

地上写真測量とその土木工学への応用(第2報)

(地上写真測量の一般作業方法について)

正員 丸 安 隆 和*

TERRESTRIAL PHOTOGRAMMETRY AND ITS APPLICATION (2)

(On the Standard Practice for Large Scale Surveying)
(by the Terrestrial Photogrammetry)

(JSCE Aug. 1950)

Takakazu Maruyasu C.E. Member.

Synopsis When the terrestrial photogrammetry is used in large scale mapping, the more suitable and reasonable its practice is, the more effective and economical the result is. In this paper I propose a standard practice for the terrestrial photogrammetry and discuss it in detail.

要旨 地上写真測量によつて大縮尺測量を行う場合の作業方式についてのべたものである。作業方式が適当であれば、地上写真測量の効果は一層顯著になるであろう。

(1) まえがき

地上写真測量は、その特質から平坦な地域の測量に用いるより山地の測量に用いる方がより効果的である場合が多い。ところが山地の測量では、一般にその作業が十分システマチックに行われるように計画し、作業方法が山地に適合するような方法を用いるのでなければ、時間的にも経済的にも非常に無駄を生ずるのである。地上写真測量が、その作業の順序方法が適当であると、山地において一層有効な測量方法となるのであるが、前にも述べたように、地上写真測量を用いて大縮尺測量を行った例はまだ殆んどなく、従つて「その作業をどのような順序で、どのような方法でやるのがよいか」という作業方式については全くといってよい位に公にされていないのである。

また、写真測量で計画を立てる場合に、その各作業は、その写真を用いて行う図化作業と密接な関係をもつものであるから、これらの点についても十分考慮しなければならない。

これらの理由から、今までの経験をもとにして大縮尺地上写真測量に必要な諸作業と、これらの作業に伴う諸問題について考察し、大縮尺地上写真測量の一般作業方式を組立てた。勿論、ここに述べる作業方式は、地形、天候、人員などによつて適当に変更されなければならないが、一応その公式的な役目を果たすことが出来れば幸である。

(2) 作業方針

地上写真測量は、全く同一の地物又は地形を異にした2点から撮影した2枚の写真を実体的に観測することが基礎となつている。このようにして撮影した写真を用いて観測がなされ得るためには、次の3つの条件が満足されていなければならない。

1. 測定すべき地域が完全に2枚の写真に含まれること。

地上写真測量が経済的に行われるためには撮影もれの地域がなく、所要の精度で測量し得る限度でなるべく撮影点の数を少なくすることが望ましい。この事は、使用する乾板の数を少なくする点からばかりでなく、特に山岳部では、撮影点が少くなれば作業日数が著しく短縮出来ること、図化作業に要する日数も短縮出来る点からも必要な事がらである。この理由から、踏査選点には十分な注意と適当な判断によつて、撮影計画を合理的に定めなければならない。この事は普通の測量におけるよりも一層重要な問題である。

2. 写真を用いて測定する上に必要な諸量がわかつていること。

最近の図化機械を利用して測図する場合には、空中写真を用いる場合と同様に、次の諸量がわかつている事が精度を高める上からも経済上からも必要である。

撮影点の位置及び高さ

撮影基線長及び撮影方向

標定点、接継点の位置及び高さ

これらの諸量は、先ず骨組測量を行い、これによつて決定された基準点からきめる。この場合、所要の精度が得られる範囲で適当な方法を選ばばよい。

3. 写真技術上必要な条件が満足されていること

測定は、撮影された写真が基礎となるのであるから乾板の乳剤、撮影技術、撮影後の処理などが、写真測量上必要な諸条件を満足していることが必要である。写真が不鮮明であつたり、濃淡が著しかつたりすると図化作業が困難となり、又精度の上からも面白くない結果となる。

要するに、地上写真測量では、これらの条件を満足ししかもそれが最も経済的に行われるような作業方式を立てることが必要である。作業が複雑になればなる程順序よく作業を進めることが望まれるのである。

(3) 図上計画

一般の測量方法におけると同様に、現地について直接踏査をする前に、まず既刊の地図を用いて図上計画を行う。平坦な地域の測量では図上計画は比較的容易であるが、山岳地方の測量では、一般に複雑となり、それだけに図上計画のもつ役割が重要となる。従つて出来るだけ大縮尺の地図を用いることが望ましい。このために、空中写真を用いて新しく 1/5 000 程度の地図を作つても、その経費はその後の作業が容易になることによつて十分補われるものである。

三角点の利用 山岳地帯で三角網を組んで基準点をきめる場合、基線測量を行うのに適当な場所は比較的少いし、又一般に公共測量は基本測量の成果に基づいて行うのが原則であるので、既設の三角点を利用して三角網を組むことが望ましい。三角点に取付ける方法は一般の測量の場合と同様である。

航空写真の利用 三角点を図上に選点する場合、設置した三角点が互に視通しのできることを絶対的な条件である。視通しの可否を判断するために航空写真が利用できる。隣合う2枚の航空写真上に設置せんとする2点をきめ、この2点を直線で結ぶ。この2枚の写真を実体視したとき、2点を結ぶ直線は中間の障害物の中を通りぬける場合には、これにさまたげられて視通しがきかない事になる。この時には、高い視標を立てるか、三角点を他の場所に移さなければならない。

航空写真から、森林の状態、交通路の有無なども判断でき、撮影計画を立てる上にも非常に有効である。

撮影計画 なるべく少い撮影点で完全に全地域が撮影されるように計画することは、経済上からも所要の日数の上からも非常に重要な事である。詳細な計画は現地踏査のとき決定されるが、予め基線の位置及び撮影方向を図上に計画しておく、踏査を行う場合の貴重な資料となる。

撮影位置は、視界が開けている所がよい。これには斜面の傾斜、立木の状態などと密接な関係がある。これを判断するには、航空写真の利用が非常に有効である。撮影方向をきめるには、太陽光線との関係についても考えておかななければならない。

撮影点と基準点との連絡 撮影点の位置がきまれば先に計画した基準点と如何にして連絡するかを考えなければならない。そのために、小三角網を作るかまたは2つの基準点間にトラバースを組むか、いずれかの作業が必要となる。いずれを選ぶかは地形、地物の状況から判断しなければならない。

これらの作業計画が完成すれば、一応作業に必要な日数、人員、使用する器械器具の種類、員数、費用な

どの概略をつかむことが出来る。

(4) 踏査選点

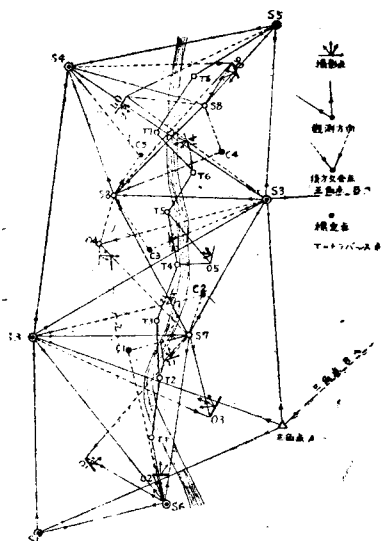
図上で計画した諸点が、そのまま現場に適合する場合は少い。実際現場に行つて見ると、種々支障が生じてくるのが普通である。特に写真測量では、撮影点を決定する場合、このことが非常に屢々おこるものである。実際に測量作業を始めるに先立つて、図上計画に基づいて現地を踏査し、図上で定めた諸点に、現場の状況に適するように変更を加え、測量に必要な基準点、撮影点及び標定点などの位置を決定しなければならない。選点作業は十分検討し、おちのしないように慎重に行うことが必要である。測角作業が終つた後で、点を追加するような事があると、そのために作業の能率が著しく害われ、又、非常に混乱を来すものである。

(1) 選点図の作製

基準点三角網は、普通の図根点測量と同じように (a) 三角形に余り小さい角が含まれていないこと (b) 一次の測定で決定されること、などの条件が必要である。大縮尺地上写真測量では、撮影基線の数が相当多くなり、又精度を上げるために標定點、接続點なども相当数必要となる。これらの諸点を基準点からきめるために、その作業は極めて複雑になるのはやむを得ない。従つて、これを順序よく過不足になることなく調測するために、踏査選点の際には選点図を作り、幾何学上の要求を考えると同時に作業が円滑に行われるようにしなければならない。

選点図には、各点の記号番号を明記し、測角、撮影の各班の間で混乱することのないようにしなければなら

図-1 選点図 (Skelton Net)



ちない。選点図は、混雑しない程度に小縮尺のものでよい。選点図を作るには、平板を用い、交会法その他簡単な方法でできめて行く。図-1は選点図の1例を示したものである。

(2) 撮影計画

撮影点を選ぶ場合、注意しなければならない事項は次のようである。

(i) 伐採、地均しなどが少く、且つ最も合理的に撮影作業が行われるような点を選ぶこと。

(ii) 撮影位置は撮影される地域の位置及び高さによつてきまる。この場合、撮影基線は撮影地域に正対するようにし、又見おろすような位置であること。

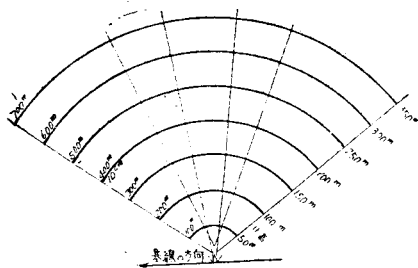
(iii) 撮影もれのないように、又2枚の写真が十分重なり合うように選ぶこと。

(iv) 左右の偏角撮影を同時に行う場合には、直角撮影で撮影区域の中央部が蔽われるような方向に基線を定めること。

(v) 基線両端の撮影点の高低差は、図化するときに用いる器械によつても異なるが、10~13°を超えないようにすること。

(vi) 大縮尺の測量では、谷間の片側が山のかげになつて見えないことが多い。1つの基線から撮影しうる範囲を定めるため、図-2に示すようなセルロイド板を用意し、踏査に当つては、既成の地図の上に、各

図-2 撮影区域決定用セルロイド板
Country Observed Stereoscopically on Vertical Plates.



撮影基線から撮影しうる範囲を記入して行き、全地域に撮影もれのないようにすることが必要である。しかしこのために撮影点が無暗に増すことをさけるため、航空写真を適当に利用して補うことを考えることも必要である。

(vii) 撮影基線長は、測図に必要な精度、測図の縮尺、測図区域の最遠点までの距離、などによつてきまる。基線長の決定については、次項で更に検討する。

(3) 基線長の決定

撮影位置がきまると、左右の撮影点を決定することが必要となる。この撮影点間の距離は測量に必要な精

度と密接な関係がある。

直角撮影を行つた2枚の実体写真上のある点の視差を測定し、 x_l, x_r を得たとすると、求める点までの距離誤差と視差測定誤差との間には、次の関係がなり立つ。

$$\frac{dY}{Y} = \frac{Y}{bf} da$$

この場合、 $ma = \pm 0.01 \text{ mm}$ で一定であると考え、焦点距離が一定のカメラを使つたとき dY/Y は Y/b に比例することになる。 $f = 19 \text{ cm}$ で $1/1000$ の精度で測定を行うためには $Y/b = 19$ 即ち 基線比が20以下であることが必要となる。

Stereoplanigraph などの自動製図機で図化する場合には、撮影に用いたレンズと同じレンズを備えた投射暗箱に撮影乾板を取付け、このレンズを通して逆に投影して出来る像を観測するので、観測する望遠鏡の視軸の方向は、撮影時における写真機の対物レンズの

入射経路の方向と常に一致するようになってい

る。このことから、Stereoplanigraphを用いる時の視差の誤差 ma を検討することが出来る。

この時の理論式から撮影基線の中点から、測定点に到る斜距離 $MP = S_m$ の中等誤差は(図-3参照)次式のようになる。

$$M_{Dm} = \frac{D_m^2}{b \cos^2 \beta_m \cos \varphi_{sm}} m_1 K \quad \dots\dots(1)$$

ここに D_m : 基線の中点から P に到る水平距離

b : 基線の水平距離

β_m : MP が水平方向となす鉛直角

φ_m : MP の水平投影線 MP' と基線の水平投影線に垂直な線となす角

K : 主として LP と RP となす角 δ_s によつてきまる常数

m_1 : 実体観測の中等誤差

今、視差測定の誤差を ma とすると、これによつて生ずる角誤差は

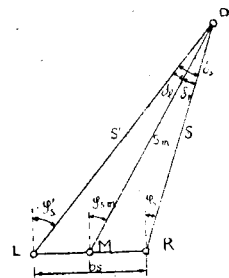
$$m_1 = \frac{ma}{f} \rho$$

である。故に $f = 193 \text{ mm}$ の場合、 $ma = \pm 0.01 \text{ mm}$ とすれば

$$m_1 = 12''$$

ma は一定の値ではなく、乾板の乳剤、撮影条件、観測者の能力などによつて異なるが、精密製図機を用いる場合には、 m_1 はそれ程大きい値にはならないこと

図-3



は確かである。

(1)式 からわかるように、実体視によつて距離を定めるとき精度は D_m/b によつて支配される。測定の精度を一定の限度に確保するためには、 D_m/b はある値より小さくしなければならないことがわかる。この式については、後でくわしく検討する。

又、 D_m/b があまり小さくてもいけない。それは、基線長が余り長すぎると、家屋、森林などのように複雑な物体は、別な面から撮影されて実体視することが困難となるし、又

図-4 実体観測の不可能な地域
Country not to be Observed Stereoscopically

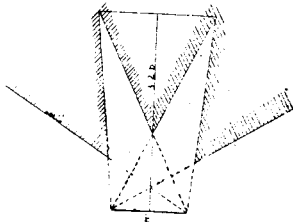


図-4 に示すように、近い所で実体視のできない部分が残るからである。このことは、大縮尺写真測量

を行う場合、特に注意しなければならない点である。一般に精度を $1/1000$ におさえた場合、上述の理由から、直角撮影の場合には、 $1/4 \sim 1/20$ の範囲で基線比を決定しなければならない。 偏角撮影の場合には、これに適當な補正が必要である。

次に、(1)式を現在最も広く使用しうる C3B 写真経緯儀について検討して見よう。

この場合次のような関係を考慮する。即ち

- ① M_{Dm} は D_m^2 に比例して増大する。
- ② 図化作業によつて位置をきめる場合、その精度を一定限度内に保つために必要な基線長は、撮影区域内にあつて測図する範囲の最遠点までの距離について考えればよい。
- ③ 基線比を $1/20$ より小さいときは $K=1$ とおいてよい。
- ④ 写真機軸を水平にし、乾板の中央部を考える。今 $m_1=12''$ とおけば

$$M_{Dm} = \frac{D_m^2}{b} \frac{1}{20\,000}$$

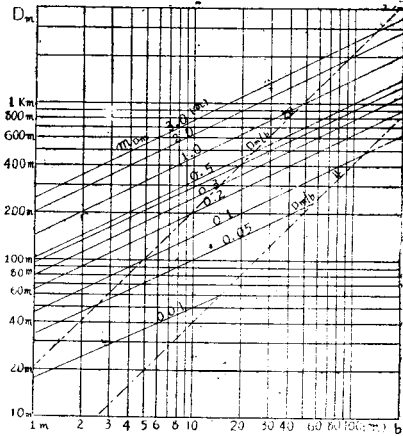
この式を対数目盛によつて図示すれば、図-5 となり、この図から、必要とする精度と基線長と基線の midpoint から測点に至る距離との関係を求めることが出来る。直角撮影の場合でも乾板周縁の点では $\varphi_m=25^\circ$ になるから生ずる誤差は、約 10% 大きくなるが、偏角撮影を同時に行うのが普通であるから、この方から基線長を増大することが必要となるので、この誤差については考えなくてよい。

35g の偏角撮影をする場合には、(2)式の φ_m は 20g ~ 60g の範囲に変化することになる。従つて、直角撮

図-5 角測定の誤差を $1/20\,000$ としたときの距離誤差の関係図

Graph Showing the Distance-error for a Precision of Measurement of Angle

$$ma/f = \frac{1}{20\,000}$$



影の場合に比べて、基準面上の点で、誤差が約 10~70% だけ増加することになる。即ち、基線から同じ距離にある地点を同じ精度で測量しようとする場合には、基線長を約 10~70% だけ増大しなければならないことになる。

以上の結果から基線長をきめる場合には、次の順序によるのがよい。

- (1) 図上又は現地では基線の方向がきまればその方向で撮影すべき最長の距離をきめる。
- (2) 図-5 から必要とする精度に応じて最短の基線長をきめる。
- (3) 水平撮影の範囲がきまれば、最大距離の方向がきまる。この方向に応じて基線長を増大する。
- (4) 35g の偏角撮影をする場合には、図-5 で求めた基線長を 20~40% 増大させる。

傾斜撮影を行う場合

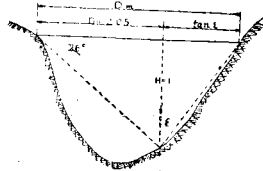
C3B 写真経緯儀には、3つの対物レンズが固定されて居り、その上、中、下のレンズを用いることによつて、夫々仰角、水平、俯角撮影が出来るようになっている。各々のレンズの光軸に対して、その視角は次のような関係になっている。

| 対物レンズの位置 | 上方 | 下方 | 側方 |
|----------|----------|-----|--------|
| -35 mm | 29g(26°) | 10g | 25.5g. |
| 0 | 18g(16°) | 18g | 25.5g. |
| +35 mm | 10g(9°) | 29g | 25.5g |

従つて、下のレンズを用いて撮影した場合の誤差式は、基準面上にある点に対して

$$MD_m = \frac{D_m^2}{b \cos 26^\circ} \frac{m_1}{\rho''} = \frac{1}{0.898} \frac{D_m^2}{b} \frac{m_1}{\rho} \dots (4)$$

即ち、傾斜撮影をする場合には、最下点は水平方向の点より約10%近くなるように選ばなければ、同じ基線で同じ精度の測定が出来ないことになる。基準面について考えると、**図-6**に示すように



$$D = \cot 26^\circ = 2.05 \quad D_m = D + \tan \varepsilon$$

D と D_m が同じ精度で測定されるためには

$$\tan \varepsilon = 0.11 \quad \text{or} \quad \varepsilon = 6^\circ$$

最もけわしい絶壁でも、その傾斜が 80° を超えることは稀である。故に、一般に俯角撮影では、基線長にこの影響は考えなくてよい。

仰角撮影の場合は、一般に傾斜の影響を考える事が必要となる。この場合には、水平撮影と同じ精度を保つためには、基線を約 10% 長くすることが必要である。実体写真測量で要求される精度は、図上で 0.1~0.2 mm 程度である。基線長の決定にあたっては、この精度が満足されるようにしなければならない。

(5) 造標

普通測量用の標識としては、相手の測点から容易に見え、堅固なものであればよいが、写真測量に用いる標識はこれらの条件を満足する以外に、撮影乾板上で明瞭に観測することができ、標定点、接続点として十分役立つものでなければならない。

乾板上で明瞭に観測出来るためには、少なくとも 0.2 mm 以上の巾と長さをもつことが必要であるが、このためには、標識までの距離、乾板乳剤の品質、レンズの明ルサ、撮影技術などによつて標識の大キサを考え、又、周囲の色によつて標識に適当な彩色をすることが必要である。Stereoplanigraphで図化する場合には、10倍に拡大して観測することになるが、このとき像が不鮮明になり、正確な観測が出来なくなるのは、乾板乳剤の品質によることが多いから、使用する乾板を考慮して適当な標識を造ることが必要である。

標識は、一方方向からの撮影にだけ必要な場合には、その方向に向つて上記の条件を満足するような標識でよいが、多くの場合いくつかの基線から撮影され、標定点、接続点として使われるから、いつれ方向にも所定の大キサに撮影されるような構造のものであることが必要である。(写真-1)

場所によつては標識に適当な色を彩すことが望まし

い。たゞ赤白に塗つたため、写真上で赤又は白だけが顕著にあらわれるときは、観測に役立つ巾が却つて減じ見難くなることもある。彩色は周囲の状況を考へて、よく注意して行うことが必要である。

顕著な独立樹、岩、小屋などは、よい目標となり有効に利用出来る。しかし、標定点として用いる場合、避雷針その他の細長なものを基準にとると、写真上に現われないものを選ばなければならない。基準点測量で鉛直角測定を行うときこの点について考へておくことが必要である。

鉛直角測量では、根板又は覆板の場合にはその下辺を、赤白の測旗ではその継目を、視準するのが普通である。造標の時には、これらの視準点の地表面からの高さを測定して記帳しておくことを忘れてはならない。

(6) 基準点測量

基準点測量には三角測量とトラバース測量が用いられる。如何ほどの精度でこれらの測量を行うかは、基準点の回数によつて左右される。

三角測量(交会法を含めた)の要領は普通の測量と同じである。たゞ、測点の高サが必要であるから、水平角測量と同時に鉛直角測量も同時に行われる。鉛直角としては、測点間の距離が大であれば、直反の観測値の平均値をとることが望ましい。

地上写真測量が主として用いられる山間部でトラバース測量を行う場合、平坦地と異つて直接距離測定を行うことが非常に困難である。それで、距離測定は専ら間接法によらなければならない。間接距離測定の方法には

- a. スタジア測量による方法
- b. 水平標尺による方法
- c. 補助基線を用いる方法

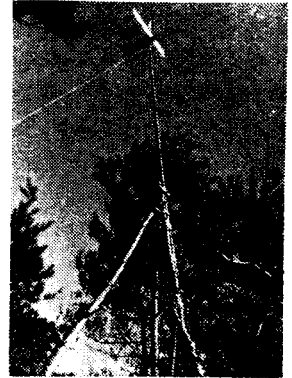
などがある。いずれの方法によるかは、要求される精度と測点間の距離によつて異なる。これらの測定法の精度については別稿*を参照されたい。

(7) 撮影点の決定

撮影をする前か後で、撮影点の位置及び高サ、撮影

* "間接距離測量の精度について" 土木学会誌後号に発表予定

写真-1



基線長を決定しなければならない。勿論、基準点がそのまま撮影点となる場合もある。このようにして確定された基線に対して一定の方向を定めて撮影が行われる。これらの諸要素に必要な精度は、図化縮尺と密接な関係があり、測定する方法も自らきまるものである。

(a) 撮影点の位置及び高さの決定 撮影点が、他の点をきめる基準点として使うのでなければ、撮影点の座標は図化作業に得ようとする精度で決定すればよい。即ち、撮影点の位置誤差は、図化縮尺で 0.1mm より大きくない事が必要である。従つて各種縮尺に対する許容誤差は次のようになる。

| 縮 尺 | 許容位置誤差 (M_{X_0}, M_{Y_0}) |
|--------|----------------------------------|
| 1:200 | ± 2cm |
| 1:500 | ± 5 |
| 1:1000 | ±10 |
| 1:2000 | ±20 |

従つて、極めて大縮尺の場合の外は後方交会法によつて撮影点をきめても十分必要な精度をうることができる。一般に、高所から撮影するときは、標高の決定は位置の決定よりも高い精度が望まれる。それは標定点などによる補正が位置決定におけるよりも容易ではないからである。精密製図機を用いる場合には次の値が一般に標準値とされている。

| 縮 尺 | 高さの許容誤差 |
|--------|---------|
| 1:1000 | ± 3cm |
| 1:2000 | ± 5 |

(b) 基線長の決定 基線長決定にもなる誤差 $\frac{db}{b}$ は、図化された総ての部分にそのままあらわれるものである。図化器械の横方向の最大長は 1m でありこれを ±0.2mm の精度できめることができるから

$$\frac{db}{b} \leq \frac{1}{5000}$$

でなければならない。しかしこのように大きい距離を図化することは稀であるから、一般に 1/2000 の精度を保てば十分である。

(8) 撮影作業

(1) 図化作業は、撮影された乾板が基礎になるのであるから、作業を容易にするためにも、測図の精度を保つためにも、乾板はよく撮影されたものでなければならない。

(2) よい乾板は、乳剤が地上写真測量に適したものであると共に、撮影にさいしては用いる乾板の特性

に応じて最も適した撮影方法をとらなければならない。乾板乳剤およびその取扱については、別に検討する。

(3) 撮影される区域は出来るだけ濃い影がうつらないような時間を選んで撮影しなければならない。北側の斜面を撮影する場合には屢々このことが困難な事項となるものである。このような地域では、むしろ曇つた日を選ぶのが適当である。森林地域では、基線の両端で撮影する時間に余り差があると濃影に差が生じ、図化作業のとき誤りをおかす原因となる。

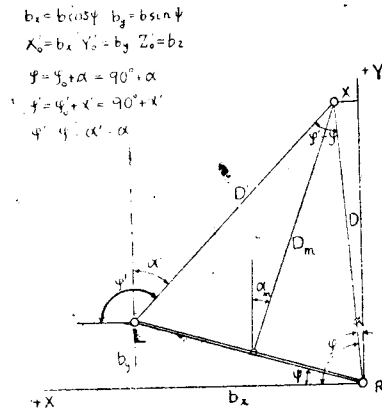
(4) 撮影点がきまれば、そこに写真機を水平に設置し、撮影方向を定める。撮影点番号、撮影方向板を正しく合わせてから、乾板を装置し、撮影準備の完了したことを確める。

(5) これらの作業中に、写真機は整準の条件にも撮影方向にもくわいが生ずるから、再び写真機を正しい状態に整準しなければならない。

(6) 写真機の方角を定めるとき、偏角 ψ に $\Delta\psi$ の誤差が伴うと、図化作業に次のような誤差が生ずる。

(a) 決定した点は全体として廻転する。しかし、この誤差は接続点、標定点を用いることによつて除かれる。

図-7 符号の説明
Explanation of Symbols



(b) 基線両端から測定点までの距離は

$$D = \frac{bcos(\psi - \alpha')}{sin(\alpha' - \alpha)} \quad D' = \frac{bcos(\psi - \alpha)}{sin(\alpha' - \alpha)}$$

これらを ψ で微分して整理すると

$$\Delta D = -D \tan(\psi - \alpha') \Delta \psi$$

$$\Delta D' = -D' \tan(\psi - \alpha) \Delta \psi$$

$$\text{又 } D_m = bc \cos \alpha_m \cot \delta$$

$$\therefore \Delta \psi = -\frac{\Delta D_m}{D_m} \cot(\psi - \alpha_m)$$

$$= -\frac{\Delta D}{D} \cot(\psi - \alpha) = -\frac{\Delta D'}{D'} \cot(\psi - \alpha')$$

(1)式を用いて

$$\frac{M_{Dm}}{Dm} \cos(\psi - \alpha_m) = \frac{D_m}{b} \sec \beta_m \frac{m_1}{K}$$

$$\therefore \Delta\psi = -m_1 \frac{D_m K}{b} \frac{1}{\cos \beta_m \sin(\psi - \alpha_m)}$$

故に $\beta_m = 0$ と仮定すれば、 D_m/b が小さい程 $\sin(\psi - \alpha_m)$ が大きい程 $\Delta\psi$ を小さくしなければならない。故に $D_m/b = 5$ $\psi - \alpha_m = 60^\circ$ の最も極端な場合について考えると m_1 を $12''$ に保つためには $K=1$ として $\Delta\psi_{\min} = 1' 15''$

このことから、撮影方向の決定は少なくとも、 $1'$ の精度で行うことが必要であることがわかる。

(7) 写真機が傾斜するための誤差

写真機が傾いた場合先ず高さに影響を与えることは直ちにわかる。 Z に対する傾斜角の影響を知るために、写真機が X 軸のまわりに回転する角を ω で表わすと実体写真の原理から

$$dZ = D \cos \alpha \, d\omega$$

$$\therefore \Delta\omega = \frac{\Delta Z}{D} \sec \alpha$$

故に $\alpha = 0$ の場合は $\Delta\omega$ 最小としなければならない。一般に ω は図化機で規正できると同じ精度で測定することが必要であるが、普通この精度は約 $25''$ であるから、写真機の据付ける場合には、この程度の精密さで水平を保つようにすることが必要である。

(9) 写真処理

撮影された乾板は、各種の理由からその日の中に現像を終らせることが絶対に必要である。

現像、定着、水洗などの作業は、普通写真の場合と異ならないが、特に測定に使う乾板であることに注意し、その作業は慎重に行うことが必要である。使用する乾板の種類に適した方法で、地上写真測量に適する仕上げを施すことが必要である。

写真処理についての詳細な検討は、乾板乳剤との関係が大であるので、これらの問題については、別に稿を改めることにする。

地震の強さを決定する要素について

正 員 畑 野 正*

FACTOR TO DETERMINE THE STRENGTH OF SEIDMICITY

(JSCE Aug. 1950)

Padashi Hatano, C.E. Member

Synopsis Strength of the seidmicity which affects to the structures has been hitherto represented by the acceleration due to earthquake force.

But from writer's recent experiments and theoretical considerations, this idea is correct only when the periods of the vibration are long. It is governed by the velocity of seidmicity for wide range.

Consequently, it will be required to alter the conception which has been taken among our engineering faculty.

要旨 構造物に影響を与える地震の強さは従来震度即ち地震動の加速度によつて定るとされてきたが、二、三の実験と理論的考察からこの考え方が成立するのは寧ろ局部的で、地震動の速度に支配される範囲が広いことを述べ、従来の考え方に大きな修正を要することを述べたものである。

1. 緒言

地震によつて構造物がある一定の影響を与えられると考える。例えば墓石の転倒を例にとると、地震動の中のある性質が、ある一定値に達したときに初めて墓石の転倒が生ずるものとする。この一定値以下の場合には転倒は起らないし、又一一定値以上の場合には必ず転倒を生ずるものとする。この場合、この地震動の中の性質のある一定値が、墓石の転倒を生ずる為に必要な地震の強さであると定義するものとする。

さて我々は従来この様な意味での地震の強さを如何なるものとして取扱つて来たであらうか。墓石の転倒は、横巾と高サの比が震度即ち地震動の加速度と重力の加速度の比に等しくなつたとき生ずるものとされている。土砂の斜面の崩壊は、その斜面の勾配に、震度に相当する値を、急になつたものとしてつけ加えて、合計の斜面が自然勾配を越すときに起るものとしている。その他自己週期を有しないすべての振動現象に対してこの様な震度を基礎にした考え方が採用されている。これに対し自己週期を有する振動現象、例えば煙突、建築物、橋梁、ダム等が地震に際して生ずる振動に対しては従来二通りの取扱ひ方が採用されている。その一は、これらの構造物の基礎が $x = a \sin \frac{2\pi}{T} t$ なる水平振動をすると云う境界条件のもとに振動の微分方程式を解く方法であつて、動力学的方法と云う事が出来る。その二は構造物の重量に震度をかけた値の慣

* 日本発送電、電力技術研究所員