

運輸省 港湾技術研究所 松本一明 坂江宏保 小林正樹

1 はじめに

近年、大水深海域に沖込港湾、および海洋開発に関連した海洋土木工事が多く行なわれるようになり、その基礎地盤の設計に必要な精密な土質調査が要求されるようになってきた。

現在の海上における土質調査は、陸地に接した臨海部の比較的浅いところに集中している関係で、それに通じた調査方法や機器が用いられている。このため、水深の深い海域に、それらをそのまま水深分と大に延長しただけで利用することには、かなり差障がある。水深の深い沖合には、水際線付近にくらべて波浪や潮流の影響を強く受け、精度のよいボーリングは期待できない。とくに、構造物の建設を目的とした土質調査では、工事の経費性、ならびに安全性を確保するために基礎地盤の土質に関する情報を、いかに正確に掌握することが重要であり、海底地盤から、できるだけ乱さない状態の土質を採取する必要がある。

しかし、現状では、大水深になると、これが至難の業で乱さない試料というには、ほど遠い。それは、上述のように波浪、および関係によって、ケーシング、またはボーリングロッドが傾斜したり、湾曲してロータリボーリングの必要条件である円回転ができないこと、水深が大きくなると、サンプリング深さが深くなると、浅いところに通じた設計になっている従来の固定ピストン式シンクオールサンブラでは十分な機能が發揮できないこと、および波浪によって作業できない日が多く、作業稼働率の低下と、危険性を伴うために、作業のできる静穏な日に、できるだけ能率を上げようとして、採取試料の品質を無視した土質調査が行なわれていることなどによる。

そこで、大水深に通じた調査機器を開発し、自然堆積状態にもっとも近い乱さない土質試料が確実に、迅速、安全に採取できる方法と確立しなければならぬ。

港湾技術研究所では、このような情勢から、外洋シーバース、沖合い埋立による海上都市、海上空港など大水深構造物の建設を合理的に進めることを目的として、海底扇型土質の乱さない試料自動採取装置を試作した。この種の装置で試料の乱れが、あまり問題にならない地球物理学的調査、地質学的調査、および海洋資源開発調査などを目的として軟底の装置が設計、または製作されているが、建設工事に不可欠な土質工学的に言う乱さない試料採取の可能な装置は、ほかに前例をみないもので、ここに、その概要を述べる。

2. 製作概要

大水深に通じた土質調査方法としては、装置本体を海上側に吊く、いわゆる足場方式と、装置本体を海底部に沈めて作業する、いわゆる着床方式とに大別できる。前者には、石油試探などでよく知られている半潜水式のフローティングリグや、着床式のジャッキアップリグなどがある。これらのタイプは、はじめに述べた水深分による影響を排除したことにはならず、足場装置の建造費が相当高価となり、海洋土木工事を目的とした土質調査用としては不向きである。一方、後者は、海底に沈めた状態で作業するので装置各部の水深に対する配慮が必要であり、また複雑な自動操縦制御機構を必要とするが、水深分の影響を受けない海底面から直接作業できるので、構造物基礎の設計に必要な土質に関する情報を得るための乱さない土質試料を比較的容易に採取できる理想的な装置といえる。したがって、今回の装置の製作にあたっては、後者の海底に沈めるタイプに決定した。

この海底着床式の装置には、現在もっとも乱れのない試料が採取できることで知られている固定ピストン式シンクオールサンブラが組合せてあり、海上からの遠隔操作によって自動的に採取できるようにした。

装置の製作設計にさいし、外的条件、および装置の基本条件は、つぎのとおりである。

(1) 設計のための外的条件

- i) 作業水深 : 30 m
- ii) 海象条件 : 潮流 1.0 m/sec , 波高, 作業船の稼働限界から 1.5 m 以下
- iii) 海底地形 : 傾度 (最大) 10°
- iv) 海底面土質 : 軟弱粘性土・地盤
- v) サンプリング対象土質 : 粘性土, 砂質土, 砂 (小礫混りも含む)

(2) 設計の基本条件

- i) 掘進能力 : 60 m
- ii) 接地圧力 : 0.2 kg/cm² 以下
- iii) サンプリング方式 : サンプラの操作はワイヤライン方式による。(2.5 m に 1 回のサンプリング)
- iv) サンプル径 : 75 mm
- v) ドリリング能力 : 給進力, (押込, 引抜共) 4,000 kg
給進速度, 押込 0 ~ 2 m/min 4 段変速, 引抜 2 m/min ,
回転トルク, 300 kg・m
回転速度, 正転 5 ~ 120 r.p.m 4 段変速, 逆転 5 r.p.m (ネジ切り用)
- vi) ウインチ能力 (ワイヤライン用) : 巻揚力, 1000 kg
巻揚速度, 7.5 m/min
巻取量, 64 m (12 mm φ 1 段巻)
- vii) 送水ポンプ能力 : 吐出量, 80 l/min
吐出圧力, 3, 10, 30 kg/cm² の 3 段階切換
- viii) マニピュレータ取扱重量 : 100 kg
- ix) 使用電源 : AC 220 V, 60 Hz

3 装置の構成

装置は、図-1 に示すように海底地盤に着底して作業する海中部本体と、これの駆動を船上から遠隔制御する海上部に大別できる。

海中部本体は主として、つぎのものから構成されている。

- (1) ドリルヘッド (ボーリング装置本体)
- (2) 自動レベリングレグ
- (3) マニピュレータ
- (4) ガイドロッド, およびサンプラ格納スタッカ
- (5) 水中油圧ユニット
- (6) コンピュータ式シーケンサ
- (7) サンプルエレベータ
- (8) 水中TVカメラ

また、海上部は主として、つぎのものから構成されている。

- (1) 操作盤

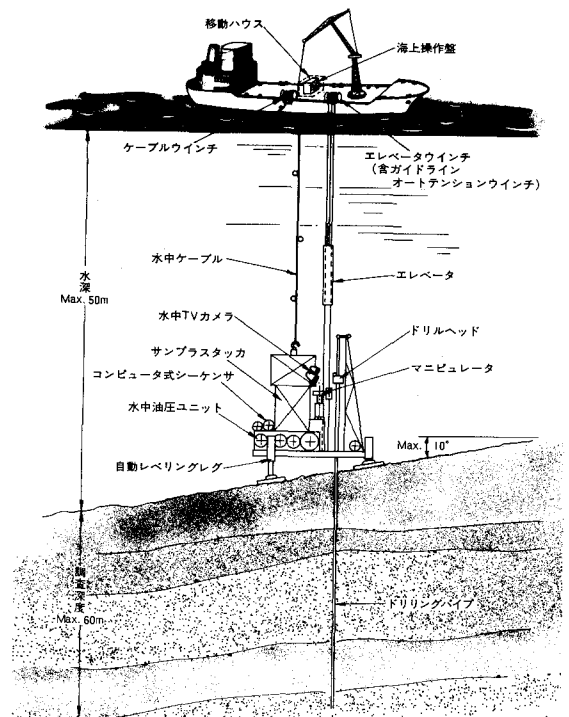


図-1 装置の構成図

- (2) 表示盤
- (3) 海上部制御装置
- (4) 水中ケーブルウインチ
- (5) サンプルエレベータ巻揚装置
- (6) デイゼル発電機

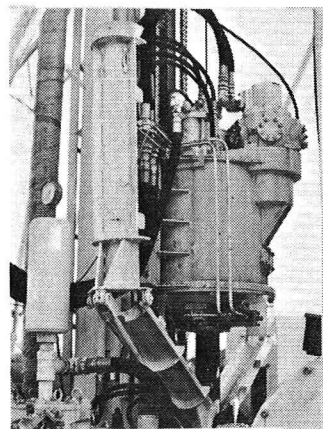
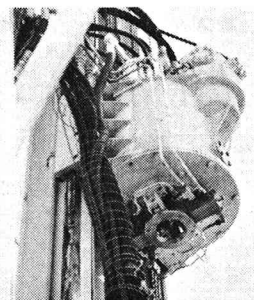
なお、(1)、(2)、(3)は、移動ハウスに収納され、操作室となっている。

4. 主要装置の概要.

(1) ドリルヘッド

ドリルヘッドは、掘削時の給進、回転、ガイドロッドのネジ接続、および解除、オーバーショットの内蔵と、解放機構を有した構造になっている。ドリルヘッドには、106mmのガイドロッドが直接挿入、把持できる。

ストロークは給進シリンダにより、リードやぐらに添って約6m昇降できる。このストローク中にドリルヘッドは、10個所での仕事を受けており、磁気近接スイッチにより制御装置を介して自動的に行なわれるようになっている。(写真-1(a))



(b) 参照

写真-1(a)(b) ドリルヘッド

(2) 自動レベリングレグ

ボーリング作業において、ボーリング孔の垂直性は重要である。とくに乱さないサンプリングを伴う場合には一層重要である。本装置では、海底地盤傾度10°までの傾きを、正三角形配置の3本レグによって自動的に修正できるようになっている。傾きの検出は、差動トランス型の電気式傾度計によって行なっている。検出された傾度によって、どのレグも修正するかを判断するための論理演算回路を介して、該当するレグに修正信号を出力し、油圧シリンダを駆動して修正する仕組みになっている。傾きと修正レグの関係は、図-2に示すとおりである。また、レグ

は、写真-2に示すよ

うな構造になっている。

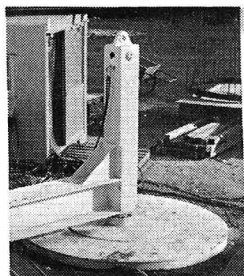
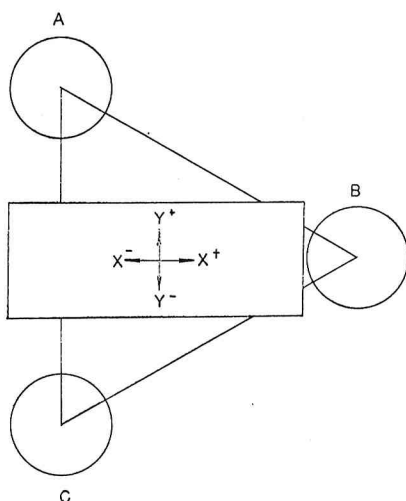


写真-2 レグ



傾斜状態 (10°以上)	上昇脚
Y ⁺	A
X ⁺	B
Y ⁻	C
X ⁻	A, C
Y ⁺ , X ⁺	A, B
X ⁺ , Y ⁻	B, C
Y ⁻ , X ⁻	C
X ⁻ , Y ⁺	A

図-2. 傾きと修正レグの関係

(3) マニピュレータ

マニピュレータは、装置の自動操縦に不可欠なものの一つである。

ボーリング、およびサンプリングに必要なガイドロッドなどの機具を格納装置（スタッカ）から取り出して、ボーリング孔位置に運搬し、また作業終了後格納装置に戻す役回をもっている。搬送する機具は、ガイドロッド、固定ピストンシンワールサンプリング、ダブルチューブサンプリング、クロスロッド（掘削用具）の4種類である。

搬送する機具の外径は、ガイドロッド106mm、その他の3種類は84mmである。この2つの異なる外径の把持は、特殊リンク構造によって、把持爪を駆動させることで、±20mmの許容量で外径の変化に対し、把持中心の移動を防ぐ構造になっている。

（写真-3参照）

(4) 海上操作盤、および表示盤

操作盤は、海底にある海中制御本体を海上から操作するためのもので、オペレータの操作によって自動、手動の両操作が可能のようになっている。

自動操作は、コンピュータ方式シーケンサによって、プログラムはブロック化されており、オペレータはブロック化された設定ボタンを押すことによって、全動作が自動的に進行する。一方、手動操作は、自動操作中に何らかのトラブルが発生した場合に、それを処置するために設けられている。これらの指令信号は、船上、および海中にあるデジタル送受信機を介して行なわれるようになっている。（写真-4参照）

表示盤は、海底で行なわれている作業状況を監視するためのものである。表示は、一新グラフィック化されており、ランプ、アナログメータ、デジタルメータによって行なっている。また、本装置には水中テレビカメラにより、ガイドロッドのネジ継ぎ工程を監視できるようになっている。（表示盤右上のモニターテレビによる）

（写真-4参照）

表示項目の主なものはつぎのとおりである。

- i) シーケンスプロセス
- ii) 掘進深度
- iii) サンプリング深度
- iv) ドリルヘッド回転の計測（7項目）
- v) マニピュレータ順序の表示（3項目）
- vi) X-Y傾斜角
- vii) 送水圧力
- viii) 各種警報ランプ
- ix) その他7項目

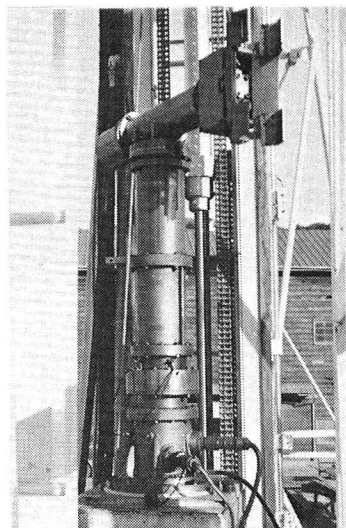


写真-3 マニピュレータ

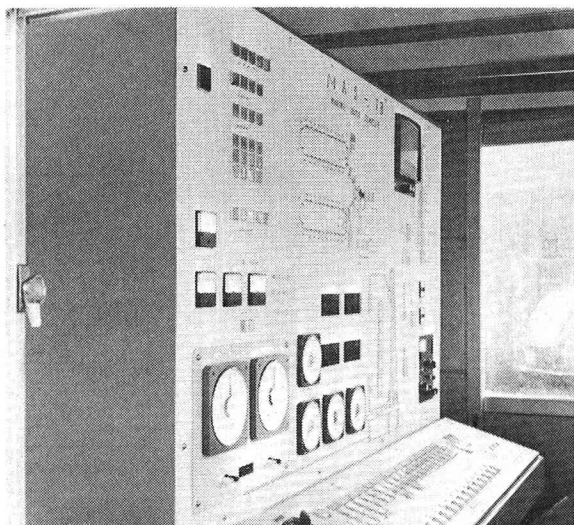


写真-4. 海上制御装置（操作および表示盤）

5. 動作の概要

本装置による海中作業の順序を図-3のフローチャートによって示す。

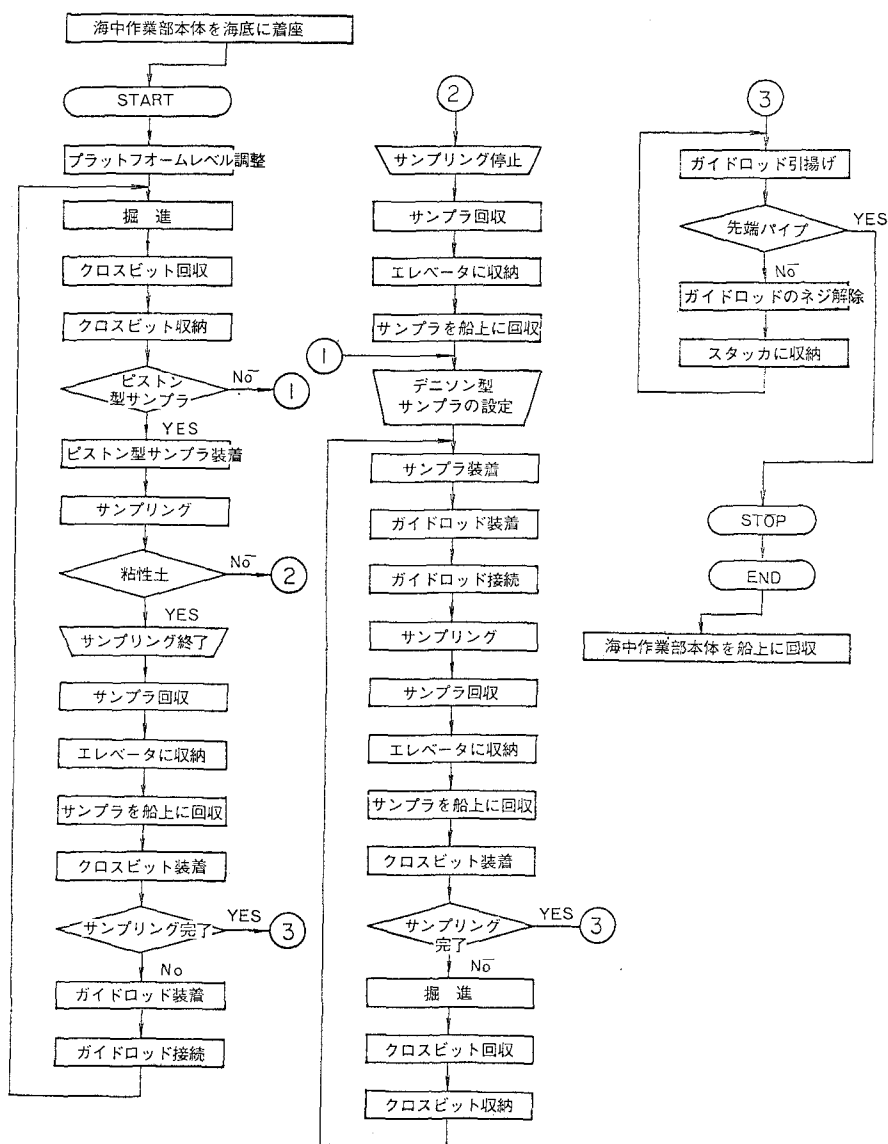


図-3 作業のフローチャート

6. 装置の特徴

- (1) 軟弱地盤(粘性土)の調査用として、適した機能を有している。
- (2) 海底扇型であるから水深分のロスがない。
- (3) 海底面下60mmまでの軟弱粘性土の乱さない試料が採取できる。(国産ピストン式シンワールサンプラが使用される)

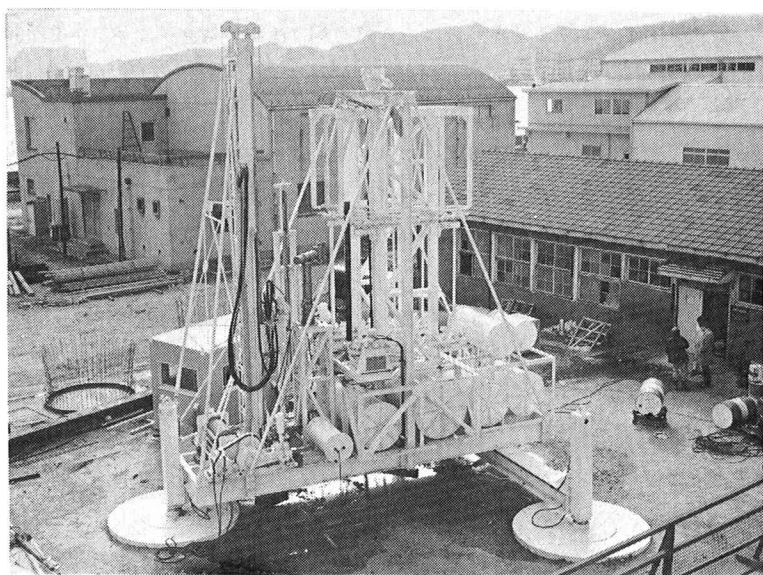
- (4) 全油圧駆動方式のため、安全、確実な作業ができる。
- (5) ボーリング孔の垂直性を確保するため、正三角形配置のレベル調整レグをもっている。
- (6) 海中におけるガイドロッド、および2種類のサンプリングなどは一基の自由度マニピュレータによってハンドリングされる。
- (7) 海中制御装置は、コンピュータ方式シーケンサを備えており、あらかじめ定められたプログラムにしたがって自動的にサンプリング作業などが実施される。
- (8) 採取されたサンプルは、サンプルエレベータによって一本舟に船上に引揚げられるので、土質の確認をしながら、つぎのサンプリングに進むことができる。
- (9) 制御、信号系は多重送受信方式を採用しているため、深い複合ケーブル1本ですむので、取扱いが容易である。
- (10) 装置の作動に、もし万一異常事態が発生した場合、手動操縦に切換えられ、オペレータの意志どおりの作業ができるので、装置の重大な損傷を防ぐことができる。

7. おわりに.

本装置の開発によって、従来困難とされていた水深の深い海域(20～50m)から乱さないサンプルが採取できるようになり、大水深港湾構造物、あるいは橋脚構造物を経済的に、また安全に建設することが可能となる。現在、この装置は、海中検証の本番に備えて陸上テスト中の段階であるが、陸上テストの結果では当初の設計条件を満足する結果を得ている。

本装置では、前述したようにサンプリングは2.5mに1回、間欠的に行なわれるが、これを連続性のあるものにするため、現在検討を進めている。また、この種の装置を全天候に耐し可能なよう併せて検討を行なっている。

最後に、この装置を開発した、葦垣工業株式会社の製作担当者熱意に感謝を表明する次第である。



陸上テスト中の海底着座型 試料採取装置