鉄筒法による海底ボーリング

河 内 英 幸

大陸から孤立し　いくつかの島々からなるわが国において　それらを相互にトンネルまたは橋梁で結び　文字どおり国土の一本化を図ることは交通上　ひいては産業上の大きな要請である．　しかし海底トンネルにしろ渡海橋梁にしろ　工事を行なうに先立って　基礎となる海底下の地質を詳細に調べなければならないことはもちろんである．　海底の地質調査には色々な方法が行なわれているが　最終的決め手となるのは　何といってもボーリング調査であって　このボーリングによって地下の構造　とりわけ岩質・断層・亀裂・湧水の状態がよく判明するのである．　海底ボーリングは色々の方法で行なわれているが（地質ニュース　No 57 を参照）土木工事のための調査用にはいまだに良い方法が考えられていない．
ここに述べる鉄筒法は　従来　米国等で盛んに行なわれているが　わが国では新しい工法で　今後の土木方面の調査には　大いに期待されるものである．　この鉄筒法は　東海サルベージKKが考案したもので昭和 36 年の夏に建設省の要請により　瀬戸内海の宇野～高松間でまた　同年秋には国鉄の要請により明石～岩屋（淡路島）間でこの方法を使用して海底ボーリングが行なわれた．
ここにこの工法の概要を述べてみよう．

1. 設備の概要

a)：鉄筒の構造　鉄筒の構造は第1図　第2図に示すように断面は 1.2 m×0.6 m のだ円形　長さ 35.5 m の鉄筒を基本にしたもので　その上に 3.8 m×4.4 m のプラットホーム（作業台）を載せ　ボールト・ナットで取り付けたものである．　鉄筒の足元には長さ 1.5 m のシューが取り付けられ　鉄筒の内部には6吋のガイドパイプが内蔵されている．　シューの上に　底質が軟弱な場合に限って　2枚の翼をつけることがある．（写真4）鉄筒の中央部は 15 mm 厚の鉄板を用い　上下の両端部では 7 mm の鉄板を用いて溶接している．　それらを基にして全体が約5ノットの潮流に耐えられるように設計されている．

b)：試錐機関係

本　　体……TF-5 型油圧式高速回転試錐機
（利根ボーリング製）
掘さく深度能力　300～400 m
回　　　転　125～300～615 r.p.m
原 動 機……三菱KE-31型　1,200～2,400 r.p.m　13.5～32 HP
ポ ン プ……NB3A　60型（最大 60 l/min）
原 動 機……ヤンマ-NT85型　1,650～1,750 r.p.m　5.5～6.5HP

c)：アンカー（第1図参照）　アンカーは鉄筒の上部用に4コ　下部用に2コ～4コを設置する．　アンカーラインは 21 mm 径×100 m の鋼索を使用し　その先に1トンの沈錘と　さらに 32 mm×25 m のチェーンを介して 1.5 トンの錨が取り付けられている．

d)：作業船　作業船は1号船（64トン）　2号船（60トン）3号船（5トン）の3隻を使用し　2号船はボーリング鉄筒の設置にのみ使用し　終ればすぐに引き揚げてしまう．　1号船は母船としてボーリング用具を積み込んでいるが倉庫船をも兼ねている．　3号船は連絡に使用している．

2. 設置要領

a)：位置測量　海上保安庁水路部の水測班によって予定地点の測量が行なわれた．

b)：アンカーリング　アンカーラインの長さは水深の3倍ぐらいを見ているのが普通である．　この場合水深が 30 m であるので　アンカーラインの長さは 100m としている．　試錐予定地点から潮流の上下方向に対して約 90 m 離れた地点第1図及第3図に各2コずつ　計4コのアンカーと沈錘を降ろし　それに連なる 100m のワイヤーロープを浮標に結んで　4コの浮標を試錐地点付近に集めておく．　アンカー1コを設置する場合　船が設置点に到着してから4時間以内に完了するように迅速に行なわなければならない　というのは6時間以上も経過すると潮の流れが変わり　予定地点に設置するのがむずかしくなるからである．　鉄筒の上部用に4コ　下部用に2コのアンカーを設置するのに　約1週間の日時を要しているようである．

c)：鉄筒の設置　あらかじめ基地において組み立てられた鉄筒は内部に空気が充満しているので　横倒の姿で海上に浮上している．
このように浮遊した姿のままで鉄筒は2号船に曳航されて試錐地点まで運ばれる．（写真1）　試錐地点に達する

と浮標に連なるアンカーラインを第4図のように取り付ける. 取り付けが終ると鉄筒の上部にある排気用電磁弁（第5図）を徐々に開放し 下部にある注水用口から鉄筒内に海水を注入させる. 海水の注入につれて鉄筒は徐々に傾き 下部の方から海中に沈んでいく.（写真2）鉄筒の底が海底面から1m～2m上のところに達した時 一時電磁弁を閉じて海水の注入を止め やや垂直に浮遊している姿のままで 一方の上部用アンカーライン（2本）を取り付ける.（写真3） そのあと再び電磁弁を全開し 鉄筒が海底に突き差さるようにして設置する. この場合 あらかじめ底質の状態は調査しておくのであるが 底質が非常に柔らかいようであれば2枚の翼（写真4）を取り付けて降ろし 逆に非常に堅い場合には シューは海底面に接触する程度の状態になるので 潮流が早い場合にはやや不安定となる. 鉄筒が海底に設立されたら 船上にあるウインチで 鉄筒を垂直に調整しながらアンカーラインを緊張させる. このように鉄筒を設立するだけで1日を要し さらに垂直に調整するのに1日を要している.

d)：作業台の取り付け 鉄筒の設置が完全に終ると写真5に示すように試錐作業台（プラットホーム）を船から起重機で降ろし 鉄筒上部にボールト・ナットで締めつける.（所要日数は1日である）

e)：試錐機その他の取り付け 試錐機 ポンプ パイプ櫓等が 次々と船上から作業台に起重機でもって運ばれ所定の位置に取り付けられる. パイプ櫓の高さは8.5mでロット2本きりで昇降作業を行なっている.（全装置を取り付けた姿は写真6のようになる）

3. 試錐作業

ここでは 宇野～高松間で行なわれた試錐作業の概要を参考に記す.

a)：ケーシング 海底の表層が砂質または粘土質の場合にはもちろんケーシングを挿入することは陸上の場合と同じで 裸掘りを行なった後に5吋ケーシングを18mまで挿入している. しかし5吋ではコアーチューブとの間隙が大きいため 深度28mに達してから4吋ケーシングを改めて挿入し直した.

b)：泥水 泥水はベントナイト泥水を使用し 比重を1.2くらいに保って作業している 送泥水量はメタルクラウンを使用した場合は60 l/min とし ダイアモンドビットの場合（基盤の花崗岩を掘さくする時に使用した）は30 l/min としている.

c)：コアー採取 コアーチューブは85mm径のものを使用し ビット回転をメタルの場合は120 r.p.m ダイアモンドの場合には450～500 r.p.m にして掘進している. 砂層および粘土層の場合は ポンプの送水を一時停止させ 約2cm～4cm くらい焼き付けを起こさせて コアーを採取している. 深度30m付近でシンウォールサンプラーを2回使用している. この場合 給圧を0.8トン→1.1トン→1.5トン→2トンと段々と加えていって70cmほど貫入させたが 最初の回は刃先が完全につぶれていて失敗であった. 深度55m付近でダブルコアーチューブを使用してみたが 泥水に砂がたくさん混っていたためか 水圧が上昇して掘進が困難となったので これの使用を中止している.

礫は所々に介在し 大きいもので60mmくらいのものがコアーとして採取されてきている. コアーの採取率を示せば 次のとおりである.

（深　度）	（採取率）	（地　　層）
0 ～ 25.1 m	13 %	砂層
25.1 ～ 54.7	80 %	堆積層及安山岩（粘土風化）
54.7 ～ 60.7	11 %	砂礫混り粘土
60.7 ～ 78.2	92 %	角礫凝灰岩層
78.2 ～ 80.23	10 %	砂礫混り粘土
80.23～100.25	12 %	花崗岩風化帯（マサ）
100.25～110.16	33 %	花崗岩

d)：能　率 堆積岩のところでは硬質のもので50cmを1時間半位かかって掘っているが 柔らかいところでは50cmを5分～10分位で掘進している. 基盤の花崗岩のところでは 風化帯のマサと呼ばれるところで10cmを10分前後で掘っているが 堅くなってくるにしたがって35分～40分と切れ味が悪くなってきた. そのためダイアモンドビットに切り替えたが ダイアモンドでは回転を450～500 r.p.m にし 送水量も30 l/min にして 平均50cmを30分くらいで掘っている.

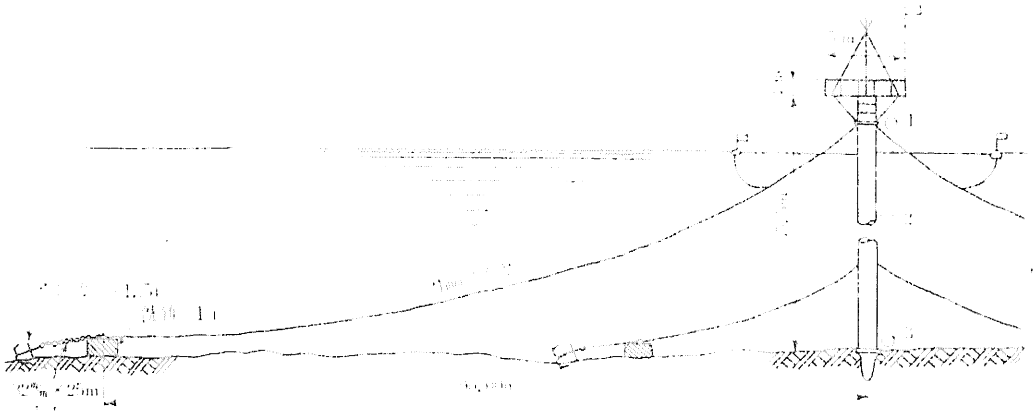
全体の能率は 次のようである.（これには雨天の日付帯作業も全部含まれている）

深　度	掘進長	所要日数
0　～20 m	20 m	5日
20　～50.4	30.4 m	15日
50.4 ～80.23	29.83 m	7日
80.23～110.16	29.93 m	14日

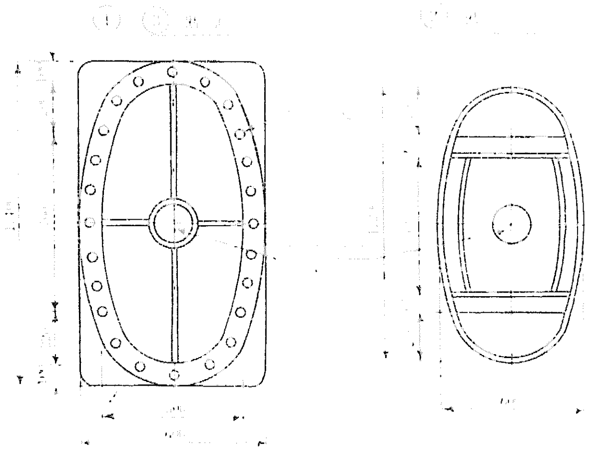
㊟ 全体として1日当たり2.7mの能率である.

e)：その他 110.16mを完了するまで 鉄筒は全然沈下もせず 傾きもしないで 設置した当時と同じ姿であった.

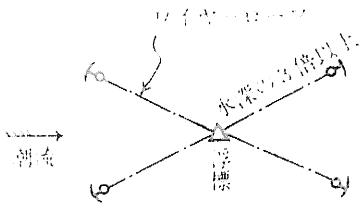
（筆者は技術部 試錐課）



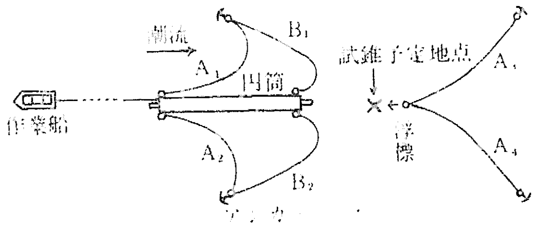
第 1 図　鉄 筒 設 置 図



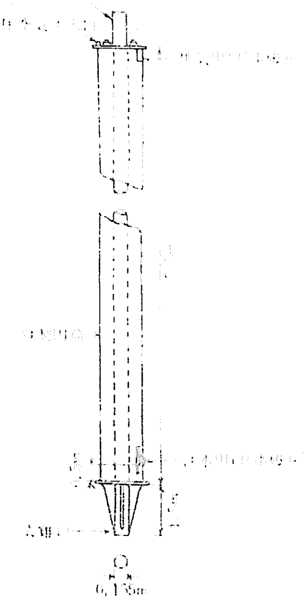
第 2 図　鉄 筒 断 面 図



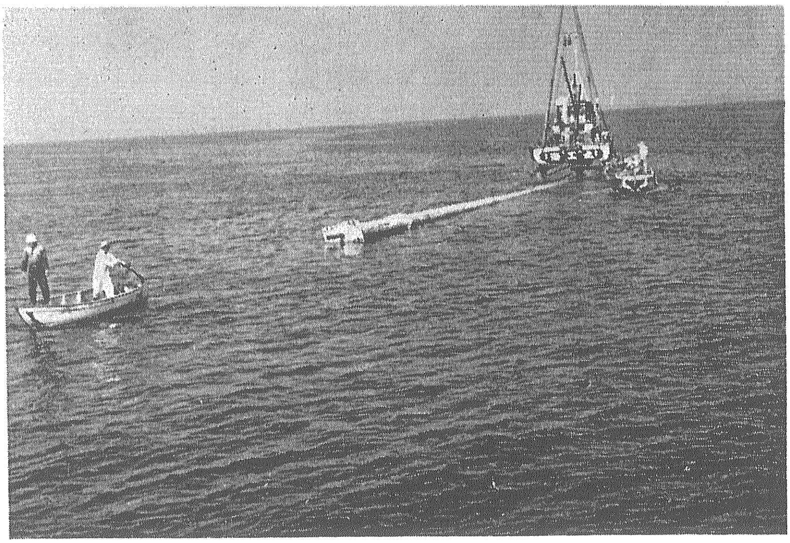
第 3 図　ア ン カ ー 配 置 図



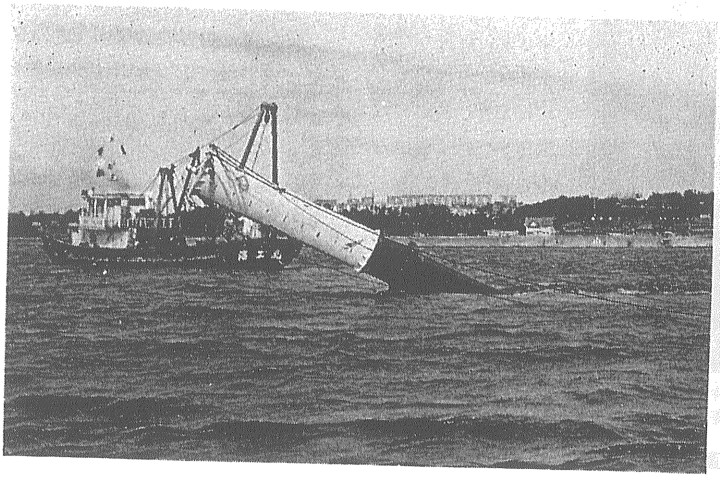
第 4 図　鉄 筒 設 置 要 領 図



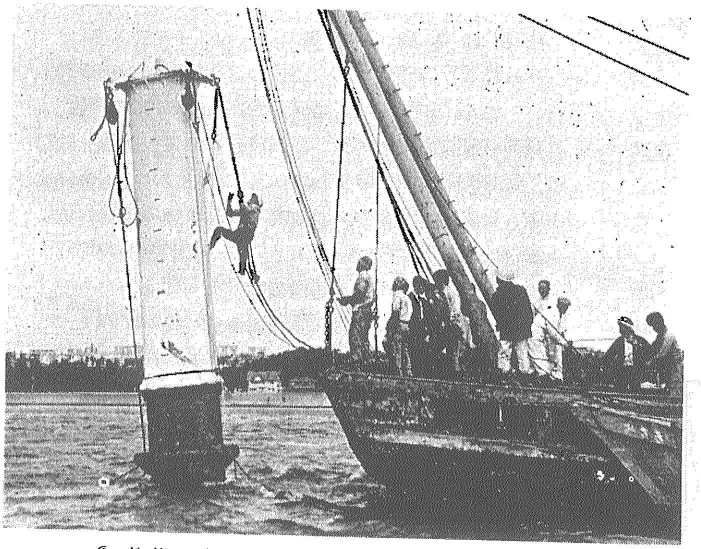
第 5 図 構 造 図



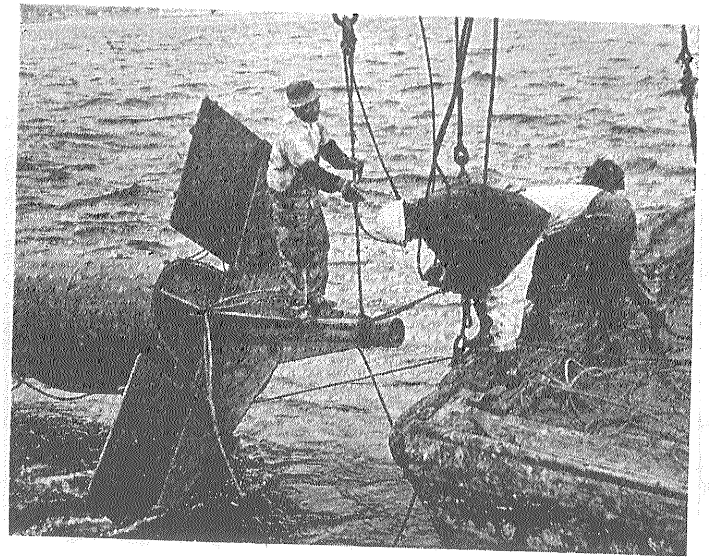
① 作 業 船 で 鉄 筒 を 目 的 地 ま で 曳 航 す る



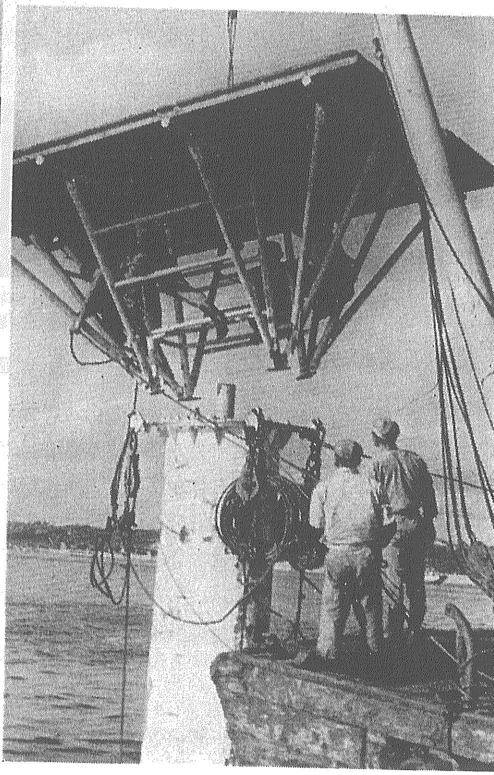
② 鉄筒内に海水を入れて鉄筒を立てる



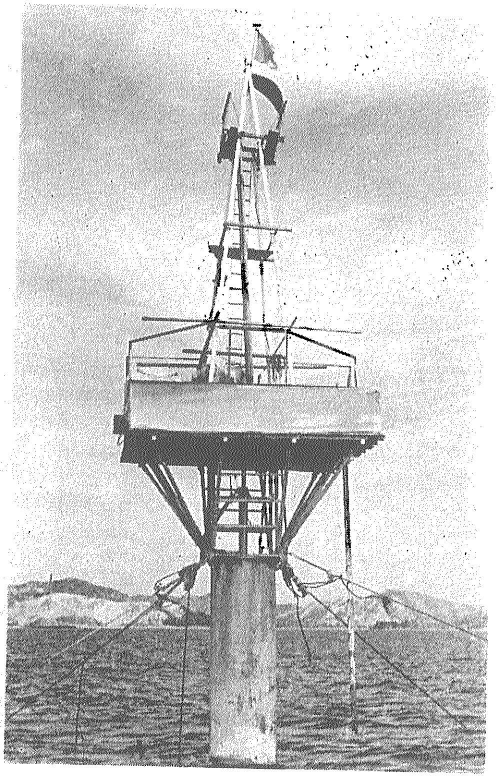
③ 鉄筒の頭部にアンカーラインを取り付ける



④ 鉄筒下部のシューのところに取り付けた2枚の翼



⑤ 作業台(プラットホーム)の取り付け



⑥ 全装置を取り付け完成したボーリング鉄筒