であり、さらにスタヂアの信用限度が200m以下であることも釣合つていのである。基点とBMの標高は、水準測量の結果をcmとmmまで図示しておく。スタヂアによる点の位置のプロットは、赤色点で位置と0.1mの桁の標高を記入しておいて、等高線を画くだけでなく、後で縦断面図等が欲しい時に役立つ。

iii) 等高線の描画 等高線すなわち地形の描画に当つては、図-4の地性線や点を押えて、地性線等の等高線の乱れる所を除き、一般に地表面の凹凸は、侵蝕の法則から連続していること、また地性線に対して、等高線は必ず直交することなどを頭に入れつつ、

既知の標高点の間に割込んで書けば生きた実体感の出る地形図ができる。等高線は国鉄では5mを首曲線とし、緩地形では2.5m、時には1.0mの間曲線、助曲線等を入れることもあるが、5本に1本の計曲線(太い)を入れることは地形図図式で全国共通である。かくして一応地形素図ができ上つたならばこれをトレースして青写真を作つておくこと雪崩、地質等の調査用に便利である。

iv) 地物記号の記入 次に山や川、水路、道路、建物、地図(田、畑、山林)、自治体の境界、社寺、碑、墓場、避病院、鉱山、工場、発電所、送電線、電灯、電信線、道路の資格等も調査の上、記号をもつて入れなければならない。この入れ方については国有鉄道地形図図式法が図例をもつて定められている。また原図にはその余白または裏面に、線名、区間、測量期間、測量者名等を測量のたびに墨書しておくことが必要である。なお各野帳、日誌等もすべて、線名、区間、日時、観測者、記録者等を記入すべきことは言うまでもない。

(7) 要所補測 1:2500の地形図だけでは、後の図上選定の判断に困難することがあるので、架橋点附近(特に岩磐や淵の形)の1:500平面図や、隘路部、懸崖等で通過を予想される場所の1:100の横断面図等を補測しておく必要がある。作業そのものは機械的ではあるが、採るべき場所は測量隊長、担当技師等が自ら指示すべきである。作業は内業がほぼ目鼻のついた頃や、最後の調査をやる頃に、手の空いた技術者や工手などを動員してやる。なお要所の写真も是非とつておくべきだし、また高所から測量区間の俯瞰撮影を展開しておいて貼り合わせてパノラマ写真を作つておくと、後の作業や現場を見ない審査員などにとつて非常に有効である。

(8) 註記、調査及び現地照査 (6)に述べた地物記号の註記は現地を別に調査しないとわからないこともある。また現地では特に用水路と灌漑田畑の分担、道路、橋梁の巾や径間、平水位(M.W.L.)、洪水位(年々のH.W.L.及び過去の最大のH.K.F.L.)及びその浸水区域と被害状況、時期、気象記録及び積雪量、雪崩箇所及び破壊力(これは場合によれば冬季末期に現場調査する)等を調べてでき得る限り図示する。また、もちろんでき上つた地形図の等高線や地物、建物等の位置形状を現場とつき合わせて点検照査する。

なおこの際町村役場の係員や区長を同行して立会いの上、測量による伐採、踏荒しの調べをして後の補償の資料とするほか、前の註記事項の照合や道水路の設計協議の下調もするとよい。