

# 遠隔投射式測深器の試作 (第1報)

井島 武士\*・鈴木 禧実\*\*

## 1. はしがき

砂浜海岸における漂砂調査の基本的な資料として、深淺測量は最も重要な調査であり、多くは音響測深儀によって行なわれている。しかしながら最近の砂浜海岸における深淺測量の多くの資料から見ると、測量方法の如何にもよるが、精度についてかなり疑問のある場合が多い。この点については、ここではふれないが、従来の方法で最も大きな欠陥は海底地形の変動、特に荒天時の波による変動を知ることが最も必要と考えられる漂砂調査に対して、観測される資料は常に静穏時に限られていることで、特に漂砂による海底変動のいちじるしい砕波帯の変動は、外海に面する海岸では静穏時でも測量はきわめて困難である。このため多少とも波のある場合の海底の動的変化についての観測資料は皆無といって良く、わが国では新潟海岸における藤木技師(1957)の測定結果が唯一のものであるが、これも海岸線に直角に設けられた一測線上における観測値に限られている。漂砂量の直接観測において信頼度のある観測法を持たない現在では、海底地形の動的な変化を追求することが、構造物のない砂浜海岸での漂砂推定の場合の最も基本的な鍵であり、これによって初めて実験と実際現象との相似に関する明確な法則を見出すことも可能であり、漂砂の模型実験が有力な解法として浮かび上がることができると考えられる。

波の直接作用の下における砂浜海岸の変形を観測することは、従来の測量船と測深儀による方法は不可能であるから、これに代って海面に船を用いないで測深を行なう方法を開発せねばならない。これがこの研究の目的である。

## 2. 原 理

漂砂調査の目的からすると、観測条件としてつぎの点が満足されねばならない。

(i) 通常の荒天時(外海に面した海岸では波高2~3m 風速10~15m/s程度)においても観測できること。

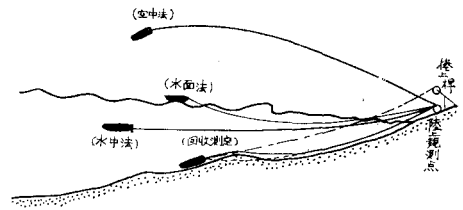
(ii) 波による海底変動のいちじるしい区域(砕波帯付近のbar および trough 付近)をふくんで測定できること。したがって、一般には汀線から400~500m程度以浅が測量できることが必要である。

(iii) 測定精度(位置および深さ)は海底変動が検出できるものでなければならない。

(iv) 海底は砂質であること、および測定は容易で移動も簡単にできること。

このような条件を満足し、測量船を用いないで深淺測量を行なう方法として考えられる可能な方法は、海岸から所要の海面に測深器を投入して、これを回収しつつ深さを測定して行くという方法である。この場合 図-1の

図-1



ように3つの方法がある。それはワイヤーをつけた魚雷のようなものを使用して、これに測深器を装備して発射し、所定の位置で停止沈下させ、ロープによって回収しつつ測深を行なう方法(水中法)、魚雷の代りに水面を航走する船を用いる方法(水面法)および測深器を装備した弾体を空中に発射して、海面に投下する方法(空中法)である。このほかにも考えられるが、簡単で実用性のある方法は上の3つである。

これらの方法では測深器をある位置まで到達せしめたのち、これを海底に沈下させ、ロープによって回収しつつ、静水圧の変化を測定してくるもので、測定点の深さは静水圧により、また位置はロープの長さや方向によって測定される。上の3つの方法のうち、第1の方法は実際に行なわれた例を知らないが、砕波帯を横断してロープを引いた魚雷を航走させることは、魚雷の方向および上下運動の規正にはなほだ困難であり(大井上博(1942))、所要の動力および発射装置の点で複雑で実現困難である。第2の方法はかなり実現性があり、宮城県石巻工業港工事事務所では、砕波帯の深淺測量に類似の方法を用いた例がある。これは砕波帯外に碇置した測量船から、長さ1m、重さ2~3kgの模型船(動力は1/20HP、12volt乾電池)に細いビニール・ロープを引かせて汀線に向かって航走させ、陸岸にロープを運搬させて、このロープによって陸岸と碇置船との間でジージング・ワイヤーを張って、砕波帯内の深淺測量を行なったものであ

\* 正員 工博 運輸省港湾技術研究所

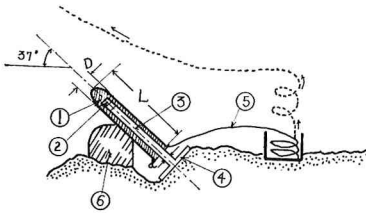
\*\* 正員 運輸省港湾技術研究所

る。この場合は模型船は単にロープの運搬のみを行なうためのもので、沖側から砕波線を横断するものであるから、われわれの目的とは大分異なるが参考になる方法である(この場合は約150mの砕波帯を浅を10分間ぐらいで横切り、汀線に到達するという)。しかし、この第2の方法では砕波帯を沖に向かって横断し所要の方向を維持して進行させることは、魚雷の場合と同様かなり困難と考えられる。

そこでわれわれは第3の空中法を採用することとした。この方法の利点は海面状況に左右されず、発射方法も簡単であるということであるが、最も大きな問題は発射時および着水時の衝撃と、回収用ロープおよび測定用ケーブルの維持である。

発射方法として火薬の爆発力によるものと、ロケットの推進による方法と考えられるが、われわれはまず最も簡単で普遍的と思われる火薬による方法を試みた。これに利用できるものとして最も簡便なもの、最近開発されたマイクロ式ロープ(救命索)投射器である。この原理は図-2に示すようにきわめて簡単なもので、外径 $D=70\text{mm}$ 、内径 $d=40\text{mm}$ 、長さ $L=820\text{mm}$ の中空鋼製の弾体①が、外径 $d=40\text{mm}$ の砲身③にはめ込まれ、弾

図-2



体頭部に近く火薬および薬莖が装置され、撃針による衝撃によって発火し、弾体は、ロープ⑤をひいて飛行する。砲身③は砂地盤を図のように掘って、底板④および砂袋⑥によって簡単にすえつけられ、発射角 $37^\circ$ に保持される。砲身部の重量 $35\text{kg}$ に対して飛行する弾体重量は $12.5\text{kg}$ で、曳行されるロープはナイロン製の外径 $3\sim 4\text{mm}$ (破断力 $280\text{kg}$ )である。発射時の初速度は約 $120\text{m/sec}$ で、火薬量 $45\text{g}$ とすると、弾体の到達距離は $500\sim 600\text{m}$ 以上とされている。したがって、この弾頭部分に水圧測定器を装置し、ロープに導線を入れて回収しつつ静水圧を測定記録することができるならば、われわれの目的を達することができる。

### 3. 構造

このような方法を取るときに、最も問題となるのは発射時の加速度による衝撃圧である。発射時の最大加速度は、主として弾体重量と火薬の爆発圧によって決まるが、弾体重量 $12.5\text{kg}$ の場合爆発による最大腔圧は $2000\text{kg/cm}^2$ であるとされており、したがって内径 $40\text{mm}$ の

弾体においては、最大加速度は約 $2000\text{gal}$ となる。このような加速度に耐え、かつ $500\sim 600\text{m}$ 程度のケーブルを用いて水圧を測定するには複雑な方法を取ることにはできない。最も簡単なものは抵抗線ひずみ計を用いることがあるが、ケーブル構造から考えて適当でなく、結局、われわれは図-3および4に示すような機械的方法を取ることとした。図-3は圧力計部分の構造で図-4はこれを弾体頭部に装着し、投射器に取りつけ発射状態とした様子を示している。

図-3で①は砲金製の圧力計本体で、これに金属ベローズ②および③が取り付けられ、それらは軸④により結ばれている。おのおののベローズの内部は水密であり、上部のベローズはキャップ⑤で水密にカバーしており、下部のベローズはキャップ⑥でカバーされる。これが水底に沈むと、細孔⑦から海水が流入しベローズ②を圧す。この圧力は上下のベローズと補助スプリング⑧でつり合う。水圧によるこれらの圧縮量は軸④に取りつけられたベルトによって滑車⑨の廻転に変わり、扇形歯車⑩の廻転となり、それはポテンシオ・メーター⑪の廻転に変えられる。ポテンシオ・メーターからは、1~3本の導線⑫がケーブルによって取り出される。⑬および⑭は発射時および着水時の衝撃に対するストッパーである。これらの可動部分のうち、ベローズと軸を除く部分は大部分重量を軽減するために合成樹脂で作られている。また①、④、⑤、⑥は砲金製であり、これら測定部分の総重量は約 $6\frac{1}{2}\text{kg}$ である。

図-4で①は上述の測定器部分、②はケーブル、③は火薬室、④は雷管、⑤は発射器本体(砲身)、⑥は撃針で

図-3

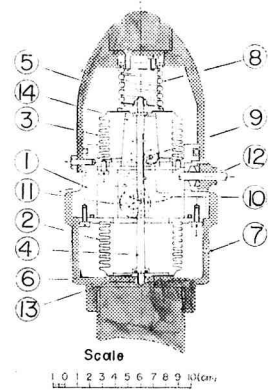
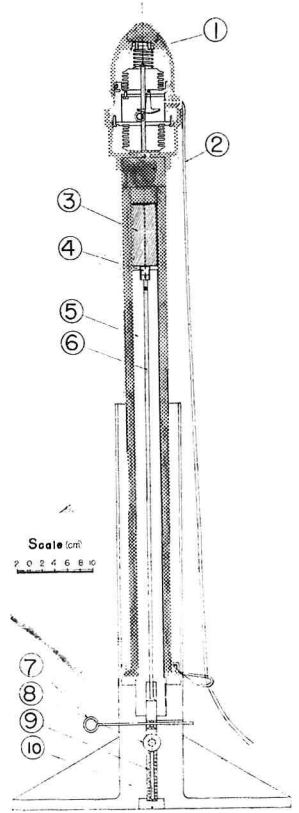


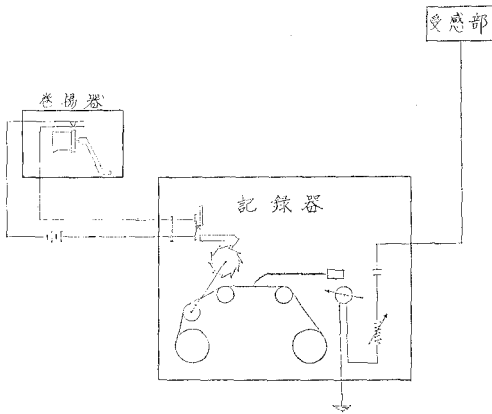
図-4



ある。発射の際は控棒⑧を引いて、留金⑦をもって撃針を固定し、火薬および雷管を装着して、測定器④を着けた弾体を砲身にはめ込む。留金⑦を引くと撃針はスプリング⑨によって雷管を衝き発光すると火薬は爆発し、弾体は砲身から抜け出て、ケーブルを曳いて飛んでゆく。

前述のように弾体みの場合の最大加速度は2,000gal程度、初速度は120m/s程度で500~600mの到達距離を有するが、測定器をつけると重量が1.5倍になるから、加速度および初速度は約2/3となり、したがって到達距離も300~400m程度に下る。またケーブルの重量によってもある程度の低下が考えられる。着水して海底に沈んだ弾体はケーブルまたはロープによって引きもどしつつ、陸上で圧力を測定記録することができる。記録方法は図-5の回路部に示したように、測定器(受感部)の

図-5



ポテンシオ・メーターの抵抗変化を自記電流計によって記録させるが、この際弾体を引きもどすための捲揚器の回転を記録器の紙送り速度と同調させることにより、記録紙の送りは測定器の移動量に比例することとなり、また記録は静水圧に比例し、したがって得られた記録は略海底断面形に比例した形を示すことになる(正確には多少差異があるが、その差は海底勾配の2乗に比例した量であるから、実際には無視される)。

#### 4. 実験結果

実験においてまず問題は、図-3の構造の圧力測定器が発射時および着水時の加速度に耐えるかいかであったが、数回の発射実験の結果、前述のベルト滑車と扇形歯車およびポテンシオ・メーター軸の歯車を合成樹脂によって軽量化することと、ストッパーを設けることによって略目的にかなうことがわかった。衝撃による圧力計の0点の移動はさげられないが、これは回収したときの水圧力が0点として記録されるから、これによって常に検定することができるので問題はない。つぎに考えられる障害は図-1に示すような測定しつつ回収する場合に

barにケーブルまたはロープが埋没する場合である。このような状態になると抵抗土圧が大きくなって、ロープの破断が起こる可能性がある。これをさけるためには捲上桿を用意して、捲上点を汀点より2~3m高めることにより、ロープが海底を摩擦することなく、barを横切って回収することが容易であり、barのない場合でもロープに作用する引張り力を約1/2程度に下げることができ、回収作業は容易になることがわかった。なお、この弾体回収の際、ロープに作用する引張り力はbarのない中砂海岸では約30kg程度、最大40kg程度であり、砂堆を設けてテストした場合は最大70kg程度であった。したがって破断力100kgあれば回収作業には安全であり、捲上桿を用いるならば50kgでも十分である。残る問題はケーブルである。この投射器は圧力測定を行なわない場合は、ナイロン・ロープの外径4mmのものを用いるが、この特徴は柔軟で軽く、破断力大きいことにある。圧力測定用の導線をこのロープに仕込むことはナイロン・ロープの伸びの点から不可能である。したがって方法として回収用ナイロン・ロープと測定用ケーブルを分離するか、または別種の回収用ロープの中に導線を組入れるかの、いずれかが考えられる。われわれは茨城県鹿島海岸を実験海岸として、現在まで種々のケーブルについて35回の投射実験を行なった。その結果判明したことは、

(i) ケーブルの切断はすべて発射時におこり、切断箇所はすべて弾体から40~100mの区間にある。発射時の弾体の運動は肉眼では認められない程度に早く、発射2~3秒後、弾体が最高点に到達する前からその運動は認められる。したがってロープまたはケーブルの発射時の繰り出し運動は明確には認められないが、繰り出し速度が稍低下したときの状況を観察すると、ほぼ図-2の点線に示すようで、発射後ロープは上向きの加速度によって1~2m程度持ち上がってから繰り出されて行くようである。

(ii) このような複雑な運動と加速度のかかり方からケーブル破損のいちじるしい特徴は軽いケーブルでは抗張力の不足から完全に破断することは少なく(通常導線は引張りによる伸びを少なくするため、ピアノ線により補強され、銅線のみでは用いない)被覆部分がさける。また比較的重いケーブルでは、完全破断が起こるか、または導線とその被覆部分との間にズレが起こる。この傾向は上記の発射時の加速度のかかり方の複雑さを示唆するもので、導線自身が重いときはその慣性力により破断し、また被覆体が重いときは、心線に対するよりも大きい慣性力のため、心線が強いときは両者の間にズレを生ずるか裂けることになる。このような発射時のケーブル破損は、初めのケーブルの置き方にも多少影響があるようである。

(iii) このような現象からみて、ケーブルの破損の原

因は発射時の異常な加速度によるものであることは明らかである。したがって、これを防止するためにはケーブル自体の単位長さの重量をできるかぎり小さくして、慣性力をさげることと柔軟性を良くすることが必要条件であり、つぎに導線と被覆体間にズレを生じないような構造とすることである。このような原則からみて、われわれの場合には弾体の回収用としてナイロン・ロープを用い、測定用として細い柔軟なケーブルを用いることが必要であるという結論を得た。また上記実験の結果は導線の加速度による慣性力に対して、引張り強度は約 50kg 程度あれば良いことがわかった。

現在までの実験段階として、まずできるだけ細く軽いケーブルを用いるために、導線としては径0.29mmのピアノ線3本および同径の銅線4本を組んで、これをポリエチレンおよびナイロンで被覆したケーブルを用いた。この破断強度は約50kg、重量は7gr/mである。これは単芯ケーブルであるが、アース線を用いることにより近似的に抵抗変化を測定するに十分であると考えられるからである。したがって弾体はこのケーブルと回収用ナイロン・ロープをひいて飛行することとなる。火薬量 40grを用いた場合、海面風速が7~8 m/sec程度であれば到達距離は300~400mである。到達地点の確認方法は通常の深浅測量と同様に2台のトランシットを用いて、着水時の水煙を視距することによって容易に行なわれる。テストのため3台のトランシットによって着水地点の測定誤差を調べたが、誤差 10m 以下で確認できることがわかった。到達距離は投射器の発射方向と伏角により異なるべきであるが、伏角をクリノメーターで測って、できるだけ同一地点をねらって発射した3回のテストの結果では、それぞれ発射地点から367m、365m および 374m という結果であった。

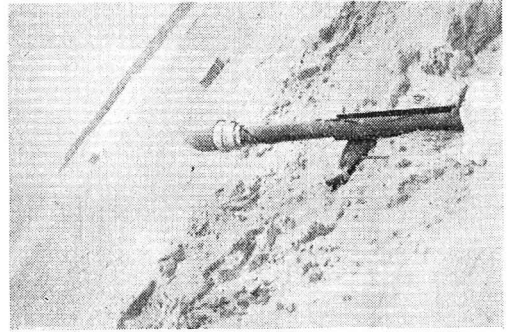
写真—1 は鹿島海岸における発射時の状況、写真—2 は発射後飛行中の状況を示すものである。

図—6 はこの投射式測深器による記録例を示すものである。

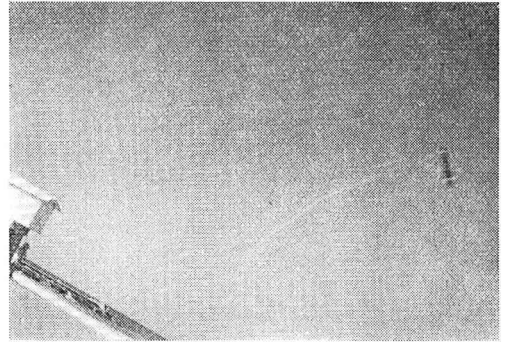
## 5. 問題点

この測深器の試作は昭和37年8月から始め、第1回のテストを37年12月20日鹿島海岸で行ない、爾後38回の発射テストを行なった。この間の概略の状況は既述のとおりであり、まだ完全な状況には到達していない。そのおもな原因は測定用ケーブルの破損が起りやすいことである。したがってこの問題が解決されるならば、まず、ほとんどすべての砂浜海岸の測量に実用され得ると著者は信じている。ケーブル破損の原因は、現在まで市販の単一心線(I. T. T.)を用いているためのものであって、前述の原則にしたがって設計されたケーブルを用いるならば、ほとんど問題は起らないと考えられ、現在、製

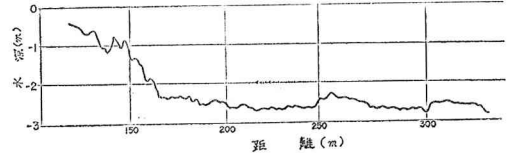
写真—1



写真—2



図—6



作中であり、この報告に間に合わなかったことを残念に思っている。

つぎの問題は測深精度の点であるが、現在のところこの測深器によって測深した線上の深浅測量を同時期に他の方法で測深した資料がないので、比較することはできなかった。はしがきに述べたように深浅測量の精度の問題はかなり複雑であるから、簡単に別の方法との比較は論ぜられないので、ここではあえてふれないこととした。この点については稿を改めて述べるつもりである。

つぎの段階での問題は到達距離の延長である。現在は40grの火薬量で300~400mの距離に到達しているが、この延長は火薬量の増加と、ある程度の弾体部分の重量軽減を必要とし、その結果、最大加速度の増加が考えられるので、現在の方式でどこまでの到達距離が得られるか不明である。おそらく到達距離の増加のためには、ロケット方式などを用いる必要があるのではなからうかと考え、今後の研究課題としている。波による漂砂調査のためには、上述のような測定を多くの測線について位置を移動しながら行なわれねばならない。現在のところで

は一測線について準備から完了まで約40分を要するので、将来は自動車に器具一式を装備して観測と移動の能力を向上したいと考えている。

なお本器は鉄砲類所持規則および火薬取扱法の規定を受けるものであることを付言しておく。

## 6. 結 び

この研究は開始後1年を経たが、既述のような問題点を残しており、まだ実用の域に到達したとはいきれない点があり、これによる実測資料も十分でないが、概要を報告して、各位のご参考に供する次第である。この方法

は他の漂砂観測、例えば荒天時の採砂、採水あるいは漂流桿投入など、種々の方法に応用することができると思う。これらの点もあわせて今後研究を進める予定である。

この研究には協和商工KK社長 岩崎秀人氏ならびに茨城県鹿島港調査事務所の熱心なご協力によって行なわれたものである。ここに記して厚く謝意を表するものである。

## 参 考 文 献

- 1) 藤木 昇：新潟海岸の冬期観測施設とその成果について、第4回海岸工学講演集、1957。
- 2) 大井上博：魚雷、東京山海堂書店、1942。