

リレーを用いたステップ式波高計と波浪観測塔（2）

村 木 義 男*・高 島 和 夫**

1. ま え が き

第 11 回海岸工学講演会（1964）において、筆者らは、従来のステップ式波高計をリレーを用いることにより大幅に改良し得たこと、また、これを観測塔に設置して定常観測に実用し約 6 カ月間の無調整無故障観測を実施し得たことを報告したが、その後引き続きこの波高計について現場試験と改良を続け、現在では約 1 年もしくはこれ以上の無故障観測を可能ならしめたので、ここに報告の（2）として、その後における問題点ならびに個々の改良について概要を報告する。

2. 当初のリレーを用いたステップ式波高計の概要

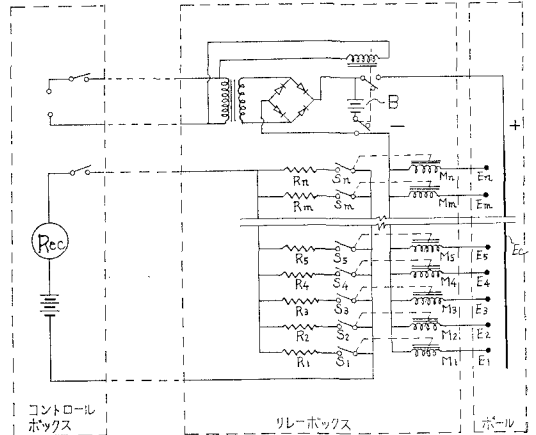
説明の都合上、当初のリレーを用いたステップ式波高計の概要をここで述べることにする（詳細は参考文献 1）を参照されたい）。

ステップ式波高計は、波高桿に取付けられた電極が海水に浸ったり空気中に出たりする際につくられる電氣的 on, off 作用を利用して、海面変動すなわち波高を測定するものである。過去において使用されていたステップ式波高計の原理は図一 1 のようなものであるが、これにしたがった場合、つぎのような問題すなわち ① 固定抵抗の値を 1 個 1 個実験的にきめてやらなければならない、② 水あか、海藻、貝などの発生付着により感度、直線性がすぐに変わる、③ 測定を続けるにはかなり頻繁に電極を掃除しなければならないなどの問題が生ずる。リレーを用いたステップ式波高計は、このような問題点を除去することを目的として筆者らにより開発され

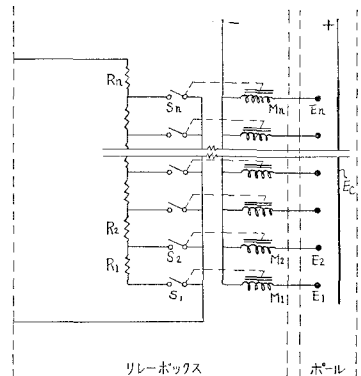
たものである。

上記の問題点は、リークの大きいかつ抵抗値の変動しやすい海水が開閉素子として波高記録回路の中に入っていることに起因する。そこでこの波高計は、マグネットリレーを用いて記録回路から電極部分を分離したものである。図一 2、図一 3 はこの波高計の回路概略図である。図一 2 は抵抗並列型、図一 3 は抵抗直列型（抵抗部分と電極回路部分のみを示す）を示す。ここでマグネットリレーはつぎのような性能を有するものである。すなわち、電極が海水に浸ったときに流れるショート電流と電極が海水から出たときに流れるリーク電流とのほぼ中間

図一 2 リレー型ステップ式波高計回路図
（抵抗並列型、バッテリー有型）



図一 3 リレー型ステップ式波高計回路図
（抵抗直列型、バッテリー有型）



* 正会員 工博 北海道開発局土木試験所

** 正会員 北海道開発局土木試験所

の電流で作動しはじめ、かつ内部抵抗の十分小さいものである。このようになっているから、ショート電流およびリーク電流が、電圧変動、電極部の残水量の変動（電極部における海中生物の付着の状態による）など外的原因によりかなりの範囲で変動しても、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、したがってこの波高計は感度、直線性の変わらないものとなっている。

3. その後における問題点ならびに改良

さきの報告¹⁾において述べたように、当初の器械については苫小牧港において約6カ月の無故障観測を実施することができた。しかしながらその後、測定頻度の増大、季節の変化、海域の相違にともない、6カ月無故障観測の実現できない例が生じてきた。一方使用の立場からは、1年、できればこれ以上の無故障が強く望まれ、ために筆者らはその後もさらに現場試験を続け、問題点を検討し、種々改良を行なった。以下これらの問題点とその改良について述べる。

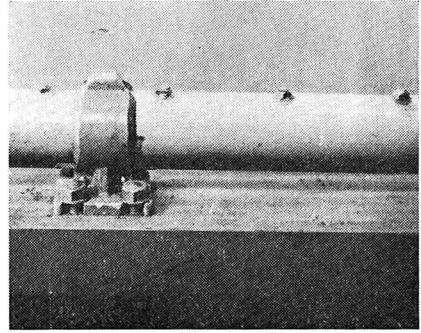
(1) 波高桿

a) 2. において述べたように、われわれは、リレーを用いることにより、海中生物付着に影響されない、したがって感度、直線性の変わらないステップ式波高計をつくることに原理的には成功した。しかしながら、海中生物の付着の度合は季節、海域によってかなり異なり、このため付着が極度に発達する場所、時期においては、従来のままでは、リレーによる判別不能なる場合がかなりあった。種々検討の結果、この問題は、電極部の構造を改良することにより、ほぼ解決された。

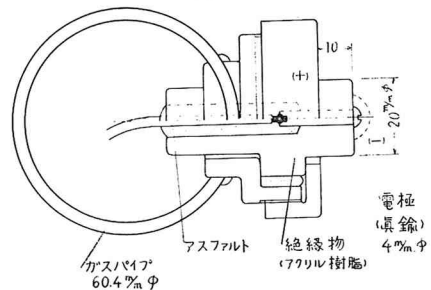
図—4、写真—1 は従来からメーカーより市販されている波高桿の電極構造と外観、図—5、写真—2 はさきに報告¹⁾した筆者らの波高桿の電極構造と外観を示すものであるが、これらはいずれも上記の障害をともなった。図—4 のものは、電極の(+)(-)両極間はかなり長くはあるが、桿自体が絶縁物で上から下まで同一面をなしているの、桿上の残水がすべてこの桿の表面をつ

たって落ち、付着物があれば水切りがとくに悪くなり、このため測定不能になるようだ。図—5 のものは、図からわかるように、絶縁物の長さがわずか1cmで短かすぎたため、生物付着がある程度以上多くなるとリークが極端に多くなり測定不能になった。解決策として 図—5 の改良型である、図—6、写真—3 で示されるような絶縁部の長いものを製作した。種々現場試験を行なった

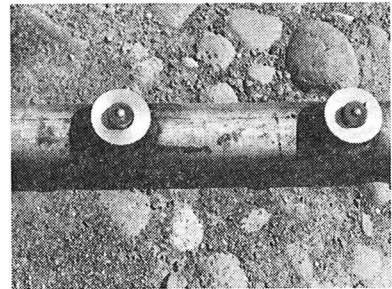
写真—1



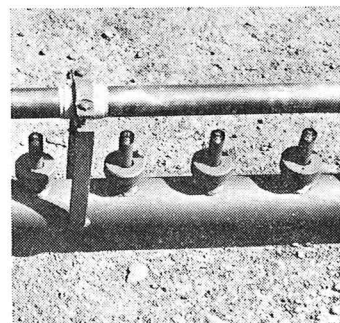
図—5



写真—2



写真—3



図—4

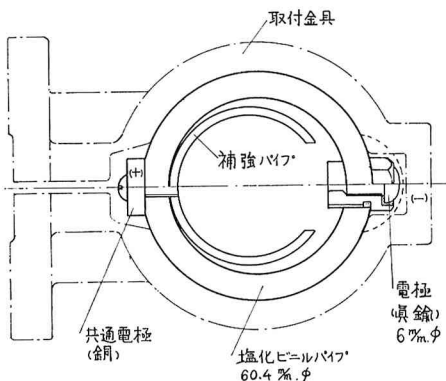


図-6

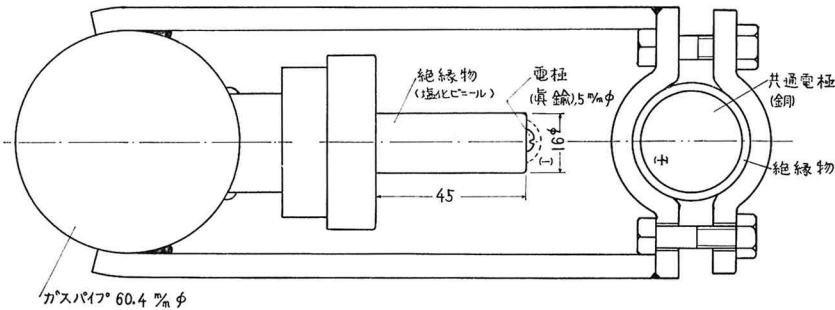


図-7 改良型電極

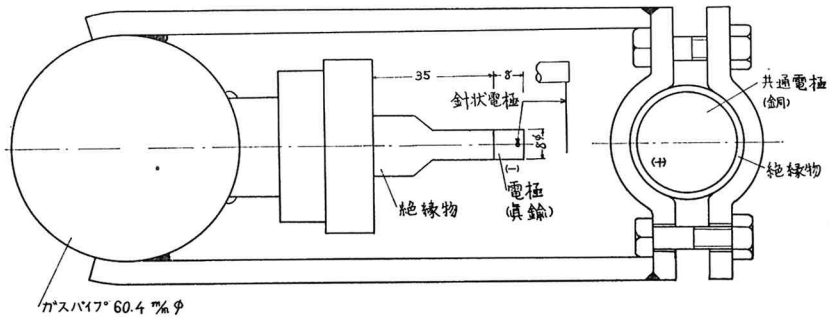
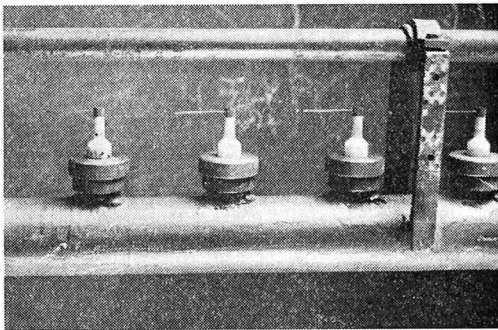


写真-4 改良型波高桿



が、結果は良好で、いままでのところ、約一年海中生物の除去なくても測定に差し支えないという成果を得ている。

b) つぎに問題となったのは(－)極におけるマグネシウム類の付着である。当初は観測回数が少なかったせいか(1日6回)、このマグネシウム付着の障害はみとめられなかったが、1日12回以上の観測を実施してからは、マグネシウム類の付着が顕著に増加し、測定不能場合が生じてきた。参考までに図-4、図-5、図-6にマグネシウム類付着の状態を点線で示した。

これの対策として種々検討した結果、電極構造を図-7、写真-4に示すようにすることにより、一応の解決を得た。マグネシウム類の付着を防止するには、通電電流を小さくして析出量を少なくすること、また付着するマグネシウム類を海水の動きでこわして固定しないよう

にすることが考えられる。当初観測回数の少なかった時点に障害をうけなかったのは、観測時に付着したマグネシウム類は非観測中に水の動きでこわされ固定しなかったためと思われる。図-7の構造の電極においては、電極金属と絶縁物とが同一面をなし(境界が角度をなしていない)、析出したマグネシウム類が固定しづらくなっており、またこの電極には、小さな力で容易にたわむ、弾性の大きな針状電極が植えてあって、これが波や流れでたえず変形するため、この部分にはマグネシウム類は固定しづらく、ために通電可能な状態が長く維持される。

通電電流の大きさと針状電極の長さとの関係は、針状電極の長さの増加に対し電流が飽和の形をとるので、針状電極をある程度以上長くしておけば所要の電流が確保される。

c) つぎは(＋)極である共通電極の消耗の問題である。この波高計においては、直流リレーが用いてあり、ステップ状に取付けられた電極にはこれの消耗をさけるため(－)電圧が、これの対極をなす共通電極には(＋)電圧がかけてある。したがって(＋)電圧のかかっている共通電極が次第に消耗していく。当初直径30mm、内厚3mm程度の銅パイプを用いたが、これでは約8カ月しかもたなかった。現在は、約25mmの銅棒を用いてあるが、これだと1年以上使用できる。しかしこの問題はこのタイプのものでは今後もなお残る問題である。なお、共通電極に銅を用いたのは、溶けた銅イオンが海中生物防止に役立つからである。

d) マグネシウム類付着の問題と共通電極消耗の問題を一挙に解決すべく、現在、電極を白金にすることについて種々現場実験を実施中である。ステップ状に設けた電極に白金を用いこれに(＋)電圧をかけて(＋)極とし、(－)極は波高桿本体および塔全体とする。(＋)極は消耗極であるが白金であるから消耗しない。(－)極にはマグネシウム類が付着するが、塔全体に対してであるから付着密度が小さく、したがってまた海水の動きによってはがれやすく、マグネシウム類の付着のため電極における通電がさまたげられることはまず考えられない。したがって、マグネシウム類付着による障害も、

図-8 白金線改良型電極

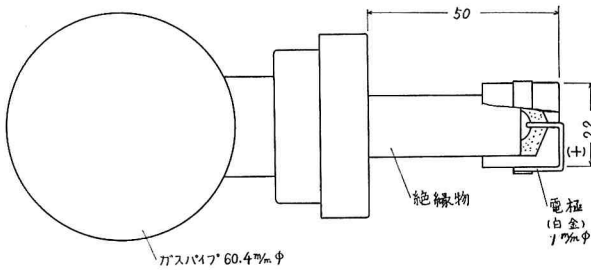
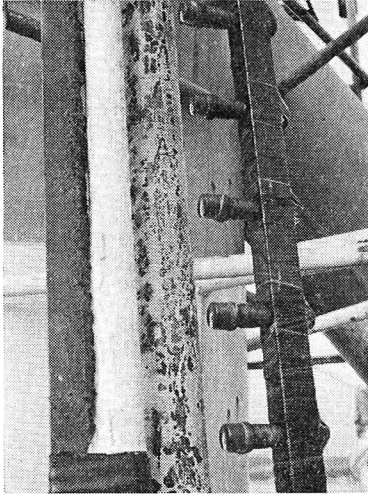


写真-5 白金電極型波高桿の現地試験



(+) 電極消耗の問題もともに解決されることになる。現在モデルを用い現地実験を実施中である。図-8はこの電極の構造を、写真-5は現地試験状況を示す。7月末現在まで2カ月連続通電（通常の観測に換算すると1年分）を行なったが、写真-5に見られるように電極部分には全く異常はみとめられない。

電解液中における電極に白金を用いることはごく一般の知識である。この波高計の場合も電極に白金を用いることについては一応当初から考えてはいた。しかし白金は高価であるという先入観からこれの使用がさけられていた。しかし実際に白金を使って電極をつくり試験してみると、それほど多くの白金は必要としないようであり、また、共通電極の消耗にともなうわずらわしい作業、マグネシウム類付着にともなう障害、これらがさけられることを考えると、電極を白金にすることによる経費の増は十分それだけ価値のあるものと思われる。

遠まわりをした観があるが、われわれとしては、この白金電極を用いた波高桿が、このステップ式波高計の波高桿の最終的姿ではなかろうかと考え、目下これの製作を行なっている。電極を白金にするにあたっては、どのような構造形態のものが最も経済的で効果的か重要な課題であるが、われわれは現在は太さ1mmの白金線を使用している。

e) つぎに互換性、修理、取付けの難易の点から少し述べる。波高桿はこれまで述べた性能的な問題とはまた別に、互換性、取付けやすさ、修理のしやすさなどの点においても十分考慮されるべきである。図-4、写真-1に示したものは実際に使ってみてこれらの点においてかんばしくなかった。図-7、図-9、写真-4に示した現使用の波高桿は、これらの点が十分考慮され製作されてある。すなわち、本体がガスパイプでつくられてあるのでこれを多少ゆがめて直接塔に取付けても破損する心配がなく、また電極、リード線なども容易に交換修理ができるよう改良されてある。

(2) 回路

図-2と図-3は当初の基本回路である。両者は抵抗の配列が異なるのみで動作原理は全く同じである。これらの回路においてはバッテリー(B)が使用してあるが、取扱いおよび維持の立場からはこれをさけたいところである。またこれらの回路によれば、海水中にある電極にはすべて電流が流れ、またこれに対応するリレーにも電流が流れる。水面探知という目的からすれば、これはむだな電流を流していることになる。もしこれを水面付近のいくつかの電極のみに電流が流れ、他の電極には電流が流れないようにできれば、電極回路の所要電流は少なくてすみ、このことはバッテリーをコンデンサーで置替え可能ならしめ、またマグネシウム類の付着量をも減少させ、さらにリレーの寿命にもよい影響を与えるものと考えられる。図-10はこのような考えからつくられた、現在協和商工KKから市販されているものの配線図である。

筆者らはここ何年か図-2、図-3、図-10の波高計について現場試験を行ってきたが、図-2、図-3のもの（写真-6がそのリレーボックス）については、回路が単純なだけに、バッテリーの寿命期間内であった1.5～2年間故障なく安定した働きを示した。図-10の

図-9 改良型波高桿

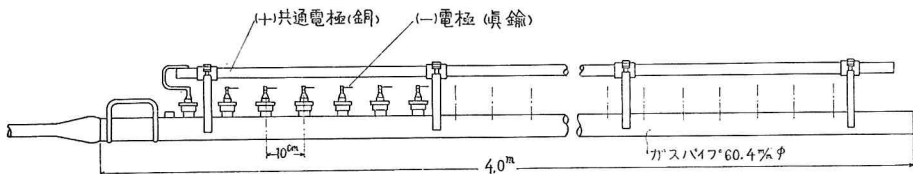


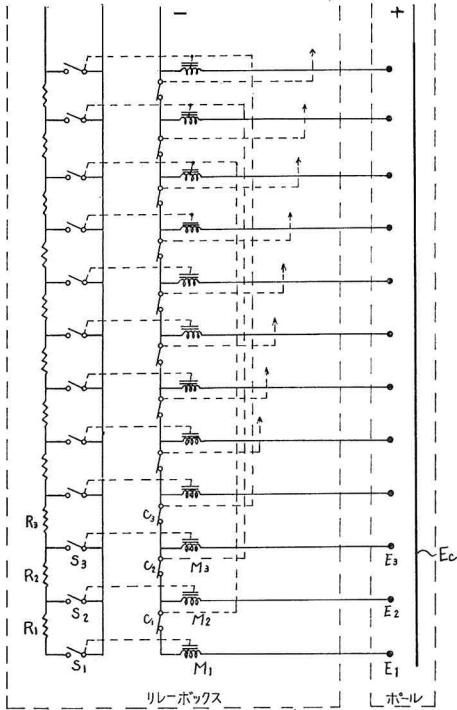
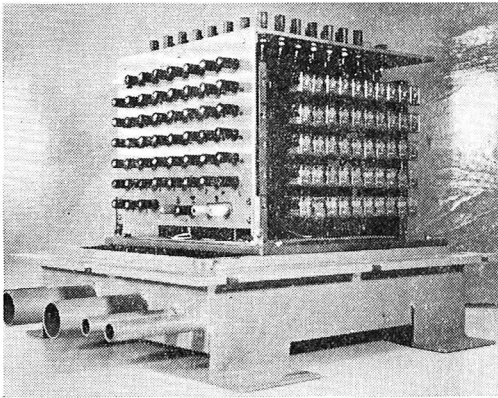
図-10 リレー型ステップ式波高計回路図
(抵抗直列型, バッテリー無型)

写真-6 リレーボックス (バッテリー有型)



もの(写真-7 がそのリレーボックス, 協和商工 KK)については当初トラブルがあった。図-10 の方式においては, つぎのこと, すなわち, 電極回路の中にリレー接点 $C_1, C_2, \dots$ が数多く直列に入っていることによる電圧降下(接点抵抗が意外に大きい), スタート時に流れる過大電流による電圧降下, これら両電圧降下による作動の不安定が問題となり, 種々これの改良につとめた。なお現在使われているコントロールボックス(協和商工 KK)を写真-8 に示した。

(3) 観測塔

さきの報告¹⁾において, われわれとしては最初の観測塔である苫小牧港の例を示したが, これは幸いにして 5

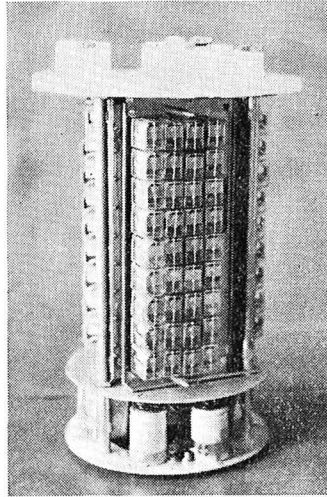
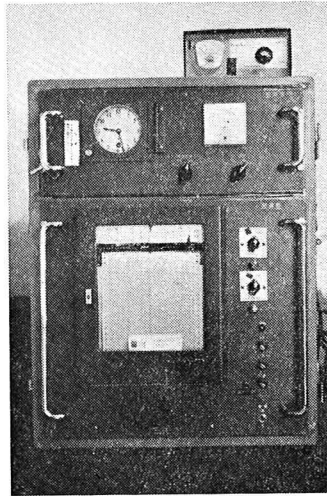
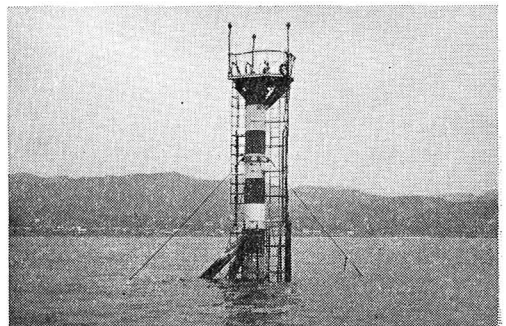
写真-7 リレーボックス
(バッテリー無型)

写真-8 コントロールボックス



分は注入コンクリートにされたことなどである。またこのほか, 波高桿の取付け作業を容易にする方法, 作業船の塔への接舷の問題など種々検討されたが, 結局図-11, 写真-9 に示した構造のものが標準型として設計製

写真-9 標準型観測塔(留萌港)



年半経過した現在においてもなお健在で, 日々の観測に供されている。

42 年度より, 筆者らの所属する北海道開発局では道内沿岸の波浪観測体制を再整備することとなり, その主体はここで述べたリレーを用いたステップ式波高計によることとなった。このため観測塔の設計がなされたが, その方式はこれまでの経験から, 苫小牧港の塔にその基礎をおく据置型とされた。とくに考慮された点は, 溶接組立ての完璧を期すため塔はすべて陸上で製作されたこと, 海上遠距離運搬があるので本体はできるだけ軽く, しかも設置後の安定性に万全を期すためベース部

図-11 北海道開発局 43 年度標準型観測塔

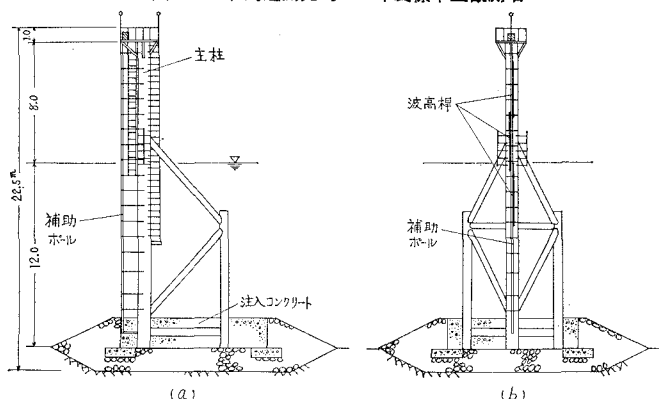
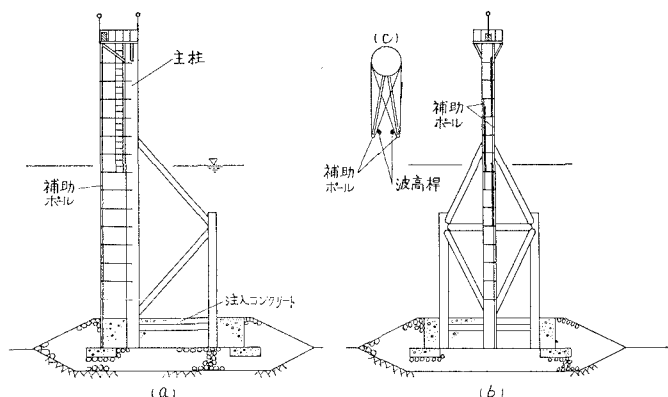


図-12 改良型観測塔



作された。

この種のものが現在道内に7カ所設置され、観測に供されているが、これまでの経験から、この観測塔は今後図-12に示すようなものに改良したいと考えている。

4. む す び

第11回海岸工学講演会(1964)において報告したリレーを用いたステップ式波高計は、その後も引続き現場試験と改良がなされ、現在波高桿としては図-7、図-9、写真-4に示される構造のものが、リレーボックスとしては図-2、写真-6、もしくは図-10、写真-7に示されるものが、またコントロールボックスとしては写真-8に示されるものがそれぞれ標準的なものとして使用され、その性能は約1年間、条件がよければこれ以上の無故障観測可能となっている。

今後、波高桿は図-8、写真-5に示したような白金電極を備えたものに改良され、これによってこのリレーを用いたステップ式波高計はその測定可能期間を大幅に延長するものと期待される。

現在、北海道においては、7カ所(留萌、岩内、松前、山背泊、室蘭、苫小牧、様似)に上記観測塔が設置され、これにここで述べたステップ式波高計が取付けられ、日々の定常観測が行なわれている。

参 考 文 献

- 1) 村木義男・石田直之・高島和夫: 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—, 第11回海岸工学講演会講演集, 1964.