



港灣技研資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 129 Sept. 1971

大水深におけるボーリングおよびサンプリングの現状
(第 1 報)

松 本 一 明

運輸省港灣技術研究所



大水深におけるボーリングおよびサンプリングの現状 (第1報)

目 次

要 旨

1. まえがき	3
2. 大水深用ボーリング足場	3
2.1 固定式足場	3
2.2 移動式足場	4
2.2.1 着底型	4
2.2.2 半潜水型	11
2.2.3 潜水着座型	13
2.2.4 船舶型	14
2.2.5 定点保持機構	16
3. ボーリング	16
3.1 フレキシブルロッドによるボーリング	16
3.2 海底着座式マシンによるボーリング	18
4. 表層サンプリング	19
4.1 グラブ式	19
4.2 バイプロサンプラ	20
4.3 バイプロロータリサンプラ	21
4.4 重力式サンプラによるサンプリング	21
4.4.1 重力式サンプラ	21
4.4.2 自由落下重力式サンプラ	22
4.4.3 ブーメランサンプラ	22
4.5 NGI型ガス圧入式サンプラ	23
4.6 底面密閉式サンプラ	23
4.6.1 クワ型	23
4.6.2 バルブ型	24
5. 深層サンプリング	24
5.1 ワイヤラインサンプラ	25
6. サンプリング時の自動計測	26
7. 深層サウンディング	27
7.1 原位置ベーン、およびコーン試験	27
7.2 加速度計によるサウンディング	27
8. プレッシオメータによるK値測定	27
9. あとがき	28
10. 謝 辞	28

State-of-the-art of performances of Boring and Sampling in very deep sea (1st Report)

Kazuaki MATSUMOTO*

Synopsis

The desire for construction of offshore harbour structures such as sea berths has been increased. However methods of investigation for obtaining the fundamental information on soil properties at the construction site in the deep sea have not been fully established yet.

These problems may not be solved only by modifying or extending the present investigation methods.

For the purpose of establishing the suitable investigation methods, literature investigation has been conducted on boring equipments and methods, which are used in the very deep sea, for example, for the survey of petroleum resources. In this paper, a part of these works is published as the first report.

*Member of Soil Test and Investigation Section, Soils Division

大水深におけるボーリングおよびサンプリングの現状

(第1報)

松本 一 明*

要 旨

外洋シーバースなど大水深港湾の建設がさげばれてきたが、その建設に必要な基礎地盤の設計常数を求めることを目的とした土質調査法は現在まだ確立されていない。従来の調査法をそのまま延長することだけでは、これを解決することはできない。したがって、この調査法を確立するための一資料として石油開発など大水深海域で行なっている掘削装置、および掘削方法について文献調査を実施したので、その一部を第一報として報告する。

1. まえがき

従来の港湾施設は船舶の大きさ、立地条件、あるいは経済性などの面から水深10m前後のところに建設されてきた。

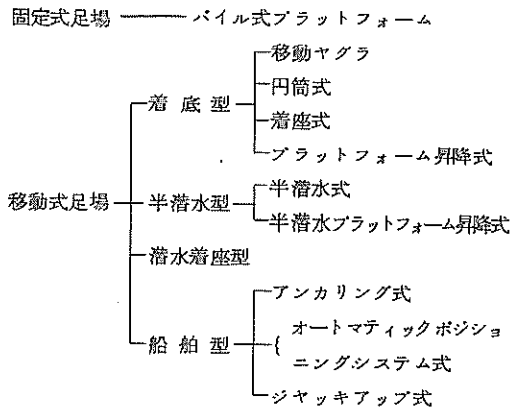
今日、海洋空間の利用法が盛んにさげられており、港湾関係でも船舶の巨大化による港内航行上の問題、石油精製などに関連した公害問題その他から外洋シーバースの建設が取上げられ、すでにその研究は進められている。そのほか大水深港湾の建設技術の開発などプロジェクトをつくり作業が進められている現状である。

一般に海洋開発と言うと海底資源開発などの極めて深いところを連想するが、こゝに取り上げるのは、水深約50mを対象にした海洋構造物基礎の設計に必要な土質調査、あるいは海底パイプラインの敷設に必要な表層地盤の把握ということに一応の焦点をおいて取りまとめた。

この第一報では主として大水深における海上足場、およびボーリング、サンプリング、ならびにサウンディングについて報告する。

2. 大水深用ボーリング足場

港湾工事が大水深に移行すると、土質調査もそれに伴って深い海域で行なわなければならないことは当然のことである。こゝでは、先にも述べたように一応50m程度の水深を対象にして考えているので、従来の足場方式では対処できない場合がある。これが今後の検討課題の一つであるが、現在としては乱さない土の採取、あるいは安全という意味から石油開発などで使用されている掘削装置(Drilling Rig)に類似した構造のものを考えざるを得ない。したがって、この装置(特に足廻り)を参考にするところになると思われるので、これらに基づいて分類してみるとつぎのようになる。



2・1 固定式足場 (Fixed Platform)

従来から浅い水深(15m程度未満)でのボーリング用足場として多く使用されている。(図-1参照)

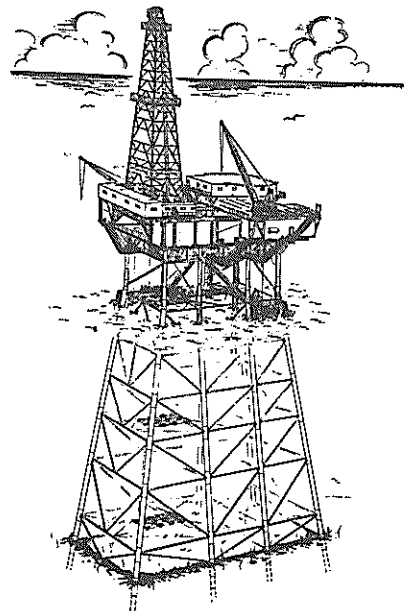


図-1 固定式足場¹⁾

* 土質部土質試験課

この型式は根入れさえ十分であれば安全性が高く、海底とプラットフォームの距離が不変であるから作業は容易、かつ確実な方法である。海上土木工事の設計に必要な土質調査を対象とした場合、石油掘削用などに比べて調査深度が浅いため、必然的に調査日数も短期間となり、コスト的に高くなる。

さらに、海上土木工事の調査では石油掘削と違って、地盤強度を調べることが主目的の場合が多く、この型式のように地盤中に杭を建て込むことによって安定を保つ方式は杭周辺の地盤、すなわち足場区域の杭の建て込み深さまでは地盤が乱されやすいので杭間隔を大きくするなどして、これを防ぐ必要がある。

この固定式足場は杭打ち能力などから水深 30 m 程度までが限度と考えられる。

2.2 移動式足場 (Movable Platform)

大水深で使用するボーリング足場は海上土木工事に、あるいは石油試掘用を問わず移動性に富むものの方がよいことは明らかである。とくに海上土木工事における地盤調査においては、前述したように石油掘削に比べて調査日数がきわめて短期間となるので有利である。

しかし反面、移動性のよいものは風、波浪、および潮流などによって移動しやすく、また船舶型のものでは波によって上下の動きあるいは、横揺れを生ずる。これらは乱さない土のサンプリングを行なう上にきわめて不都合である。したがって、この動きに対する検討を忘れてはならない。

この移動式には、(1)着底型、(2)潜水着座型、(3)半潜車型、および(4)船舶型に大別できることは前述したとおりである。それらは、さらに数種類に細分されるものもある。

以下、それぞれについて説明する。

2.2.1 着底型 (Submersible)

着底型としては海上土木工事の基礎地盤調査用としてよく用いられる移動ヤグラ式と円筒式、および石油掘削用としてよく知られている着座式、あるいはプラットフォーム昇降式の 4 種類に分けられる。

a. 鋼製移動ヤグラ (Movable Steel Tower)

現在、この型式は港湾地域で波の影響の比較的少ない、水深 15 m 程度の比較的浅いところで、乱さない土のサンプリングを行なう場合に適しており多く用いられている。この種のヤグラは深度に適した剛性を有していればボーリング作業が確実であり、移動がクレーン船などにより比較的容易に行なえることから今後も水深 20 m 位までは利用度が高いものと思われる。(図-2(a)(b)、写真-1 参照)

一般には四脚を有した鋼製のものが多いが、特殊な型式として三脚の土台にユニバーサルジョイントによって接続されたパイプにプラットフォームを取付けたものがある。

(図-3 参照)

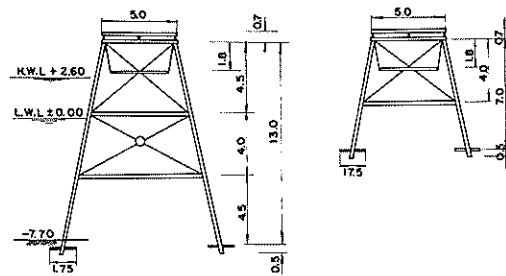


図-2(a) 鋼製移動ヤグラ²⁾

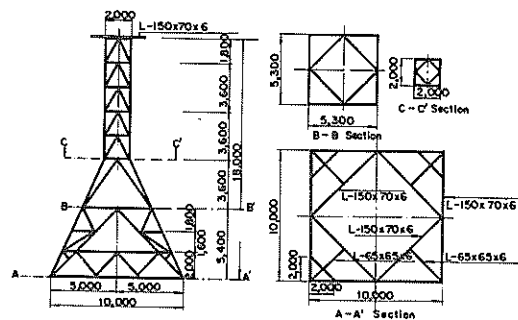


図-2(b) 鋼製移動ヤグラ²⁾

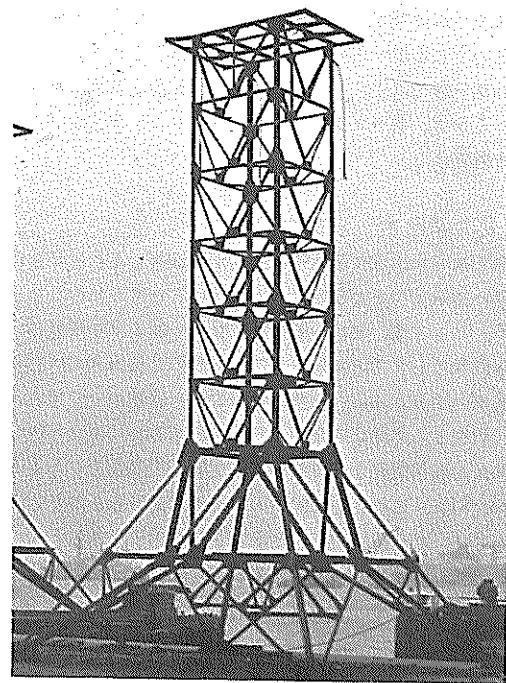


写真-1 移動ヤグラ (四脚鋼製)

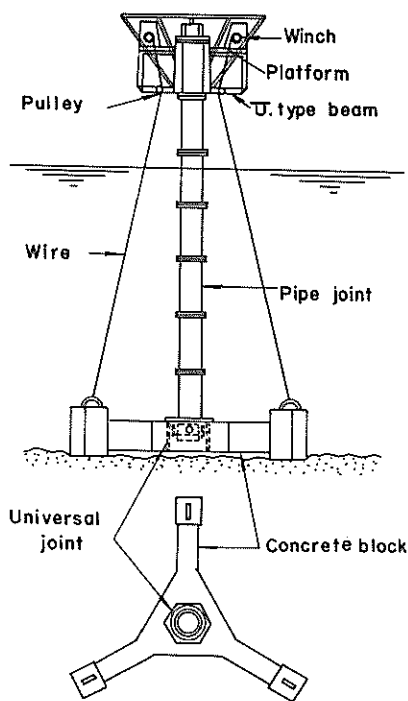


図-3 マスト調節式ヤグラ

これらの型式は設置する地盤が多少傾斜していても使用可能である。前者はプラットフォームの四隅に取付けられたジャッキなどにより、後者は土台からプラットフォームに張られたワイヤーによって、それぞれ傾斜の調整が可能な構造になっている。

また四脚式を軟弱な地盤に設置する場合、脚の底部に取付けたフーティングによってめり込みを防ぐのが一般的である。この場合、移動時の引上げにさいし、地盤の吸着によってクレーン船に予想外の荷重がかかり、思わぬ事故を招く危険性があるので、吸着力を減ずる方法を講じておく必要がある。

このタイプのヤグラでも特殊な例として水深30m位まで用いられることがある。しかし20m以上の水深になると、それ以下の水深のものにくらべて、より一層剛性が要求され建造費が急激に増大するので、ボーリングの方式と併せて、適確な型式のものを選ぶことが大切である。

b) 円筒式 (Pipe)

円筒式は潮流の速さ、深さなどの条件により、それに適した種々の形状のものがある。一般に中央部外径約1m、両端部はそれよりやや小さく、一端は地盤への根入れ(3m程度)を容易にするため円錐状にしてあり、他の一端にはプラットフォームが取り付けられるようになっている。

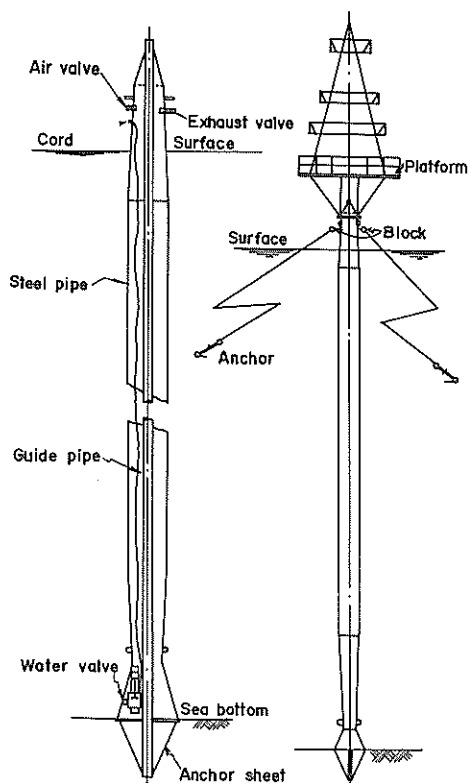


図-4 円筒式ヤグラ

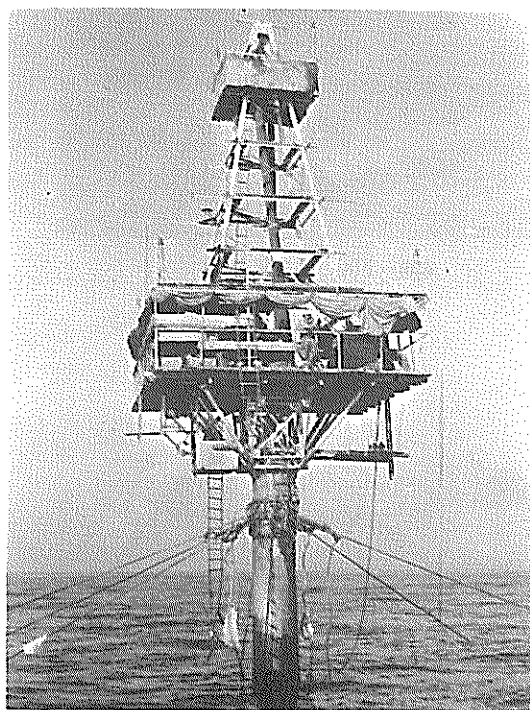


写真-2 円筒式足場

また、円筒内にはケーシングパイプ用のガイドパイプ（約20cmφ）が貫通している。円筒は両端を密閉して浮上させ、調査地点まで曳航する。現場に到着後アンカーワイヤをとってから遠隔操作により注水し、直立設置させる。（図-4および写真-2参照）

この方式はパイプが一本自立するのみであるから比較的潮流の速い場所、あるいは50m程度の深いところでも使用可能な上、建設費がきわめて安い利点がある。しかし、軟弱な地盤での使用は円筒の自重により根入れ長が7~8mにも達することがある。この沈下は乱さない土のサンプリングを行なう調査においては上層部の強度特性がつかめないことになるので適さない。またこの方式はアンカーのかかり具合によって安定性を確保しているの、もし万一船舶の接触などによってアンカーが動いたり、ワイヤが切断するようになると転倒事故につながるため厳重なる注意が必要である。

円筒式ヤグラの設置順序を写真によって示す。写真-3(a)は調査地点へ曳航中である。写真-3(b)は調査地点に到着後、潮流などに対し安全な所定本数のアンカーを入れ遠隔操作によって注水し、直立させる。写真-3(c)は円筒が

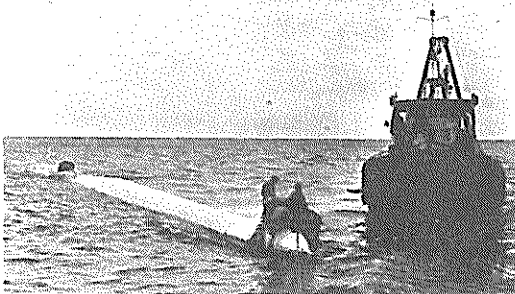


写真-3(a) (曳航)

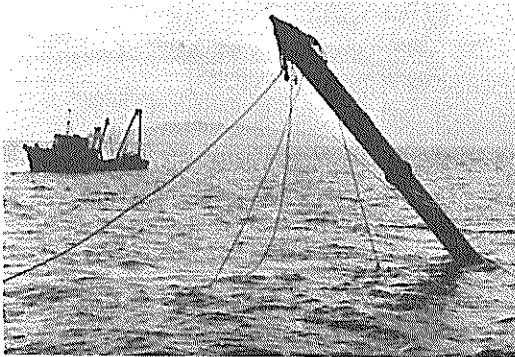


写真-3(b) (立筒)

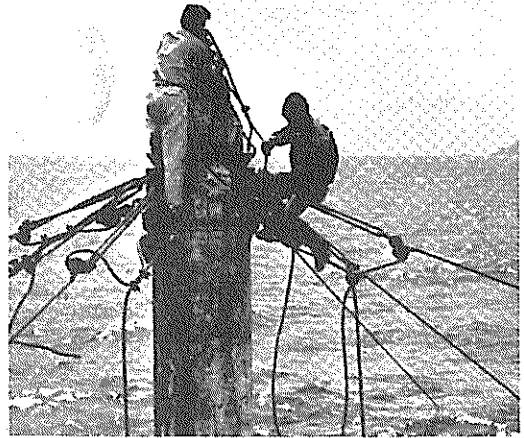


写真-3(c) (ワイヤ緊結)

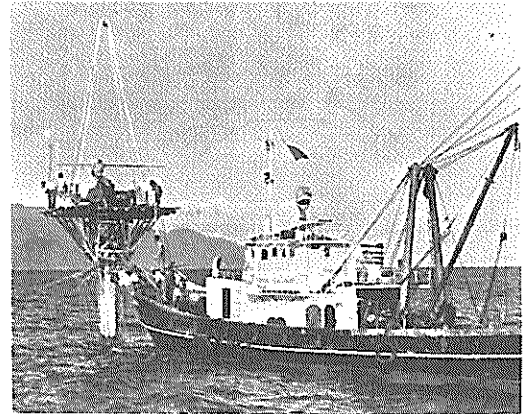


写真-3(d) (プラットフォーム設置)

写真-3(a)~(d) 円筒式足場設置順序

直立したのちワイヤを緊結して定着させる。写真-3(d)は定着した円筒上部にプラットフォームを取付ける。このプラットフォームは前もって組立てられたものを上から差込むだけであるから作業が迅速、かつ容易に行なえる。

c) 着座式(Submersible)

着座式は石油掘削装置として開発されたものである。底部のハル(hull)またはフーティング(footing)のポンツーン(pontoon)に建てられた脚(Leg:大型のものは支柱自体がポンツーンになっている)にプラットフォームを載せ、そのポンツーンに注水することで海底に着座させる。移動時にはポンツーン内に空気を送り込んで水を排水し浮上させる方式のものである。

稼働水深の浅い小型のものは底部をポンツーンにしたものが多く、稼働水深が増大し装置も大型化するにつれ脚自

体もポンツーンにした型式のものも出現した。(図-5、6参照)

この型式では水深35m程度までが経済的であると言われているが、現在最大のもののは1962年に建造された水深50mまで可能なTransworld Rig 54である。

岡部は⁵⁾この型式をさらに80mの水深まで適用できるリグ(Rig)の提案をしている。(図-7参照)

しかし、このタイプが大型化してくるとポンツーンを沈めるときの安定性が確保しにくい欠点があり、2・3の転覆事故が起きている。(表-1参照)

したがって、最近では安定性のよいジャッキアップ式、

あるいは半潜水型への移行が行なわれ、石油開発の分野では安定性の悪い大型の着座式は建造されない傾向のようである。

d) プラットフォーム昇降式(Self Elevating)

この型式は着座式にくらべて作業時の安定性がよく、し

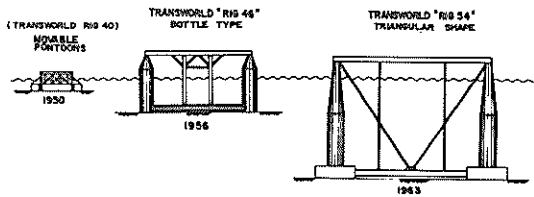


図-5 着座式の形式例¹⁾

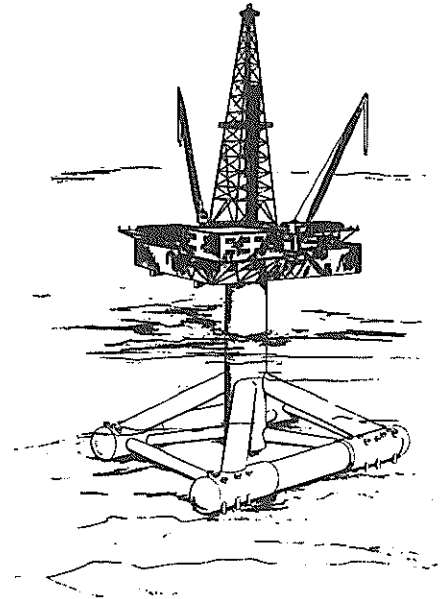


図-6 着座式(特殊形の例)

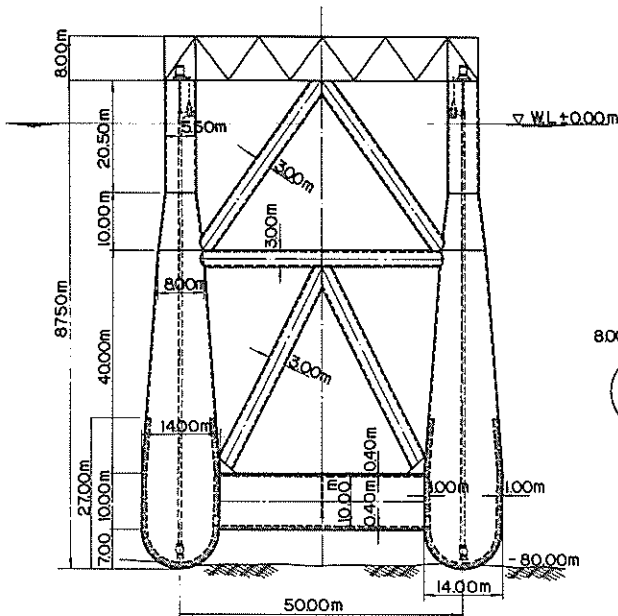


図-7 着座式(岡部式)

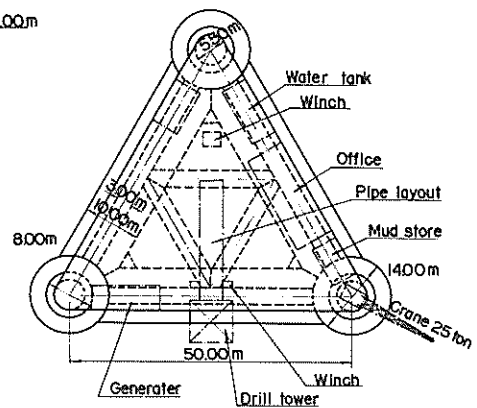


表-1 おもな掘削機の事故

年次	掘削機名	形式	事故状況
1956	Calco "S-44"	船底型	メキシコ湾で噴油と火災のため損傷。修復後稼働。
1956	American Tidelands "101"	船底型	メキシコ湾で作業現場へ移動中転覆。引起したうえ使用
1956	SEDCO "Rig 22"	船底型	造船所で転覆。引起したうえ使用。
1957	Royal/Dutch Shell "Qatar Rig No.1"	自己上昇型-四角柱脚	ペルシヤ湾で移動準備中突風のため破損。放棄。
1957	Glascock Drilling Co. "Mr. Gue 1"	自己上昇型-円柱脚	メキシコ湾で移動準備中に転覆。一部引き上げ。
1957	Deepwater "No.2"	自己上昇型-三角柱脚	メキシコ湾で掘削作業中に倒壊。引上げて稼働。
1957	John W. Mecom "Ed Malloy"	船底型-浮ドック	掘削用群がオードリ台風で損傷。群ドック状部分は引上げたが使用不能。
1958	Underwater Gas Developers "Translake 111"	自己上昇型-船底座付	エリソ湾の最初の作業場へ移動中転覆。放棄。
1959	Trans-Gulf "No.10"	自己上昇型-円柱脚	メキシコ湾で移動準備中倒壊。放棄。
1959	Reading and Bates "C.E. Thornton"	自己上昇型-三角柱脚	ペルシヤ湾で噴油と火災のため損傷。修復後稼働。
1960	Zapata Off-Shore "Nola 11"	群 脚	カンパネラ湾で目的地に移動中風のため破損。放棄。
1961	Offshore Co. "No.56"	自己上昇型-四角柱脚	トリニダードからアメリカ合衆国に向け航行中ハイチー台風のため英領ホンジュラスで座礁。修復後稼働。
1961	LA, Delta Offshore "Delta"	船 底 型	メキシコ湾で台風のため損傷。修復後稼働。
1962	Globai Marine "EM-1"	群 脚	サンタバーバラ湾で航行中風のため沈没。放棄。
1964	Reading and Bates "C.P. Baker"	次期群脚	メキシコ湾で噴油と火災のため転覆。放棄。
1964	Blue Water "Rig No.1"	半潜水型	ヒルズ台風で倒壊沈没。放棄。
1965	Penrod "Rig 52"	自己上昇型-船底座付	メキシコ湾で移動中倒壊。ペシー台風で破損。放棄。
1965	Royal/Dutch Shell "Orient Explorer"	自己上昇型-円柱脚	ポルネガからイギリスに向け航行中、地中海で損傷。修復後稼働。
1965	SNAM-SAIPEM "Paguro"	自己上昇型-三角柱脚	アドリア海で噴油と火災のため破損。修理中。
1965	Marlin Drilling Co. "Marlin No.3"	自己上昇型-船底座付	メキシコ湾で目的地に向け移動中沈没。修理中。
1965	Zapata Off-Shore "Maverick 1"	自己上昇型-三角柱脚	ペシー台風で損傷。放棄。
1965	Royal/Dutch Shell "Triton"	自己上昇型-円柱脚	ナイジェリアで噴油と火災のため破損。放棄。
1966	Royal/Dutch Shell "Bruyard"	半潜水型	南支那海で航行中破損。引き上げされた。
1966	Compagnie General D'Equipments "Sea Gem"	自己上昇型-円柱脚	北海で移動準備中破損。放棄。
1966	CEP "Roger Burin"	自己上昇型-円柱脚	カルメーン湾で移動後倒壊。放棄。

土木学会誌 Vol.54 第1 1969より⁶⁾

かも稼働水深が大きいため石油開発用の移動式掘削装置として多く用いられている。

これは船体 (Platform-hull) に取付けられた昇降可能な数本の脚 (Legs) を引上げた状態で目的地に曳航する。目的地に到着後、脚を着座させてプラットフォームを波の影響の及ばない高さまでジャッキアップして作業する型式のものである。(写真-4(a)(b)、および図-8、9参照) 脚の昇降機構には油圧式、空気圧式、および電動式がある。

脚は一般に鉛直なものが多いが、水深が大きいところでは安定性を増すために傾斜させたものもある。(図-10参照)、また軟弱な地盤で使用する場合、脚の底部にフーティングをつけてめり込みを防止している。

しかし、浮上のさいこのめり込みによる吸着は船体の浮

力だけでは抜けない場合もあり転覆事故の原因の一つになっている。一方、砂地盤ではスコアリング (Scoring) 現象によって移動を起すことがある。

この型式の稼働水深は最大90mのものもあるが、一般には60m位までのものが多い。波高に対しては、おおよそ1.2~1.5mに対し安全な設計がなされているようである。

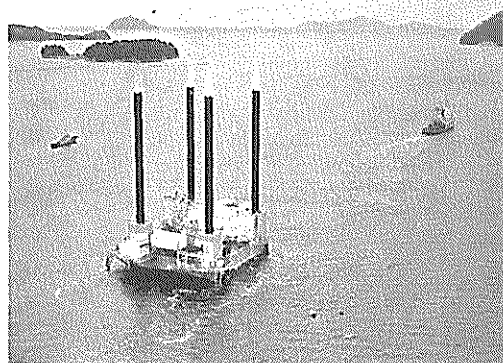


写真-4(a) (曳航中)

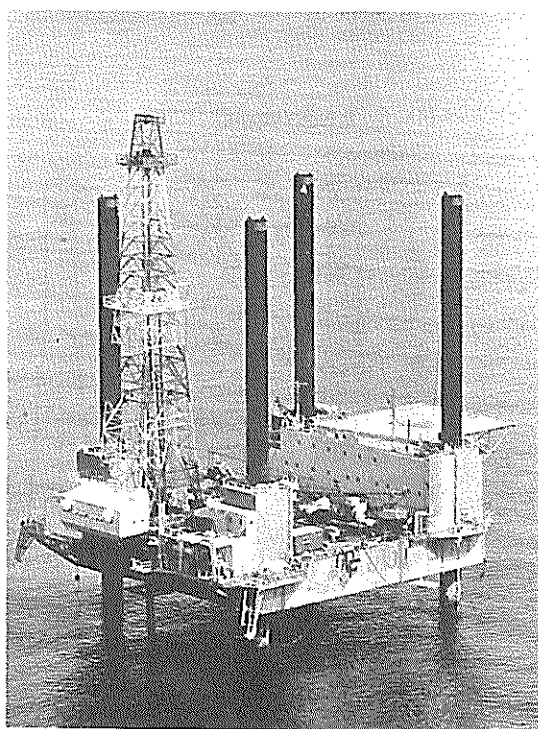


写真-4(b) (作業中)

写真-4 プラットフォーム昇降式 (F U I)

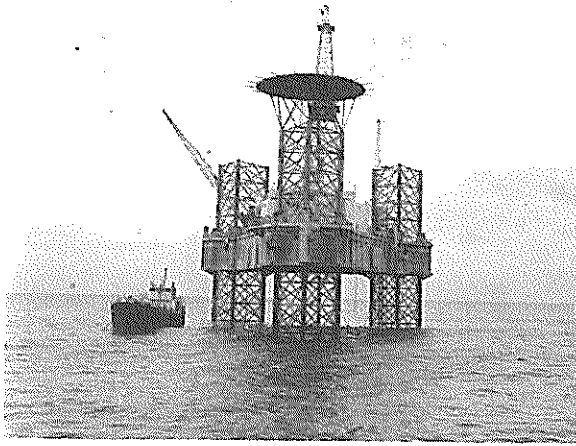
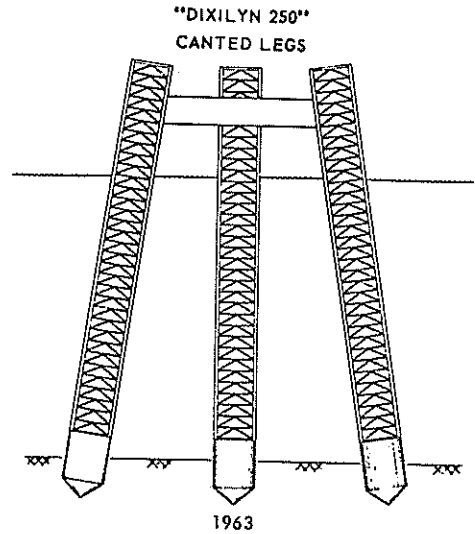


写真-5 プラットフォーム昇降式(白竜号)



1963

図-10 プラットフォーム昇降式の傾斜脚の模式図

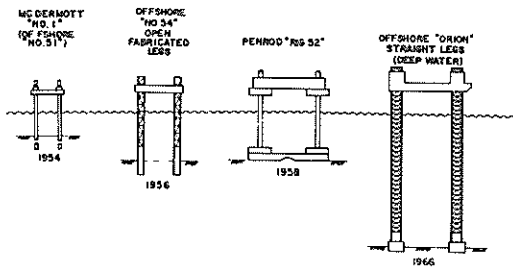


図-8 プラットフォーム昇降式の形式例¹⁾

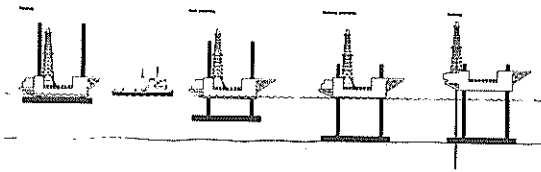


図-9 プラットフォーム昇降式の設置順序

海上土木工事において、水深20mから50mくらいの基礎地盤調査用として、このプラットフォーム昇降式を使用することは調査精度を向上する意味において理想的と考えられるが、石油開発用の装置そのものを利用することは経済的な面から除外であろう。しからば、これの規模を縮小して、例えば、第二港湾建設局で建造した調査船「黒潮」(写真-6、および図-11、表-2参照)程度にすると安定性の面から稼働水深は20m止りと考えられる。これからの港湾は、まえがきでも述べたように大水深海域での工事が増加することは必至と考えられるから、50mの水深に対処できる規模の足場を今から検討しておく必要があ



写真-6 プラットフォーム昇降式(黒潮)

表-2 調査船「黒潮」の仕様

吃水	平均1.72m
総トン数	537トン
稼働水深	16m
プラットフォーム昇降高さ(水面上)	3m
速力	2ノット

ろう。

わが国でも1958年に石油掘削用として唯一のプラットフォーム昇降式「白竜号」³⁵⁾が建造され、主として日本海

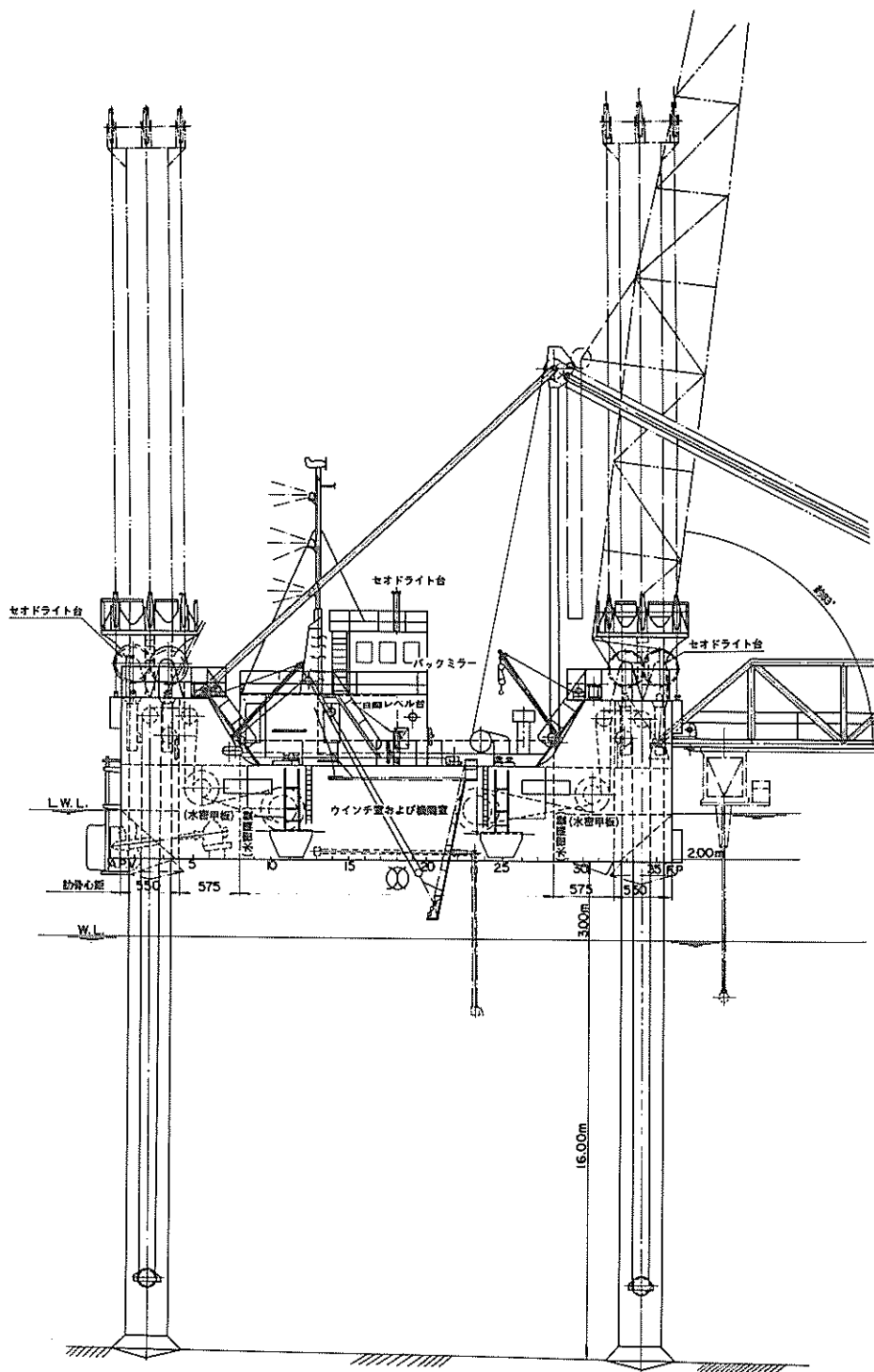


図-11 プラットフォーム昇降式(黒潮)

における石油、またはガスなどの開発に活躍した。その仕様を表-3に示す。

表-3 白竜号の仕様

稼働水深	30 m
掘削能力	約3,000 m
作業限界	
風速	5.5 m/sec
波高	1.2 m

2・2・2 半潜式 (Semi-Submersible)

脚を有したプラットフォーム昇降式は船体 (Platform-hull) の大きさによって、脚の長さは必然的に決まるので深さは一般に60 m程度 (現在最大水深は90 m) に限定されることは前述のとおりである。

これに対し、半潜式は目的地に曳航後フロートに注水して海面下に半ば沈め、アンカーによって固定するので安定性もよく、アンカーリングの可能な深さ、すなわち200 m程度まで可能とされ、プラットフォーム昇降式では作業できなかった深い海域での掘削作業が可能になった。また40 m以浅のところでは着座式として利用できる。この場合フローターの浮力を利用してバランスさせ、接地圧を加減することができるので、着座式、あるいはプラットフォーム昇降式で生じた軟弱な地盤でのめり込みを防ぐことも可能である。(図-12参照)

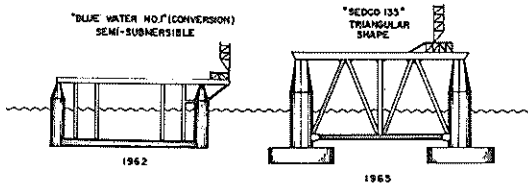


図-12 半潜式の型式例¹⁾

この型式は着座式として使用する時以外は一種のフローティングタイプであるから波浪による上下の動き、あるいは横揺れはまぬがれない。そこで、石油掘削用のボーリングでは一般に船の上下運動、または横揺れの影響をなくすためにボーリング装置に1.5 m程度のストローク調整ができる器具 (Stroke bumper subs) を用いて、この動きをカバーしている。

この移動量および傾斜角と波浪との関係はドリリング、リグの形式やアンカーリングの方法などによって異なるので明らかではないが、海上土木工事の基礎地盤調査においてサンプリングを伴う場合、現在のサンプリング法によるとすれば、この量が問題になる。したがって、この型式の

使用にあたっては十分なる検討が必要である。

現在、半潜式は深海の油田開発用として、ますます需要を高めており、日本でも、これら海洋構造物の建造が盛んになっている。最近では自航式半潜式として世界最大級の Ocean Prospector (ODECO International Inc. 設計) が1971年1月に完成し現在、島根沖で油田開発の掘削に従事している。(図-13参照)

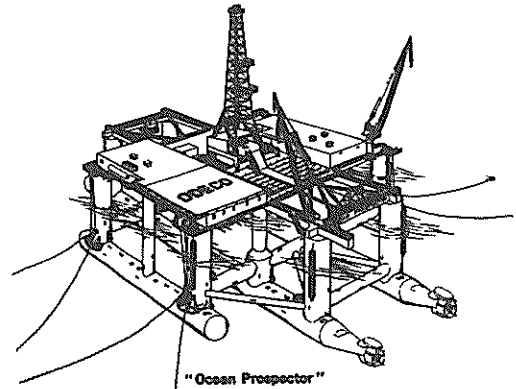


図-13 半潜式 (Ocean Prospector)

1968年11月には曳航式として最大の SEDCO 135 G (South Eastern Drilling Company 設計) が建造されている。⁷⁾ (:写真-7、8(a)(b)、参照)

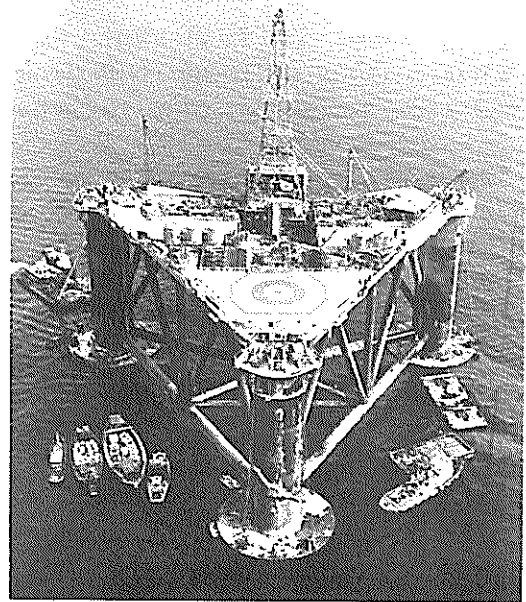


写真-7 半潜式 (SEDCO 135 G)

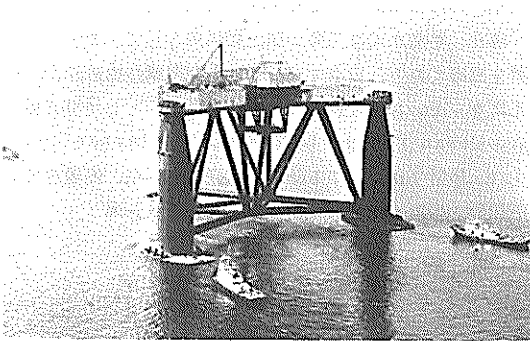


写真-8(a) (曳航中)

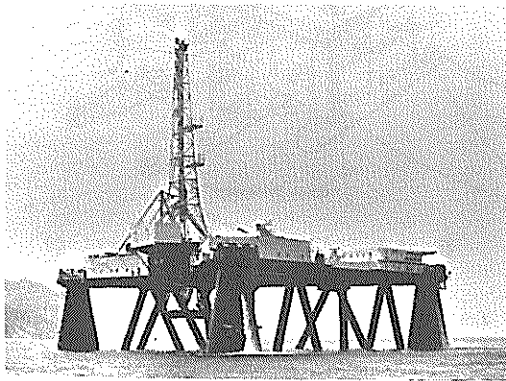


写真-8(b) (半潜水状態)

写真-8(a)(b) 半潜式 (SEDCO 135)

また現在、半潜式とプラットフォーム昇降式とを混合した Transworld Rig 61 (Transworld Drilling Company 設計) が建造中である。(写真-9(a)(b)参照)

この混合型は一般的な半潜式のようにフーティングに注水するだけで半潜水状態にするものとは設置方法が異なる。この方式にはアンカリングに2種類の方法^{B)}があるので、その設置順序を図-14、および図-15にそれぞれ示す。

上述した超大型のドリリング、リグ全装置は、われわれが対象にしている水深50m程度、掘削深さ100m程度の調査に必要な装置とはあまりにもかけはなれているが一応、参考として性能の概略を表-4、5、および表-6にそれぞれ示す。

表-4 Ocean prospector の仕様

稼働水深	200m
掘削能力	海底下、約8,000m



写真-9(a) (曳航中)

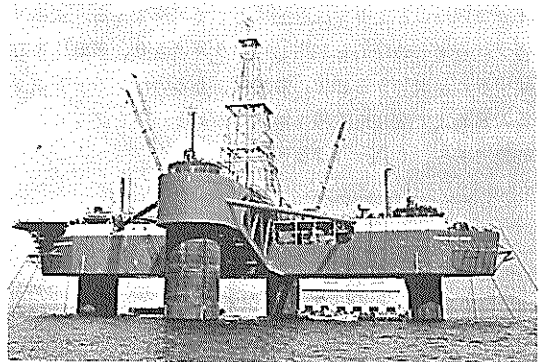


写真-9(b) (半潜水状態)

写真-9(a)(b) 半潜式 (Transworld Rig 61)

表-5 SEDCO 135 G の仕様

稼働水深	200m
掘削能力	海底下、約6,000m
着底水深	約40m
半潜水時吃水	約20m
曳航時吃水	約7.5m
作業限界	
風速	20m/sec
波高	7.5m程度
接地圧力	最大約8t/m ²

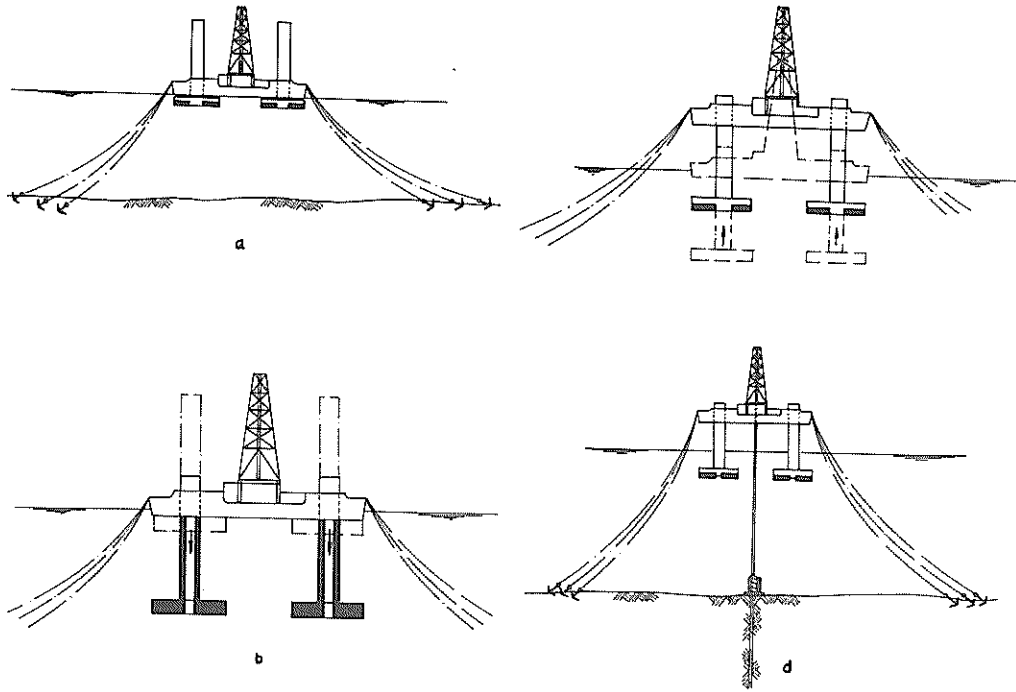


図-14 半潜水プラットフォーム昇降式の設置順序(一般的アンカリング方式)

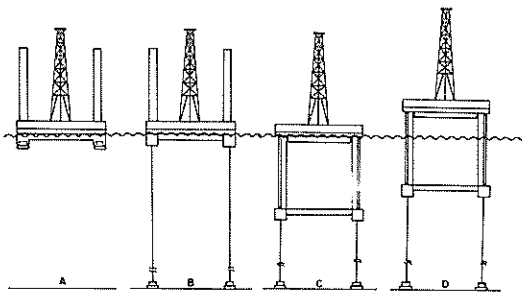


図-15 半潜水プラットフォーム昇降式の設置順序⁹⁾
(特殊アンカリング方式)

<表-6 Transworld Rig 61の仕様>

稼働水深	200 m
掘削能力	海底下、約6,000 m

2・2・3 潜水着座型 (Submersible)

この型式は掘削装置を内蔵した船に作業員が乗組み潜水して海底に着座させて掘削作業を行なうものである。

わが国において、この種の型式で実際に稼働したものは、くろしお号⁹⁾のみである。この、くろしお号は海洋水産調査が目的で建造された関係から採取したコアの取り出しにさいしては、装置全体を母船まで引き上げなければならない

ので、深いところから連続した試料採取を行なうことには適さない。その性能をつぎに示す。

潜水深さ 最大200 m
潜水継続時間 最大24時間(4名)
定員 4名

このほか実用には到っていないが、潜水着座式として岡部式⁵⁾がある。(図-16参照)これは、くろしお号にくらべて掘削装置のすべてを耐圧タンク内に納めて作業を確実にすると共に、居住性を高めて長時間の作業に対し安全なように考えられたものである。図-14に示す装置の性能はつぎのとおりである。

潜水深さ 150 m (全員が大気圧室内で作業できる場合)

掘削深さ 300 m

この種の装置は予測できない万一の事故に備えて、人間だけが飛び出せる緊急脱出装置との組合せを考慮しておくことが大切であろう。ここに示すものは緊急脱出用として考えられた装置ではないが、例えば図-17のような水中エレベーター¹⁰⁾などを利用するのも一つの方策と考えられる。

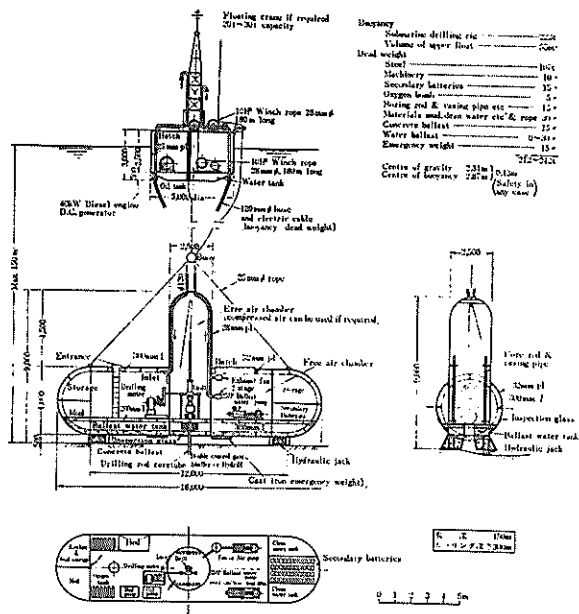


図-16 潜水着座式(岡部式)

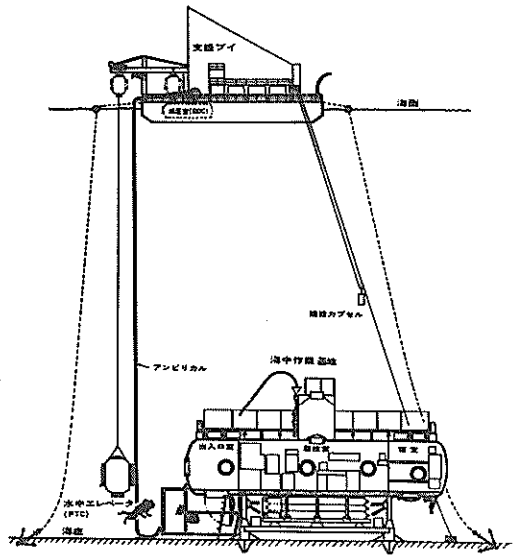


図-17 緊急脱出装置の一例(水中エレベーター)

2.2.4 船舶型 (Ship)

移動式の掘削装置の中で最も移動力が優れているものは船であることは云うまでもない。

掘削船には自航式と非自航式とがある。船は航行、および曳航特性をよくすることを主体に考えられているので、完全なアンカリングを行なっても波や風によって揺れを生じ作業精度、あるいは作業能力が極端に悪くなる。作業可能な波高、および風は船の大きさや型式にもよるが、一般に波高は3m程度、風速は30m/sec程度とされている。船による掘削の方法は船の中心で掘削する、いわゆるセンターホール形、舷外で掘削する、いわゆるサイドホール形、ならびにその両者の機能を有した3種類がある。¹⁾(図-18参照)

稼働水深はアンカリングによる場合半潜水型と同様、

200mが限度である。したがって、これ以上の水深ではアンカーを用いなくて自動的に定点にとどまるDynamic positioning System¹⁾を使う必要がある。これについては後述する。

海上土木工事の基礎地盤調査のように比較的浅い地層を数多くの点について調べるには移動力に富むものの方が便利である。しかし、前述したように波や風の影響を顕著に受けるので、この点を解決しなければならない。その一つの方法として、フランス国立石油研究所で開発されたフレキシブルロッドと、そのロッドを一定の力で保持するため波による船の動揺を緩和する装置を用いることも考えられる。これについては詳しくは後述する。

最近、船にも半潜水型と同じようにバラストタンクに注水して船体の重心を下げることで安定性を保つ型式のもの

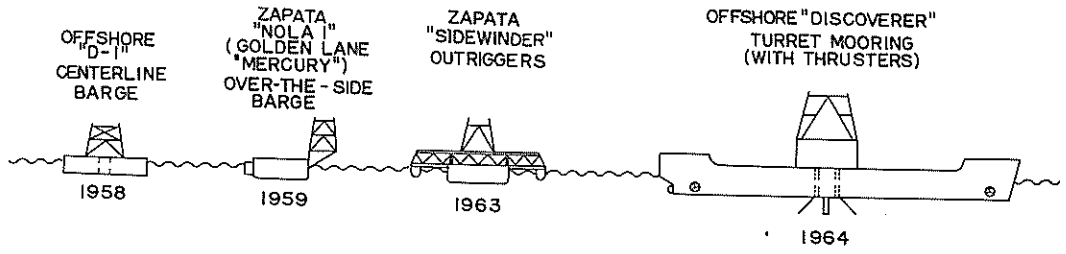
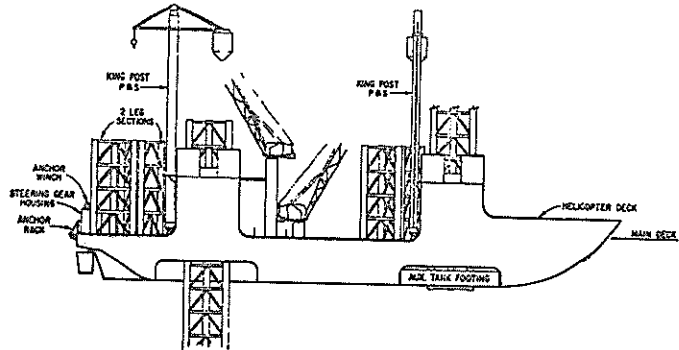
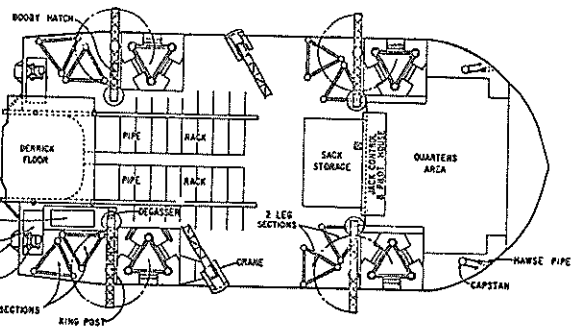


図-18 船舶式の型式例¹⁾

がある。また掘削船の最も斬新なものとして、自航式で船全体をジャッキアップできるプラットフォーム昇降式と同様の機能を有したものが英国で建造された¹²⁾。この性能は84mの水深に対し、プラットフォームとしての安定性もち、9,000mの深さまで掘削可能である。ジャッキアップは4本の脚によって支えられ、風速45m/sec波高19mに対し安全なように設計されている。(図-19参照)



このほか特殊なタイプとして、船と何ら変るところなく目的地までは航行し、目的地で船首側に注水し垂直姿勢にした上、着座させて作業するものである。現在は海洋観測船として建造されているが¹³⁾、今後はこの種の転倒式を掘削装置として利用されることも考えられる。(図-20参照)



現在、わが国にも500t程度の小型ではあるが、地質調査用ボーリング船としてわが国唯一の第一探海号がある。(写真-10参照)この第一探海号の仕様は表-7のとおりである。

図-19 ジャッキアップ式掘削船

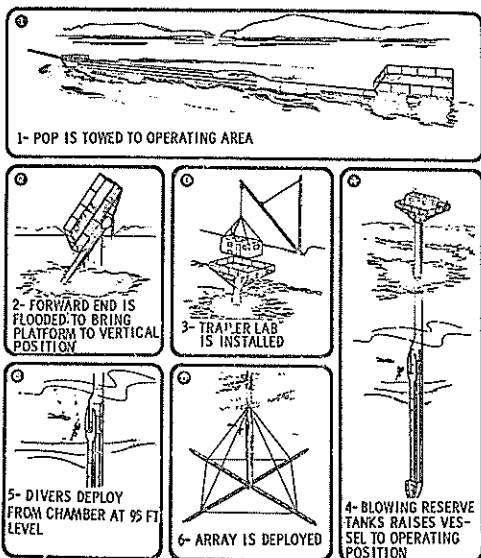


図-20 転倒式観測船の設置順序¹³⁾

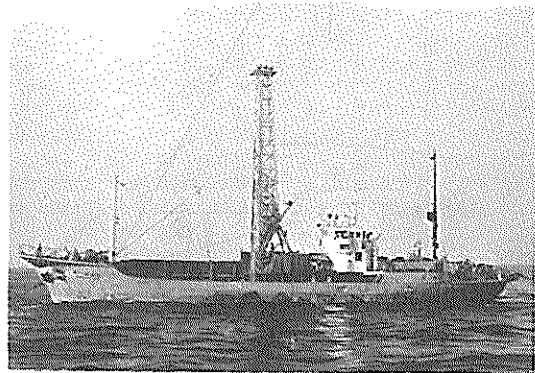


写真-10 ボーリング船(第一探海号)

表-7 第一探海号の仕様

稼働水深	20~200m
掘削能力	1,500m
稼働条件	
風速	1.5~1.8m
波浪	1.5~1.8m
うねり	波長50m、波高1.5m

11)
2・2・5 定点保持機構 (Dynamic Positioning System)

フローティングタイプをアンカーによって保持する場合、前述のように水深200mまでが限度といわれている。したがって、200mを超える水深ではダイナミックポジショニング方式による以外にない。

このダイナミックポジショニング方式はアメリカのモホール計画〔地殻とマントルの境界をなすモホ (Moho) 面に穴 (hole) をあけるという意味で、モホール (Mohole) 計画と呼ばれた〕で初めて用いられた。

このシステムは海底に設置された数個の音波発信器から出る音波を船底に取付けられた受信機によって受信しその値をコンピューターに入力して、4つの可変ピッチプロペラを装備したサイドスラストによって、水深の3%以内という精度で定点に保持するものである。(図-21参照)

このシステムのコンピューターはフローティングタイプの欠点であるピッチングやローリングによる傾きを5~6度以下にするためのバラスタタンクへの命令も出している。

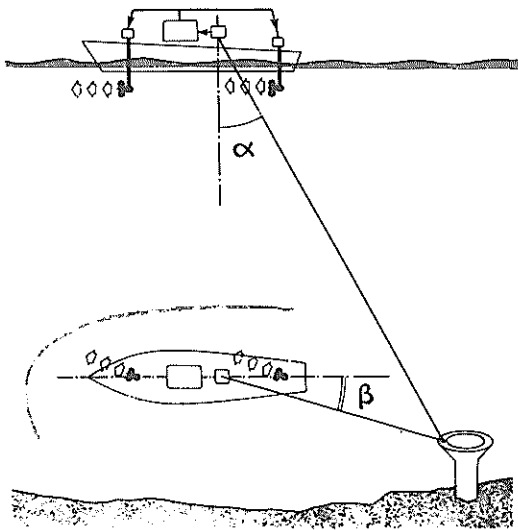


図-21 定点保持機構 (Dynamic positioning system)

3. ボーリング (Drilling)

大水深におけるボーリングはモホール計画のようにモホ面の地質を調べようというコアリングの必要のあるもの、石油掘削のように途中の地層は大した意味を持たないもの、あるいは港湾 (海洋) 構造物の建設に必要な設計常数を目的とするきわめてシビアなサンプリングを前提とするボーリングなど種々様々である。

これらには、それぞれ、その目的に応じて掘削方法があるが、ここでは先に述べた石油開発の分野で開発されたコアリングも可能な新しいボーリング方法を紹介する。

3・1 フレキシブルドリルロッドによるボーリング¹⁵⁾
(flexible drillstem)

前述したようにフローティングタイプのリグを用いたドリリングにおいてはフロート (船など) の上下運動や横揺れは程度の大小は別にして、まぬがれることはできない。そこで、これらの問題はドリリング装置およびドリリング方法によってカバーしなければならない。

その方法の一つとして、フランス国立石油研究所において開発されたフレキシブルドリルシステム (Flexible drillstem) による新しい方法があるので紹介する。

このフレキシブルロッドを用いたボーリングには二つの方法がある。一つはフレキシビリティに富み、かつ掘削時のモータ反力トルクによる外部圧縮力、ネジリ力、引抜き力、および内圧に耐え得る十分なドリルロッドにドリル用部品、およびドリルビットを取付け、そのビットを海底に設置された Downhole Motor (電動式モータ、またはタービン式モータ、表-8参照) によって回転掘削するものである。この場合前述した定点保持機構 (Dynamic Positioning System) が有効に利用できるのでアンカリングの必要はないが、ビット (Bit) 交換、およびコアラ (Corer) の取付けなどのさいに再び同じ孔にフレキシブルロッドを挿入する場合、船と海底に設置したベースプレートを2本のガイドケーブルで結びガイドさせる必要がある。(図-22参照)

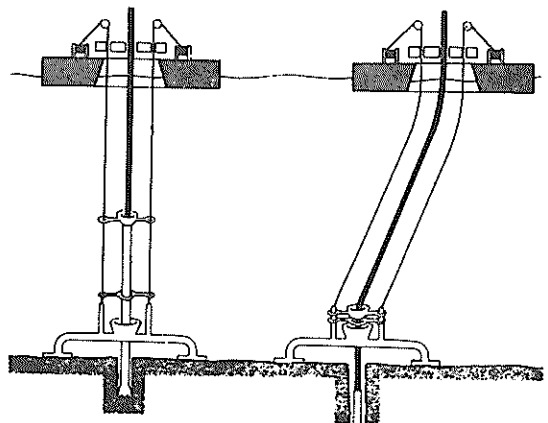


図-22 フレキシブルロッドとガイドケーブル

Downhole 電動ドリル、およびタービンドリルの仕様は表-8のとおりである。

表-8 電動ドリル、タービンドリルの仕様

(1) 電動ドリル	
ドリル径	152~254mm
電気モーター	
形式	シンクロナスマーター (Synchronous Motor)
電圧	500~800V
電流	150A
回転数	750~1,000rpm
出力	60~110kw
(2) タービンドリル	
ドリル径	184mm
タービン	
回転数	約500rpm
出力	60~90kw

このフレキシブルロッドはドリル器具の剛体部との急速結合、ならびに電気、および導水回路の連続性を確保するもので表-9に示す力学的特性、および形状を有している。

表-9 フレキシブルロッドの力学的特性および形状

最小巻取り径	2m
弾性限界	45ton
破壊荷重	90ton
破裂圧力	300kg/cm ²
破壊圧力	100kg/cm ²
ネジリモーメント(内部圧力、またはトルクの ない状態)	400Kg·m
外径	127mm
内径	電動式ドリル 64mm タービン式ドリル 76mm
重量	電動式ドリル 25Kg/m タービン式ドリル 22Kg/m
最大長さ(現在では)	1,000m

このフレキシブルロッドを用いたドリリング、およびコアリングは、従来の一般的方法にくらべて、より荒い海で、より短時間でできる利点がある。この条件を満たすために、つぎの2点に対し特殊な装置が用いられている。すなわち、

(1) フレキシブルロッドは波浪による船の上下運動にかかわらずビットにかかる重量は、ほぼ一定、かつ調節可能な張力が維持されること。

(2) 船のピッチング、あるいはローリングによる、かなりの角度変化に対しドリルロッドの剛体部分の組立などの作業ができること。

前者は図-23に示す減衰装置を用いて波高2mまでの

上下運動の影響を消去している。

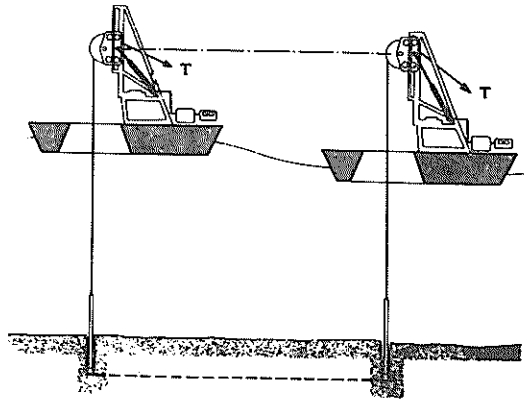


図-23 上下運動減衰装置

後者は図-24(a)(b)に示す自動安定装置によって、船上に設けられた調節床をフレキシブルロッドの慣性力、あるいは鉛直性監視のインジケータによって自動的に制御している。

この方式により現在までに最大水深、約1,000mのところから総延長6,100m以上の掘削が実施されている。

もう一つの方法は海中電動コア採取器(Sub Marine electro-Corer)と称するもので海底から30mまでのコアリングが可能である。

この装置は前述の方法とフレキシブルドリルロッドを使用することは同じであるが、ドリルロッドの巻取り装置、電動モーター、およびビットなどすべての装置を一つのフレームにまとめたものを海底に降し、装置と船との間は動力

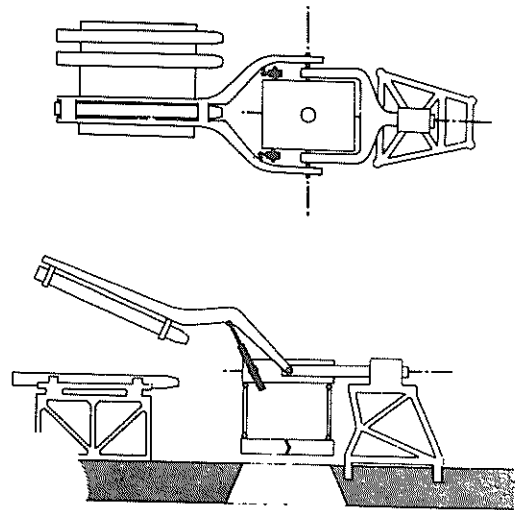


図-24(a) 自動安定装置

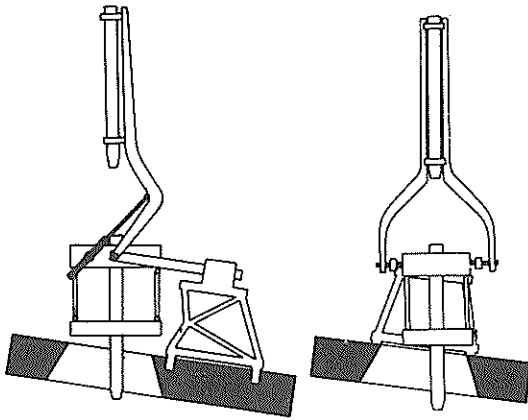


図-24(b) 自動安定装置

用とコントロール用のケーブルで結ばれている。

操作は船上からの遠隔操作によって行なわれるが、ビットの交換、およびコアの取り出しは潜水夫の潜水可能な深さの場合、海底で行なわれる。しかし、それ以上の深さについては試料採取毎に装置を船上に引上げて取り出さなければならない。(図-25および写真-11参照)

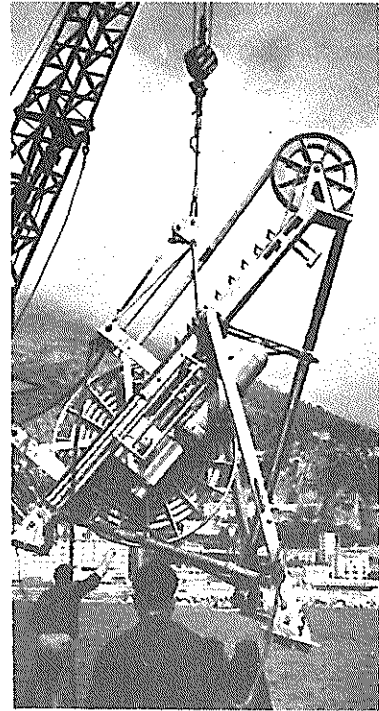


写真-11 海中電動コアラの作業状況

この装置の仕様は表-10のとおりである。

表-10 海中電動コアラの仕様

(1) 電動ドリル	
ドリル径	183mm
ドリル長	1m
出力	19kw
(2) フレキシブルドリルロッド	
外径	102mm
最大長さ	30m
(3) ユニットの特性	
全高	7m
重量	6ton

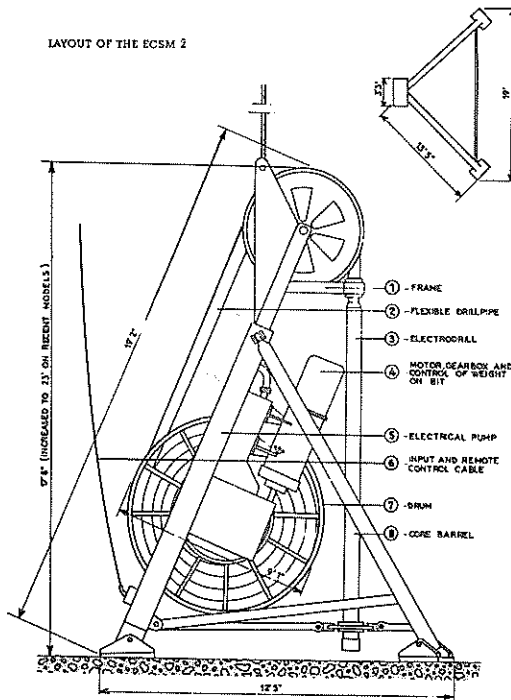


図-25 海中電動コアラ

3.2 海底着座式ボーリングマシン (Marine Drill)

これは装置全体を海底に降ろし、船上からの電気制御油圧方式による遠隔操作によって作業できるので大水深、あるいは潮流の速い海域での使用に適している。ただし、one bit run方式であるため長いサンプルを採取するさいには、最初にその長さ分のロッドを接続しておく必要がある。この装置の仕様は表-11、に示すとおりである。

表-11 海底着座式ボーリングマシンの仕様

掘進能力	普通工法25m、ワイヤーライン100m
水深	最大150m
スピンドルストローク	1,000mm
モーター	3.75kw, 5.5kw, 19kw 各1基
重量	約5,000Kg

現在、この形式のマシンは東京大学、海洋研究所の白鳳丸(3,200 ton)に搭載され、主に大陸棚の地質調査などに用いられている。¹⁶⁾(図-26、および写真-12、参照)

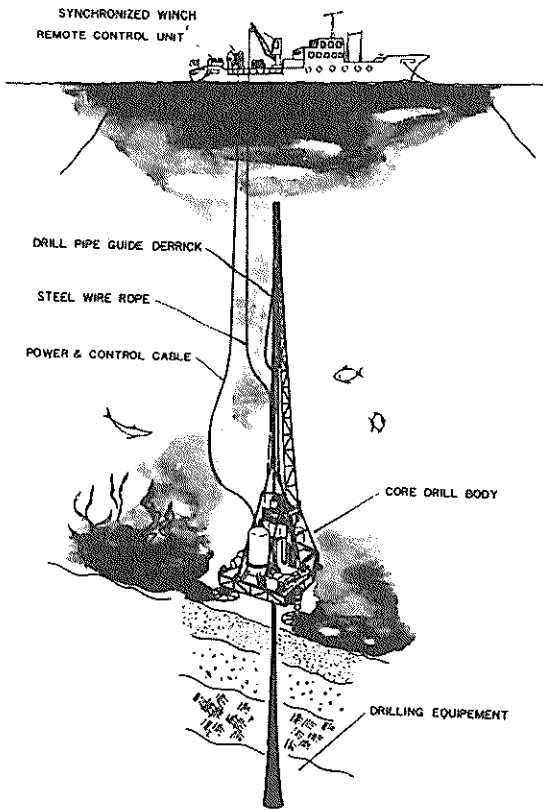


図-26 海底着座式ボーリングマシンの作業状況図

4. 表層サンプリング(Near Surface Sampling)

大水深下においてパイプラインの布設、またはアースワンの設置など比較的表層部のサンプリングを必要とする場合に適したサンブラを紹介する。

4.1 グラブ式(Grabe)

ごく表層部(0.5~1.0m)の土質判定ができれば、その目的が達せられる場合には、波などの影響があっても船

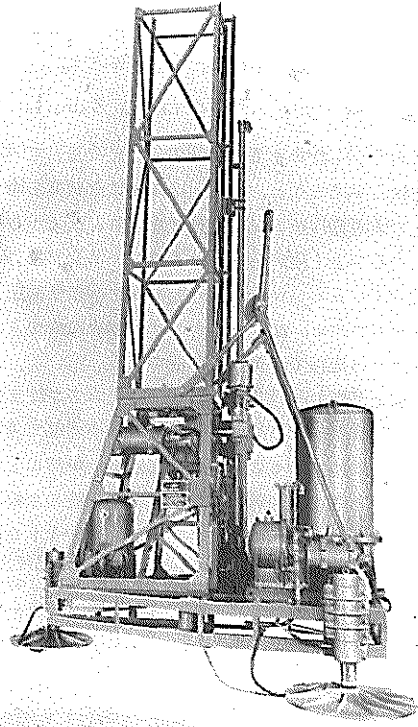
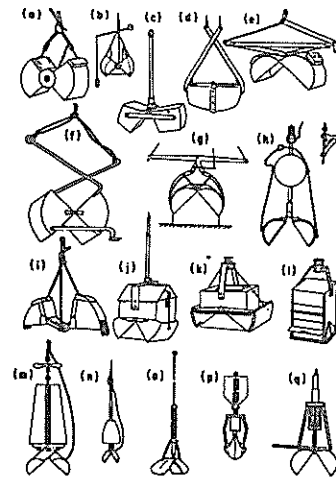


写真-12 海底着座式ボーリングマシン



Grabs: (a) Petersen; (b) Lisitzin-Udintsev; (c) Leger; (d) Van Veen; (e) Foerst; (f) bottom snapper; (g) Klassen; (h) Liskey; (i) Sekki; (j) Ekman; (k) Birge-Ekman; (l) Ekman-Lenze; (m) "Bulldog"; (n) Ross clamshell; (o) "Fish Hawk" clamshell; (p) LaFond-Dietz; (q) Franklin-Anderson.

図-27 グラブの種類 (T. L. Hopkins: Progressin Oceanography vol.1.2 より)

上からの操作が極めて簡単であるから広域調査用として用

いられる。

グラブの種類は数多く、その目的によって使い分けられている。ここでは、その使用目的と機種との関係については割愛するが、形式と名称を図-27に示す。

4.2 バイブロサンプラ (Vibro Sampler)

海底表面から数mまでのサンプリングに適している。構造が比較的単純なことで、あるいは海底に全装置を降して、船からの遠隔操作によって作業できることなどから深い水深のところでもよく用いられる。これは、サンプラの頭部に電動式バイブロハンマを取付け、サンプラに微振動を与えて貫入する方式で、乱さないサンプルの採取はできないが、比較的高い地盤でも貫入が可能である。

微振動を利用して貫入するバイブロサンプラは1951年にソ連科学アカデミ海洋研究所、海洋技術部で考案試作されたのが始めてのもと言われている¹⁷⁾。最初のもは数mの深さから数十cmの試料を採取する小規模のもであった。その後ピストン式に改良されて100~150mの水深から4~6mの長さのサンプルが採取できるようになった。

1963年にはわが国で鉍物資源(砂鉄)調査を目的とした二重管式バイブロサンプラが試作された。その仕様は表-12のとおりである。

表-12 八幡式バイブロサンプラの仕様

サンプラ外径	230mm
サンプル径	164mm
有効採取長	4.5m
サンプラ重さ	約230Kg
起振力	5.64ton
振動数	1,200cpm
ハンマ重さ	850Kg
モータ出力	10kw

最近(1970年)港研においても浚渫能力を適確、かつ容易に判定することを目的としたサンプリング用としてバイブロ式サンプラを試作、実用化した¹⁹⁾。

サンプラの上部に起振機が格納されて水密カプセルを取付けられたもので、それらはガイドスタンドによって支えられている。

サンプルチューブは二重管構造となっており、ステンレス鋼製のインナチューブは二つ割にできる。シユの部分にはサンプルの落下を防止する逆止弁(Non Return Valve)が取付けられている。また、ガイドスタンドの上部にはチューブの貫入量を知るためのポジションメーターが取付けられている。(図-28および写真-13参照)

サンプラの仕様は表-13のとおりである。

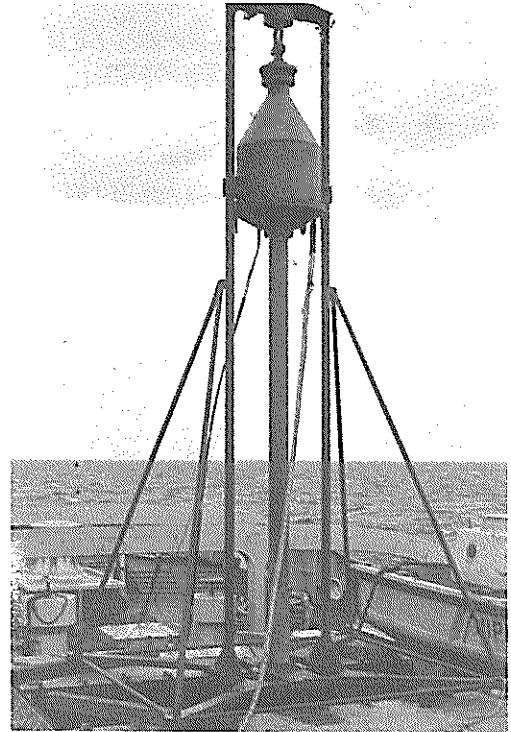


写真-13(a) (全景)

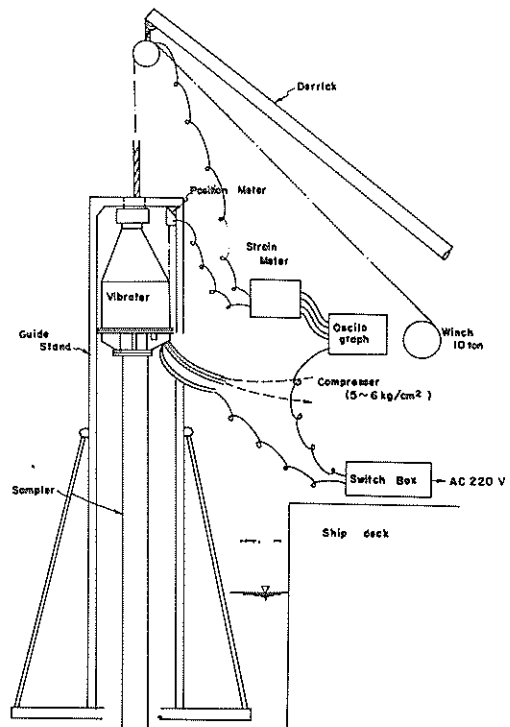


図-28 港研式バイブロサンプラ



写真-13(b) (海底降下中)
写真-13(a) 港研式バイブロサンブラ

表-13 港研式バイブロサンブラの仕様

サンブラ外径	216mm
サンプル径	180mm
有効採取長	5.020m
起振力	6.5~9 ton
振動数	1,000~1,200 c.p.m
モータ出力	11kw (220V)

このバイブロ式サンブラによる実験結果ではサンブラの貫入量に対するサンプルの採取長さの比、いわゆる回収比が、粘性土では70%程度、砂質土では60%程度となっている。したがって、このサンブラは層状を正確につかむ場合、あるいは地盤の強度特性を知りたい場合には適さない。

この回収比を高める方法としてはピストンを用いるのが効果的であり、上述したV型はそれにあたる。

4.3 バイブロロータリサンブラ (Vibro. Rotary-Sampler)

最近、バイブロサンブラをさらに発展させてバイブロ方式にロータリ機構を組入れた型式(バイブロ、ロータリボーラD600型)のものがフランスのルイ・メナール

(Louis Ménard)²⁰⁾によって開発された。

この二つの機能を同時に使用することはできないが、やわらかい地盤ではバイブロハンマにより、硬質地盤、あるいは岩盤ではロータリヘッドへの切換が可能である。

使用可能水深は100mと言われ、波による船の揺れには関係なく作業できる利点は、前述のバイブロ式と同様である。サンプル採取長さは本体のみを海底に下してサンプリングする場合、サンプルチューブの長さによって一般に5m程度と限定されるが、海底に定置できるガイドヤグラを使用することによって同一孔内への挿入が可能となり、最大30mまでのサンプリングも可能と言われている。

(写真-14 参照)

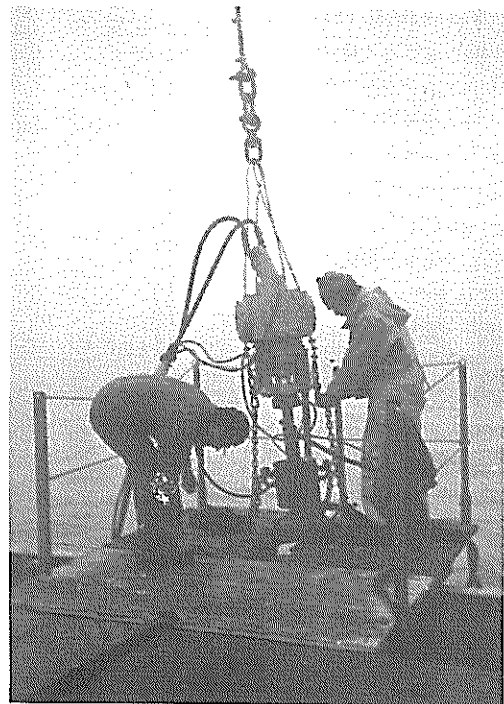


写真-14 バイブロロータリサンブラ

4.4 重力式サンブラによるサンプリング

この方式のサンブラは海中を自由落下させて重力によって地盤に貫入させるもので2・3の形式のものがある。以下、これについて述べる。

4.4.1 重力式サンブラ^{21) 22) 26)} (Gravity Sampler)

これはサンブラの頭部に重錘と落下の方向を維持する方向翼(Guide Vane)のつけられたもので、船上からワイヤに結ばれたサンブラを自重によって海中を落下させ、海底面に貫入させるものである。(図-29、参照)

貫入速度は1~3m/secが適当とされており、それ以

上の速さになると方向性を失ったり、海底到達時のウインチのブレーキ操作がむずかしく危険になると言われている。

4・4・2 自由落下

重力式サンプラ
(free-fall
Gravity
Sampler)

上述の重力式サンプラの貫入方法を改良したもので、リリース機構 (Release Mechanism) によって保持されたサンプラおよびリリース機構部から出されたアームに吊り下げられたおもり (Trigger Weight) からなっている。おもりが海底に達するとサンプラがリリース機構から外れて、ゆるみ5~10mの距離から自由落下して土中に貫入する方式のものである。

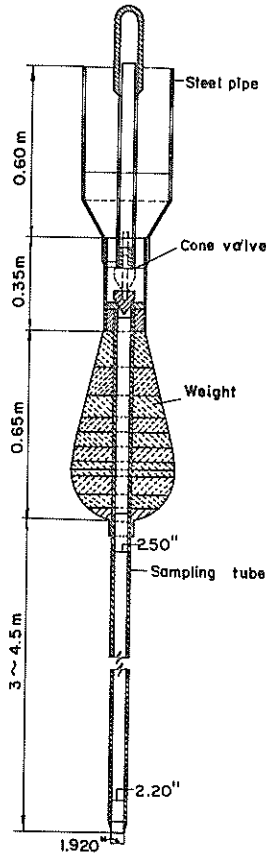


図-29 重力式サンプラ

この方式には固定ピストンタイプとオープンタイプの2種類がある。(図-30、および図-31、参照) 直径は38~150mm、長さは1.5~2.5mである。
(注) 21) 23) 26)

4・4・3 ブーメランサンプラ(Boomerang Sampler)

重力式サンプラの特種型として Boomerang Sampler がある。

このサンプラは上述した重力式のようにワイヤに吊り下げて自由落下させるものとは異なり、おもり用のケーシングにはめられたブイ (buoyant Chamber) のついたサンプラを単独に船より海中に投下し、海中を自由落下して海底に達する。着底による衝撃を感ずると簡単な機構によってブイのついたサンプラが、おもり用のケーシングから外れ、ケーシングをそのまま残して海面に浮き上がり回収できる仕組みになっている。(図-32参照)

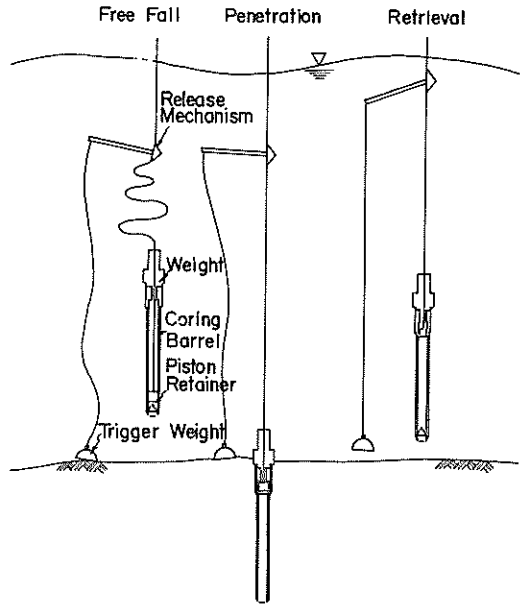


図-30 自由落下重力式サンプラ(固定ピストンタイプ)

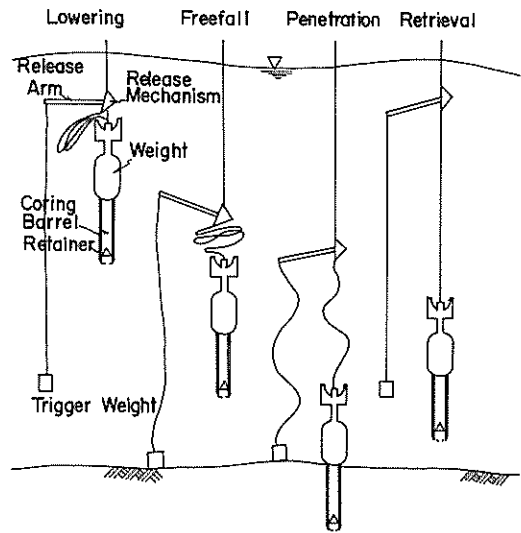


図-31 自由落下重力式サンプラ(オープンタイプ)

注) このサンプラの名称は土人の飛び道具で、投げたのち曲線を描いて投者のところへもどるものゝ呼び名 Boomerang からとったものである。

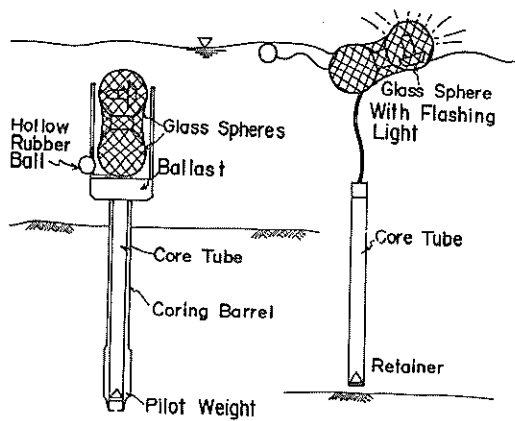


図-32 ブーメランサンブラ

4.5 NGI型ガス圧入式サンブラ (NGI, Gas Operated Sea-Floor Sampler)

これは1963年にNorwegian Geotechnical Instituteにおいて開発されたガス(Gas)を貫入のためのエネルギーとして利用した新しい固定ピストン式サンブラである。²⁴⁾

このサンブラは海中を自由落下して海底地盤に貫入し、その貫入が停止したのち、内部の電気回路のタイムスイッチが働いて、ロケット燃料に点火される。発生したガスによって内径54mmのサンブルチューブが

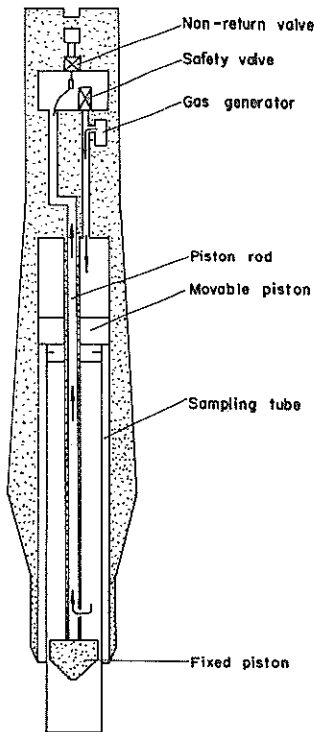


図-33 NGI型ガス圧入式サンブラ

固定ピストンに対して1.65m押し出される。試料の乱れを少なくするため1.65mづつの採取を繰返す。この繰返しによって海底面から10m程度の深さまでサンプリングが可能である。

このサンブラは原理的には水圧式固定ピストンサンブラ

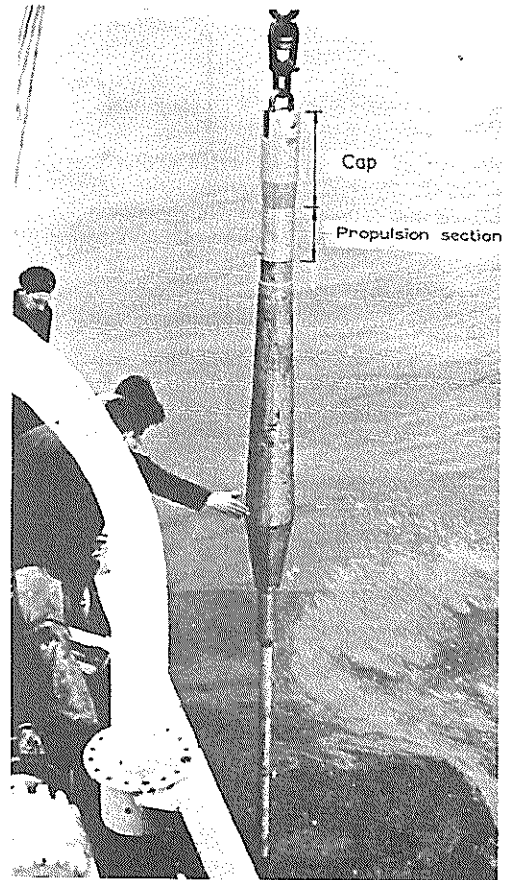


写真-15 NGI型ガス圧入式サンブラの作業状況

と変らないが、水圧式のようにロッドを使用しないので、水深300m程度でのサンプリングも可能と言われている。(図-33、および写真-15参照)

4.6 底面密閉式サンブラ (Bottom Close Sampler)

4.6.1 クワ型 (Spade type)

クワ (Spade) のついたボックス型サンブラ (20×30cm) の底部をサンプル採取後クワによって閉じて引上げる方式のサンブラである。²⁵⁾ (図-34参照)

ジンバル (Gimbals) に取付けられたサンブラをワイヤーに吊して海底に降し、着底と同時にワイヤーがゆるむとサンブラは自重によって地盤に貫入する。貫入後サンブラに取付けられたクワによってサンブラチューブの底部が閉じられ、サンプルの脱落と引抜きによる悪影響などが防げるようになっている。しかし、この方式では海底面から60cm程度の極めて表層部のサンプルしか採取できない。

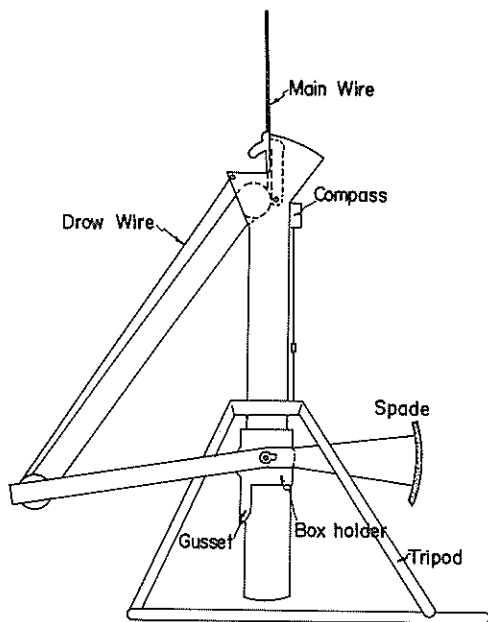


図-34 底面密閉式サンブラ(クワ型)

4.6.2 港研式バルブ型(P-H-R-I Valve type)

一般的な固定ピストンサンブラの底部にバルブを組み込んだ形式のもので、上述のものと同様サンプル採取後そのまゝの位置でバルブを閉じ、引上げによる脱落、および引抜きの際に生ずるバキュームなどの影響を防ぐようになっている。

このサンブラはピストンロッドとボーリングロッドを使用するので、作業台と海底の距離が変わらない足場に限られ

る。したがって使用できる水深はおのずから限定される。この方式はサンブラのピストンを固定するために用いたロッドを、サンプル採取後ピストンから外して引上げることによって、バルブが回転して閉じる仕組みになっている。その他の操作は固定ピストン式コンボジットサンブラと何ら変わるところはない。サンプル径は50~65mm、長さは800~1,000mmである。(図-35(a),(b)参照)

5. 深層サンプリング(Deep-Sea Sampling)

表層部のサンプリングのようにボーリングを伴わないで海底面から直接サンプリングできれば、さほどむづかしい技術を必要としない。しかし大水深のところでは海底から深い層までのサンプリングを行なう場合、一般には工事の規模などにより調査費の経済性なども考慮されて深さ方向のサンプリング間隔は決められる。そこでボーリングによって所定の深さまで削孔し、その位置からサンプリングされることが多いので機械的な乱れとしては、ボーリングとサンプリングの両者による乱れが重ね合わされた形で現われることが考えられる。したがって乱さない土の採取を目的としたボーリング、およびサンプリングにおける操作は、かなり熟達した高度な技術が要求されることになる。

フオイルサンブラなど、ボーリングによる削孔を必要としないで、海底面から連続してサンプルが採取できる特殊なサンプリングによれば、乱れの要素の一つは解決する。しかしこの種のサンブラを大水深に適用する場合、より複雑な技術的操作を必要とする欠点もある。

また、大水深になると試料の引上げによって起る間げき水の体積は300mにつき、1.4%膨張すると言われている²⁶⁾。したがって大水深においてはボーリング、およびサン

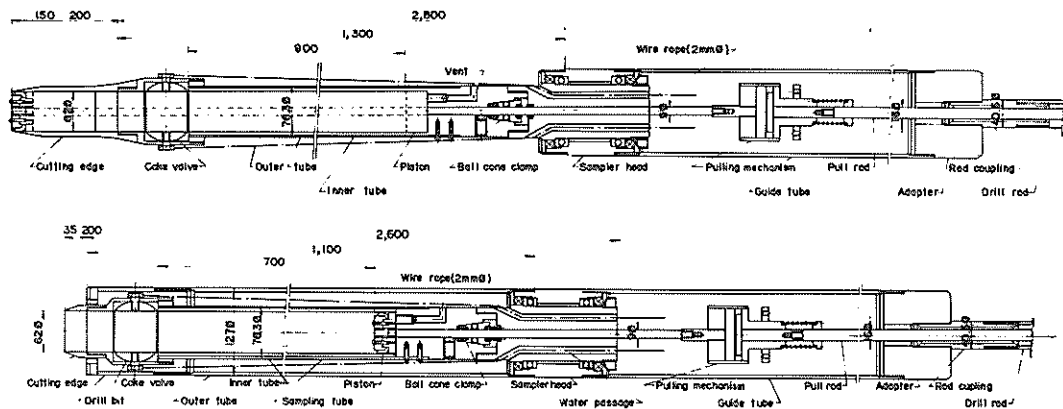


図-35(a) 粘性土用底面密閉式サンブラ(港研バルブ型) 図-35(b) 砂質土用底面密閉式サンブラ(港研バルブ型)

注) 未発表(フィールドテスト後港湾技研資料に発表予定)

ブリング技術の問題と共に採取したサンプルの取扱いの問題も従来以上の考慮が必要である。

こゝでは大水深において海底より深い層までのボーリング、およびサンプリングを実施する場合に適した新しい方法を紹介する。

5.1 ワイヤラインサンプラ (Wireline Sampler)

大水深海域におけるサンプリングは従来のボーリングロッドを使用する方法では、おのずから深さが限定される。従来港湾の土質調査では水深20m以浅のサンプリングが、そのほとんどを占めていたが、これからは外洋シーバースなど、20m以上の海域でのサンプリングが必要となることは前述のとおりである。そこで、今後のサンプリング方法を従来の方法そのまゝで行なうことにはサンプリングの精度、あるいは能率的に極めて不利である。

現在、岩盤の深い位置からコアを能率よく採取する方法として、ボーリングロッドを用いないワイヤライン、コアバレル方式がある。(図-36参照)このワイヤライン方

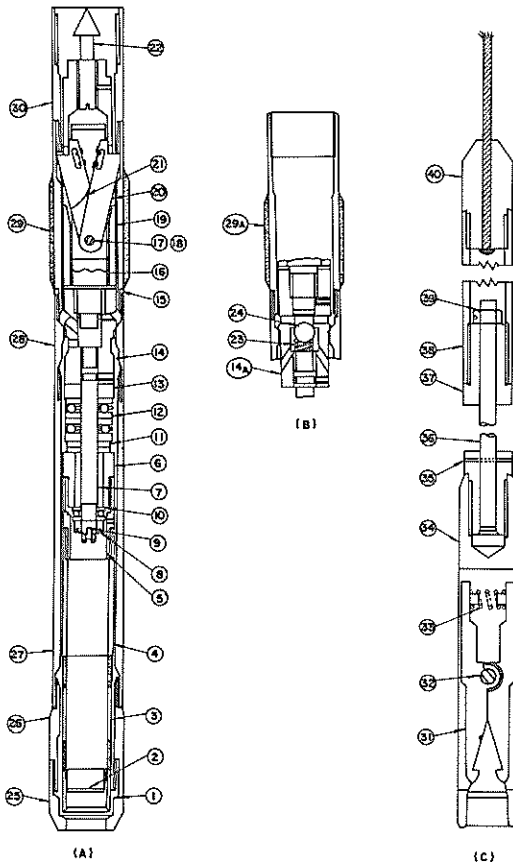


図-36 ワイヤラインコアバレル

式は岩盤用につくられたものであるから、やわらかい土質には適さない。最近、これをシンウォールサンプリングでは採取困難な比較のかたい土質用に改造したワイヤライン、ソイルサンブラと称する土質調査用サンブラが現われた。しかし、これは薄肉チューブを内管に使用したダブルコアチューブの一種に過ぎず乱さない土のサンプリングには適さない。

したがって、筆者は、このワイヤライン方式を、さらに改良して乱さない土のサンプリングが可能なるよう水圧式固定ピストンサンブラ²³⁾(図-37参照)との組合せを考え、大水深用に適したサンブラの開発を進めている。

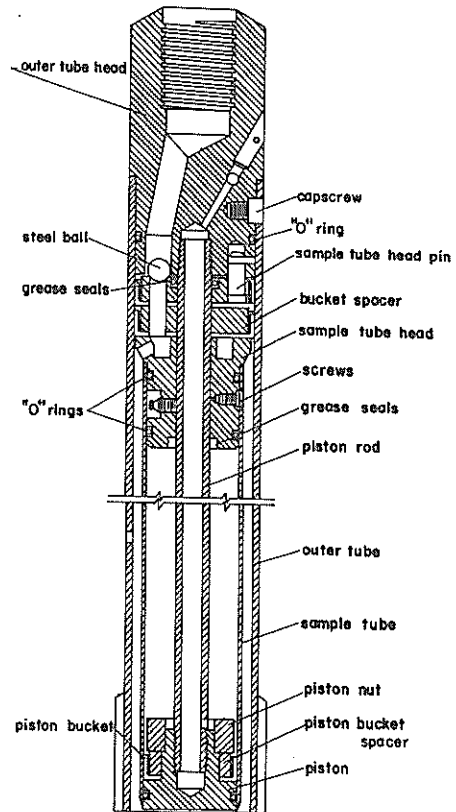


図-37 水圧式固定ピストンサンブラ

この方法はケーシングの一種であるワイヤラインロッドと称するワイヤライン専用のロッドを使用して掘削し、所定の深さになるとロッドの中をワイヤに取付けられたサンブラを降し、ロッドの頭部にウォータースイベル (Water Swivel) をつけてロッド内に水圧を加え、水圧式サンブラのサンプルチューブを固定したピストンに対し、80~100cm押し出してサンプルの採取を行なうものである。採取後ワイヤによってサンブラのみ引上げ、ロッドによ

てつぎの所定の深さまで掘削する。この作業の繰返しにより海底下50~100mのサンプリングが可能である。

この種の固定ピストン式サンブラはピストンが孔底に対し、ちょうどよい状態で密着していることが、乱れの少ない良好なサンプルを採取する条件となるので、これの確認が必要となる。この確認方法は深度が小さいところでは感触によることもでき、現在その方法によっているが、深度が大きくなるとサンプリング器具の重量が増して感触ではもはや不可能に近くなる。そこで、このサンブラにはピストンの底面に圧力計を取付けて、この接地状態を足場上で監視できるように考えている。

6. サンプリング時の自動計測 (Automatic Record in Sampling)

水深が大きくなると従来のように感触に頼るボーリングやサンプリングは適当ではないし、また不可能であろう。

大水深におけるボーリングやサンプリングにおいて地盤の硬軟に応じて自動制御できるシステムが開発されれば最も好ましいが、現実的にはなかなかむずかしい問題である。石油試掘のように途中の地質は特に必要としなければ自動遠隔操縦の可能性も高いが、海上土木工事の設計に必要な資料を得ることを目的とする場合には自動化、および遠隔操縦はきわめて複雑となり、経済性の面から可能性はきわめて少ないと思われる。

そこで、せめてボーリングやサンプリングの過程を克明に記録し、採取されたサンプルの信頼性を評価することができれば設計常数を採用するさいのきわめて有効なデータとなる。

Lang²⁹⁾はサンプリング方法と得られたサンプルの質との関連を把握する研究の一部としてサンプリング作業における基本的なパラメータを磁気テープに記録するシステムを開発している。以下、このシステムについて説明する。

このシステムはサンプリング作業における基本的なパラメータ、すなわちサンプリング深さ、押込圧力、(thrust)トルク (Torque)、回転速度、サンプル回収比 (Sample recovery)などを磁気テープに記録するものである。

Langはきわめて悪い条件で酷使されるシステムとして考慮すべき要素として次のものを挙げている。

- (1) 測定環境は器械にとっても測定者にとっても必ずしも良好ではない。
- (2) 器械のためにボーリングやサンプリング作業が阻害されたり、機械の能力が発揮されなかったりしてはならない。
- (3) 装置はたびたび移動運搬できるものであること。
- (4) 記録速度は適度であること。

(5) 記録に要する労力を最小限にすること。

(6) 現場には最も単純な電気器機を携行する。

上述の条件に合うものとして変換器は半永久的にボーリングマシンに取付けられ、すべて頑丈なものであり、気候や不測の損傷にも耐えられるようにしてある。ただし変換器に附属する電子回路は直接マシンに取付けると故障の原因になるので別のケーブルで接続できるよう配慮されている。このシステムのブロックダイアグラムを図-38に示す。

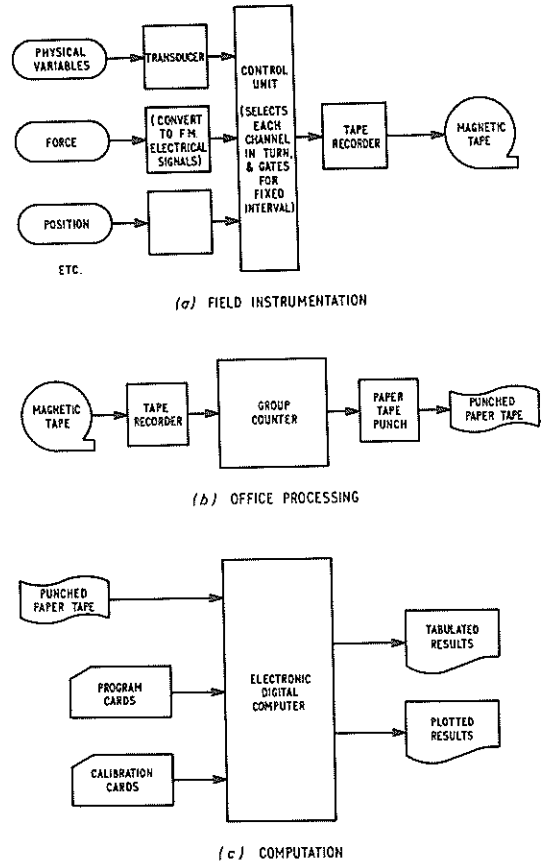


図-38 自動計測システムのブロックダイアグラム

この装置は戸外という厳しい条件のもとで使用されるので、零点の移動が大きく、パラメータの絶対値については測定範囲の3~6%の誤差を生じ得ると言われている。

筆者もこのような計測のごく一部として、ボーリング過程を監視する意味で掘削中の送水量と送水圧を測定し記録計に描かせている。(図-39参照)大水深のボーリング、あるいはサンプリングでは、このような計測は不可欠のものになるものと思われる。

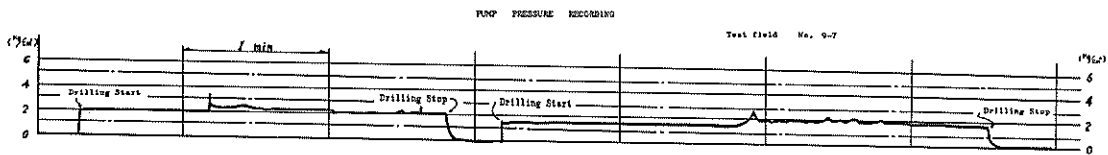


図 - 39 送水ポンプ圧力の記録図

7. 深層サウンディング (Deep Sounding)

サンプリングにはかく乱の影響など多くの問題点がある。そこで原位置において直接、強度など土の工学的性質がつかめれば好都合であることは誰れしも考えることでその研究は各方面で行なわれている。

こゝでは時間的制約のため2・3の原位置試験について簡単に紹介することに、とどめ詳細については、第2報以降に報告する。

7.1 原位置ベーンおよびコーン試験

(Vane shear test and Cone test)

ベーンテスト (Vane test) やコーンテスト (Cone test) が遠隔操作によって行なえる装置がアメリカの海軍土木研究所 (Navy Civil Engineering Laboratory) によってつくられた。^{30) 31)}

これはDOTIPOS (Deep Ocean Test Instrument Placement and Observation System) と呼ばれ、海底での観測、制御、データ通信、および原位置試験のシステムである。この装置は遠隔操作によることができるので、1,800 mの水深で使用可能であるが、試験できる深さは3 m程度のごく表面だけである。(写真-16、参照)

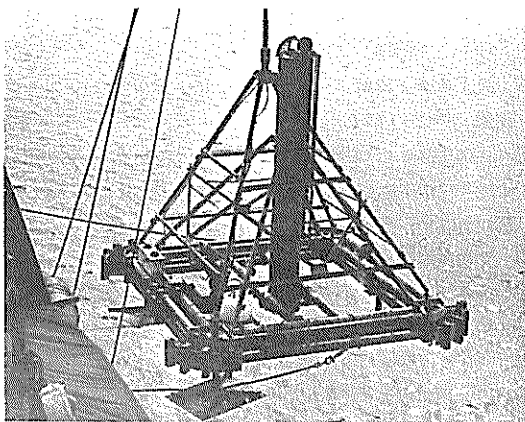


写真-16 原位置試験装置 (ベーンおよびコーン)

7.2 加速度計によるサウンディング^{32) 33)}

(Accelerometer)

Scott は大水深における表層のサンプルを採取するの

に簡便な重力式サンブラに加速度計を取付け、サンブラとしての役目を果し、かつ原位置試験も平行して可能な方法を試み、1,000回以上の実験を実施している。

この方法はサンブラが海中を落下し、海底につくと抵抗によりサンブラは時間的に減速する。この状況を記録し、これを積分すれば時間～速度関係が得られ、さらに積分すると時間～変位曲線が得られ、サンブラが海底に達したときの行動がわかる。サンブラ、および附属器機の質量がわかれば時間～変位データから、力～変位関係を知ることができる。これはさらにサンブラ内外面の土の支持力、および粘着力に関係づけられ、土のせん断強さを知ることができる。

サンブラで採取された土は室内試験によってせん断強さが求められるので、加速度計から計算したものと直接比較することができる。(写真-17参照)

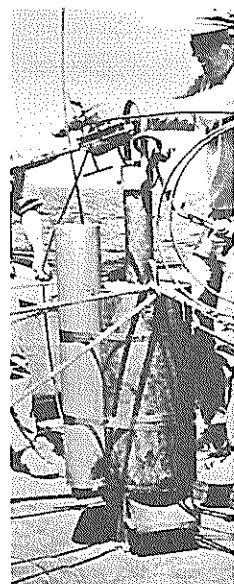


写真-17 加速度計付サンブラ

8. プレシオメータによるK値測定 (Presuremeter)

軟弱地盤のクイ基礎の設計において、水平力に対する安定性を検討するさいに、プレシオメータ (Presuremeter) によって求められた横方向地盤係数、いわゆるK値がよく用いられる。

このプレシオメータによるK値の測定方法には2・3の型式があるがメナール (Menard) プレシオメータはよく知られている。プレシオメータは図-40に示されたようにボーリング孔の中にゴムで覆われたセルを挿入し、セルの内部に圧力を加えて孔壁を押し、このときの地盤の横方向変位と圧力を測定することによってK値を求める試験装置である。この装置は計測部を船上に置きセルとの間

は特殊なブラチックチューブによって接続されているので、水深100m以上のところで海底から50m程度まで使用可能と言われている³⁴⁾。

しかし、この測定はボーリング孔内で行なわれるためボーリングによる削孔精度が直接K値の精度を左右するので特に注意する必要がある。

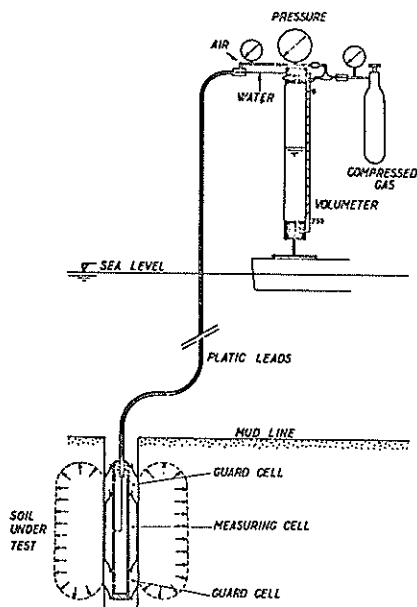


FIG. 16.—LOADING TEST ASSEMBLY

図-40 プレッシュオメータ

9. あとがき

この第一報では、まえがきに述べたように大水深海域における土質調査に必要な足場、およびボーリング、サンプリング、ならびにサウンディングの一部を紹介したに過ぎない。したがって第二報として、これらの不備を補遺すると同時に、海洋土質のサンプリングにおける問題点、ボーリング用ケーシングパイプなどの波浪、潮流などによる安定性の問題、ボーリングの遠隔自動操縦、あるいは現地における位置測量などについて取纏める予定である。

10. 謝辞

本資料の作成にあたり中瀬土性研究室長、奥村地盤改良研究室長、沢口基礎工研究室長、森口滑走路研究室長、梅原土質試験課長、および基礎工研究室官本技官には翻訳など多大の御協力をいただいた、ここに深甚なる謝意を表する次第である。なお、この資料作成に必要な写真など貴重な資料の提供を心よく引受けてくださった関係各位、ならびに研修資料課、資料係、および土質試験課の各位に厚くお

礼申し上げる次第である。

参考文献、その他

- 1) J. Harvey evans and Johnc. Adamchak: Ocean Engineering Structures, Massachusetts Institute of Technology
- 2) 港湾調査指針、(土質調査編) 日本港湾協会 1971
- 3) Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purpose, ASCE(1949)
- 4) 佐藤 進、東 保: 大平洋炭鉱における円筒式海上試験錐について、炭鉱技術 Vol.19 No.9 Sept.1964
- 5) 岡部三郎: 海底資源開発機械二題、建設の機械化 Mar.1969
- 6) 繁野鎮雄: アメリカ合衆国における海洋構造物研究の現況、土木学会誌 Vol.54 No.1 Jan.1969
- 7) 有田行雄: セドコ135形海底油田掘削装置、建設の機械化 Mar.1969
- 8) World oil sept.1968: 海洋機器開発 No.2
- 9) 伊崎 晃: 深海探測機「くろしお」号よりする海底ボーリング、鉄道技研速報 No.60-311
- 10) 寺田 明: 海洋開発と海中作業基地、オーシャン・エイジ Vol.3 No.5 May 1971
- 11) 氏家 宏: アメリカにおける深海掘削計画(DSDP) 海洋科学 Symposium-7 Vol.2 No.3 Mar.1970
- 12) World oil Dec.1969, 海洋機器開発 Vol.2 No.3 1970
- 13) ASCE, Proceedings: Conference on Civil Engineering in the Oceans, San Francisco Sept. 1969
- 14) 井上純夫: 海底ボーリング船(第1探海号)について 橋梁 May 1971
- 15) Jacques: flexible drillstem tools and techniques, institut fransais du pétrole Mar.1966
- 16) 河内英幸ほか: 海底地質のサンプリングおよびショートボーリング法の研究(その1)、地質調査所月報 Vol.18 No.10 1967
- 17) E. I. Kudinov 岸本文男訳: バイプロビストン探泥器、地質調査所月報 Vol.13, No.6
- 18) 丸山修司: バイプロハンマ試験錐機、地質ニュース No.152 1967
- 19) 小岩若生ほか: バイプロ・コア・サンブラに関する現地実験報告、港湾技研資料 No.109 Dec.1970
- 20) Louis Menard and Michel Gambin: 森技術研

- 究所誌, 海底探査における Hydraulic-Vibro-Driving
の使用 MGI Journal No.2
- 21) Ocean Magazine, Vol.1, No.3 Mar.1969
- 22) Moore, D. G. : Submarine Slumps, Journal
of Sedimentary Petrology, Vol.31 No.3
1961 pp343~357
- 23) Bentos, Inc. : Instruction Manual for
Model 1890 Boomerang Sediment Corer,
Bentos, Inc., North Flamouth, Mass.,
U.S.A 1968
- 24) A. Andrese, S. Sollie and A.F. Richards:
NGI Gas-Operated Sea-Floor Sampler,
Proceedings of the SIXTH International
Conference on Soil Mechanics and
Foundation Engineering Vol.1 Canada 1965
pp8~11
- 25) Richards, A.F., Editor: Marine Geotechnique,
Proceedings of 1966 International
Conference in Marine Geotechnique,
University of Illinois press.
- 26) Iraj Noorany, and Stanley F. Gizienski:
Engineering Properties of Submarine Soils
A State-of-the-art Review, Woodward-Clyde
& Associates.
- 27) W. Kjellman, T. Kallstenius, and O. Wäger:
Soil Sampler with Metal Foils, Royal
Swedish Geotechnical Institute Proceedings
No.1 Stockholm 1950
- 28) 通産省地質調査所技術部試錐課編: 図解ボーリング便
覧、ラテイヌ
- 29) J.G. Lang : Instrumentation of Soil Sampling
Operations, Proceedings of Specialty
Session No.1, Soil Sampling, SEVENTH.
International Conference on Soil
Mechanics and Foundation Engineering
MEXICO Aug.1969
- 30) Fenske, C.W. : Deep Vane tests in Gulf
of Mexico, Symposium on Vane Shear Testing
of soils ASTM Special Technical
Publication 193, 1967
- 31) Herrmann, H. : Private Communication, 1967
- 32) Caudle, W.N., Pope, A.Y., McNeill, R.L.,
and Margason, B.E., The Feasibility of
Rapid Soil Investigations Using High
Speed Earth Penetrating Projectiles,
Proceedings of International Symposium
of Wave Propagation and Dynamic Properties
of Earth Materials, Published by ASCE in
Aug.1967
- 33) McNeill, R.L. : Terraballistic Projectiles
Simplify Remote Preliminary Investigations,
Consulting Engineer, Apr.1969
- 34) Michel Ph. Gambin : Proceedings of ASCE
Vol.97, No-SM6. June 1971, Engineering
Properties of submarine Soil, State-of-
the Art Review by Iraj Noorany and Stanley
F. Gizienski Sept.1970
- 35) 石田 実: ルトーノ一形海洋石油掘削船「白竜号」建
設の機械化、Jan.1969
- 36) Offshore Structures & Equipments, Sasebo
Heavy Industries Co., Ltd カタログ
(1971.6.30 受付)

港湾技研資料 No. 129

1971. 9

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 東京プリント
東京都港区西新橋3-24-9 飯田ビル

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.