

光波測距儀による変位量測定法

—とくに測定回数と精度について—

顧問 間組 技術研究所 正会員 大野 睦雄
 “ “ 正会員 馬渡 裕二
 “ “ 正会員 笠 博義

1. まえがき

光波測距儀は光を利用した測距儀で、山間部、海上などでの建設工事、測量に広く用いられている。一方これを地すべり観測や構造物の変位の監視などへの適用も考えられている。この場合、測定対象（測点）をその域外の不動点（基準点）から観測し、そこから対象までの距離および角度を測定することによって、変位の絶対量と方向を知る方法（極座標法）が取られる。しかしこの方法では測定精度が問題であり、それを定量的に把握し向上させることが重要である。ここでは、変位の大きさとその方向を極座標法によって測定する場合の精度を検討し、その結果に基づくシミュレーションによって変位量の検出限界を求め、効率的な測定方法を提案している。

2. 測距、測角実験

1) 実験概要：実験は測距、測角の精度すなわちばらつきを定量的に把握することを目的として、次の方法で行った。使用した測距儀はND-160で、測角には6秒読みセオドライトNT-4D（いずれも日本光学製）を用い測点には1素子の反射プリズムを設置した。設置状況は図-1に示す通りで、地上の基準点はコンクリートで固めてあり、観測点および基準控点は4階建事務棟屋上にくぎを打ち込んだ後モルタルで固定した。

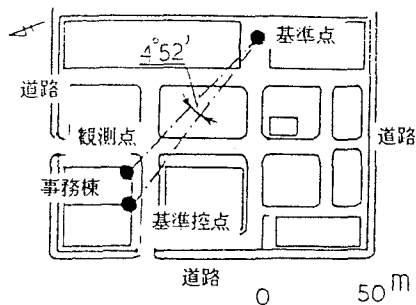


図-1 測点の平面配置図

2) 測距実験：光波測距儀を用いた測距に関する影響要因は気象条件、場所、測定者、方法などが考えられ、ここでは測定時刻、測定者、機器設置条件の3因子に各々2水準ずつとって実験を行った。また、繰返し測定による精度の向上効果を確認するために、1度の測定において1～50回の繰返し測定を行った。

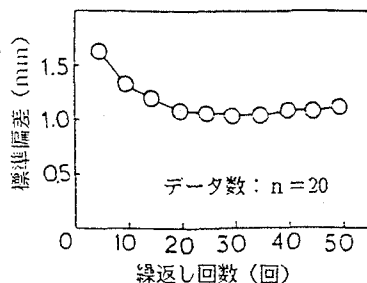


図-2 繰返し回数の効果

3) 測角実験：測角実験は測距実験と同じ因子、水準で行った。なお水平角は基準控点と測点との挟角を時計回りに測定し、高度角は天頂角を0度として測定した。また水平角、高度角ともに測定方法には対回法を採用した。これは望遠鏡の正位、反位各々1回ずつ測定する方法である。

4) 測定結果と考察：測距実験、測角実験ともに分散分析の結果、どの因子も測定値には影響を及ぼさないことがわかった。そこで、繰返し回数と精度の関係を定量的に把握するために、繰返し回数と標準偏差（測定値のばらつきを与える指標）の間にどのような関係があるかを考えてみた。まず測距実験では図-2に示すように繰返し25回までは著しい標準偏差の低減が認められる。しかしそれ以後は一定値（0.9mm）を示している。これに対して測角実験では、水平角については2対回までは標準偏差の低減が顕著だが、それ以上は一定値となる。一方高度角は対回数の増加とともに標準偏差が直線的に減少

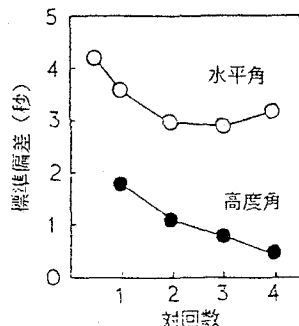


図-3 対回数の効果

し、4対回では1対回のとときの1/3以下となる(図-3)。

3. シミュレーション

1) 方法：前章で行った実験により繰返し測定の効果は測定値のばらつき(標準偏差)を用いて定量的に把握された。ここでは以上の結果をもとに今回の実験に対応したモデル(斜距離：100m、高度角：80°、水平角：5°)を用いてシミュレーションを行った。方法は前章で得られた標準偏差を持つ正規乱数500個を独立に発生させ、極座標の公式によって座標値を計算し、そのばらつきを調べた。

2) 結果と考察：シミュレーションの結果を、各平面(x-y, y-z, z-x平面)に打点した。図-4はx-y平面へ投影した例である。この図から測点のばらつきは原点を中心にx, y両軸方向に±4mm程度の範囲であることがわかる。

実際にはこのばらつきは三次元的に分布しているので、その度合いを調べるのに半径rの球(誤差球)を考え、その内部に何パーセントの点が含まれるかを調べてみた。

図-5は誤差球の半径と累加相対頻度の関係を示している。例えば、全点の95%を含む誤差球の半径r95を変位量の検出限界とすると、つまり半径r95mmを越える変位量が測定された場合は何らかの原因で測点が変位したと考えるのが妥当であるといえる。

上のシミュレーションを実験で得られた9つのケースについて行い、各々の検出限界r95を求め、測距-測角回数平面上で等値曲線で示したものが図-6である。この図から検出限界は3.1~3.9mmであることがわかり、最も効率的な測定方法は測距15回、測角2対回繰返しであると思われる。

4. あとがき

今回の実験、シミュレーションを通じて100m程度の距離における有効な測定手法を提案できた。しかしこれはあくまでも限られた条件下で得られたものであり、実際に野外で使用するには次のような研究を進めていく必要がある。つまり、一層多くのデータの蓄積とそれに対する定量的な解析、500~1000mを越える長距離測定での精度の確認と測定方法の提案が今後の課題となっている。

* 極座標の公式：観測点の座標は次の式で表される。

$$x = L \cdot \sin \phi \cdot \cos \theta$$

$$y = L \cdot \sin \phi \cdot \sin \theta$$

$$z = L \cdot \cos \phi$$

ここに、L：斜距離、 ϕ ：高度角、 θ ：水平角

参考文献：1) 大野、馬渡 “光波測距儀による変位量測定への応用に関する研究(第2報)”，間組研究年報，PP59~65, 1984，2) 近津 “三辺測量による厳密調整法について”，土木学会第39回年次学術講演概要集第4部，pp353~354, 1984

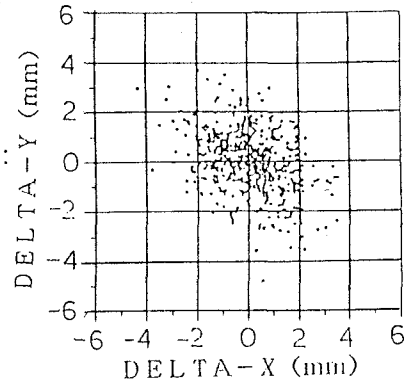


図-4 シミュレーション結果
(測距15回、測角2対回)

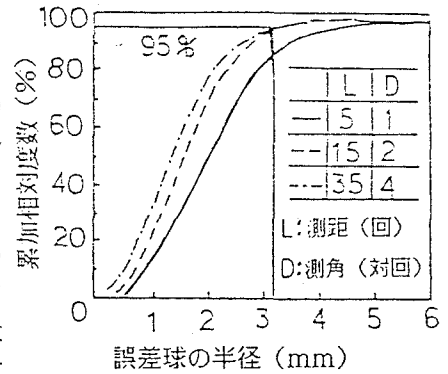


図-5 変位量の検出限界

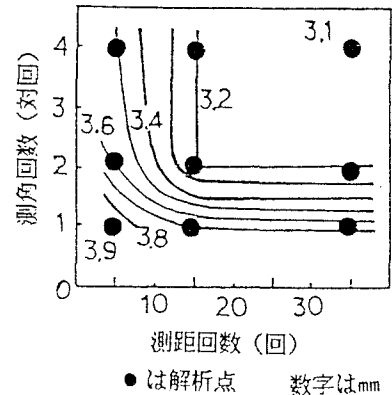


図-6 検出限界r95等値線図