

7. 結 語

以上、3 辺固定、1 辺自由矩形版が等変水圧荷重を受ける場合の数例を示した。この結果はケーソン壁等の計算に於て一般に採用されている値とは全然趣きを異にし、下部の横方向曲げモーメントはずつと小さくなる事を知る。又縦方向のモーメント分布を明らかに

する事が出来る。更に数種の $a : b$ について計算して置けば、中間の場合は内挿法によつて求め得るであろう。

尙本法によれば、三角荷重以外についても表-2、3 の係数をその儘使用し得る便利がある。

本研究は文部省科学研究費の補助によるものゝ一部である事を附記する。(昭. 25.10. 7)

測角の精度に関する実験的研究

准 員 北 郷 繁*

EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE ACCURACY OF ANGLE MEASUREMENT.

(JSCE April 1951)

Shigeru Kitago, C.E. Assoc. Member

Synopsis An angle was measured experimentally by two methods, single and repeating, using 3 transits, each of which has double axis and 20" reading vernier, operated by 3 observers, to see the effective limit of repeating number in the method of repetition, and to compare the above mentioned methods of angle measurement and the two kinds of repeating method, which are simple and returning.

要 旨 本文は、複軸型、20秒読みのトランシット 3 台を用いて、単測法及び倍角法による測角を行い、倍角回数の有効な限度、二種の倍角法の精度及び単測法と倍角法との比較、等について実験結果を検討したものである。

1. 緒 言

複軸型トランシットによる倍角法は、小規模の技術測量に於ては重要な測量法の一つである。所が倍角法についての文献は至つて少く、僅かに Jordan-Eggert⁽¹⁾ に誤差理論がある程度である。従つて、普通用いられる 20 秒読みトランシットで倍角法を採用した場合の倍角回数の有効な限界や、同じ倍角回数を望遠鏡の正位(又は反位)のみで行うべきか、或いは正反兩位に折半してその平均をとるべきか、及び同じ回数の単測法の平均と比較したらどんなものか、と言つた事については何れの書物も触れておらない。それで前述の誤差理論を土台に実験値を整理し、以上の事項について二、三の考察を行つた。

2. 観 測

- a) 日時及び場所: 1950 年 8 月, 北大構内。
- b) 使用器械: 名称, 性能は表-1 の通りで、何れも完全に調整して使用した。本学部備品。
- c) 観測小屋及び視標: 観測中の風の影響を少くし器械附近の温度を略々一定に保つために、観測小屋を

* 北海道大学助教授, 工学部土木工学教室

表-1 使用器械の性能²⁾

名稱	ガ- レー	ワツ ツ	フヂ
製作所	アイリス ボール社	アイリス ワツツ社	日本 測機舎
望遠鏡全長 (mm)	292	233	220
倍率	26×	20×	27×
映像	正	倒	倒
鏡筒全長 (mm)	91	内	内
水平分度	170	119	152
垂直分度	20	20	20
視標 (mm)	20	20	20
重量 (kg)	6.0	2.0	1.03
三脚重量 (kg)	7.2	6.1	7.3
製作番号	27242	11967	1419

写真-1 テン 標



造つた。視標としては、ボールを使用し、写真-1 に示すように固定した。ボールの中央の高さは、視準線を水平にしたときの高さとし、トランシットからの距

離は共に 74m である。

d) 観測：観測者は筆者と、測角に一応の経験を有する北大学生 2 人で、3 人の中の 2 人が 1 組になり、その一方が視準と A 遊標の読定を行い、他が B 遊標の読定と記帳を行う。之を 3 人が順次交替して行う。測定値以外に室温と所要時間を測つた。

倍角法は、出発点を大略 20° づつずらし乍ら 3 者 3 回計 9 回測定した。之を 3, 6, 9, 12, 15 倍角について行つた。こゝにいう 1 回とは、望遠鏡正で右廻りに n 倍角し遊標をそのままにして望遠鏡を反転、反位左廻りで同じく n 倍角して出発点に戻るのを 1 回とする。3 倍, 6 倍は、1 人が連続して 3 回観測したが、9 倍以上は 1 回毎に交替した。観測結果が特に悪い場合(初期に多い)は、回数を増した。6 倍角以上の読角は、3 の倍数毎に行い、出発点は 20° の倍数附近の任意の所とした。

単測法は 10° おきに前と同じ要領で、1 人 10 回、計 30 回の観測を行い、1 人 5 回連続観測して交替した。

3. 最 確 値

より一層確実な平均値を得るために、ヴィルド万能経緯儀(製作番号 2537)による観測値(前出の数え方による 12 回の平均)をも加味して、次の様な方針できめた。

- a) 重み附算術平均を求める最確値とする。
- b) 重みを表-2 の様にきめる。
- c) 3 種の器械及び観測者には重みをつけない。

表-2 重 み

種類	単測法30回 の平均	3倍角	6倍角	9倍角	12倍角	15倍角
重み	1	1	2	3	4	5

表-3 器械別の平均値

	ガーレー		フッツ		フヂ		ヴィルド	
	観測回数	算術平均	観測回数	算術平均	観測回数	算術平均	観測回数	算術平均
単測法 12回平均	30	40.02 23.3	30	40.02 40.9	30	40.02 41.9	12回観測 平均	
3倍角	14	43.7	9	43.7	9	39.7		
6 "	9	47.1	9	45.7	9	44.7		
9 "	12	45.0	9	47.7	9	44.7		
12 "	9	45.4	9	43.5	9	44.6		
15 "	10	44.5	9	45.2	14	45.0		
各器械別 平均		45.0		45.1		44.3		45.4

各器械別の観測結果を示すと表-3 の通りで、平均値は小数第 1 位を四捨五入した。重みを別にとつても結果は殆んど変わらないから、計算の簡単なこの値を採用して、以後のすべての測定結果の比較に使用する。

5. 各測角法の推差

観測値の誤差の分散の比較に推差を用いた。

さて前述 Jordan によると単式複式両倍角法及び単測法の n 倍角及び n 回観測の推差を R_m, R_d, R_s とすると

$$R_m = 0.6745 \sqrt{\frac{2}{n} \left(\alpha^2 + \frac{\beta^2}{n} \right)}$$

$$R_d = 0.6745 \sqrt{\frac{2}{n} \left(\alpha^2 + \frac{3\beta^2}{n} \right)}$$

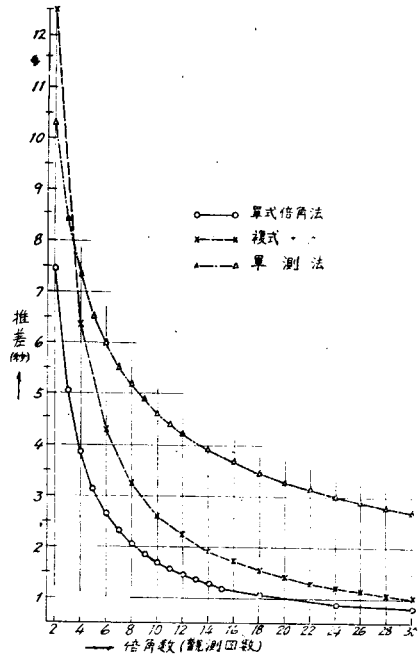
$$R_s = 0.6745 \sqrt{\frac{2}{n} (\alpha^2 + \beta^2)}$$

式中 α : 視準誤差 $\approx 3''$

β : 読角誤差 $\approx 15''$

で、 α, β は勿論推差である。測角誤差の推差はこの両者が合成されたものと考えて求められるもので、その数値は末尾文献 3) 4) 5) による。 $n=2\sim 30$ として計算したのが図-1 である。

図-1 推差の理論値



茲に単式倍角法とは望遠鏡の正又は反位だけで n 倍の角度を測り n で割つて値を求める一般の方法である。之に反して、複式倍角法というのは、望遠鏡の正又は反の位置で $n/2$ 倍角を測りとり遊標をそのままにして望遠鏡を反転して更に $n/2$ 倍角測つて出発点に戻る方法である。両者の決定的な差違は読角の回数が、前者に於て 2 回であるに反し、後者は 3 回である事、従つてそれだけ誤差発生の原因が多く $R_d > R_m$ である。この事については後述する。

以下、観測結果から推差を計算して理論値と比較し

て見る。

6. 単式倍角法

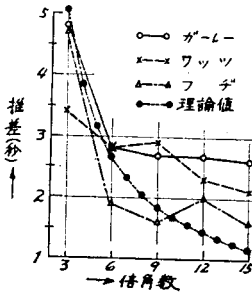
前述の様に、観測は9~14回の複式によつているから、正反位の観測値を夫々独立したものと考え、残差を求め推差を計算する。即ち $0.6745\sqrt{[vv]/(n-1)}$ で n は 18~28 である。この様にして計算された各倍角数毎の推差を図一2 に示す。之から大体次の事が言えると思う。即ち

a) 測定値の推差は理論値と6倍角までは大体平行して減少するが、それ以上になると変化が少なくなる。即ち単式倍角法の有効な限界は6倍程度である。これ以上の反覆操作は内外軸にズレを生じ、疲労が急増し、不安な心理状態になる等の原因が予想されて、倍角数の増す程には誤差の分散が小にならない。

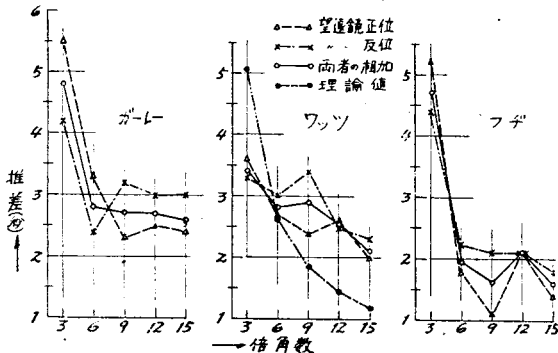
b) 各器械別の推差の変化を見ると、ガーレーとワッツは、後者の3倍角が良すぎるのを除いて、大体同じで、ワッツの9倍以上は理論値に近い変化を示す。フヂは6倍以上で良好な結果を示している。12倍が6倍や9倍より大きい推差を示すのは、観測回数の少い事によるものと思われる。このフヂの好結果の原因は、気象状態がよかつた事、観測者が熟練して来た事(最後に使用した器械)、使い易い感じのあつた事等の様である。

然し乍ら、この結果が直ちに3台の器械の優劣を定めるものとは考えられない。前述の様に、観測回数の少い事は、観測時の気象の良否、即ち視標の「見え」のよしあしが強く影響して、器械相互に相当なハンデキャップを生じている事は間違いないし、又ワッツの様に締付、微動の装置が特殊なための不慣れ等もあつ

図一2 単式倍角法の推差



図一3 正反位の別による推差



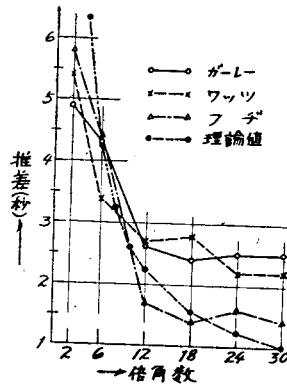
て、結果に悪影響を及ぼす筈である。更に、目盛機械による目盛の角度誤差は、よくて $1''$ と言われるから、倍角法で観測したからと言つて、最確値を小数2位までも記載する事は間違いであり、小数1位も信用ならない。前節に於て、最確値を $45''$ としたのはこの理由によるもので、従つて推差の値の $1''$ 以下の大小を以つて、精度の比較を行う事は、当を得ないと言えるから、この場合3種の器械には大なる優劣がないとした方がよい様に思われる。

尙望遠鏡の正位、反位を区別して推差を計算したものが図一3 である。之を見ると、正反両位の推差の間には確然とした関係がない様である。之は器械の調整に甚だしく不完全な所のない事を示すものである。この場合の観測回数は、図一2 の場合の半分であるから、推差の変化が極めて不齊であるのはやむをえない。

7. 複式倍角法

前項単式倍角法は正反位の観測を独立したものとして計算を進めたが、実測の上では正反位が連続したもので、正の終読は即ち反の始読となつて、出発点に戻つた時の喰違いを倍角数で割つて配分するのが複式である。この推差は、前述の様に単式より大きい。実測

図一4 複式倍角法の推差



結果は図一4 の様である。図中2倍角というのは単測法の連続正反の観測値を用いたものである。この図についても単式の場合と同じ事が言える。但し、倍角数の有効限度は12倍附近である。

尙この図の折線の変化の具合が単式に類似しているのは、単式で独立と見做した正反の観測値を平均して1つの観測値とする事になるためである。従つて複式の観測回数は単式の半分である。

8. 両者の比較

2. に於て $R_n > R_m$ なのは、複式が単式の場合よ

り1回だけ読角回数が多いためである事は既述の通りである。尙之を詳説すると、6倍角の場合、望遠鏡の或る位置だけで6倍角測つた値の推差、即ち12回の α と2回の β の合成は、3倍角を正位続いて反位で3倍角計6倍角測つた値の推差、即ち12回の α と3回の β の合成より小である、という事である。之は測角の常識である器械誤差の消去法からすれば納得し兼ねる事の様であるが、誤差法則及び推差の定義からすれば之でよい様である。誤差法則でいう誤差は偶差であつて定誤差は含まないからである。器械誤差は殆んどが定誤差であるから、之を消去する方法を講じたからといつて推差は小にならない。上記理論は偶差だけの、理想の状態でも多数回観測を行つた場合に於てはまるものである。従つて理論的には単式 n 倍角は複式 n 倍角よりも推差が小で誤差の分散が小さい事になる。(図-2及び図-4)

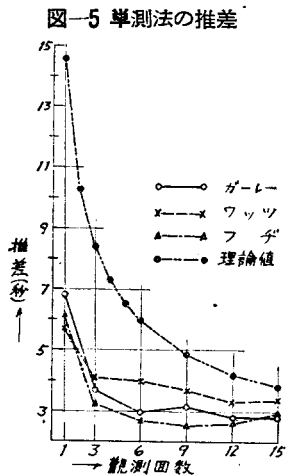
然し実際の観測に於ては、定誤差の入つて来る可能性は非常に多く、その大きさも、計算される推差より大きい場合が多い。従つてこの様な定誤差の存在を考慮する時は、この誤差を自動的に消去する複式の方が少数回の観測で信頼出来る平均値を与えるものと考えられる。従つて、正反両位の平均をとる複式の方が実際には有効であつて、6倍程度の正反位観測の平均が最も信頼出来る値を与え、且つ之以上の倍角数は無意味の様に思われる。

9. 単測法

単測法は複式2倍角の様にして観測した。観測者に一様な重みを置いて、観測の順序に、同じ数だけの観測値の平均をとつて之らの推差を求めた。例えば1つの器械について60ケの値があるから、之から3つづつ観測の順序に引き出して20ケの平均値を求め、之の推差を3回観測の

推差とした。図-5に観測結果を示す。茲で顕著な事は

- a) 理論値との距りが甚だしい事。
- b) 6回以上の推差の変化が小さい事。
- c) 器械によつて大なる差違のない事である。a)については次の様に考える。即ち観測角の最確値は45"であるが、この値は2つの遊標の平均値になるのに都合のよい値で



ある。例えば遊標が0"から出発したとして他に何らの誤差もないとするならば、終読は40"か50"かになる筈で、この平均が45"の周囲に分散する仕方は、最確値が之以外の43"とか48"とかの場合より、狭くなる筈である。即ち絶対値の小さい残差を与え推差を小ならしめる結果となる。換言すれば測定角の最確値が20"読みの遊標に好都合な値でこのため推差が小になつたと考えられる。最確値が45"の時は、遊標は40", 60"及びこの双方の何れかで重なつてると判断される筈であるが、人間の眼のズレの識別能力は15"内外であるから40"の所をズレているとは判断出来ない。又60"の所も断定的にズレているとはせずに、この双方の重合から50"とするか或いは寧ろ40"と読むのではないかと考えるわけである。従つて之らの平均値が45"に近づく確率は大となり推差を小ならしめるわけである。之に反して倍角法は目盛のすべての部分を用いるのでこの様な利益は少い。次に考えられるのは疲労の少い事である。このためよい結果を与えるものと思われる。最後に観測者の熟練があげられる。即ち倍角法で充分習熟してから単測法を行つたからその器械には充分に慣れた事による。

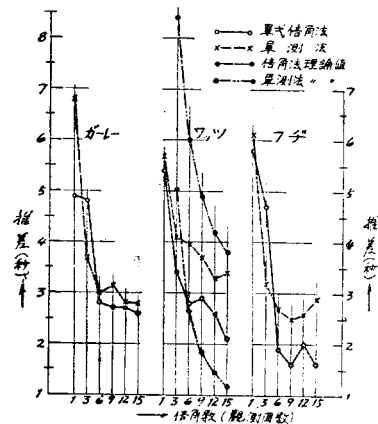
b)についてはワッツを除いて大体6回観測あたりから推差の変化が少く、倍角法と共通する。

c)については前に述べたと同じである。

10. 単測法と倍角法の比較

この比較のために、図-2と図-4を重ね合わせたのが図-6である。前項の様に単測法の結果が良すぎた事は確かな様であるが、それにしても両者の差が理論

図-6 単測法と倍角法の比較
比較



値のそれに比べて少なすぎる様に見える。3倍角では寧ろ単測法の方がよい結果を示している。之は倍角法が誤差の入り易い操作を含んでおり、単測法が好条件

のもとでは相当によい結果を与える事を示している。即ちこの両者の精度の間には、實際上理論値程の差はない様である。

11. 結 言

以上を要約すると、20" 読みのトランシットを使って測角する際には、倍角回数の限度は6倍位で、之以上増加させるのは無意味である事、器械誤差を消去する意味からは12倍の複式倍角法を採用すれば最も信頼出来る結果が得られる事、単測法の精度は倍角法に比べてさほどに遜色がなく、倍角法を過信する事は危険である事、3つの器械の間には著しい優劣がなかつた事の4点になる。

尙この他、個人誤差、気象の影響等について研究すべき余地を残しているが、之は今後俟つ事にする。

本研究は文部省科学研究費交付金によつて行われたものである事を附記する。

文 献

- 1) Jordan-Eggert: "Hondb. d. Vermes." Bd. II 1914 s.289
- 2) 玉屋, 測機合カタログ
- 3) 吉田正太郎 ● 光学器械基礎編 p.286
- 4) 河出書房: 物理実験学 第5巻 p.223
- 5) 大前氏他3氏: 陸地測量学 p.450
- 6) 草場精一: 精密機械測定法 p.101

(昭.25.12.16)

コンクリート電気養生に関する研究

准 員 大 浜 文 彦*

A RESEARCH FOR THE CURING OF CONCRETE BY MEANS OF ELECTRICITY

(JSCE April 1951)

Fumihiko Ohama, C.E.Assoc. Member

Synopsis This paper describes the studies of the curing of concrete by means of electricity. At first the writer mentioned the study on the effects of electrical heating on the properties of concrete, which contained strength elasticity etc. And then he related the electrical properties of concrete, the relation between pole-arrangement and its total electrical resistance, and some recommended method of predetermination of local difference of temperatures, and also he proposed some formula for calculation of the volume of consumed electrical power that were needed to get required temperature-rise in concrete mass.

要 旨 本論文はコンクリート電気養生に関する研究の報告である。先づ最初に、著者は、電気養生が、コンクリートの諸性質、(強度、弾性の如きを含む)に及ぼす影響について述べ、次いで、コンクリートの電氣的性質、電極配置とその全抵抗との関係について論じ、更に、部分的温度差の予想に関する一つの試みを提示している。そして、最後にコンクリート塊に於て必要とする温度上昇度を与える電力量の算定について一つの公式を提示している。

1. 序 言

著者は、コンクリートの電気養生工法の最も計画的、経済的、且つ平易な方法の完成を目標とし、1946年冬より現在まで研究に従事した。尙京都大学近藤教授の指導下にて得た成果の一部は、土木学会の講演会、その

他¹⁾において、既に断片的に報告したが、こゝに、それ以外の成果を追加し、本研究を総合して報告したい。

尙、北大、日発、建設省等においても、この工法の研究が行われ、その報告は、著者にとつて、甚だ有益で啓発されること多大であつた。こゝに深い敬意を表する次第である。

2. 概 説

コンクリートの電気養生は、交流電流をコンクリート中に通じて、その抵抗熱により保温加熱するものである。電極は板状、棒状、金網、ラス等を用いた例がある。これらは、何れも一長一短があり、場合々々によつて選定すべきである。尙、一般に板状のものが良好であるように考えられ易いが、コンクリートの硬化につれて、その接触面がコンクリートより離れ、抵抗が部分的に高まつたり、埋設に難点があつたりして、反つて不都合を生ずる場合もあるから注意を要する。

3. 電気養生とコンクリートの諸性質

* 山口大学助教授、工学部土木工学科

1) 昭和24年5月土木学会講演会、昭和24年10月、土木学会中国四国支部講演会、昭和25年10月土木学会中国四国支部講演会、昭和23、24年および25年セメント技術年報(日本セメント技術協会発行)