

トランシットによる波浪の記録観測法

北海道開発局土木試験所 宇田 居 吾 一

I. 概 説

港湾における波浪の諸元、なかでもその波高と周期は、河川における流速にも比すべきもので、港湾工事を計画、設計、施工、さらには管理する上に、その大きさが正しくわかることがいかに必要であるかはいうまでもないことで、古来、その直接観測は、波浪の理論研究の必要上、さらには直接港湾工事への必要上、多くの学者、技術者によつて、たくさんの方が考えられ試みられてきた。しかるに、波浪の理論的研究の面には相当の進歩をみた今日、その理論を裏づけすべき波浪の直接観測法には、いまだに、河川におけるブライス流速計による流速観測法のような、簡便で、普遍的で、かつ基準的な観測法が見当らず、当事者おのおのが任意の方法および任意の要領でその観測を行つていることは、まことに不便かつ不利益なことであつて、港湾工学の進歩のためにも、ぜひ、簡便で普遍性のある観測方法、およびその基準要領が望まれるところである。

すなわち、在来、海岸において波浪の波高周期を直接観測するには、

(a) 遠隔操作の記録計を用いて、海上の測点に設置する作動部の変化（この作動の方式には、直立するポールに沿う浮子の運動、直立する浮ポールの浮力の変化、海底の水圧変化、直立するポールに取りつけた電極の海水による短絡、音響測深機の応用等がある）を電氣的またはその他の方法で陸岸で自記観測する型式の、いわゆる、特殊波高計による方法、

(b) 海上の測点に作動部と直結した自記記録計を設置して自記観測する型式の、いわゆる、自記波高計による方法、

(c) 海上の測点に測桿、浮測桿を設置して、陸岸より肉眼、望遠鏡等で観測したり撮影機で撮影して観測する方法、

(d) 海上の測点に浮標を設置し、その波浪による上下動を陸岸から、トランシット、撮影機、写真機、等の光学器械を用いて光学的に観測する方法、
等が行われてきた。

しかるに (a)、(b) の方法は、一般に、計器の構造が複雑で取扱いがむづかしく、かつ、計器が比較的高価であり、また、作動部や記録部が海上にあるため破壊、故障の憂が多く、設置箇所や観測可能な波高等に制限を受ける等、多くの欠陥がある。ただし、この種のもののうち、海底の水圧変化を記録する型式のものは、作動部が海底にあるため、比較的破壊故障が少なく、相当高い波浪まで観測できるが、水圧変化から波高を求める点に難点がある。また一方 (b)、(c) の方法は、比較的簡便で、1 台の機械で多数点の観測ができ、経費も少なくてすむが、撮影機を用いる以外、連続する波浪を一波一波ひとつひとつ測定することができない根本的欠点がある。また、夜間、濃霧、降雪等で観測ができなくなることがあり、ことに (b) の方法では、観測点を適当な高所に設けることができないときは、高浪時測桿が手前の波峯に隠れて観測ができなくなることがある等、やはり多くの欠点がある。

ゆえに、波浪観測を企図する者は、調査目的、所望精度、調査の経費、陸岸の地形、測点の位置、海況等を考慮し、最も適応した観測法を選定することがまづ必要であつて、これを誤るときは、測得資料の価値および信頼度が低いばかりでなく、観測を失敗に終らせたり、さらには、機械、器具等を破損流出することも多いものである。

筆者がここに紹介する方法は、(d) 型式に属する従来のトランシットによる観測法を改良し、浮標の上下動を手動操作でトランシット望遠鏡の視線で追迫することにより、波浪をひとつひとつ連続記録して測定観測する方法であつて、比較的手軽に取扱うことができ、荒天時にも支障少なく、かつその観測精度も他の観測法に劣らず、昨年来、二、三の港の現地調査に使用し、ほぼ満足できる成果を得たので、まだ種々、検討、改良を加えなければならない点も多いが、とりあえず報告し参考に供する次第である。

II. トランシットによる波浪の記録観測法

(1) 原理 本方法は、沖合の測点に設置した浮標の上下動を、浮標上の一点（浮標に取り付けた測量旗の中央、あるいは電灯）がたえずトランシット望遠鏡の水平交線上にあるように、望遠鏡の垂直微動ネジを、その支架に取り付けた特殊装置によつて、間接的に操作することにより追跡し、その際の微動ネジの移動量を、トランシットから浮標までの距離に応じて適宜拡大し、トランシットの側方に置く記録計の用紙上に同一縮尺で記録し観測する方法である。

その目盛に合わせて使用し、記録は定値 (2.5, 5, 10 m) と記録用紙の方眼外枠巾との比によつて読み取ればよい。

この際、計器の大きさから、 r_m の変化範囲が限られているため、同一の縮尺で観測できる測点距離は限定され現在使用のもののそれはおおむね次のごとくである。

用紙方眼外枠巾 1 杯の定値	近限界	遠限界
2.5 m	200	600 m
5 m	400	1 200 m
10 m	800	2 400 m

(2) 計器の構造 現在使用のものの構造は次のようである (写真—1 参照)。

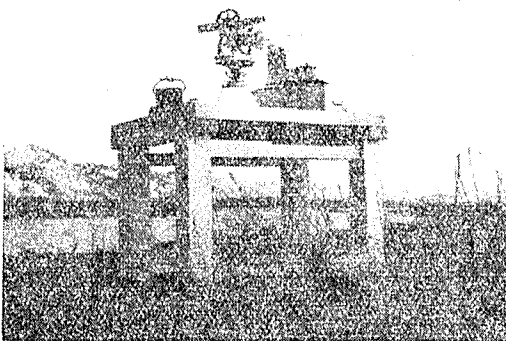
トランシットの支架側面に取付け、垂直微動ネジを間接的に操作して、その前後移動量を拡大する部分 (拡大操作部) と、その拡大された操作量を記録する部分 (記録部)、および前 2 者の軸を結んで回転角を伝える連結軸とよりなり、さらに記録部には、その用紙巻取り用の小型モーターとタイムマーク用の電磁石との電源となる小型蓄電池、およびタイムマーク用の電接時計が付属される。

拡大操作部 (写真—2, 3 参照): 軸座移動匡、扇形操作板、中間ゴム車とよくなる。

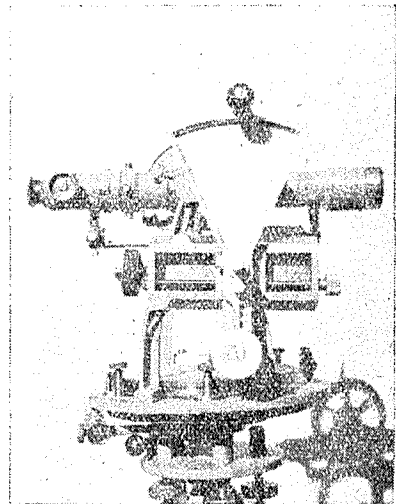
軸座移動匡は、扇形操作板の軸座をネジによつて移動させ、扇形操作板の回転半径を無段階に変える装置で、上面に距離調節目盛が刻まれている。

扇形操作板は、これを軸のまわりに下に操作することによつて間接的にトランシットの垂直微動ネジを動かし、

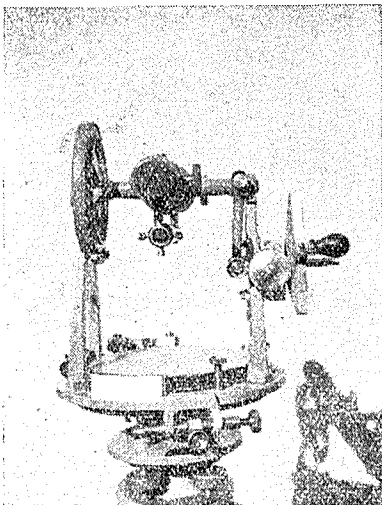
写真—1



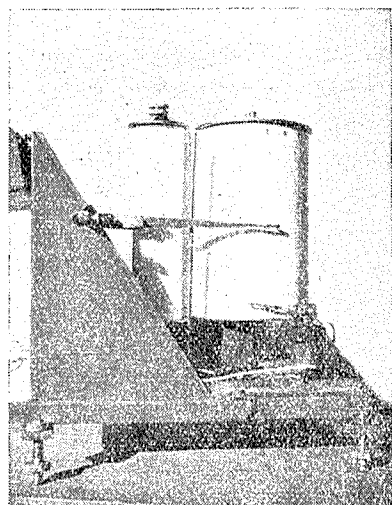
写真—2



写真—3



写真—4



トランシットの視線を上下する装置で、この中間ゴム車に接する内面には空滑りを防ぐため、細かい刻みが刻まれている。

中間ゴム車は、軸座移動筐の前面に取付けられ、扇形操作板の内面とトランシットの垂直微動ネジ頭部側面に接触して、両者の回転角を伝導する役をするもので、摩擦を大きくするよう厚ゴム輪をはめてある。

記録部(写真-4参照): 記録ペン軸部、用紙円筒、用紙巻取り円筒、用紙巻取り円筒駆動用小型モーター、減速歯車、タイムマーク用電磁石、および容器とよくなっている。

用紙円筒、および用紙巻取り円筒は取外しができる構造である。

用紙巻取り円筒駆動用には、自動車の窓拭き用の 6 V 小型モーターを用い、減速歯車でその回転速度を落し、用紙巻取りの速度は毎秒約 3.3 mm にしてある。

容器は、蓋を着脱できる構造とし、その足には計器の高低を調節するネジがついている。また容器の一部に電源と電接時計のためのターミナルとスイッチがついてある。

電源用の蓄電池には、現在、モータースクーター用の小型蓄電池(6 V)を使用しているが、これ1個1回の充電で延時間約 50 分の観測ができる。

電接時計には、暗室時計を改造した 10 秒接点のものを使用している。

巻取り記録用紙は、計器に合った方眼のものを特別につくらせてもよいが、大量でないと相当高価なものとなるので、現在は、横河電気記録紙(KD または KDS-100)を用いている。この印刷方眼は計器に合っていないので、記録の読み取りには、計器の記録ペン軸の長さに合わせて方眼を刻んだ、透明セルロイド板製の読み取りスケールを用いる(図-3 参照)。

連結軸: 長さ 30 cm 程度のパイプで、両端 5 cm 程度を 3 つに割つてあり、ここに扇形操作板及び記録計ペンの回転軸の端を差し込んで締め付け金具によって締め付け両者を連結する。

なお、トランシットの垂直微動ネジは、普通、このような効用を考えずにつくられるため、相当ガタがあり、また、その長さも短かいので、これは、計器に合わせ、マイクロメーターのような精密な構造につくりかえる必要がある。

(c) 距離調節目盛の刻み方、および計器の検定 後述の要領で本装置とトランシットを正しく据えつけ、トランシット中心から正確に測距された数地点(40, 50, 60, 70, 80, 100, 120 m)に上下間隔 0.5 m に 2 個の標識をつけたポールを立て、後述の観測操作要領によつてトランシットの水平交線を上部標識に合わせ、また記録ペンのペン先を上部方眼外枠に合わせる。この位置から扇形操作板を下方に操作して水平交線を下部標識に合わせる。このとき記録ペンのペン先が正しく下方方眼外枠上にくるように扇形操作板の可動軸座の位置を、少しずつ変えながら同様操作を数回繰返すことにより、見つけだし、このときの r_m (扇形操作板回転軸の中心とゴム車の中央との距離)を測定する。

理論的には、上の操作が正確であればただ一つの地点(L_1)の r_{m1} から他の地点(L_n)の r_{mn} も次式によつて容易に算出される。

$$r_{mn} = C/L_n = r_{m1} \cdot L_1/L_n$$

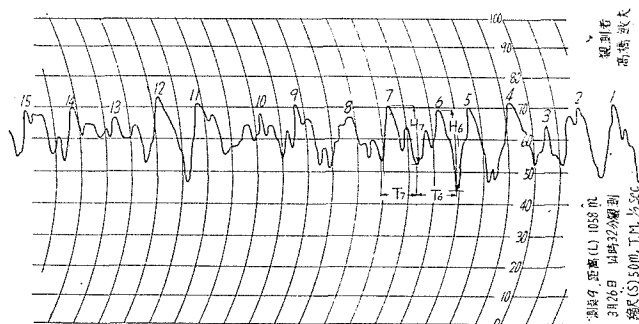
しかし、実際には計器の構造上 C の値は各測点によつて少しずつ違い、それぞれの測点距離(40, 50 m...)において $C_{40}, C_{50}, \dots$ が得られる。この中間距離、例えば 42 m の場合の r_m の値(r_{m12})は次式の例に準じて算出すればよい。

$$r_{m12} = \left\{ C_{10} + (C_{50} - C_{40}) \times \frac{42 - 40}{50 - 40} \right\} \times \frac{1}{42}$$

このようにして得られた、多数の適当間隔の r_m により、扇形操作板の可動軸座の位置をその軸座移動筐の上面に目盛ればよい。

この 0.5 m 縮尺の目盛は縮尺を 2.5, 5, 10 m に変えたときには、それぞれ、5 倍、10 倍、20 倍の距離が対応

図-3



するものと考えて使用すればよいことはいうまでもない。

また、すでに目盛られている目盛を検定するには、この操作を逆に行えばよいわけである。

(4) 観測要領 浮標：調査目的に応じて選定された数箇所の測点に浮標を錨碇設置する。なお、既設の航路浮標、緊船浮標等で適当なものがあれば、それをそのまま利用するのもよい。

浮標は、十分激浪に耐えるよう、図—4 のような構造のものとすべきである。

標旗は、丈夫な布製または鉄板製とし、その取付け方も十分堅固にすべきである。なお、600 m 以上離れた測点のものには特に大型のものを使用すべきである。

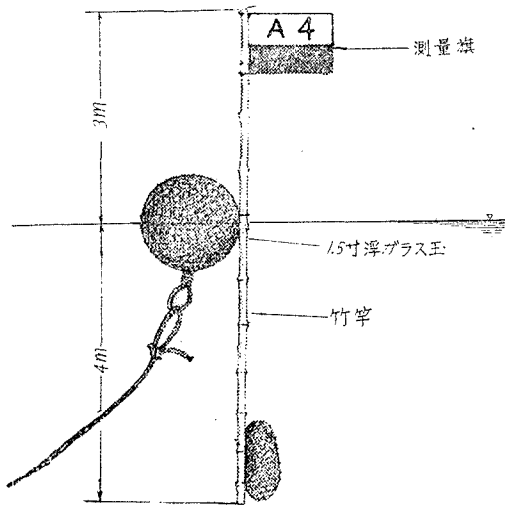
竹竿の下部に付ける錘の重量は、浮ガラス玉が 1/3 ほど沈むものがよい。

錨は 6～8 貫程度の漁船用のものが適当である。

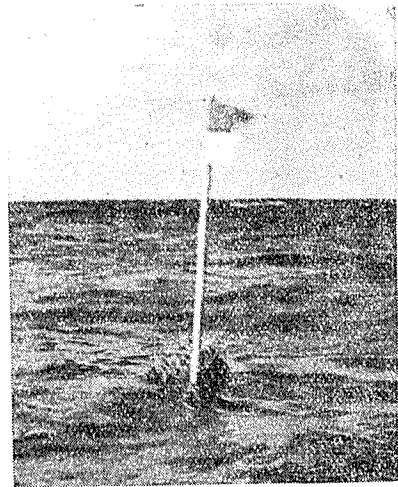
錨綱は 6～7 分程度のマニラロープを使用し、その長さは長ければ観測精度が悪くなり、短かすぎると浮子が波に追随しないおそれがあり、水深の 2 倍程度が適当である。

また、夜間観測用には、竹竿の先端に電球 (4～6 V) を取付け、水密函に入れた蓄電池で点灯すればよい。

図—4



写真—5



観測点：観測点の位置はなるべく、一点ですべての測点を観測できるような、高所に選定すべきはもちろんであり、観測点標高が測点距離に比し低いときには、高浪時、波底の標旗が手前の波嶺に隠れ観測できなくなることがある。このようなことのないための観測点の所要標高は次式のように概算される。

$$B = L \times \frac{H - l}{10 H}$$

B：トランシット望遠鏡の海面上の高さ

L：観測点より測点までの距離

H：予想最大波高

l：浮標測量旗の海面上の高さ

観測点は地均しの上、ムシロ、天幕、コンクリートの形枠等を用いて小屋掛けし、風雨による計器の動揺を防ぐ。また、観測が長期にわたるときは簡単な観測小屋を設ける。観測所の広さは、一点のみの観測の場合は 1 × 1 間程度、広く分散した多数点の観測の場合には、計器の移動のため、1.0 × 1.5 間程度が必要である。

観測位置の測量：測点に浮標が設置され、観測点位置が決つたなら、三角測量によつて観測点と測点の相対位置（距離、方位）を測量する。ただし浮標は相当に移動するものであるから、あまり精密な測量をすることは無意味である。

観測操作：トランシットは、三脚に取付けて使用してもよいが、観測操作の際に動揺のおそれが多いから、写真—6 のように、頑丈な台の上に固定し、記録部もその上に乗せて使用すると便利である。

操作は次のような順序で行う。

(1) 扇形操作板軸座の位置を、測点までの距離、記録の縮尺に応じて調節する。

(2) トランシットの視線を浮標に合わせ、扇形操作板軸と記録計を連結軸で結ぶ。このとき両者の高低差は記録計脚部のネジによつて調節する。

(3) トランシットの望遠鏡と垂直微動用の腕とを直角な位置に緊く固定する。この相対位置はあらかじめ、望遠鏡の水平軸と垂直微動用の腕とに印をつけておくものである。

(4) 扇形操作板を中間ゴム車から外し、中間ゴム車を手でまわし、浮標上下のほぼ中間に望遠鏡の視線を合わせる。

(5) 扇形操作板を中間ゴム車がほぼその中央になるような位置に固定する。この操作は中間ゴム車の回転を制御して行う。次で記録計のペン先を用紙のほぼ中央に合わせる。

(6) 記録計の電源及びタイムマークのスイッチを入れて計器を駆動させながら、上下する浮標の標旗の中心にトランシットの視線を合わせるように、所定時間、扇形操作板を上下に操作する。

(7) なお、後の整理のため、記録観測開始に先立ち、用紙の記録の初めに、月日、時刻、測点番号、測点距離、使用スケール、タイムマークの区分、観測者名等の所要事項を記入しておく。

資料の整理：測得された記録は、弧長自体波高を示しているから、図-3のような、計器の記録ペン軸長と用紙の外わく巾に合わせて刻みつけた透明セルロイド製の読み取りスケールで、容易に読み取ることができる。また周期も用紙の巻取り速さが、タイムマークによりわかるから、それより算出される。

III. 本観測法の誤差および精度

本観測法の誤差の原因には次のようなものが考えられる。

- (a) 浮標が波浪に追従しないための誤差
- (b) 浮標にそえた竹竿が傾斜するために生ずる誤差
- (c) 測距の誤差にともなう誤差
- (d) 浮標が観測中移動するための誤差
- (e) トランシットの視線を正しく浮標の標旗の一点に合わせ得ないための誤差
- (f) トランシットの視線水平なとき、垂直微動ネジ中心とその先端と望遠鏡水平軸とを結ぶ角を正しく直角にし得ないための誤差
- (g) 距離調節目盛の標定が正確に行われなないための誤差
- (h) 観測に当り距離調節目盛を正確に合わせ得ないための誤差
- (i) 記録の読取りが正確に行われなないための誤差
- (j) 器械の動揺による誤差
- (k) 中間ゴム車と、扇形操作板、垂直微動ネジ頭部が空滑りして、回転角を正しく伝導しないための誤差
- (l) ペン先が用紙面に引つかかつて、正しく記録できないための誤差

いま (a), (b), (c), (g), (j), (k), (l) の誤差は微小で無視しうるか、または他の誤差と一緒に含めて考えてもよいものとし、

$$\begin{array}{lll} \Delta H'' : \text{浮標の誤差} & (a) + (b) & \Delta \theta : \text{伏角の誤差} & (f) \\ \Delta L : \text{距離の誤差} & (d) + (c) & \Delta r_m : \text{距離調節目盛の誤差} & (b) + (g) \\ \Delta \delta : \text{視角の誤差} & (e) + (j) & \Delta R' : \text{記録の誤差} & (i) + (k) + (l) \end{array}$$

とし、他の符号は前述(2の(1))に従うものとする

$$\left| \frac{\Delta H}{H} \right|_{\max} = \frac{\Delta H''}{H} + \left| \frac{\Delta H'}{H'} \right|_{\max} \quad \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 $\Delta H'/H'$: 観測波高の精度

$$(3) \text{ 式} \quad H' = K \cdot R \cdot r_m \cdot L$$

$$\text{ゆえに、} \quad \left| \frac{\Delta H'}{H'} \right|_{\max} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta r_m}{r_m} + \frac{\Delta L}{L} \quad \dots\dots\dots (6)$$

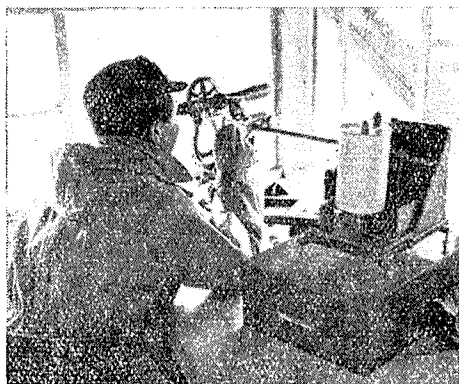
$$\text{ここに、} \quad \Delta R = \Delta R' + \Delta R'' \quad \dots\dots\dots (7)$$

$\Delta R'$: 観測が正確に行われなないことによる記録上の誤差

$$R = \frac{H'}{K \cdot r_m \cdot L} = \frac{L \{ \tan(\theta + \delta) - \tan \theta \}}{K \cdot r_m \cdot L}$$

$K \cdot r_m \cdot L$ を const. とおき

写真-6



$$\Delta R'' = \frac{1}{K \cdot r_m} [\Delta \theta \{ \tan^2(\theta + \delta) - \tan^2 \theta \} + \Delta \delta \{ 1 + \tan^2(\theta + \delta) \}]$$

$\tan^2(\theta + \delta) \approx 0$ であるからこの項を無視し、 $H' = L \{ \tan(\theta + \delta) - \tan \theta \}$ を入れ整理すると

$$\Delta R'' = \frac{H'}{K \cdot r_m \cdot L} \cdot \Delta \theta \{ \tan(\theta + \delta) + \tan \theta \} + \frac{\Delta \delta}{K \cdot r_m} \dots \dots \dots (8)$$

(7), (8) 式を (6) 式に入れ、 $r_m \cdot L = C$, $R = \frac{H'}{K \cdot C}$, $\tan(\theta + \delta) \approx \frac{B + H'}{L}$, $\tan \theta \approx \frac{B}{L}$ とし、また B は H に比し

きわめて大きい値を取るものとする (ただし、 B : 観測点の海面高)、

$$\left| \frac{\Delta H'}{H} \right|_{\max} \approx \Delta R' \frac{K \cdot C}{H'} + \Delta r_m \frac{L}{C} + \Delta \theta \frac{2B}{L} + \Delta \delta \frac{L}{H'} + \Delta L \frac{1}{L} \dots \dots \dots (9)$$

$$\text{ゆえに、} \left| \frac{\Delta H}{H} \right|_{\max} \approx \frac{\Delta H''}{H} + \Delta R' \frac{K \cdot C}{H} + \Delta r_m \frac{L}{C} + \Delta \theta \frac{2B}{L} + \Delta \delta \frac{L}{H} + \frac{\Delta L}{L} \dots \dots \dots (10)$$

$$|\Delta H|_{\max} \approx \Delta H'' + \Delta R' \cdot K \cdot C + \Delta r_m \frac{L}{C} H + \Delta \theta \frac{2B}{L} H + \Delta \delta L + \Delta L \frac{H}{L} \dots \dots \dots (11)$$

1 項は浮標による誤差, 2, 3 項は計器による誤差, 4, 5, 6 項は観測による誤差である。

次に (10) 式の各項について数値的に検討してみると、

$\Delta H''$: この値は、浮標の状態 (ブイの大きさ、竹竿の長さ、竹竿下端の錘の重量)、風、波浪の様相等によつて異なるものではあるが、波高の増大とともに増大する性質のもので、一応両者は正比例関係にあるものとし、 $\Delta H''/H = K$ とみなす。この値は、浮標にできるだけ大きなものを使用し、竹竿下端の錘を重くすればある程度小さくできるものであり、また、反復する不定誤差に属するものであるので、多数波の平均値を求める観測の場合、 $\Delta H'' = 0.02 H$ 程度と考えると支障ないであろう。

ΔL : $\Delta L_1 + \Delta L_2$ ΔL_1 : 浮標の移動による距離の誤差 ΔL_2 : 測距の誤差

ΔL_1 の値は、水深、錨綱の長さ、風、波浪、潮流の状態等によつて一定しないものであるが、一応、水深は距離に比例するものと仮定し、また錨綱を水深の 2 倍に取つたとし、浮標の移動が錨を中心とした $\frac{1}{16}$ 方位の円弧状に起つたと仮定し、 $\Delta L_1 \approx 0.02 L$ 程度と仮定する。また、

$\Delta L_2 = 0.005 L$ 程度と仮定し、 $\Delta L = 0.025 L$ 。

$\Delta \delta$: 実験によると、100 m 離れた標識に本計を操作して瞬間的に望遠鏡の視線を合わせるときの誤差は、平均 2 mm 程度であつた (4 in トランシット)。またこの誤差には機械の動揺による誤差も入ること、反復不定誤差の性質をもつものであるが、観測者の固癖誤差の性質をもつものである点等を考慮し、 $\Delta \delta = 2 \times 0.00002 + 0.00002 = 0.00006$ 程度と仮定する。

$\Delta \theta$: これは三角定規、物指等を用いて、望遠鏡の視線水平なとき、垂直微動ネジ中心線と、その先端と望遠鏡水平軸中心となす角を直角にするときの誤差で、 $2''$ 程度と仮定し、 $\Delta \theta = \tan 2'' \approx 0.036$ と仮定する。

Δr_m : 目測で目盛を合わせる誤差は 0.2 mm 程度であるが、目盛自体の誤差、および機械の精度による誤差等も含めるものとし、 $\Delta r_m = 0.0005$ m と仮定する。

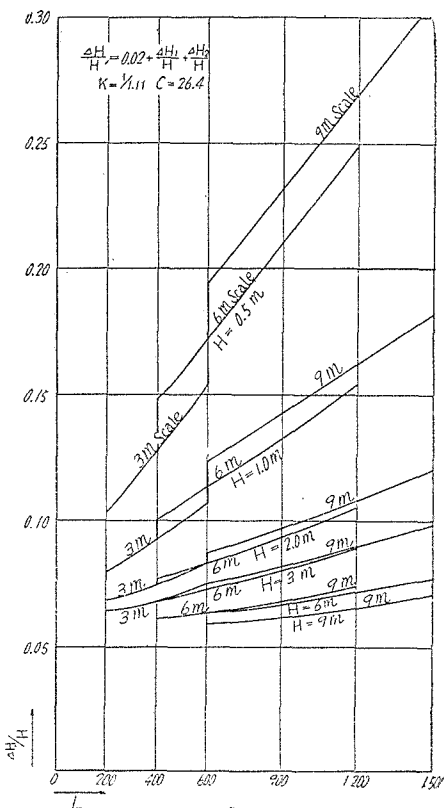
ΔR : 目測で記録を読み取る誤差は 0.15 mm 程度であるが、記録の上下の読み取り、ペン先のずれを見込み、 $\Delta R = 0.0005$ m と仮定する。以上の仮定値を入れると (10) 式は

$$\left| \frac{\Delta H}{H} \right|_{\max} \approx 0.02 + 0.0005 \frac{K \cdot C}{H} + 0.0005 \frac{L}{C} + 0.036 \frac{2B}{L} + 0.00006 \frac{L}{H} + 0.025$$

$B = 20$ m の観測点から、 $K = 1/1.11$, $C = h \times 8.8$ (ただし h : 使用スケール)、の計器を用いて観測する際の $|\Delta H/H|_{\max}$ は図-5 のごとくである。

$|\Delta H/H|_{\max}$ は一波観測の最大誤差であつて、有意義波、1/10

図-5



最大波高等多数波の平均値を求める場合には、平均精度であるから、図示の値より相当小さくなることは当然で、0.5 m 以上の波の場合距離 1 200 m 程度まで、0.25 m 程度の波の場合距離 600 m 程度まで、相当の信頼度をもつて観測できると思われる。

IV. 本観測法の長所、短所

本観測法は、記録計を用いるため、計器に要する経費、取扱いの難易、故障の起る可能性等の点で、トランシットのみによる観測法に比較して、若干劣る点が生ずる。しかし、その程度は、他の自記波高計、特殊波高計等による観測法に比較するとき、むしろ長所に属する程度である。以下、本観測法の長所、短所、性能を列述する。

長 所

1. 観測可能な距離範囲は 200~1 500 m で、普通の海岸波浪の調査に使用するに十分であること。

観測距離は記録縮尺によつてある範囲がある（前述）けれども、測点までの距離が記録縮尺に応ずる近限界より小さい場合には、観測点を測点その範囲内にくるように、後方または側方を選び、また測点距離が記録縮尺に応ずる遠限界より大きい場合には、精度がいくぶん低下するが、一段上位の記録縮尺により観測することにより、汀線から 1 500 m 程度までの範囲内の点の波高を約 9 m まで、3 段階の記録縮尺によつて記録観測できるわけである。

2. 海中に施設するものは浮標であるから、測点水深の大小にかかわらず観測でき、水深によつて精度の変ることも少ない。

3. 浮標は、測桿、浮ポール等と異なり、相当に堅牢に作ることができるから、波浪の激否にかかわらず観測でき、事故の起ることも少ない。

4. 一波一波を逐一連続記録して観測できること。

波浪による海面の上下動の速さは、波底、波頂において比較的ゆるやかで、その途中において急速である。ゆえに、波の周期の短い場合、上昇、下降の途中においてもトランシットの視線を浮標上の一点に合わせているように計器を操作することは困難である。しかし、波底、波頂付近では比較的その操作は容易である。従つて、本観測法によつては、波形をも正しく記録することは困難であるが、波高としては相当の精度で記録できるものである。

しかし現在のところ、波浪の諸元として問題にするのは、おもにその波高、周期、波長、波向であつて、碎波の場合等を除き、その波形まで問題にすることは少なく、波高、周期の比較的高精度な本観測法で、十分工学的観測目的を達しうる場合が多いものと考えらる。

5. 普通のトランシットによる観測法より精度が向上されていて、測点の距離、波高、観測点の標高等により誤差を異にするが、中小距離測点の中波高以上の場合には、相当高い精度で観測できること。

a) 普通、トランシットによる観測法では、波高は、 $H=L \tan \theta$ の近似式にもとづき、 L を知り、 θ の測定によつて H を算出しており、伏角 θ の理論誤差がともなう。もし高所からの観測等でこの影響を考慮しようとするれば θ の測定も同時に行うか、標高、潮位も同時に測定しなければならない。しかるに、本観測法においては伏角 θ の測定の必要は、計器の操作（視線が水平なとき、垂直微動ネジ中心線とその先端と望遠水平軸中心とのなす角をほぼ直角な位置に望遠鏡を緊く固定しておいて微動ネジを操作すること）によつて消去され、いかなる場合も、その必要測定量は、 L 及び R の 2 個であること。

b) 本観測法の読み取り量である記録の大きさは、最悪の 10 m 縮尺に計器を調節した場合でも、10 m の波高は、半径 14.5 cm、内角約 50° の円弧の長さ 12.6 cm である。一方トランシットのみによる観測法では同じ 10 m の波高が 600 m にあつた場合、直径 18.5 cm (4 in トランシット) の垂直分度円上に約 0.014 75 cm の円弧（内角約 5.5 分）となつて現われ、これを副尺によつて 30 倍に拡大するものとしても約 0.442 cm であつて、前者は後者の約 28.6 倍に相当する。

6. 波高自体の観測であつて、測得値の信頼度が高く、観測計器の検定も正確に行いうる。

7. 記録計を用いるため、トランシットのみによる観測法のように、観測操作の途中で目盛を読み取る必要がなく、操作が簡単である。

8. 海上作業を要するのは、浮標の設置だけで、準備作業が簡単である。

9. 海上に置くものは浮標だけであるので、計器に故障が起つたりして観測の中断するおそれがない。

10. 測得資料から波高を求めには、記録をスケールによつて読み取ればそれがただちに波高を示していて、他の観測法のように、距離による計算、水深による補正計算、周期による補正計算、伏角または潮位による補正計算等一切の手数を必要としない。

11. トランシットのみまたはレベルのみ等の観測法より若干多くの器械費を要するが、その所要資材、計器の値

段はおおむね次のようで、他の自記波高計類による観測法に比較すれば、はるかに安価にすむ。

トランシット	1台	
記録観測計（拡大操作部、記録計、連結軸器具）	1式	55 000 円
電 接 時 計	1個	4 000 円
小型蓄電池（6 V）	1個	5 000 円
セレン整流器（同上充電用）	1台	3 000 円
自記用紙（横河電気記録紙 KDS-100）	1本	200 円
自記ペン，自記インク等雑消耗品		
ドライバー，ペンチ，プライヤー等雑工具類		
波 標	若干	
1個につき，漁網用浮ガラス玉（1.5 寸径）	1個	400 円
青 竹（21 尺）	1本	250 円
測量旗（大型）	1枚	150 円
錨（8 貫）	1個	3 000 円
錨 網（6 分マニラロープ）	1 mにつき	60 円

12. 1台の計器で多数点の観測ができること。

13. 前述のように本観測法では、操作のうちに、伏角、標高等による観測波高値への影響は消去されるから、潮汐による影響はもちろん入らない。

短 所

1. 観測点に適当な高所を選定できないときには、高波時の観測が困難になることがある。この不便をなくするためには浮標標旗の高さを高くすればよいわけであるが、竹竿の長さには自ら制限があり、また、この標旗の高さに比例して精度が悪くなる。

2. 濃霧，降雪によつて観測ができないことがある。

3. 観測点から測点までの距離，波高によつて観測精度が不同であり，また，低波高の遠距離の点の観測精度が低い。

4. 浮標の標旗にトランシットの視線を合わせる際に，若干の個癖誤差が入る。

5. 観測には人手を要する。

6. 沖波の概略の波向をも，使用のトランシットによつて，目測することができる。

V. 結 語

本観測法は，考案，試作以来日も浅く，その試験的使用も，釧路，杵形，留萌等数回にとどまり，今後，さらに検討しなければならない点も多いものと考えるが，比較的簡便な方法であるので，普遍性の多いもの信じ，とりあえず報告し参考に供した次第である。

なお，計器は現在特許出願中のものである。