

リレーを用いたステップ式波高計と波浪観測塔

—— 苫 小 牧 港 の 例 ——

村 木 義 男*・石 田 直 之**・高 島 和 夫***

1. ま え が き

ステップ式波高計は、直接水面波形の観測ができ、波高換算の手数も要らず、さらにはキャリブレーションの必要もないなど、水圧式では得られないすぐれた利点を有し、また光学的方法とも異なり、見とおしの良悪にも左右されず、原理的には現在のところ、もっとも忠実で確実な方法として高く評価されている。しかし従来のものは直線性、安定性、互換性いずれも十分なものでなく、真に実用の域に達しているとはいえない。筆者はこれの改善方法について研究を行ない、一つの方法としてリレーを用いる方法を案出し、さきにこれを報告した^{1), 2), 3)}。

その後これの実用化をはかるため、羽幌港において衝突波の測定に供し^{3), 4), 5)}、その実用性と有用性を確認したが、引き続き新たな観点から、すなわち沿岸波浪の定常観測用波高計として、またスペクトル解析など一段高度の波浪解析に必要な表面波形観測のための波高計として、その実用化をはかるため、昭和 36 年度から苫小牧港において種々実験をすすめてきた⁶⁾。

本年(昭和 39 年)2月11日、本格的波浪観測塔を完成し、ただちに試作波高計による定常観測を開始したが、このほど、当初計画した6カ月無調整、無故障の目標を達成したので、ここに、このリレーを用いたステップ式波高計と新設した波浪観測塔についてその概要を報告する。

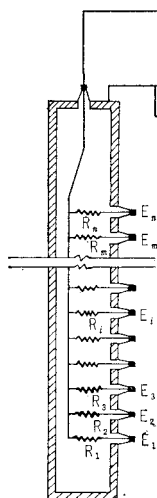
2. リレーを用いたステップ式波高計

(1) リレーを用いた理由

ステップ式波高計は周知のとおり、波高桿に取り付け電極が、海水に浸ったり空気中に露出したりすることによりつくられる電気的 on, off 作用を利用して海面変動を測定するものである。その大きな特徴は、波形が階段状に記録されること、したがって、またキャリブレーションが必要でないことである。

従来使用されてきたステップ式波高計の原理^{7), 8)}は図-1に示すようなものであるが、この図に示した原理にしたがった場合、つぎのような問題点をともなう。すな

図-1



わち、

① 固定抵抗の値は、記録振幅と水面変動が直線の関係になるよう一個一個実験的にきめてやらなければならない。これは製作上やっかいなばかりでなく、よい直線性が期待できない。

② 水きりをよくするため、電極絶縁部に特殊塗料を塗布しても、あまり明確な階段状記録が得られない。

③ 塗膜の消失、水あか、海藻の付着により、

階段状記録は短時間で消失し、滑らかな記録となる。これの対策として、波高桿を海水に浸し、あらかじめキャリブレーションカーブをつくっておく必要がある。

④ 使用している間に、電極部における水あか、海藻の付着の度合いが変わり、また電極の形状、海水の水質なども変わり、これにともなって直線性も悪くなり、感度も変化し、キャリブレーションカーブも短時間で使用できなくなる。

⑤ 階段状記録を持続するには、定期的に電極部を掃除し、水あか、海藻などを除去してやらなければならない。

このような問題点が何に起因するかを考えると、結局、これはリークの大きいかつ抵抗値の変動しやすい海水による開閉素子が記録回路の中に含まれているためである。したがって、これらの問題点を根本的に解決するには、記録回路から電極部分を分離することを考えなければならない。筆者はこれの分離方法として、もっとも簡単に確実なマグネットリレーによる方法を用いた。

図-2

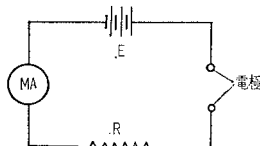
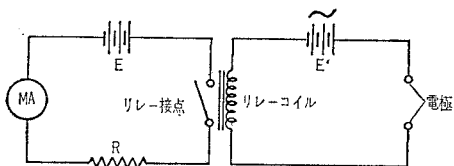


図-2に従来のステップ式波高計の回路素子を示した。図-3はリレーを用いた場合の回路素子である。図-2、図-3いずれの場合も、電極の両極は絶縁材

*正会員 工博 北海道開発局土木試験所
**正会員 北海道開発局室蘭開発建設部
*** 北海道開発局土木試験所

図-3



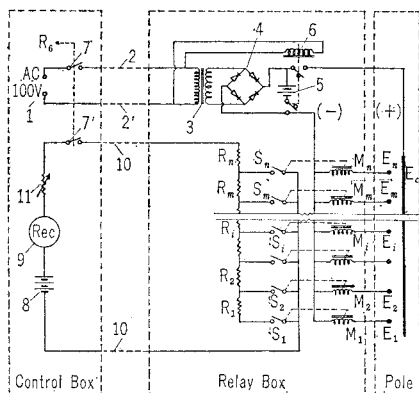
を介し一体となっている（波高桿の実際の構造がこのようになる）。図-3において、電極が海水に浸ると、リレーコイルをショート電流が流れる。電極が海水から出ると、電流は急減するが、絶縁部に残る海水膜のため、なおある量のリーク電流が流れる。リレーコイルの抵抗および電源 E' の内部抵抗が小さければ、このショート電流とリーク電流との間にはかなりの開きが認められる。したがって、この両電流のほぼ中間の電流で作動し始めるリレーを用いれば、電極が海水に浸ったか否かの判別が容易になされる。すなわち、このような条件のもとでは、電極が海水に浸ると、リレーの始動電流以上の電流がリレーコイルを流れるから、リレーが作動してリレー接点が閉じ、反対に電極が海水から出ると、リーク電流が流れるが、これは始動電流以下であるから、リレー接点は元に復し回路は開く。ショート電流およびリーク電流が、電圧変動、電極部の残水膜の変動など外的原因によりかなりの範囲で変動しても、この判別はなされ、電極が海水に浸ったか否かが、安定した機械的リレー接点の開閉として得られる。図-2 の不安定な海水を含む回路は図-3 の左側の安定な機械的接点をもつ回路に置き換えられる。

図-3 に示した回路素子を所要数だけ適当な方法で組み合わせ、海水に浸った電極数に比例した電流または電圧が得られるよう電気回路をつくれれば、電極部の海水によるリーク、海水抵抗の変動などに影響されない安定したステップ式波高計が得られる。

(2) 試作1直列型

図-4 に試作した直列型ステップ式波高計の回路図を示した。全体はコントロールボックス、リレーボックス

図-4 直列型の回路図



および波高桿（ポール）からなり、コントロールボックスは観測室に、リレーボックスおよび波高桿は観測塔など海上構造物に設置される。

交流 100 V ① がケーブル ②、②' を通ってリレーボックス内のトランス ③ に供給される。ここで 6 V に降圧され、整流器④で整流され、バッテリー⑤を経て(−)極はリレーコイル群 $M_1, M_2, \dots, M_n$ を通って電極群 $E_1, E_2, \dots, E_n$ に、(+) 極は直接共通電極 E_c (ポール本体) につけられる。リレーコイル M_i とこれに対応する電極 E_i とは直列に結線され、このような組が電極数だけ供給電極⑤に並列に結線されてある。⑥は電源スイッチ⑦に連動するマグネットスイッチで、非使用時のバッテリーの消耗を防ぐものである。

一方、別回路(記録回路)では、直流電源の一極が記録計⑨(感度調整器をふくむペン書自動平衡記録計または電磁オシログラフ)を通り、ケーブル⑩を経由、リレーボックス内の固定抵抗群 $R_n, \dots, R_2, R_1$ を通ってリレー接点 $S_n, \dots, S_2, S_1$ の一端につながれ、また他の極はケーブル⑩' を経て直接 $S_1, S_2, \dots, S_n$ の他端に共通につながれてある。 $E_c-E_i-M_i-S_i-R_i$ の各組が前にのべた判別条件を備えた回路素子をなす。可変抵抗器⑩はケーブルの抵抗を補正するためのものである。

いま、電源スイッチ ⑦ を on にすれば、電極 $E_1, E_2, \dots, E_n$ と共通電極 E_c との間に電圧がかかり、電極のいくつかは海水に浸れば、前項でのべた理由により、これに対応するリレーが作動してリレー接点が閉じ、合成抵抗値がきまり、回路に流れる電流もきまる。抵抗 $R_1, R_2, \dots, R_n$ の値は、海水に浸った電極の数（水面下の数）に比例した電流が流れるようきめてあるから(30 Ω~1.5 kΩ)、水面が変動すれば、これにともなって電流も比例的に変わる。この電流を直接記録するか、または電圧として取り出し記録することにより、波の記録が得られる。電流は機械的接点により制御されるから、記録は常に明確な階段状の波形をなす。

ここで二、三留意すべき点をのべる。

① マグネットリレーは、判別条件をよくするため、極力内部抵抗の小さいものを選ぶ。また、リレーは一般に、作動し始めるときの電流と元に復すときの電流とは一致せず、ある大きさの開きをもつから、この開きのできるだけ小さなものを選び、あらかじめ試験して特性の一樣なものを使用する。リレーの始動電流の大きさは、加える電源電圧との関連において、できるだけ判別条件が有利になるようきめる。われわれの使用しているリレーは、富士通信機製のミゼットリレーで、内部抵抗は約 25 Ω、作動開始電流は約 40 mA、復元時電流は約 25 mA である。なお、電源電圧を 4 V とした場合のショート電流は約 80 mA、リーク電流は約 4 mA である。

② 電極回路について留意すべきことは、海水に浸る

電極数の多少, いいかえれば, 流れる電流の多少によって, 電極にかかる電圧があまり変動しないようにすることである。これも判別条件をよくするために必要なことである。このためには, 電源の内部抵抗と電線の抵抗(リレーから電源までの)を極力小さくする必要がある。筆者は, 図に示してあるように, 適当な容量のバッテリーをリレーの近くにおき, これを各電極に対する共通電源とし, その放電分を陸上から充電補充する方法をとった。なお, 実際の器械は, 非使用時に, 記録回路の端子を用いバッテリーの電圧のチェックができ, また要すれば充電もできるようになっている。

③ つぎに電極の極性についてであるが, 海水中におかれた一対の電極に直流電圧をかけると, (+) 極が消耗し, その度合は電流密度の大きいほどはげしいから, 保護したい極には(-) をかけなければならない。波高桿電極部の構造は, あとでのべるように桿全体が共通極として一極をなし, ステップ状に付けられた小さなビスが他の極をなしているから, 共通極である桿には(+) を, 電極群には(-) をかけてある。当初交流リレーを用いることも考えたが, 交流の場合でも, 通電時間の半分は小さな電極に(+) がかかるので, その消耗はかなり大きいことが予想され, 耐久性に重点をおくため, われわれは直流リレーを用いることとした。

つぎに定時自動観測方法についてのべる。本波高計は, 交流の有無にかかわらず, 設定された時刻に一定時間自動的に作動するようになっている。これに用いてある自動装置はわれわれの試作になるもので, その仕様はつぎのようなものである。

① 観測時刻が任意に設定できる(使用してある時計は交流による自動巻ゼンマイ式振子時計)。

② 交流がきているときはこれをそのまま使い, 設定された時刻ごとに20分間の観測を行なう。観測中に時計が故障しても観測はそのまま続けられ, 30分後に自動的に停止し, その後の観測は中止となる。

③ 交流を用い観測しているときに停電となった場合は, ただちにバッテリーにより交流発電機が働き, 合計20分間の観測を行なう。交流使用中に時計が故障した場合は②に同じ。バッテリー使用中に時計故障の場合は, 交流による観測時間+30分間の観測を行なって自動的に停止し, その後の観測は中止となる。

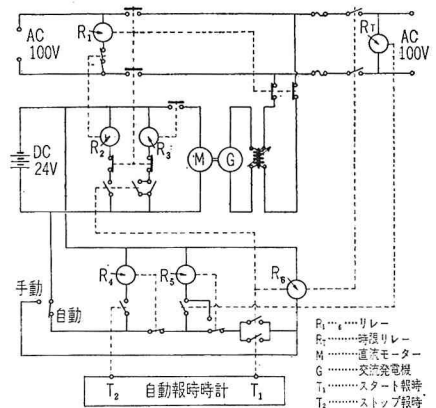
④ 停電の場合は, はじめからバッテリーにより交流発電機が働き, 20分間の観測を行なう。観測中時計故障の場合は, 30分間の観測を行なって自動的に停止し, その後の観測は中止となる。

⑤ バッテリーを用いて観測しているときに, 途中から交流がきても, 交流には切換らずにそのままバッテリーにより20分間の観測を行なう。観測中に時計故障の場合は④に同じ。

時計が故障を生じ観測中止となった場合は, いずれの場合もあらためて手動により初めの状態にセットする。

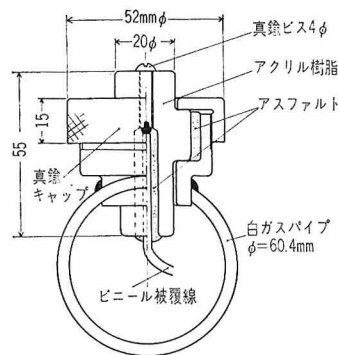
図-5 にこの装置の回路図を示した。

図-5 自動装置回路図



波高桿は外径 60.4 mm, 肉厚 4 mm のガス管に電極

図-6 電極部構造

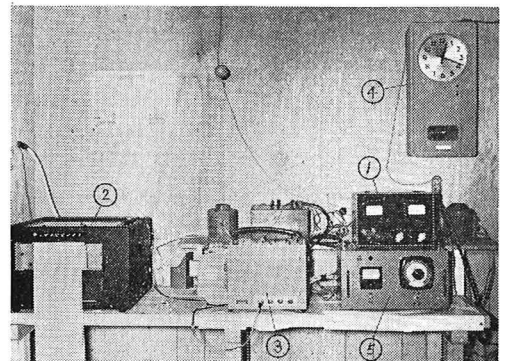


を取り付けたものである。電極部の構造は図-6に示すとおりである。絶縁材(アクリル樹脂)に径4mmの真鍮ビスを埋め

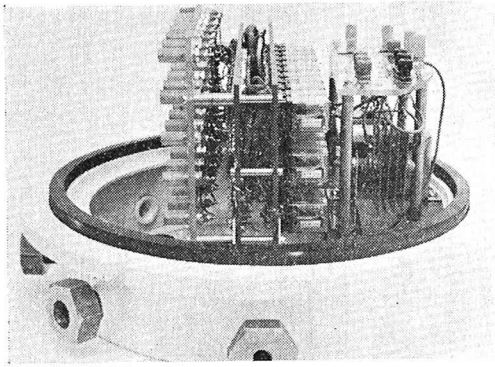
たて, これにビニール被覆単線コードをハンダ付けし, 水密にするため間けき部にアスファルトをてん充してある。本器の場合, 電極間隔は20 cmとし, 有効長6.8 m, 全長7.5 mである。取り付け方法は観測塔のところでのべるが, 潜水夫によらずに取り付けられるよう考慮してある。

写真-1 に観測室内にセットした各装置(①コントロールボックス, ②自動平衡記録計, ③電磁オシログラフ, ④報時時計, ⑤自動装置), 写真-2 にリレーボッ

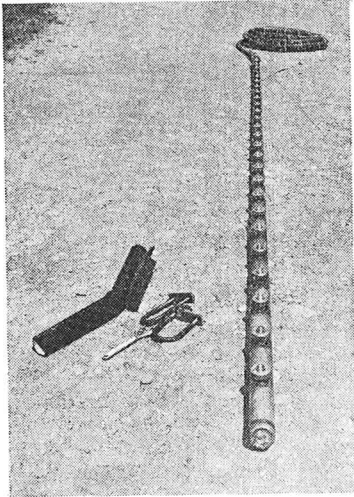
写真-1 観測室内各装置



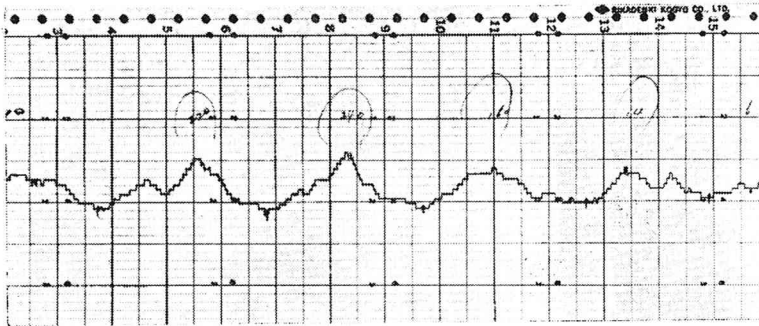
写真—2 リレーボックス



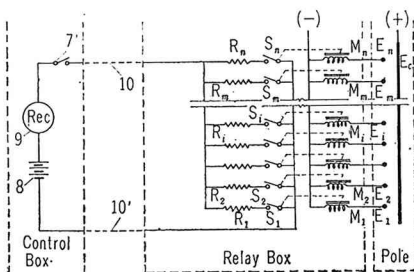
写真—3 波高桿



写真—4 記録例



図—7 並列型の回路図



クス、写真—3 に波高桿、写真—4 に記録例（ペン書自動平衡記録計による）を示した。

（3）試作2並列型

図—7 に、試作した並列型ステップ式波高計の回路を示した。記録回路における抵抗の配列が並列になっている以外は直列型とまったく同じであるので、一部省略してある。この回路においても、 $E_c-E_i-M_i-S_i-R_i$ の各組が、さきにのべた回路素子をなす、 $R_1, R_2, \dots, R_n$ は同一の値の固定抵抗で、この値は、これらの合成抵抗値がケーブル、記録計など他の抵抗に対し十分大なるようきめられる。

直列型と同様スイッチ7を on にすると、共通電極 E_c と電極 $E_1, E_2, \dots, E_n$ との間に電圧がかかり、 N 個の電極が海水に浸ると、これに対応する N 個のリレー接点が閉じ、合成抵抗値がきまる。 $R_1, R_2, \dots, R_n$ は同一の値 (R) で、しかも十分大きくとってあるから、電源電圧を E とすると流れる電流 I は $I=(E/R) \times N$ で示される。つまり流れる電流は海水に浸った電極の数に比例するから、この電流をそのまま、または電圧として記録することにより、明確な階級状の波形記録が得られる。本器の場合、固定抵抗は $250 \text{ k}\Omega$ のものを使用し、リレーの数は100個である。リレー、電極回路の電源、電極の極性などについては直列型と全く同じである。

波高桿は前と同様外径 60.4 mm のガス管を用い、電極間隔 20 cm 、電極数25個、有効長 5 m 、全長 5.5 m （ガス管規格長）である。ステップ間隔 20 cm で有効長 10 m 必要のときは、2本直列にして使用し（この場合リレーは100個のうち50個使用）、ステップ間隔 10 cm で有効長 10 m 必要のときは、

2本を直列にして 10 m とし、また別の2本を直列にして 10 m とし、両者を 10 cm ずらして並列に取り付ける（この場合リレーは100個使用）。また一部分のみ 10 cm 間隔でほしい場合は同じような要領で、所要部分をダブルさせて取り付ける（この場合、固定抵抗の一部取り換え必要）電極部の構造は前と同じである。

（4）直列型と並列型の得失

ここで直列型と並列型の得失を考察する。まず固定抵抗についてであるが、直列型では、固定抵抗は個々異なる値をとり、しかもその値は端数となることが多いから、製作がやっかいなばかりでなく、直線性、互換性の点においても好ましくない。しかし、ケーブルの抵抗、記録計の内部抵抗の補正が容易であるから、これら外的条件にかなり任意性を持つ。さらに固定抵抗の値はかなり小さくすむので、電源電圧も小さくすむ、またリ

レーボックス内の配線間のリークも考えに入れる必要がない。これに対して、並列型では、固定抵抗は同一の値のものでよいため、製作上都合よいばかりでなく、直線性、互換性もよいものが得られる。しかし、ケーブルその他の抵抗の補正が一般に困難であるから、直線性をよくするには、必然的に固定抵抗はかなり大きな値のものとなる。また他の抵抗分を極力小さくする必要にせまられる。したがって、使用する記録計もある程度制限されてくる。また、固定抵抗の値が大きいことは、リレーボックス内でのリークが特性に悪影響をもたらす心配ともなる。

つぎにリレーもしくは電極の故障についてであるが、直列型では、リレーが開いたまま故障した場合は、ステップが一つとんだ波形として記録されるだけであるから、記録の読取りにはほとんどさしつかえない。閉じたまま故障した場合は、そのリレーに対応する電極より下の水位変動は記録されない。故障の有無は記録を見れば容易に明確に判断される。これに対し、並列型では、リレーが開いたまま故障しても、閉じたまま故障しても、その故障は他に影響を与えない。すなわち、その故障箇所所属する電極については、これが海水に浸っても海水から出ても電流に変化をきたさないが、他の電極については正常に電流に変化をきたす。波形が不自然な形となるから、記録をよく注意して見れば解読できる。このことは、使用可能期間を長くしてくれるから好都合である。

つぎに波高桿からのリード線とリレー回路との結線についてであるが、直列型の場合は、一本一本それぞれ対応するリレー回路に結線しなければならない。海上でのこのようなわずらわしい作業は好ましくない。これに対し、並列型では各リード線を特に区別することなく、任意のリード線を任意のリレー回路に結線すればよい。このことは海上での作業を楽にする。

このように両者を比較してみると、総じて並列型のほうが利点が多い。

前述した直列型は、本年 2 月 11 日より後述する観測塔に取り付け、定常観測に供してきたもので、すでに 6 カ月無調整無故障の成績をおさめているが、上述したように、並列型のほうが直列型より利点が多いので、近く直列型を撤去し、前記した並列型をこれに換え設置する予定である。

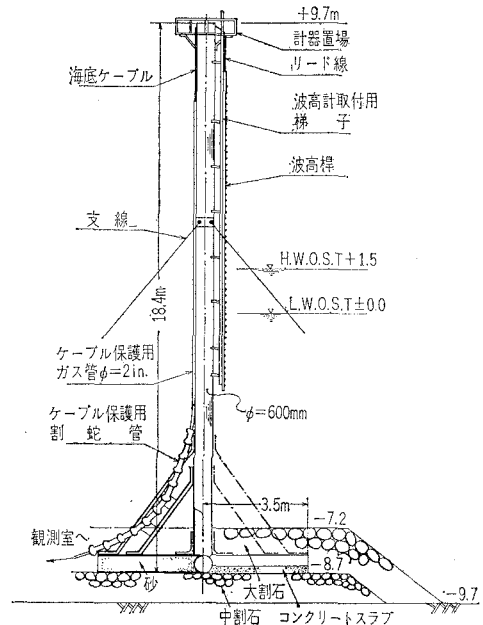
3. 観 測 塔

前記したステップ式波高計を設置するため、われわれは苫小牧港に観測塔を建設した。最近日本においても、海洋観測塔の建設が行なわれるようになったが、その方式は定まっておらず、それぞれ独自の方式が採られている。われわれの場合、経費節減の立場から、杭打試験に

使用した鋼管杭を利用することとした。当初、この鋼管杭を海底に打ち込むことを考えたが、施工設備、施工日数、土質、海象条件などから考えて到底困難であることがわかったので、陸上で施工したものを海上にすえ付ける構造とした。

図-8 は本観測塔の構造を示したものである。用いて

図-8 観測塔構造図



ある鋼管は外径 600 mm、肉厚 12 mm のものである。長さ 7 m の鋼管を十文字に組み、これを対角線として厚さ 25 cm の鉄筋コンクリートスラブを張り、この中心より 18.4 m の鋼管 ($\phi=600$ mm) を立て、アングルで支えをとった構造である。頂部には $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ のおどり場を設け、ここで作業を行なうとともに計器の設置場所とした。また塔には、ステップ式波高桿を取り付けるため、アングルを組み立てて作ったはしごが取り付けられている。

この塔の安定計算は、波力と風力とについて行なっている。流れについては特に考慮せず(実測資料によれば高々 30 cm/sec 程度)波力の中に含ませることとした。設計に用いた波は波高 5.5 m、周期 12 sec である。また風力については 60 m/sec を設計風速とした。計算された転倒モーメントは $20.5\text{ t}\cdot\text{m}$ 、一方、抵抗モーメントは $39.5\text{ t}\cdot\text{m}$ で、転倒に対する安全率は 1.9 である。なお実際には、図-8 に示してあるように、底部を大割石で根囲いし、また上部から支線を取り安全を期してある。

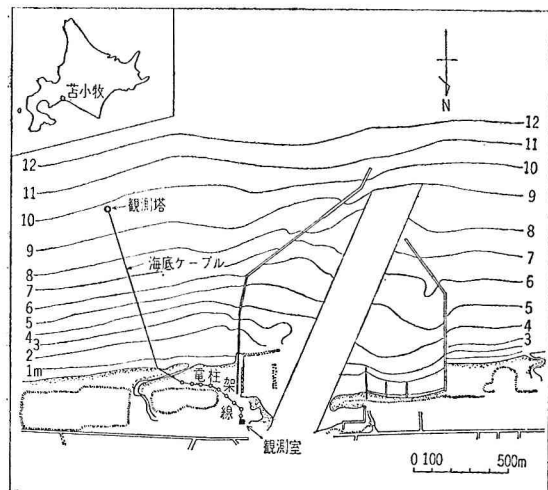
製作は主柱上部と下部構造とに分けて行なわれた。これら両部分を連結する溶接作業を除いては、すべて陸上で行なわれた。まず長さ 7 m の鋼管を十字に組み、これに主柱下部となる鋼管 6.5 m を立て、アングルで支

えをとり、底面スラブ コンクリートを打って下部構造を製作した。組立てはすべて溶接である。底部スラブは、十字に組んだ鋼管の間に 16 mm 丸鋼を多数溶接し、これを鉄筋としてコンクリートを打った。厚さは 25 cm である。これは起重機船の能力から制限された厚さである。なお底部鋼管には砂がてん充してある。このようにして製作された下部構造は、一たん、水深 3 m の海上に仮置きされ、ここで支柱上部を溶接した。

完成した塔は起重機船で吊り下げ曳航し、予定地点の捨石マウンド上に設置した。マウンドは中割石を投石し均したものである。当初、基礎根廻りを行ってから捨石する予定であったが、しゅんせつ船の配船の都合悪く、やむをえず捨石マウンドとした。塔据え付け後ただちに大割石を投入し根廻りを行なった。防食対策としては、塔にザップコートを 3 回塗り、さらに水深 1 m の箇所 3 kg のザップを 4 個取り付けた。なお、支柱部には、遠方からの識別を容易にするため、グリーンとオレンジの 2 色を 50 cm 間隔で交互に塗ってある。また塔には、夜間標識灯の電源として風力発電機が取り付けられている。

設置位置は図-9 に示してあるとおり、苫小牧港の東

図-9 苫小牧港平面図



海岸、防波堤から約 700 m 離れた沖合約 900 m、水深約 10 m の地点である。設置後の塔の水面上の高さ (L.W.O.S.T. 上の高さ) は約 9.7 m である。

塔設置後、波高計用海底ケーブル約 1000 m の敷設を行なった。使用した海底ケーブルは、鉄線鍍装したビニールケーブルで、そのおもな仕様は、導体外径 1.75 mm (公称断面積 1.25 mm²)、線心数 4 芯、鍍装用亜鉛メッキ鉄線径 3.2 mm、ビニール防食層厚 2.5 mm、仕上外径約 26 mm である。ケーブルは鉄線で鍍装されてはあるが、塔の基礎部においては、根廻り大割石の下を通るので、この部分は図-8 にみられるように割蛇管の中を通し、また支柱立上り部分は径 2 in のガス管の中を通し

て保護に意をそそいでいる。陸上部観測室までの約 550 m は、海岸沿いに電柱を立て、これに外線用ビニール被覆電線 4 本を架設した。

波高桿は、塔にはしごを設備し、これを利用して取り付けるようにした。すなわち、水中部分は波高桿の下部に金具を枝状に取り付け、この金具をはしごの下部に設けた三角型金具の底に落ちこませるようにして固定し、水面上の部分は U 字型の金具を用い、はしごに締め付け固定するようにした。

写真-5 観測塔下部構造

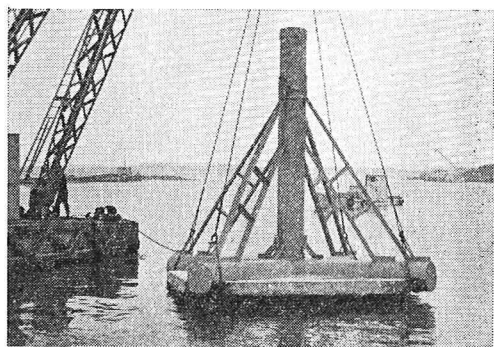


写真-6 完成した苫小牧港波浪観測塔

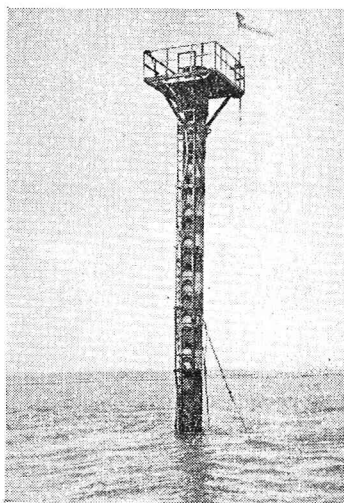


写真-5 は塔の下部構造、写真-6 は完成した波浪観測塔の海上外観を示す。

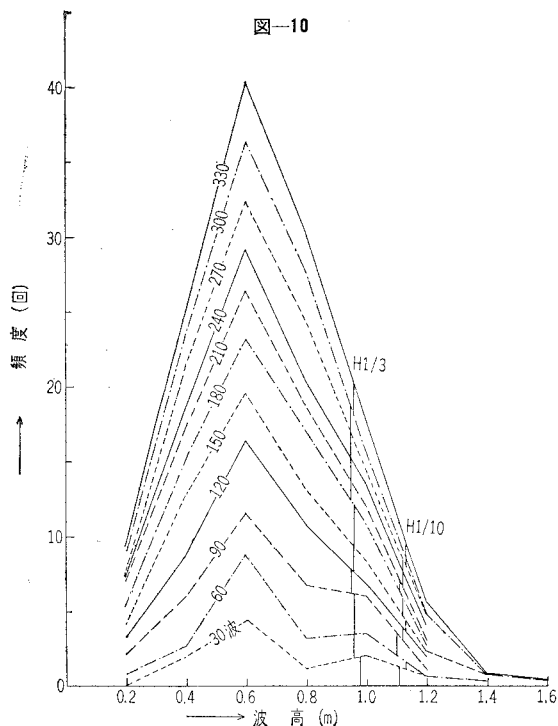
なお参考までに、この観測塔の建設に要した日数と経費を記すと、工事はすべて直営で実施されたものであるが、要した日数は延べ約 1 カ月、経費は総額約 240 万円である。経費の内訳は、材料費 130 万円 (鋼管 47 万円、石材 61 万円、その他 28 万円)、労力費 24 万円、海底ケーブル 80 万円となっている。

4. 観測結果の一例

本波高計により得られた観測結果の一例をここに示す。昭和 38 年 3 月 31 日午前に実施した 32 分間の連続

観測資料について、測定之初めから 30 波、60 波、90 波…… 330 波というように区分し、30 波ずつ累積するとともに波高の出現分布がどのように変化するかを調べた。

図—10 にその結果を示す。この図から、90 波までは不



自然な分布形状をしているが、120 波ではほとんど滑らかな分布となり、それ以上は波数が増加しても分布形状はあまり変わらないことがわかる。したがって、観測にあたっては、少なくとも 120 波、安全をみれば 150 波以上の波を記録する必要があるように考える。いまの場合、周期はほぼ 6 秒であるから、時間にするとも 12 分以上ということになる。周期が変わればこの分布形状も変わるであろうから、一概にはいえないが、周期 10 秒とすれば、20 分以上の観測が必要ということになる。従来、20 分観測が標準とされているが、表面波形の直接記録によるこの観測例も同様の結果を示している。なお、図中には $H_{1/3}$ 、 $H_{1/10}$ の変化の様子も示してある。

5. あとがき

リレーを用いることにより、従来のステップ式波高計は大幅に改善され、ステップ式本来の特徴が十分発揮されるようになった。改善された点を要約するとつぎのとおりである。

① 固定抵抗の値を理論的に正確にきめることができ、したがって製作が容易になったばかりでなく、計器としての直線性、互換性がはるかによいものになった。

② 記録は常に明確な階段状波形として得られ、した

がって、キャリブレーションはまったく不要となり、また精度、感度、直線性、忠実性いずれも長期にわたり安定し、計器としての信頼性、確実性ははるかに大になった。

③ 電極部の掃除もまったく不要となり、また記録の読取りも簡単で、短時間で処理ができ、故障の判断も容易になり、したがって維持管理がしやすくなった。

耐久性についても、すでに 6 カ月無調整、無故障の試験結果を得ており、海上で使用する器械としては十分実用性のあるものと考ええる。

新設した観測塔の構造、施工方法は、われわれ独自の方法であろうと思う。これの安定性、耐久性については今後の結果をみなければわからない。またその機能についても種々問題はあると思うが、比較的簡単な方法として、今後観測塔を計画するうえに参考になるのではないかと考える。

ステップ式波高計は、たしかに取り付けに海上施設を要するという大きな欠点を持っている。しかし、また他の波高計では得られない利点をもっている。近年、海洋観測塔の必要性が一般に認識され、すでに二、三の実現をみている現在では条件は好転しつつあるから、このステップ式波高計の今後の利用性はかなり大きいものがあると考ええる。

現在この観測塔には波高計のみ設置してあるが、逐次流向計、流速計、波向計、風向風速計なども設置し、総合観測塔としての性格をもたせていきたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 村木義男・鎌田新悦・海谷利一：ステップ式波高計の改良について、北海道開発局土木試験所月報、第 71 号、(1959.6)。
- 2) Kuribayashi, T., Y. Muraki and G. Udai: Field investigation of wave forces on breakwater, Coastal Eng. in Japan, Vol. 2, (1959)。
- 3) 村木義男：河川・海岸用計測器の研究とその応用、北海道開発局土木試験所報告、第 31 号、(1962.9)。
- 4) 森 勝平・村木義男・南 英二：衝突波の二、三の特性について、土木学会第 9 回海岸工学講演会講演集、(1962)。
- 5) Muraki, Y., K. Mori and E. Minami: Field investigation of wave run-up and wave pressure on breakwater, Coastal Eng. in Japan, Vol. 6, (1963)。
- 6) 村木義男・高島和夫・石田直之・鈴木 功：沿岸波浪のルーチン観測施設の研究—苫小牧港における試験経過—、北海道開発局土木試験所月報、第 118 号、(1963.4)。
- 7) Gerhardt, J.R., K.H. Jehn and I. Katz: A Comparison of step—, pressure—, and continuous-wire-gage wave recordings in the Golden Gate Channel, Trans. A. G.U. Vol. 36, No. 2, (1955)。
- 8) 井島武士：海岸・港湾測量、森北出版社、(1960)。
- 9) 国司秀明：海岸観測塔とその測器について、日本海洋学会沿岸海洋研究ノート、第 2 巻、第 2 号、(1963.12)。
- 10) 菱田耕造・小泉宗三郎・高田吉治：伊東海洋気象観測塔について、日本海洋学会沿岸海洋研究ノート、第 2 巻、第 2 号、(1963.12)。