

## 高島海底送水管布設工事について

中山 敏 雄\*

**要 旨** 本工事は長崎港外の離島である高島および端島に対し、九州本土よりそれぞれ長さ 4.6 km および 6.1 km の海底送水管を布設し、産業の振興および福祉厚生に寄与しようとするものであるが、このような長大かつ複雑な線形の海底管布設の工事例はほとんど紹介されていないので、ここに海底管布設工法の検討の過程と工事の概要を述べて、諸君の御参考に供したい。

## 1. 緒 言

海底管工事については、従来日本においては旧式な工法による小規模の工事例が二、三ある程度であつたが、戦後欧米の影響を受け逐次大規模なものも用いられつつある。新しい布設工法の多くは陸上で鋼管を溶接して長い管条を造り、これを水中に引き出すやり方か、あるいは特別に準備された作業船の上で、鋼管を逐次溶接しながら沈設してゆくやり方であり、いずれも大規模な準備施設に巨費を投じている。

またその用途としては送油あるいは送ガスのものが大部分である。

さて高島町は長崎港をへだたること約 11 km で高島、端島等より成立し、良質な石炭を産し、人口は計 2 万におよび、その飲料水および工業用清水は長崎市土井首よりタンカー 3 隻で運搬しているが、水源および運搬能力の関係で、島の給水事情は極端にきゆう迫している。これが打開策として島の対岸の野母半島に新水源を求め、岳路海岸より高島および端島に対しそれぞれ 2-φ8'×4600 m、2-φ6'×6100 m の長大な海底送水管の布設を計画した。わが国、特に長崎県には人口稠密な離島が多く、いずれも給水事情がひつ迫しているため、海底送水を考えている所も少なくないが、本工事はそのモデルケースとして先鞭をつけたわけである。しかし、なにぶん管延長の大きいこと、水深が 40 m を超えること、岩礁が多くかつ波の荒い外洋であるため、工事の設計計画は特に慎重を期し、長期にわたる総合的調査検討の上ようやく確信を得て、昨年 12 月陸上仮設工事に着手し、本年 4 月 4 日 No.1 送水管の進水を開始し、5 月 30 日 No.4 送水管のえい航沈設を終えた。

本文は海底管布設の一般工法について概説し、次に高島端島海底送水管工事の設計並びに布設工事の状況を報告したものである。

## 2. 海底管布設法のべつ見

一般に用いられる工法を管種の面より大別しよう。

## (1) フレキシブル管を利用するもの

長尺のものをケーブルのように巻いたまま船に積み込み、これを延ばしながら沈設しようとするもので、鉛管に鋼線をラセン状に巻きつけて補強したもの、プラスチック管、等が考えられる。前者は第二次世界大戦中作戦用に使用された例があるが、径が 3~4" 以下であること、材料費が割高なこと、また後者は比重が軽いこと、強度が低いこと、等の理由でありあまり利用されないが、将来の問題としては防食上の利点もあつて、これが積極的に使用されることが期待されるものである。

## (2) 鑄鉄管、セメント管

水中で潜水接続する以外に方法がないので、深い所あるいは大規模なものには用いられない。また、継手も弱点となるので保守の点でも他に比しておとる。

## (3) 鋼 管

強度、重量、適当なフレキシビリティ、あるいは溶接に適する等の利点が多いため海底管としては最も普遍的に用いられている。この特性を生かして布設する方法を大別すると、

(a) 海上で作業船の上で単位管(せいぜい 30 m 以内)を溶接台で接続しながら沈設する方法(布設船による工法)。

(b) 陸上にパイプヤードを造り、この上で長尺の管を電気溶接によりつなぎ準備する。ヤードの海底管 1 本につき管条を数本必要とする。こ逐次海中に引き出しつつ、つぎつぎに溶接しが目端が目的地点にえい航される間に、全管進水するわけである。この際えい航のやり方の二つとする。

i) 管を水面に浮遊させてえい航するもの(えい航法)

ii) 管を水底に沈め海底をはわせながらえい航するもの(水底えい航法)

これら布設法の長短所を比較すると表-1 のとおりである。

通常の場合 φ6~40" 級の管に対して (b) のやり方が最常識的であり (b) のうち i) か ii) かの選択は主としてパイプヤード適地の有無、海底の状況、管の延長あるいは工費等により左右されるであろう。

\* 正員 三菱鉱業KK高島礦業所副長兼高島町上水道建設事務所長

表一 鋼管を使用する海底管布設工法の比較

|          | 水面えい航法  | 水底えい航法  | 布設航による工法   |
|----------|---|---|--|
| 適条<br>当件 | 静かな水面<br>汐流の小さいこと<br>ルート形状の簡単なこと<br>中距離(2000 m 以内)<br>管径に左右されない   | 水底が岩礁でないこと<br><br>長距離(50 km 程度まで)に可能<br>φ6~20" 管に好適   | 浅くかつ静かな水底<br>汐流の少ないこと<br><br>普通は中距離<br>中管径以下   |
| 特徴       | 工費が安い<br>長いパイプヤードがぜひ必要<br>パイプヤードは布設点から離れてあつてもよいし方向も自由<br>パイプの比重調節が簡単<br>えい航の際けん引馬力が少なくて可航路をふさぐ<br>えい航途中工事の中止はできない<br>工事時間が短い<br>複雑なルートはむづかしい<br>悪天候では絶対不可 | 比較的安い<br>多少短くても可能<br>パイプヤードの位置方向は海底管布設に便なるものに限る<br>大口径ではむづかしい<br>けん引馬力は多少大きくなる<br>支障を来さない<br>工事の中止は自由<br>比較的短い(時間的に制限されない)<br>ある程度は可能<br>多少なら施工可能 | パイプヤードは不要<br><br>あまり考えなくてもよい<br>考えなくてもよい<br>支障を来さない<br>むづかしい<br>長い<br>容易な場合が多い<br>不可 |

### 3. 海底管に関する諸問題

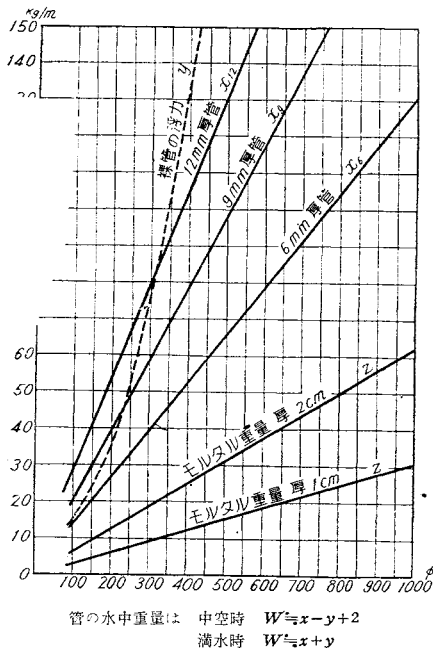
海底管の布設あるいは布設後の技術的問題点を簡単に列挙してみよう。

#### (1) 管の比重調節とライニング

水中における管体の重量調節は重要な問題である。小さければ管のえい航に要する馬力は小さくてすむが、半面工事中汐流あるいは波浪の影響を受けやすいし、送ガス管等にあつては海水の比重が変動した場合浮上するおそれもある。

比重の調節は管厚、ライニングの厚さを変えることにより、あるいは管内を中空にするか液体をみたすか、あるいはフロートを取付けるか等の方法により実施する。

図一 管の比重調節



ある。すなわち

$$F = \mu WL$$

ここに

$F$  : 摩擦力(水中)       $L$  : 管長  
 $W$  : 管の水中重量(kg/m)       $\mu$  : 摩擦係数

粗砂とモルタルライニングの間では

$$\mu = 0.6 \sim 0.7$$

また水底に置かれた管の横方向の摩擦力は波力および汐力に対する管の安定に関するファクターである。すなわち管が横方向に安定するためには

$$F' = \zeta \tau_0 d \frac{v^2}{2g} \leq \mu' W$$

ここに

$F'$  : 水が管におよぼす横方向の推力  
 $v$  : 水分子の平均速度  
 $\tau_0$  : 水の密度  
 $d$  : 管径       $g$  : 重力の加速度  
 $\zeta$  : 係数       $\mu'$  : 横方向の摩擦係数

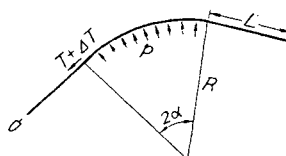
$\mu'$  は始めはそれほど大きくないが管が砂中にめり込みやすいため変動する。すなわち砂中にめり込めば  $\mu'$  は増大して 1 以上になり、他方  $F'$  も小さくなってくるので、状況によつて種々の値を採用することになる。

#### (3) 管に関する応用学的検討

海底管は種々の状態で、さまざまな外力のために複雑な応力を生ずる。すなわち軸応力および曲げモーメントを受ける種々の桁の状態、あるいはロープ状の懸垂状態等々、あらゆる場合について検討されねばならない。

#### (4) 曲線ルートでのえい航布設

図二 カーブの布設



ライニングの役目は、耐磨耗および防食が主であるが、前述の比重調節をあわせ考えて決定される。図一は比重調節のための参考図表である。

#### (2) 管と海底との間の摩擦係数

水底えい航法においては海底と管の縦方向の摩擦力は管のえい航所要馬力に比例するので重要なファクターで

海底管を水底えい航法で布設するのは困難であるが一面興味ある問題である。いま図二において管を曲線に沿つて

えい航すれば、砂と管との間の摩擦力が比較的大きい場合は自然に曲線状になる。その限界条件は次式で与えられる。

$$p \geq \frac{L+L'}{R-L'} W \mu$$

ここに  $p$  : 半径方向の摩擦力 (kg/m)

$\mu$  : 管の軸方向の摩擦係数 (kg/m)

$2L'$  : 弧長

$L$  : 後方直線部の長さ

$R$  : 曲線半径

$L$  が大きくなると (長大な管では) 砂との間の摩擦力のみに頼れないと、進路の正確化を期するためにも海底に guide になるものを準備せねばならない。また管の末端の曲線は、えい航後小さな力で横移動させながら所定の曲線を形成することも容易である。

#### (5) その他水理学的諸問題

管内に溜る空気の阻流現象は厄介な問題ではあるが、空気の水に対する溶解度が、圧力に応じて増加する性質を利用することにより、排除できると思われる。Water hammer を心配する人もいるが、これもそれほど障害をきたさないと考えられる。

#### (6) 海底管の防食および耐用年数

管の防食は重要な問題である。種々調査の結果では鋼材は泥土中に埋没された場合 (酸素の供給が絶たれている) はあまり腐食を受けないようである。

一面に防食法として用いられる方法は、管の外面对しては Enamel & fibre glass tape で被覆する (工法によりさらにラスモルタルで塗装してエナメル層を保護する)。またさらに徹底した方法としては、電気防食法 (Cathodic protection) を用いる。管の内面はやはりエナメル塗装してあるが、電気溶接した場合はこの塗装が溶接熱ではげてしまうので再塗装の必要があるが、中小口径の管ではなかなかむつかしく、まだ適切な方法がない。残された方法は送水管であれば、水質を処理する (カルゴン等を混用するの) 一方法) しか方法はなさそうである。

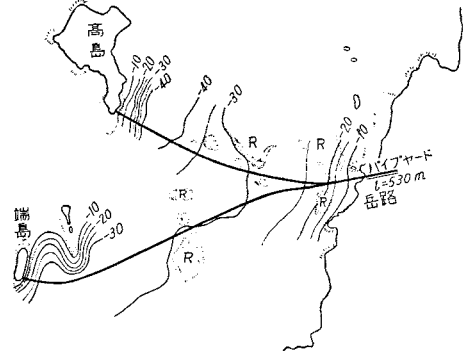
以上の諸種の手段により管の耐用年数は 30 年以上も困難でないと思うし、また防食に要する費用も、それほど大きいものではないと信ずる。

### 4. 高島端島海底送水管布設工事の設計

#### (1) 海洋の概況 (図-3)

水深は最大 41 m くらい、汐流は 0.9 ノット以下で比較的小さい。また海底は砂質であるが、岩礁も相当あり、特に島側は、岩礁および転石地帯をなし急傾斜で、-20 m くらいで砂質部に連っている。岳路側はなだらかな傾斜でところどころ瀬があるが、予定ルートは砂質である。

図-3 高島付近海底状況



#### (2) 調査研究

昭和 29 年 3 月頃より本格的調査測量に着手する一方前述の問題点等に関する研究究明に努め、なお確かめるためにさらに次のごとき種々の現地テストを行った。

(a) 海底地質調査 砂質比重、水中における安息角等の測定のほかジェットにより試掘を行った。

(b) 汐流および波浪調査 昭和 31 年度における台風 9 号、12 号の風波の状況を調べ、さらに汐流および波の荒い部でテスト用管を海底に放置しその移動状況を記録した。これによれば波力に対しては -17 m 程度の海底でも相当警戒を要するが、汐流に対しては水中重量を相当小さくしても心配がないことがわかった。

(c) 溶接試験 曲げ破壊試験、あるいは現場における技能試験等のほか、作業時間のデータを取り、進水時の作業計画の資料とした。

(d) Test pipe による試験 高島の砂浜で長さ 150 m の Test pipe を作り、諸種の作業の Time study を行うとともに進水要領、船舶によるえい航方法の検討、管と海底の間の摩擦係数  $\mu$  の測定、カーブの布設等の研究に供した。

これらの諸調査に要した費用は約 150 万円であつたが、非常に重要なデータを得て、実際の計画に大きな貢献をした。

#### (3) 布設法の決定

本計画の規模、海の深さ、外洋であることより、工事の安全かつ確実を第一として、工法としては陸上で溶接した管を沈めた状態で海底に沿い進水えい航せしめる水底えい航法をとることとした。

陸上のパイプヤードの長さが 530 m 程度しか望めないで、架台上に 9~12 本の管条 (溶接、モルタルライニングをした長さ 530 m のもの) を準備し、1 本づつ進水しながら逐次他をその後尾につないで島に向つてえい航する。

この際の作業時間は約 20~24 時間とする (高島端島とも)。

#### (4) 比重調節およびえい航馬力の算定

4.(2)の試験の結果にもとずき管の水中重量を極力小さくすることにした。長大な管にあつては水中重量が1kg/m大きくても数百トンの船を余分に必要とし、経費が割高となるのみでなく、えい航操作もむづかしくなってくる。

実際問題として、管の水中重量の調節はモルタルライニングの厚さを加減して行が、その施工の精度が問題となる。モルタル厚 ±1mm についての管の水中重量の変動は次式で与えられる。

$$\frac{dW}{dt} = 2\pi(r-r_0)(R+t) \times \frac{1}{100} \text{ (kg/m)}$$

ここに

- W : 管の水中重量 (kg/m)
- r : モルタル比重
- r<sub>0</sub> : 海水の比重
- R : 管の外側半径 (モルタル部を除く) (cm)
- t : モルタル厚

6~8" 管では  $dW/dt$  は 0.6~0.8 kg/m となり、左官塗の精度を ±1.5mm とすれば、0.9~1.2 kg/m に相当し無視できないファクターとなる。実際の設計には 8" 管ではモルタルの厚さは 9mm、水中重量は 2.3 および 2.7 kg/m、6" 管では 5mm 厚で 2.6~2.9 kg/m にとつた。各サイズで2つの値をとつたのは Enamel & double jute 管と Enamel & fibre glass tape 管の2種を使つたからである (6" 管の水中重量をもつと小さくしたかつたが、5mm 以下の厚さではモルタル塗が巧くゆかないので 5mm とした)。

また、えい航に要する船の馬力数は、次式で概算される。

$$F = \frac{1}{100} (1+\delta) \mu WL$$

ここに

- F : 船の馬力数 (HP)
- δ : 曲線部分の抵抗で、曲率, guide, けん引方向等によつて変動する (直線部では 0)
- μ : 摩擦係数 (砂の場合 0.6 をとる)
- L : 管の長さ (m)
- W : 管の水中重量 (kg/m)

高島の場合

$$\delta \approx 0.3 \quad W = 2.7 \text{ kg/m} \quad L = 4800 \text{ m} \text{ とすれば}$$

$$F \approx 1010 \text{ HP}$$

端島の場合

$$\delta = 0.35 \quad W = 2.9 \text{ kg/m} \quad L = 6100 \text{ m} \text{ とすれば}$$

$$F \approx 1433 \text{ HP}$$

#### (4) 陸上諸設備

(a) パイプヤード (図-4) 延長 530m, 幅 7m, 地形の関係でやむをえず途中で勾配を変更した。このため管条は進水時同時に2カ所で溶接することになる。架台

図-4 (a) パイプヤード平面図

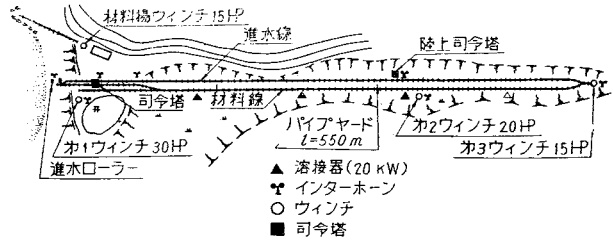
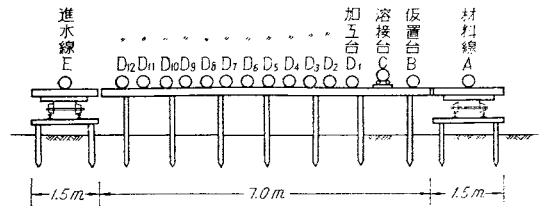


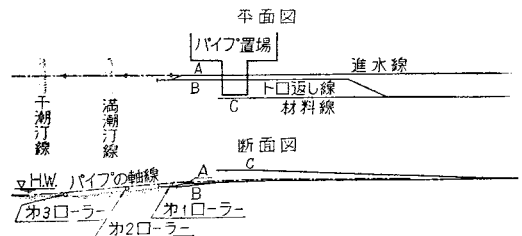
図-4 (b) パイプヤード断面図



は木製、溶接用のローラーを架台ごとに1コづつ取付けた。管の長さは 7.5~9.5m の乱尺なので、架台の間隔は 7m にとつた。

(b) 進水設備 (図-5) 管は最初進水線をトロに乗つて前進し、次に管頭が No. 1 ローラーにかかるるとトロは自動的に管より離脱し、トロ返し線に入り再び進水線の後尾に転送され、次の管条をのせる態勢に排列される。進水ローラー No. 1~3 は適当な間隔に、かつ管の曲率半径を大きくとつて管およびライニングに無理のわからぬようにした。水底布設法では干満の差に影響されることがないのでローラーの配置も比較的容易である。

図-5 進水設備



(c) 機電設備 (岳路側) 交流溶接機 8 基 (ほか予備として直流溶接機 1 基) 進水および運搬用ウィンチ 4 基等がおもなものである。また水圧試験設備および塗装試験機 (Holiday detector) を備えた。

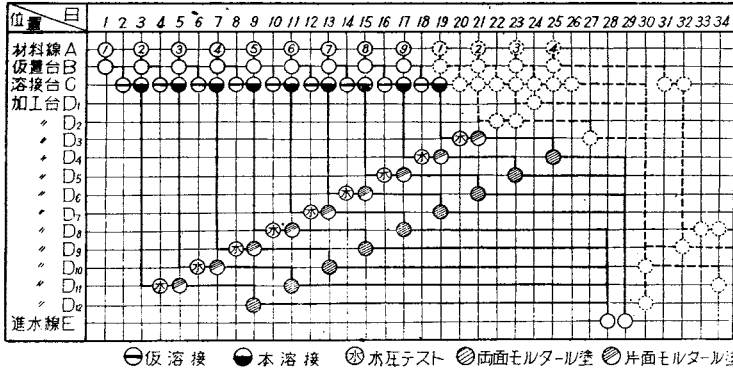
(d) 通信設備 陸上部にはスピーカー, インターホーンおよび電話を, また海上に対しては無線電話を準備したが, 作業にとつて最も大きな役割をはたした。

## 5. 布 設

### (1) 陸上準備作業 (昭 32.3.2~5.27)

陸上準備作業はパイプヤードの架台の上で、単位管の運搬配列, 仮溶接, 本溶接, ジュート巻き, Holiday det-

表-2 8 in パイプ加工工程表



ector によるピンホールの検査, 水圧試験 (20 kg/cm<sup>2</sup>) ラス張りモルタル塗, 養生等の順序で流れ作業的に実施した。その工程の模様を表-2 に示す。

なおモルタルライニングの養生日数は最小限3日にとつたが, パイプ移動の際多少のヘアクラックを見た程度で大した支障はなかつた。

(2) 進水およびえい航作業計画

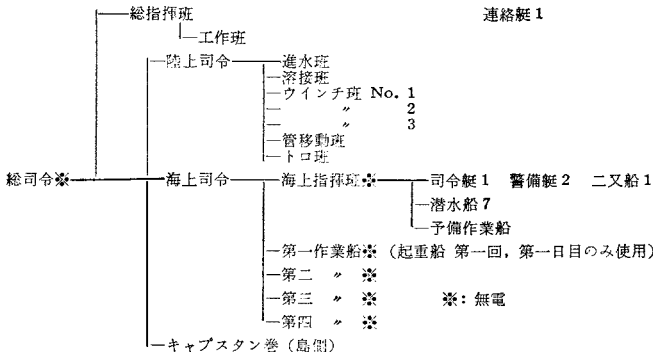
陸上において管の進水準備が完了し, ただちに進水することとなるが, この際は陸上および水上の同時作業となるので, 表-3 の要領で綿密な作業計画を作製し, 各

表-3 海底管進水作業基本要領

| 作業段階      | 所要時間    | 陸   | 上 | 海                                       |
|-----------|---------|---|---|---|
| 準備 A (前日) | 120'    | ①管をトロ上にのせて進水ローラー上まで引出す<br>②管頭にバルブ・フロート等を取りつける         |   |   |
| B         | 30~45'  |   |   | 船が配置につく, ロープを管頭にとりつける                   |
| えい航 I     | 16~30'  | トロを逐次回送し, 次の管条をのせる態勢を整える                              |   | えい航する (スクリューまたは船首のウインチにて), 汐流調査ルート点検を行う |
| 管条準備 II   | 55~110' | 次の管条をトロにのせる<br>進水ずみ管条の後尾に溶接する<br>溶接部をアスファルト・ジュードで被覆する |   | 船は次のえい航配置につく<br>進水ずみ管の点検補正を行う           |
| I, II     |         | I, II をくり返す   |   | I, II をくり返す                             |
| えい航後の作業   | 120'    | 管端を進水ローラーよりははずす                                       |   | ルート点検後管内に注水する<br>必要カ所をサドルで固定する          |

註: 実際には各作業段階において各作業班ごとに詳細な作業要領を記載した作業作業面表を準備した

表-4 えい航作業編成表



係員に配布徹底せしめた。

進水作業は広い地域で, 数多くの作業班が同時に作業をするので, 組織, 指揮の要領はきわめて重要である。このため作業組織は表-4 のごとく海上, 陸上に各司令を置き指揮命令系統を確立し, また指令, 報告の确实迅速をはかるために前述の通信設備に重点を指向した。幸いにも陸上自衛隊より無電班が無電機 6 機をもつて協力を得たので心強い限りであった。

(4) 船舶によるえい航作業

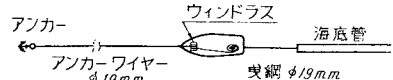
一般に船の行動はなかなか迅速にはゆかず, また常に汐流あるいは風により押流されるので, 熟練するまではなかなかうまく引けないものである。

(a) スクリューのみによる方法 100 HP につき 1 t のえい航能力と考えてよい。ただ汐流および風に押流されて方向の規正がむづかしい。スクリュー 2 基の船は割合に動作が容易であるが, 1 基のものは補助船を用いることにした。なお, この方法ではえい船の準備もほとんどなく, かつえい航速度も早い。

(b) アンカー

網を利用する方法 (図-6) 当初は 1 管条 530 m に対し, アンカー網を 700 m とし, あらかじめ 700 m 先の地点にアンカーを打ち, 船首のウインチで巻きながら船体を進めた。この際スクリューも協力す

図-6 アンカー網によるえい航法



る。この方法では船の進む方向は比較的良好に保てるが, ロープ速度が大きくないので速度が遅くなる。天候がよく作業にできた頃から (a) の方法に切換えた。

(5) パイプルートへの誘導特に曲線布設 えい航に先立ち海上には, 所定ルート, 岩盤, guide block, あるいは船のアンカー点

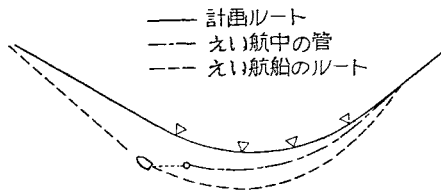
等には標識を立てた。汐流等の関係で水上の標識は正しい点を示さないで、時々刻々修正値を与えながら管頭を誘導した。

また曲線布設のために guide block を曲線の BC, EC の外曲線上約 300 m 間隔に配置した。これら水上の標識等の位置は陸上からトランシットを用いて定めた。

管の曳航中は管頭に麻繩を取りつけガラス玉のブイを浮かせた。麻繩の長さは小舟に乗った人夫が加減し、水底の管頭の位置を確かめ得た。

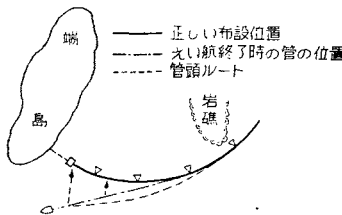
曲線部は図-7のごとく管頭を誘導したが、管は後方から次第に guide block に接着し、予定ルートに対しきわめて正確に布設できたので、管の余裕長もほとんど不要であつた。

図-7 曲線部のえい航



また端島附近の終端部は比較的半径の小さい曲線であ

図-8 終端曲線部の布設要領



るが図-8のごとく A' 点まで曳航後管を横方向に動かし guide block の線に誘導した。この作業は管が中空で軽い間はきわめて簡単である。

### (6) えい航作業の経過

海底管のえい航作業は昭和 32 年 4 月より 5 月にわたつて 4 回行われたが、いずれも天候に恵まれ、第 1 回目を除いてはきわめてスピーディーに終了した。

(a) 第 1 回 (高島向 8" 管 4 510 m, 4/4~4/7) 4 月 4 日早朝より開始したが、ワイヤー ロープのよりもどしが不十分であつたのと、水中でロープがもつれたりして意外に時間を費した。No. 5 管条からは作業も順調となり 4 月 7 日無事終了した。なお最初の日はい航路の代りに起重船を使用したか、外洋上では安定も悪かつたので 2 日目からは、船のみでえい航した。

(b) 第 2 回 (高島向 8" 管 4 510 m, 4/22~4/27) 第 1 回の作業の経過を分析し、作業法も改善し、特に指揮連絡の能率化をはかつた。結果はきわめて順調に推移し約 20 時間で終了した。

(c) 第 3 回 (端島向 6" 管 6 020 m, 5/15~5/16) 管条の本数は増加し、ルートも複雑であつたが、約 22 時間で終了した。この間すでに布設した管との交叉とか、あるいは海底電線との接触等の事故もあつたが、まず順調

に推移した。

(d) 第 4 回 (端島向 6" 管 6 040 m, 5/29~5/30) この回は比較的悪天候であつたが、無事布設を完了した。管長が第 3 回と大差があるのは、最終曲線を遠回ししたこと、多少引きすぎたためであるが支障はない。

以上の結果により作業に必要な時間を要約すれば

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| 530 m 管えい航作業 | 16~18' (約 30 m/min) |
| 溶接作業         | 50~60'              |
| その他 (余裕とも)   | 15'                 |
| 計 (1 管条につき)  | 81~93'              |

となつた。

## 6. 防護工事

### (1) 島側接岸部の工事

海底の防護は浅いカ所、特に接岸部に必要とする。本工事の場合島側接岸部は岩礁と転石地帯なので、岸より少し (60~80 m) 離れた深さ -20 m の砂質部に Junction box を沈設し岳路からえい航した海底管を取付ける一方、島までの間は転石を除去し、岩盤を掘込み、あるいは転石層深くコンクリートダクトを埋設し、この中に別に用意した 60~80 m の管を布設し Junction box でさきの海底管と接続する。ダクトは捨石で十分被覆する (現在工事中)。

### (2) 管の埋設

写真-1 Guide block (水中重量約 3 t)

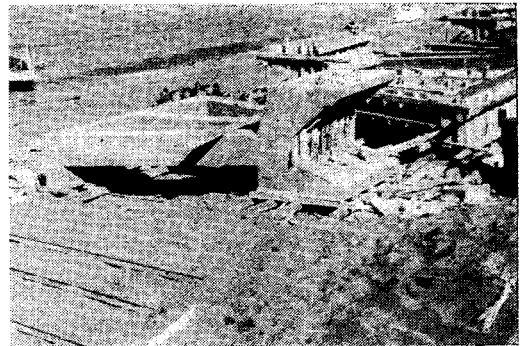


写真-2 Holiday detector による pin hole の検査 (電圧 10 000~12 000 V)

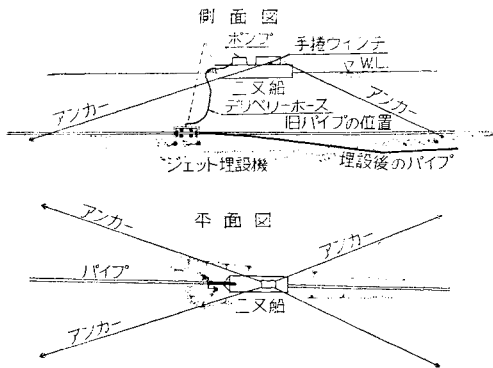


写真-3 Pipe yard に並べられた管条群 (右端が逆水線)



その方法は 図-9 に示すごとく、埋設機は布設ずみの管にまたがって、これをガイドとして進めている。掘削は現在深さ 90 cm くらいは容易である。

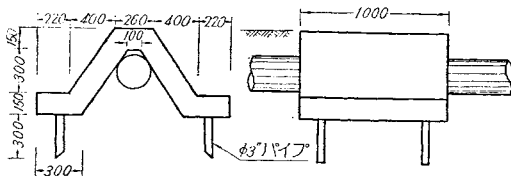
図-9 ジェットによる埋設



註：手巻ウィンチで前方のアンカーロープを巻き、後方のアンカーロープをゆるめて、船をパイプに沿わせて徐々に前進する

なお管の横ゆれ防止のため 100 m 間隔にサドル (図-10) をもって管を海底に固定する。

図-10 サドル



注：浅い所で管中に水を満たし、サドルをのせたまま海底に放置するとシケの際海底の砂は波のため浮遊し、管は自然に沈下し埋設される。しかし深い所はそうはゆかないし、また自然埋設までに船のアンカーあるいは漁具等で管を損傷されるおそれもあるので、なるべく速かに人工的に埋設する必要があるわけである。

写真-4 進水中の送水管 (岳路海岸) (Pipe yard は左方砂丘の背後にある)

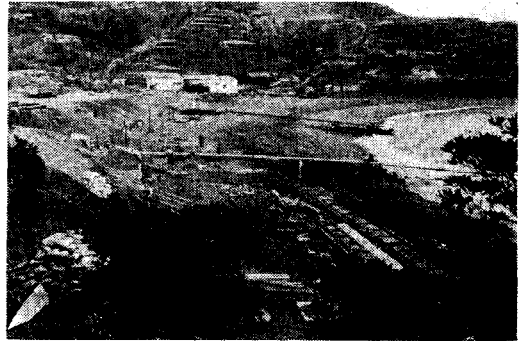


写真-5 進水直後の管 (遠方の島は端島)



## 7. む す び

以上をもつて工事の報告および海底管布設の一方法についての紹介を終えるが、以上の経験およびその後の検討により次のようにいえると思う。

(1) 海底が砂質または類似の土質であり汐流がいちじるしく大きくなければ延長 30 km 程度の布設はそれほど困難ではない。

(2) 船舶によるえい航については、船首のウィンチを強力化し、アンカー綱を巻きながら船体を引き寄せる工法を応用すれば相当のえい航力も期待できよう。

(3) 相当長大な海底管の布設も準備さえ十分であればそう困難でもない。しかし短いものでもやはり相当な準備は必要である。

(4) 海底管の工費は必ずしも高くはない(本工事にあつては鋼管代の 2 倍が総工費であつた)。従つて防食法の普及化にともない送油・送ガス方面にもきわめて経済的に応用されるであろう。

終りにのぞみ、本工事について終始直接ご指導ご援助を賜つた東大工学部広瀬、本間、最上各教授、厚生省

田辺水道課長，建設省岩井水道課長，建設省土木研究所各担当官あるいは日本鋼管の池田，埴田両博士，その他関係官公署各位に対し厚く感謝の意を表するとともに，本工事に御協力された大成建設K K関係者にも厚くその労を謝する次第である。

参 考 文 献

布設関係：Construction Methods & Equipment, May, 1956; August 1953; June, 1952.  
 Proceeding Fourth World Petroleum Congress; Section VIII/B  
 The Petroleum Engineer, April, 1956; Oct. 1954  
 J.W. Johnsos; 海岸工学II (土木学会海岸工学委員会訳) 昭和31年度 夏季講習会テキスト (土木学会西部支部)  
 防食関係：Corrosion, Vol.9, September, 1953.

# 改著 鉄筋コンクリート設計方法

前東大教授 吉田徳次郎博士著 第3次全部改著  
 A 5 上製 807 頁・各設計用図 435 版・価1400円・送料 90 円

1957年までの最新技術を取入れた最も正確な設計実施を分りよく全部書き直した最優大著

斯界の泰斗たる著者が今後の設計上に最良効果を挙げるように最新の標準示方書に基き，鉄筋コンクリートの本質，製造，鉄筋，各部材の応力計，各部材の設計，柱，梁，其他の設計を一々精密図を入れて実際設計を行い得るよう平易に詳述した土木建築の学修者と技術家の必備大典

東大教授 東大助教授 千葉大学教授

福田仁志・野口正三・関口有方共著 第3版

学修測量講義 A 5 上製 324 頁・図 300 版  
 実地 価 350 円・送料 56 円

測量の総説，測量用器械の構造，検査と調製，測距と測角，誤差，線測量，平板測量，トランシット測量，コンパス測量，六分儀測量，高低測量，面積と体積計算，土地分割と境界線の整正，地形三角，路線，トンネル，河川，特殊工事等の各測量法を精述し，測量師の受験と実測とに活用する新著。

発行所 東京都文京区森川町 株式会社 養賢堂 ◆  
 振替東京 2 5 7 0 0

## 学修と現場とに活用すべき最優の決定版

東大教授 広瀬孝六郎博士著 訂正第3版

上水道学 A 5 上製 470 頁・図 118 版  
 価 550 円・送料 72 円

章を総論（上水道の目的，衛生，構成，其他），上水の要求，自然水—水源，取水，送水，配水，給水，水道の維持及び管理等に大別し，公衆衛生に立脚して，上水道の設計と施工，保持上に最良好果を挙げるよう，正確な学術を詳述せられた土木工学の研究家並に技術家の必読すべき新著。

# コンクリートブック

前東大教授 吉田徳次郎博士著 第9版

B 6 上製 620 頁・図 122 版 価 480 円・送料 48 円

設計と施工法の総てが一目で分る必携宝典  
 如何に内容良くて価が安いかを類書とお比較を

前編をコンクリート，後編を鉄筋コンクリートに大別し，各その性質，其他構造力学上の基礎知識より，各種土木・建築上の設計と施工法に亘り，現場にも学修上にも直に役立つように多数の図面と計算表を入れて斯道の各技術が一目で分るよう平易に明記した最安価な最優宝典



劃期的新製品！ 空気連行剤（AE剤）

純 国 産  
 価 格 廉 価  
 品 質 安 定

# エアパイン

（特許申請中）

…… カタログ進呈 ……

荒川林産化学工業株式会社 本社 大阪市東区平野町1 電話(23)2131~3・3596・4539  
 東京出張所 東京都中央区日本橋室町4 電話(24)1820・5474~5

|          |     |             |            |                     |
|----------|-----|-------------|------------|---------------------|
| 土木工学論文抄録 | 第3集 | A 4 判 230 頁 | 頒価: 500 円  | 会員特価: 250 円 (〒70 円) |
| 同        | 第4集 | A 4 判 273 頁 | 頒価: 450 円  | 会員特価: 225 円 (〒70 円) |
| 同        | 第5集 | A 4 判 378 頁 | 頒価: 1200 円 | 会員特価: 800 円 (〒80 円) |