

# 港湾技術資料

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

No. 498    Sept. 1984

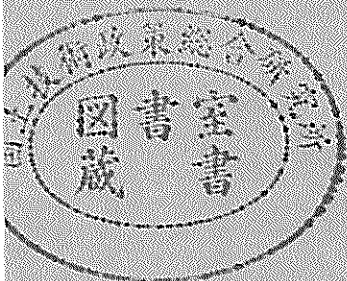
## 大阪湾泉州沖海底地盤の工学的性質

(その1) ボーリング及びサンプリング    堀江宏保・善 功企  
石井一郎・松本一明

(その2) 物理的性質・圧密特性・透水性    石井一郎・小川富美子  
善 功企

(その3) 静的せん断特性    土田 孝・菊池喜昭  
中島謙二郎・小林正樹

(その4) 動的変形および強度特性    大根田秀明・梅原靖文  
樋口嘉章・入澤一明



運輸省港湾技術研究所

## 序 文

大阪湾泉州沖に埋立地を造成することにより、関西国際空港の建設が計画され、昭和52年度、53年度、56年度及び57年度の4回にわたって、当海域の土質調査が実施されている。

水深20m地点における埋立地の造成とその利用にあたっては、当海域の海底地盤が軟弱な沖積粘土層の下に粘土を主体とする洪積世堆積物が深層まで続く地盤であるため、土質工学上解決すべき多くの問題が考えられる。特に、従来の港湾建設ではあまり問題とされない洪積粘性土層の土質工学的特性が大規模な埋立にともなう上載荷重の深層部への影響という観点から問題とされる点の一つの特徴と考えられる。

港湾技術研究所土質部では、大阪湾泉州沖土質調査において、大深度の土質調査の必要性に対応して、その調査方法の検討を実施するとともに、当海域における代表的地点において採取された乱さない試料について各種の土質実験を行い、各専門分野から海底地盤の工学的性質の評価ならびに検討を行った。

各種の調査ならびに試験についての詳細はそれぞれの報告に述べられているが、主要な結論を総括的に示すと下表のようになる。

調査試験結果のまとめ	
ボーリング・ サンプリング	ワイヤライン方式のサンプリング方法により、-400mまでの試料の連続採取を実施した。従来方式にくらべて、1.5~2倍の作業能率の向上、採取試料の品質の向上が認められた。
物 理 試 験	洪積層試料の土粒子比重、粒度組成、コンシステンシー特性は沖積層試料の場合と変わらない。液性指数については、沖積層試料の場合1以上であるのに対し、洪積層試料の場合0以下となった。
高圧圧密試験・ 長期圧密試験	洪積粘土の圧密降伏応力の正確な決定には荷重増加率の小さい試験が適している。長期圧密試験によれば、二次圧密係数は時間経過及び圧密荷重により大きく変化する。
透 水 試 験	乱さない場合ならびに乱した場合の砂質土について、それぞれの透水係数の密度及び粒度組成による変化傾向が明らかにされた。
室内ベーンせん断試験	沖積粘土の残留応力はピーク時の20~30%程度、鋭敏比は10~20の値が得られた。
三 軸 C I U 試 験	洪積粘土の正規圧密領域における強度増加率は塑性指数にかかわらず0.26~0.34(平均0.30)、また、せん断抵抗角 $\phi'$ も塑性指数にかかわらず28~32度の範囲にある。これらは沖積粘土の場合にくらべやや小さい。洪積粘土の正割係数 $E_{s0}$ と非排水せん断強度 $C_u$ との比 $E_{s0}/C_u$ は100~500の範囲にある。
三軸クリープ 試験	破壊強度と破壊時間の間には、載荷の方法によらず一定の関係がある。等方圧密後のクリープ特性は $K_0$ 圧密後の特性と相違する。破壊時の有効応力比は圧密及びせん断方法によらず一定である。

<p>共振振動三軸 試験 (変形特性)</p>	<p>最大せん断剛性率<math>G_0</math>は原位置試験結果と比較的良好一致を示す。大阪湾の試料に対し、間隙比<math>e = 0.78 \sim 2.5</math>の範囲の土のための<math>G_0</math>の予測式を提案した。また、せん断剛性率のひずみ依存性、減衰比<math>h</math>などと塑性指数<math>I_p</math>との相関性を示した。</p>
<p>振動単純せん 断試験 (強度 特性)</p>	<p>泉州沖海底地盤の動的強度及び動的強度比は一般の正規圧密粘性土より大きい。</p>

今回の調査試験の実施にあたっては、運輸省第三港湾建設局、同神戸調査設計事務所、同関西国際空港計画室より多大な助力と配慮をいただいた。また、本調査試験の成果を報告するにあたり、奥村樹郎前土質部長から適切な指導や有益な助言を頂いた。

以上の各関係機関ならびに関係各位に対し、深く謝意を表する次第である。

# 大阪湾泉州沖海底地盤の工学的性質

## 目 次

(その1) ボーリング及びサンプリング	
.....堀江宏保・善 功企・石井一郎・松本一明.....	5
((Part-1) Boring and Sampling.....Hiroyasu HORIE, Kouki ZEN,	
.....Ichiro ISHII and Kazuaki MATSUMOTO)	
(その2) 物理的性質・圧密特性・透水性	
.....石井一郎・小川富美子・善 功企.....	47
((Part-2) Physical Properties, Consolidation Characteristics and Permeability	
.....Ichiro ISHII, Fumiko OGAWA and Kouki ZEN)	
(その3) 静的せん断特性	
.....土田 孝・菊池喜昭・中島謙二郎・小林正樹.....	87
((Part-3) Static Characteristics of Shear	
.....Takashi TSUCHIDA, Yoshiaki KIKUCHI,	
Kenjiro NAKASHIMA and Masaki KOBAYASHI)	
(その4) 動的変形および強度特性	
.....大根田秀明・梅原靖文・樋口嘉章・入澤一明.....	115
((Part-4) Dynamic Stress-Strain and Strength Properties	
.....Hideaki OHNEDA, Yasufumi UMEHARA,	
Yoshiaki HIGUCHI and Kazuaki IRISAWA)	

# 大阪湾泉州沖海底地盤の工学的性質 (その1)ボーリング及びサンプリング

堀 江 宏 保 \*  
善 功 企 \*\*  
石 井 一 郎 \*\*\*  
松 本 一 明 \*\*\*\*

## 要 旨

大阪湾泉州沖の海底地盤は、軟弱な沖積粘土層の下に粘土を主体とする洪積世堆積物が深層まで続いている。関西国際空港建設の際、大規模な埋立てによる上載荷重の影響は深層に到ることが予想される。したがって、深層部の土の工学的性質を把握するため、大深層に及ぶ土質調査を適切に実施し、品質の良い試料を採取する必要がある。

港湾技術研究所土質部では、おもに岩盤調査に用いられているワイヤーライン方式のボーリングを改良し、あらゆる土質に適用できる港研ワイヤーライン工法を確立している。昭和56年度に同海域で、25地点に及ぶ土質調査が実施され、このうち2地点の深層土質調査が同工法により、港湾技術研究所が担当して行われた。本文は、この調査結果を取りまとめたものである。調査結果から次の事実が判明した。

- (1) 調査に用いた足場やぐらの引上げ時に生ずる地切り力は、やぐらの水中重量の2～3倍の値が実測され、設計値の妥当性が確認できた。
- (2) 港研ワイヤーライン工法で採取した試料と、従来工法により採取した試料の一軸圧縮強度での対比では、前者の値は—100m以深でやや大きく、乱れの影響は少い。
- (3) 本工法の作業能率は、従来工法に比べ、約1.5～2倍であり、その作業実績は日進約5mであった。

---

\* 土質部 土質調査研究室長  
\*\* 土質部 動土質研究室長  
\*\*\* 土質部 土質調査研究室  
\*\*\*\* 前土質部 土質調査研究室長

## Engineering Properties of Marine Clay in Osaka Bay (Part-1) Boring and Sampling

Hiroyasu HORIE\*  
Kouki ZEN\*\*  
Ichiro ISHII\*\*\*  
Kazuaki MATSUMOTO\*\*\*\*

### Synopsis

The subsoil off-Sensyu in Osaka bay is composed of a soft alluvial layer and successive diluvial clayey deposits with sandy seams.

The influence of overburden which arises from reclamation of sea area by the construction of Kansai International Airport, is expected to be transferred to the layers over several hundred meters deep.

The appropriate soil investigation of the deep layers is required to provide the high quality of undisturbed samples. In the Port and Harbour Research Institute, the conventional wire-line sampling system mainly adopted for sampling soft rocks was improved so as to be able to apply the various types of soils. The improved PHRI type wire-line sampling system was used for the soil investigation performed in 1981 at the project site in Osaka bay.

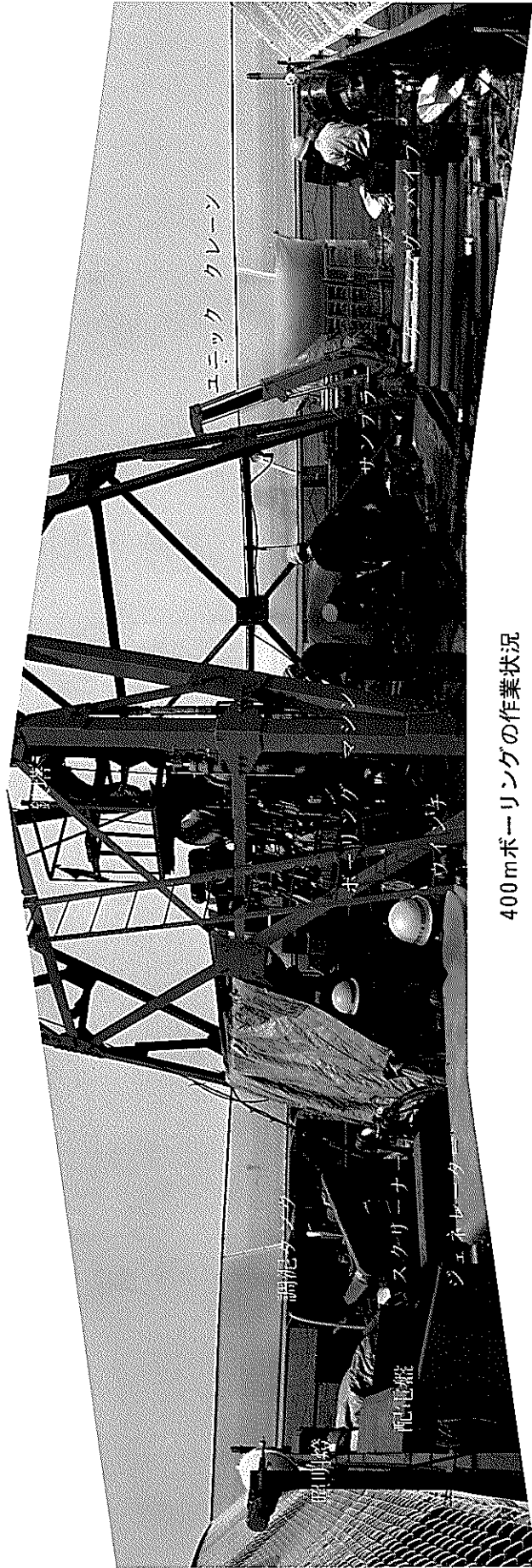
The details of the PHRI type wire-line sampling system and the records of application are presented in this paper for the reference of the soil survey in future at the port and harbour area.

---

\* Chief of Soil Investigations Laboratory, Soils Division  
\*\* Chief of Soil Dynamic Laboratory, Soils Division  
\*\*\* Member of Soil Investigations Laboratory, Soils Division  
\*\*\*\* Former Chief of Soil Investigations Laboratory, Soils Division

# 目 次

要 旨	5
1. はじめに	11
2. 土質調査の概要	11
2.1 調査内容	11
2.2 調査方法	11
2.3 深層調査の必要性	11
3. 足場やぐら	13
3.1 やぐらの設置及び安全管理	13
3.2 地切り力	16
3.3 機械・資材・諸設備の配置	16
4. ワイヤーライン工法	17
4.1 開発の背景	17
4.2 港研ワイヤーライン工法	18
4.3 サンプラー	19
4.4 ワイヤーライン工法のシステム	21
5. 調査結果	23
5.1 地盤の層序	23
5.2 地層断面図	23
5.3 サンプリングの結果	24
5.4 作業能率と経済性	25
6. ま と め	29
7. あとがき	30
参 考 文 献	30



400mボーリングの作業状況



## 1. はじめに

関西国際空港建設予定地の地盤は、軟弱な沖積粘性土の下に洪積粘土及び洪積砂層が互層状に深層に至るまで堆積している。空港建設に先立ち大規模な埋立てによる人工島を造成することから、上載荷重の影響はるか深層にまで到達することになる。このため深層部の土質調査を適切に実施し、品質のよい乱さない試料を能率的に採取する必要がある。

このような背景のもとで、同海域における3回目の土質調査が昭和56年度に、25地点を対象にして実施された。さらに昭和57年度には、4回目の土質調査が行われ、このときには調査孔が30箇所にも及んでいる。昭和56年度に行われた25孔のボーリング調査のうち、2孔については、港湾技術研究所が担当している。この2孔のボーリング調査は、従来の土質調査と比較するといくつかの特徴を有する方法が採用されている。

すなわち、①調査深度が工事基準面下200m、400mと、これまでの港湾地域の土質調査に比較してかなり深層まで調査すること。

②従来の土質調査方法と異なる港研ワイヤーライン工法が採用されたこと。

③深度-400mまで原則として連続的にすべての試料を採取する、いわゆる連続サンプリングであること、などである。

本資料は、港湾技術研究所が担当した2孔の土質調査を中心に述べ、併せて新しい土質調査法である港研ワイヤーライン工法を紹介することにする。

## 2. 土質調査の概要

### 2.1 調査内容

本資料は、関西国際空港建設予定地である大阪湾泉州沖約5Kmの沖合海域において実施された土質調査のうち、港湾技術研究所が担当した2地点の深層土質調査を中心にまとめたものである。

同海域で過去に行われた土質調査は、昭和52年度、53年度、56年度及び57年度の4回に及んでいる。

図-1は、これらの調査で実施されたボーリング孔の配置を示している。港湾技術研究所で担当したボーリングは昭和56年に実施した25孔のうち⊕印で示した56-3(水深-16.7m、掘削深度-200m)、56-9(水深-18.5m、掘削深度-400m)の2孔である。

表-1は、昭和56年に実施した25孔の土質調査・試験の数量を、表-2には、昭和57年に行われた30孔の土質

調査・試験の数量をそれぞれ巻末に参考までに掲げた。<sup>1)</sup>

表-3は、昭和56年に実施した調査・試験の項目を示した。

### 2.2 調査方法

巻末の表-1、表-2に示したボーリング方法は、そのほとんどが従来工法によるものであるが、Na56-3、56-9、57-9及び57-30については、それぞれ-200m、-400m、-150m、-400mと他のものよりも調査深度が深いため港研ワイヤーライン工法と称する深層土質調査に適した新開発の工法によって行われたものである。<sup>2)</sup>

従来工法によるボーリング及びサンプリングは、これらの調査深度が港湾における一般的な調査深度よりも深いことや過去の経験(昭和52、53年度の調査)から、ボーリングロッドの径を53.9mmとし、ボーリングマシンも、TOM-150クラス(オイルフィード式ボーリングマシンの中型クラス)のものが使用された。

一方、ワイヤーライン工法は、従来工法とボーリング方式が異なり、かなり大きな径のボーリングロッドを用いて掘削することになる。つまり、外径135mmのワイヤーラインロッドと称する同工法専用のロッドが使用される。しかも、このロッドはボーリングマシンのスピンドル(給進及び回転をロッドに伝達させる部分)を貫通させる必要があるため、135mm以上のスピンドル口径をもつ大型のボーリングマシンが使用された。

表-4は、56-9(-400m)孔の調査で使用された機械器具の一覧表である。<sup>3)</sup>

### 2.3 深層調査の必要性

空港建設予定地の海底地盤は、沖積粘性土層の下に数百メートルにも及ぶ粘性土主体の洪積層が確認されている。空港島を造成するため5Km×2.5Km程度の埋立が行われるとすると、原地盤に生ずる盛土による応力は、深層まで到達することになる。

図-2(a)に示す荷重の隅角部直下における影響値 $I_0$ をみると、図-2(b)のように深さ-400mの地点で0.24程度である。このことは、深さ-400mの地点でもなお上載荷重の1/4程度の応力が増分として加わることを意味している。

また、この海域の水深は、約-20mであることから盛土荷重もかなりの大きさになることが予想され、原地盤に及ぼす影響も大きなものとなる。このため、洪積層の深層部における土質特性、とくに圧密特性を十分把握しておくことは重要な課題の一つであるといわれている。<sup>4)</sup>

一般に、洪積粘土層は過圧密状態にあり、ある程度の

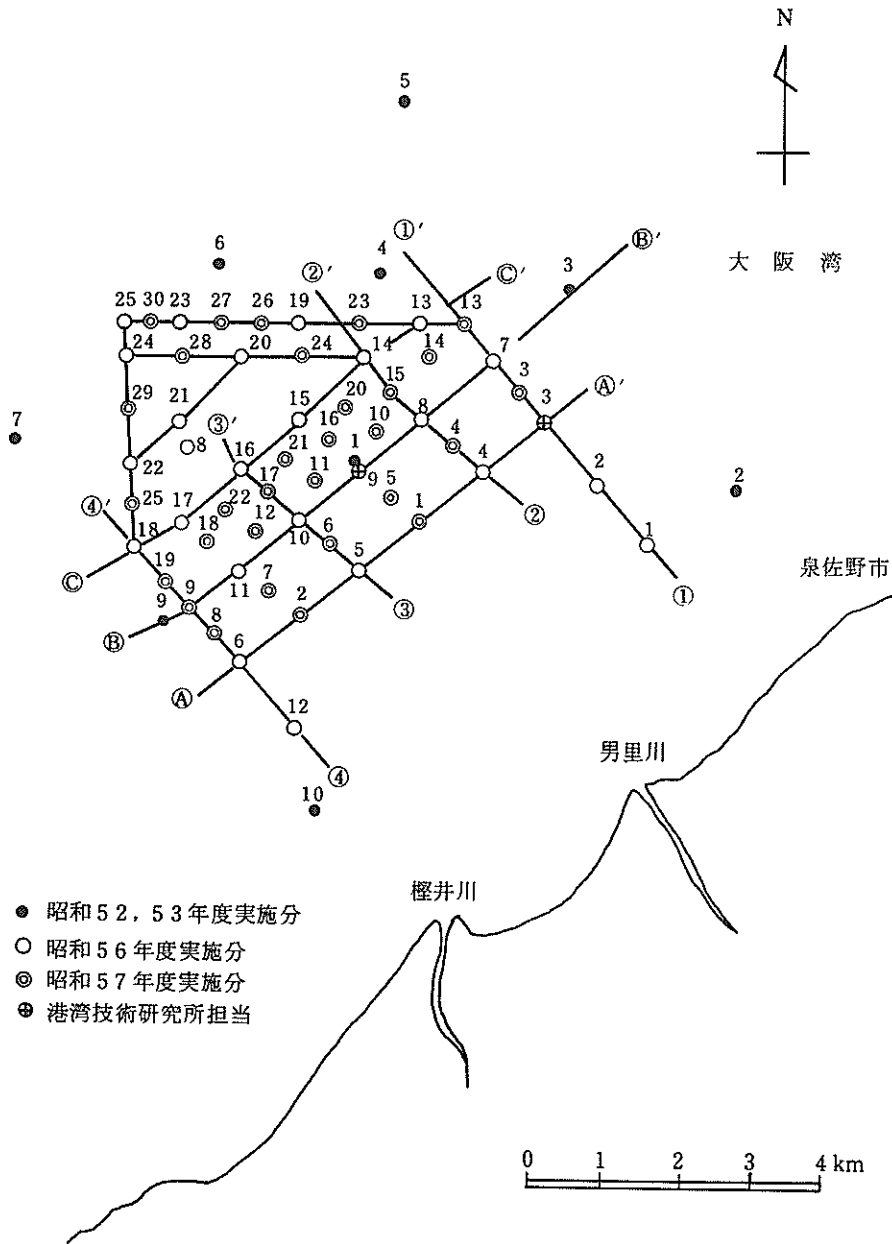
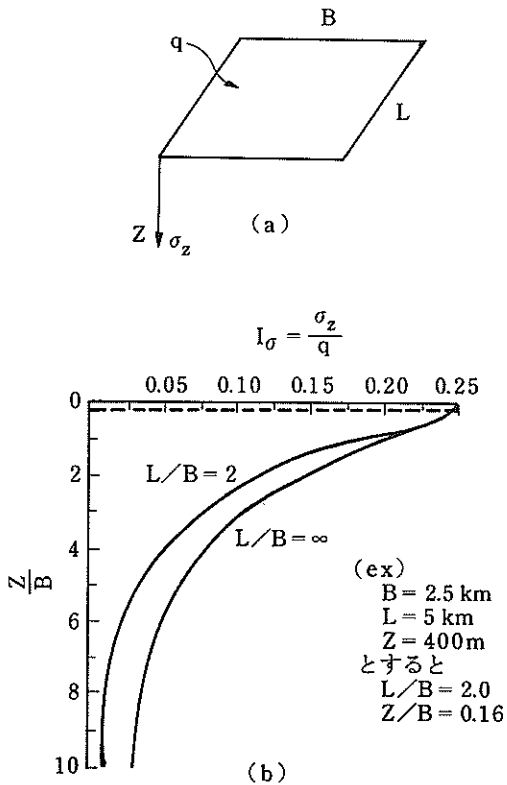


図-1 ボーリング孔の配置

表一 3 調査試験項目一覧

物理試験	力学試験	化学試験	原位置試験	その他の試験
比重試験	圧密試験	塩化物含有量試験	PS 検 層	微 化 石
粒度試験	一軸圧縮試験	pH 試 験	孔内載荷試験	火 山 灰
含水量試験	三軸圧縮試験	有機物含有量試験	ベ ー ン 試 験	古 地 磁 気
単位体積重量試験	動的三軸試験		静的コーン貫入試験	年代測定等調査
液性限界試験	透 水 試 験		砂層の水圧測定	
塑性限界試験				



図一 2 等分布長方形荷重による影響値

荷重以下ではほとんど沈下の発生がみられないが、盛土荷重が大きく、応力増加分が圧密降伏応力を越える可能性がある場合には、竣工後の圧密沈下に注意する必要がある。以上のことから、深層部の乱さない試料採取を伴う土質調査が要求されるわけである。

### 3. 足場やぐら

#### 3.1 やぐらの設置及び安全管理

足場やぐらは、製作地である兵庫県加古郡播磨町から調査地点まで、海上を300トン吊りのクレーン船により曳航された。写真一参照

図一 3は、港湾技術研究所土質部が調査を担当した56-3 (-200m)、56-9 (-400m)の掘進に用いられた足場やぐらである。

足場やぐらの重量は約150トン、高さは32mで、図一 3のA-A'断面上に鉄塔(試錐マスト、12×12×16m)を設置したときの全長は、約50mにも及んでいる。

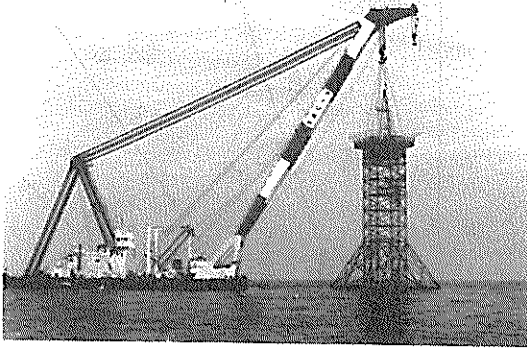
写真二は、56-9地点に設置された足場やぐらである。

一般に、港湾地域の土質調査で用いられる鋼製の足場やぐらは仮設構造物であるため、移動時の引上げなどを考慮して底面をH型钢による骨組構造にしているものが多い。図一 3に示した足場やぐらもその一例であるが、足場やぐら全体の安定性の検討を行う際には、このような構造物に対する地盤の支持力の評価法が現況では確立されていない。したがって、足場やぐらの安定性に関しては、多くの場合経験的に検討されているのみで、不安定な地盤では、異常気象などと相まって足場やぐらの転

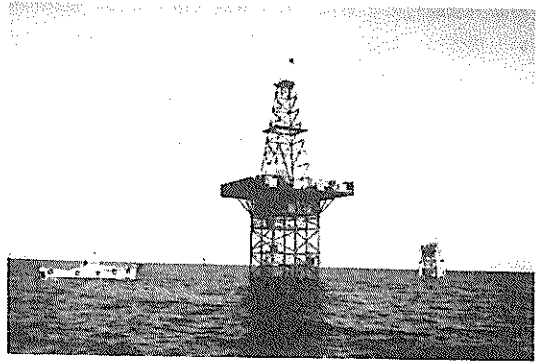
表一４ 使用機械器具一覧（－400m孔）

機 械 器 具 名	性 能	形 状 ・ 規 格	単 位	数 量	摘 要
試 錐 機	Φ200mm 1000m	TXL-3	台	1	利根ボーリング
電 動 機	71P・S	NP-60	台	1	ニッサンディーゼル
ポ ン プ	500l/min.	MG-40	台	1	鉾 研 試 錐
”	10.0l/min.	NDH-100E	台	1	利根ボーリング
マ ッ ド ミ キ サ ー	3.7kW	MCE-200	台	1	利根ボーリング
発 電 機	80kVA	YPG-80	台	1	ヤ ン マ ー
電 熔 機	10.3kW	200V, 250A	台	1	デ ン ヨ ー
W L 用 巻 揚 ウ イ ン チ	7.5kW	単胴開放型	台	1	利根ボーリング
ロ ッ ド	WL (ワイヤーライン) 用	Φ135mm×3m	本	155	
”	”	Φ135mm×1.5m	本	4	
”	”	Φ89mm×3m (HQ)	本	140	
ケ ー シ ン グ		Φ267.4mm×2.7m	本	25	
”		Φ216.3mm×2.7m	本	65	
”		Φ165.2mm×2.7m	本	112	
”		Φ114.3mm×2.7m	本	140	
固定ピストンサンプラー	WL用薄用		組	2	
”	WL用厚肉		組	2	
サンドサンプラー	WL用		組	1	
リジットサンプラー	”		組	1	
デニソンサンプラー	”		組	2	
コ ア バ レ ル	” (HQ用)		組	2	
サンプリングチューブ	薄肉用	Φ94mm×1.25m	本	34	
”	厚肉用	Φ89.1mm×1.17m	本	153	
”	サンドサンプラー用	Φ89.1mm×0.62m	本	35	
”	リジット用	Φ94mm×1.00m	本	20	
”	デニソン用	Φ89.1mm×1.10m	本	172	
電 波 距 離 測 定 機	測定距離 max = 100 km min = 100 m	8D-030型 主局, 従局2基	式	1	
レ ッ ド		5.0m用	台	1	

ボーリング及びサンプリング



写真一 足場やぐら曳航



写真二 調査地点に設置された足場やぐら

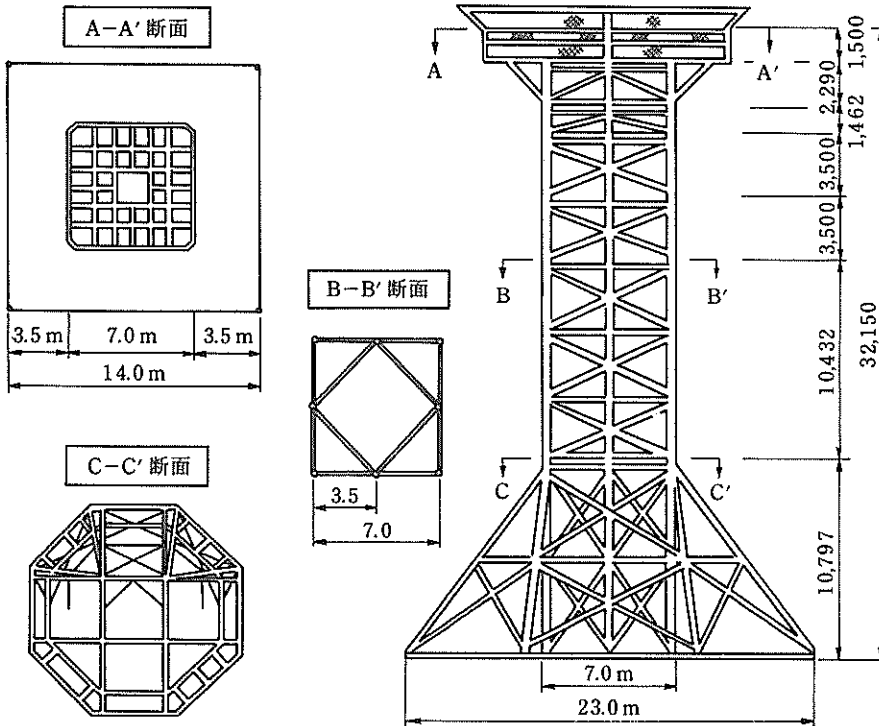
倒事故につながった例もある。

今回の調査では、

- ①調査地点が陸上から約5 kmの沖合にあり、足場やぐらの転倒は人身事故につながる危険性が高い。
- ②工期が限定されており、足場やぐらの転倒による手

戻り工事が許されない。

- ③冬季の荒天下に実施するため、安全性をより高める。
- ④掘進深度が大きいので、足場やぐらの傾斜によるボーリング孔の湾曲を極力防止する必要がある。などの理由により、現場における足場やぐらの挙動について各種



図一 足場やぐら

の観測を行うとともに、安全管理を厳くした。観測に用いた機器は、傾斜計・加速度計・間げき水圧計などである。しかし現実には、調査期間中気象条件に恵まれたことにより、予想していたほど大きな風力や波浪の襲来がなかったため、これらに関するデータは得られなかったが、通船の衝突による足場やぐらの挙動や沈下量・傾斜のチェックなど足場やぐらの現場における計測データが得られたので一応の目的は達せられた。

### 3.2 地切り力

土質調査終了後、足場やぐらはクレーン船により撤去されるが、このときのやぐらの地切り力は、

①やぐら底面に発生する付着力。

②やぐらの周辺に作用する周面摩擦力。などにより、やぐらの水中での重量よりかなり大きくなる。足場やぐらの設計にあたって、地切り力はフランジ部の設計条件の決定に大きく影響する。現状においては、その算法について不明な点もあるが、経験的に粘土地盤においては、やぐら自重の3倍の地切り力を採用しているようである。

図-4は、今回の大阪湾における調査で使用された9基の足場やぐらの自重と地切り力の関係を示したものである。この図から明らかなように、地切り力は、足場やぐらの自重の1.5~3倍となっている。この図に示した自重とは、足場やぐら本体の重量で、ボーリングマシンや調査に必要な資機材をやぐらに搭載して実際に現地に設置されているときの重量とは異なるが、経験的に、足場やぐら自重の3倍の地切り力をやぐらの設計に採用していることの妥当性を裏付けるものである。

図-5は、足場やぐらの水中重量と地切り力の関係を示している。この図では、足場やぐら上に調査用資機材が搭載されている場合も、搭載されていない場合も含めて示されているが、9基の足場やぐら中▽印で示したIやぐらを除けば、地切り力としてはやぐらの水中重量の2~3倍が得られている。この結果は、調査終了後のやぐらの撤去の際に、クレーン船の吊上げ荷重の容量を決定するときの参考となるものと思われる。

図-6は、足場やぐらの地盤中への貫入量と地切り時の地盤の抵抗力を示したものである。地盤の抵抗力としては、周面摩擦力、底面付着力、土被り荷重などが考えられる。この測定結果は、地盤への貫入量の相違では地切り時の地盤の抵抗力に明確な差はみられず、9基のやぐらすべてが50~100トンの範囲に入っている。

なお、足場やぐらの底面には、H型钢が使われており、その面積は30~60m<sup>2</sup>程度とされている。

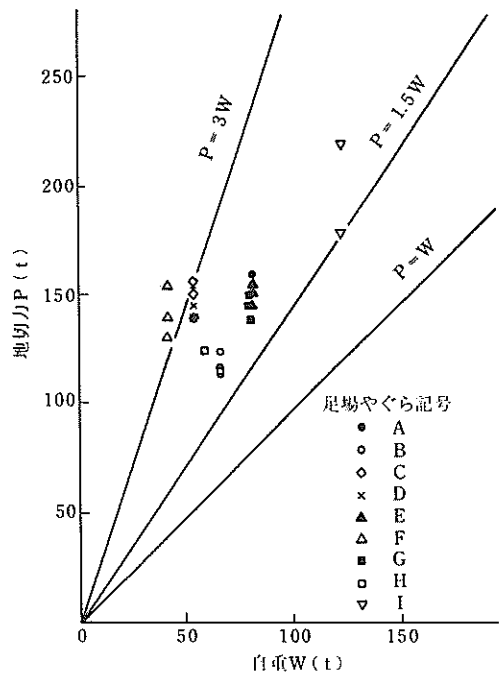


図-4 自重と地切り力(粘土地盤)

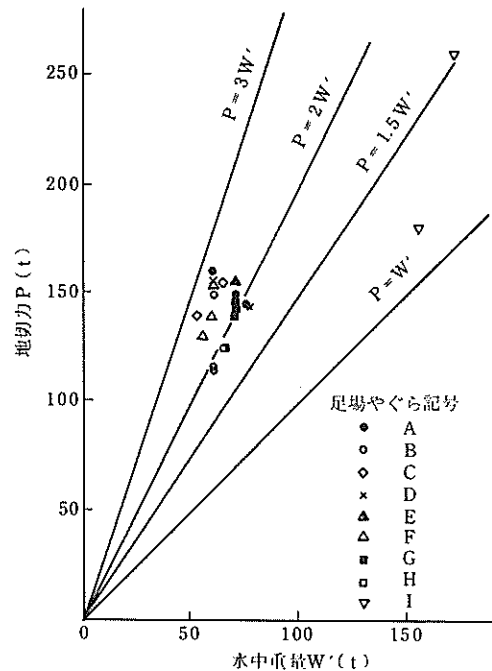
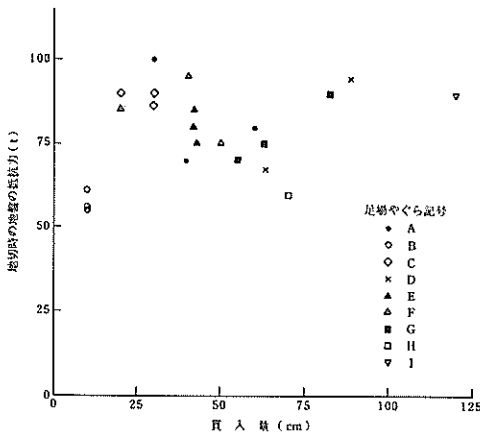


図-5 水中重量と地切り力(粘土地盤)

### 3.3 機械・資材・諸設備の配置

港湾地域における土質調査では、陸上の調査にくらべ足場やぐらを用いるため、ステージ面での作業面積が限



図一六 貫入量と地切時の地盤の抵抗力

定され、そのうえやぐらの高さ分だけ余分な掘削用資機材を必要とする。ことに今回の調査のように大深層まで掘進する場合には、深度の浅い土質調査と比較して、ボーリングマシンをはじめその他の資機材が大がかりなものとなる。さらに浅い調査では、用いられない諸設備も必要となり、そのうえボーリングの廃液（泥水）をすべて回収することが義務づけられている今回の調査では足場やぐらに廃液タンクの定置場所を設けなければならない。これらは、ステーション面の作業スペースを圧迫することになり、円滑なボーリング作業を妨げることになる。また足場やぐらの作業スペースが極端に狭い場合や、ステージ面におけるボーリング用資機材の配置・整理が悪い場合には作業中思わぬ事故につながることにやむを得ない。

図一七は、足場やぐらの上段ステージ及び下段ステージ面における諸機材の配置の詳細をあらわしている。この調査では、前掲の図一三に示したように、上段ステージは14×14m、下段ステージは7×7mと一般的なボーリングに比べ約10倍ほどステージの面積が大きい。しかし図一七で明らかなように、諸資機材を配置した後の作業スペースはそれ程広い面積を占めていない。数百メートルの掘進作業を行う場合、安全な作業をすすめて行くうえにおいて最低でもこの程度の作業スペースは必要であるものと思われる。

## 4. ワイヤーライン工法

### 4.1 開発の背景

港湾構造物建設の最近の傾向として、防波堤・海上空港・廃棄物処理場・石油備蓄基地など沖合大水深海域へ

の進出が著しく、必然的にこれらの構造物の規模も大型化されている。このため、構造物の荷重は深層まで到達されることになり、これに伴って調査深度もますます増大する傾向を示している。

港湾地域における土質調査は、埋立地の調査や特殊な調査をのぞき大部分が海上に足場やぐらを設置して実施している。これらの調査は従来では、水深が15m以下の海域で実施された例が多く、足場やぐらは現地組立て式のものや軽量鉄骨やぐら等で十分対処することができ、しかも陸上における土質調査で採取した乱さない試料とほとんど差のない品質のものが得られていたように思われる。

しかし最近では、沖合の水深20~30mに及ぶ海域での土質調査の実施比率が上昇しており、足場やぐらを用いた従来方式のボーリング・サンプリングでは、これによって得られた乱さない試料の品質に問題がある場合が見受けられる。この程度の中間的な水深では、大水深用（50m以上）として開発した海底着座型調査機を使用するには経済面で不適当であるので、足場やぐらを用いた調査方法で高品質の乱さない試料採取方法を確立することが最も適切であると考えられる。

従来方式のボーリング・サンプリングによりこれらの海域で大深度の掘削を行えば、ボーリングロッド（40.5mmφ）、ピストンロッド（16~19mmφ）の伸びや湾曲に起因して、高品質の乱さない試料採取にはおのづから限界があり、精度の高い調査結果を期待することは不可能である。

足場やぐらを用いた調査方法で高品質の乱さない試料を得る手段として、港湾技術研究所土質部では、ワイヤーライン方式のボーリング・サンプリングに着目し、これを軟弱地盤調査用に改良する試みがなされた。<sup>6)</sup>

原形ワイヤーライン方式のボーリング・コアリングは専用の剛性の高い大口径ボーリングロッド内に着脱自在に設計されたインナーチューブ（コアリング用チューブ）をセットし、ボーリングロッド（アウターチューブ）を回転することによってインナーチューブ内にコアが採取できるもので、インナーチューブはダブルコアチューブとまったく同じものである。ワイヤーライン方式コアリングの特徴は、名称のとおりワイヤーロープによって、インナーチューブをセットしたり回収したりできるので、従来方式のボーリングロッド、コアチューブ等による掘進作業にくらべて作業効率のよいことにある。インナーチューブのボーリングロッドへの着脱は、ワイヤーの先端部に取付けられたオーバーショットによってなされ、

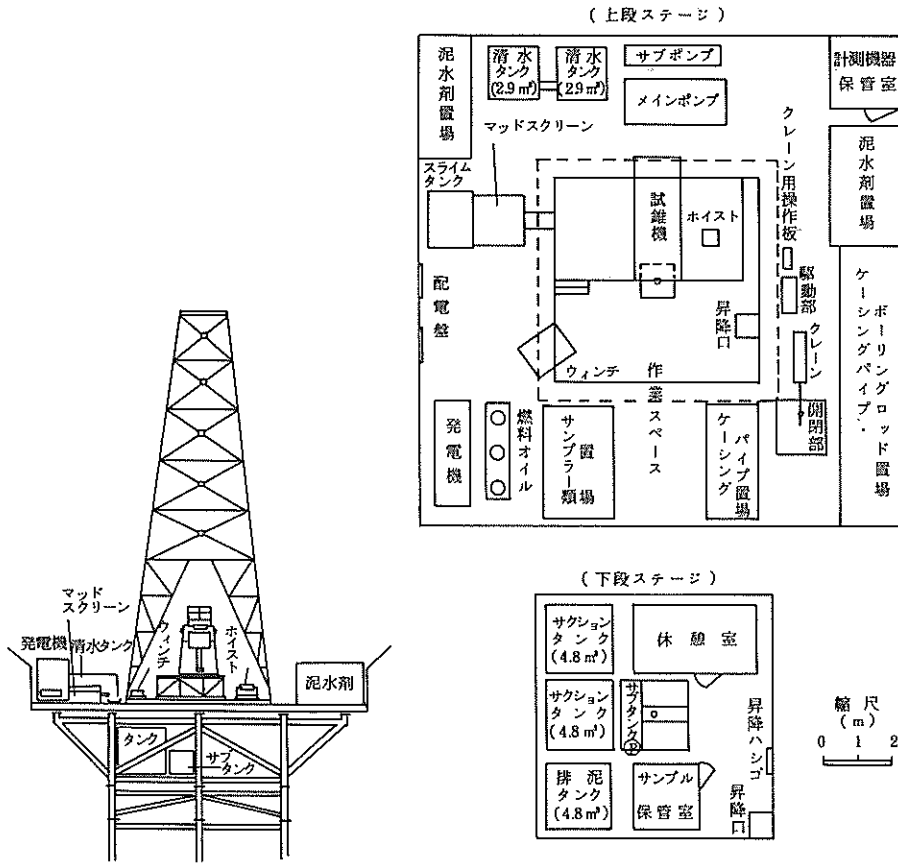


図-7 足場やぐらステージ面の機械配置

昇降作業は専用の小型高速巻上機で行われる。

この方式は、元来深層岩盤のコアリングを目的として開発されたものであり、調査深度が大きくなればなるほど作業効率が上り有利な方法といえる。

#### 4.2 港研ワイヤーライン工法

港研ワイヤーライン工法は、深層岩盤コアリング専用が開発されたワイヤーラインコアラの原理を応用して、軟弱粘性土から岩盤まで幅広い種類の土質に適用できるように改良開発されたものである。この方式の原形ワイヤーラインコアラと異なる特徴は、軟弱粘性土及び硬質粘性土が乱さない状態で採取できる点にある。すなわち、剛性の高いワイヤーラインロッド(ボーリングロッド)内に各種の土質に適合した着脱自由なサンプラーをセットし、粘性土(一軸圧縮強度 $qu \leq 20 \text{ kgf/cm}^2$ )のサンプリングにおいては、水圧式固定ピストンサンプラーを用いてポンプの送水圧によりサンプラーの貫入を行っている。また、硬質粘性土( $qu \geq 20 \text{ kgf/cm}^2$ )砂質土及び砂礫混り土

などサンプリング対象土質が硬い場合には、サンプラーの外管のみを回転させて周囲の土を削りながらサンプリングするデニソン型サンプラーを採用している。

本工法で用いられるサンプラーは、基本的には水圧式固定ピストンサンプラーと、デニソン型サンプラーの2種類であり、ボーリング方法も港湾地域での調査に從來から利用率の高かったケーシング掘りを採用しこれを改良したものである。この方式は、すでにMAS-73を始めとする一連の海底着座型調査機に採用されているので、とくに目新しいものではないが、足場やぐら上で従来の常識を越えた大深層ボーリング・サンプリングに用いるため、数年来現地実験を通して種々の改良がなされている。

現地検証実験は、昭和55年に岡山県の錦海湾にある干拓堤防内地盤において行われ、この方式の利点および実用性が確認され大阪湾深層土調査への適用に踏切る見通しが得られたものである。



写真-3は、ワイヤーライン工法の掘進作業を示した。

#### 4.3 サンプラー

軟弱粘性土及びやや硬質の粘性土のサンプリングには水圧式固定ピストンサンプラーにより、硬質粘性土及び砂質土はデニソン型サンプラーをワイヤーラインロッドと組合せることによって行われている。また、砂礫混り土及び軟岩はダブルコアチューブ方式が応用されている。これらのサンプラーの構造を図-8～図-11にそれぞれ示す。

図-8に示した水圧式固定ピストンサンプラーには、サンプリングチューブの肉厚が2mmのものと、肉厚が4mmのものと2種類用意されていて、対象地盤の硬さに応じて使い分けられる。つまり、肉厚2mmのサンプリングチューブを用いるサンプラーは、 $qu \leq 2 \text{ kgf/cm}^2$ の軟らかい粘性土に適し、肉厚4mmのサンプリングチューブを用いるサンプラーは、 $2 \text{ kgf/cm}^2 \leq qu \leq 20 \text{ kgf/cm}^2$ の硬い粘性土に適用される。

サンプリングチューブの地盤への貫入力、ポンプの送水圧によるが、その圧力は軟らかい粘性土でも最大 $20 \text{ kgf/cm}^2$ 程度を必要とし、硬い粘性土では $20 \sim 70 \text{ kgf/cm}^2$ 程度を必要としている。サンプラーの貫入後、引上げの際の引抜き力は貫入力大きさに比例して増大するので、ワイヤーラインの巻上げ力のみでは引抜けない場合がある。このときは、ワイヤーラインロッドをサンプラーの貫入長さだけボーリングマシンを用いて上昇させることでサンプラーを容易に回収することができる。

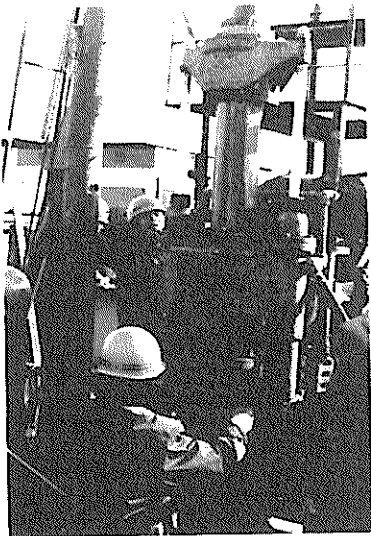


写真-3 掘進作業

表-5は、ワイヤーライン工法に用いたサンプラー及びサンプリングチューブの諸元を示した。

写真-4は、水圧式固定ピストンサンプラーの組立て作業である。

図-9は、デニソン型サンプラーである。このサンプラーは、水圧式固定ピストンサンプラーではもはや貫入が困難な硬質粘性土に対して有効である。本サンプラーは、ワイヤーラインロッドをアウターチューブとして、その中に二重管構造のデニソン型サンプラーがセットされるので、三重管構造として構成されることになる。

従来のデニソン型サンプラーは、サンプリング時に押込み力が内・外管に均一に作用しないため両者間に偏心力が生じて、サンプリングチューブである内管が外管につられて回転してしまうケースが多く、試料を乱す原因となっている。

ワイヤーライン工法のデニソン型サンプラーは、この欠点を改良する工夫がなされている。すなわち、アウターチューブの回転がインナーチューブ及びサンプリングチューブに伝わらないようにする分離機構（スィベル機構）を、インナーチューブ及びサンプリングチューブの両方に組込んでいる。この結果、貫入による偏心力を極力軽減することが可能になった。さらに、サンプリングチューブの刃先部に小さなウイングを設けて、回転に対する抵抗力を増すようにしている。これらの結果から、従来のデニソン型サンプラーにみられたような内外管の共廻りは無くなり採取した試料の品質が向上した。

デニソン型サンプラーを用いてサンプリングする場合もう一つ重要な点がある。それは、サンプリングチューブの先端とアウターチューブの先端との長さの差いわゆるサンプリングチューブの出代（突出量）である。本サンプラーに用いたサンプリングチューブは、刃先が交換できる構造になっており、その刃先長さを変えることで



写真-4 サンプラーの組立て

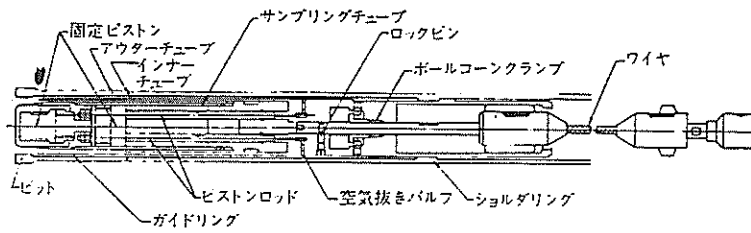


図-8 水圧式固定ピストンサンプラー

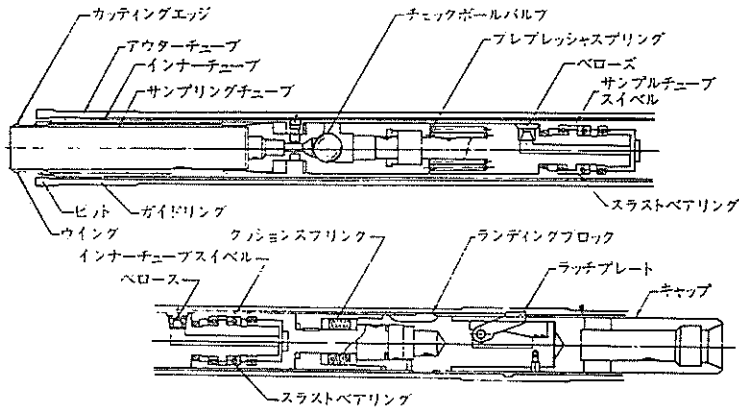


図-9 デニソン型サンプラー

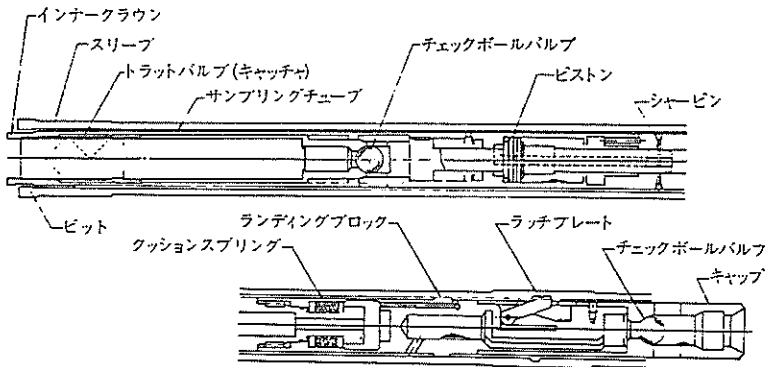


図-10 サンドサンプラー

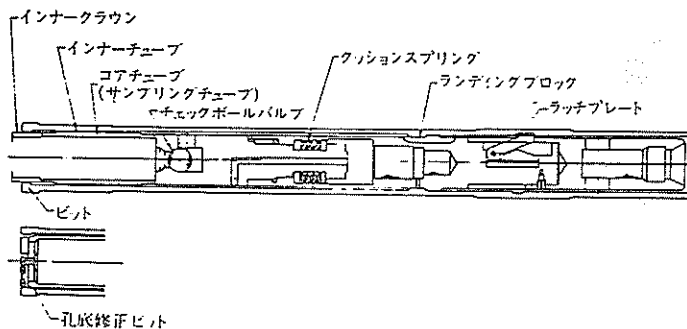


図-11 リジッドコアパレル

ボーリング及びサンプリング

表-5 ワイヤーライン式サンプラーおよびサンプリングチューブの諸元

対象 土層	サンプラー				サンプリングチューブ						
	種類	外径 (mm)	長さ (mm)	特徴	材質	内径 (mm)	肉厚 (mm)	刃先角度 (度)	内径比 (%)	長さ (mm)	備考
軟質 粘性土	固定ピストン式 薄肉サンプラー	108	4358 (2753)	水圧式 サンプラー	ステンレス スチール SUS-304	90	2	6	0	1250	
硬質 粘性土	固定ピストン式 厚肉サンプラー	108	4358 (2753)	水圧式 サンプラー	同上	81.1	4	6	0	1170	刃先部 取替可能
硬質 粘性土	デニソン式 サンプラー	108	2850	刃先突出量 20~50mm	同上	81.1	4	6	0.5	1000	刃先部 取替可能
軟質 砂質土	サンド サンプラー	108	3058		同上	81.1	4	-	-	620	
硬質 砂質土 礫質土	リジット サンプラー	108	2875		同上	90	2	-	-	1000	

突出量の調整が行われる。突出量は土質の違いと硬さによって決められるが、今回の調査では、50,40,30,20 mmの突出量で実施し、それぞれ土質に応じて使い分けられている。

図-10に示したサンドサンプラーは、トラップバルブと称する特殊なキャッチャーを設けて砂の脱落を防止している砂専用のサンプラーである。

図-11に掲げたリジットコアバレルは、デニソン型サンプラーでは採取できない更に硬い地盤のサンプリングに用いられる。サンプリング対象土質としては、硬質粘性土、固結砂質土、砂礫混り土および軟岩などである。このサンプラーは一種のダブルコアチューブで、アウターチューブとインナーチューブ（サンプリングチューブ）が一体となって回転し、土をビットで切削してサンプリングする機構のものである。原形ワイヤーラインコアリングで用いられるサンプラーである。

#### 4.4 ワイヤーライン工法のシステム

前述した各種のサンプラーは、採取する試料径が通常のものより一廻り大きい80mm以上という前提条件があ

った関係ですべて大型化されている。このためサンプラーを内蔵するワイヤーラインロッドは、外径135mm、内径117mm、肉厚9mmであり、1メートル当りの重量は約30kgとなっている。長さはサンプリングの深さに応じられるように、3m、1.5m、1mのものを用意している。

ワイヤーライン工法のボーリングでは、ワイヤーラインロッド中にサンプラーを内蔵しセットするので、一般的なケーシング掘りとは異なり、ワイヤーラインロッドがボーリングマシンのスピンドル部を貫通させる必要がある。したがって、ボーリングマシンは掘進深さによっても異なるが、かなり大型のものを必要とすることになる。一般に用いられているボーリングロッドは40.5mmφであり、重量は4kgf/mである。これに対し、今回用いたワイヤーラインロッドの重さは30kgf/mであり、両者の差は約8倍となる。本調査のように掘進深度が、400mにも及ぶ場合には、ワイヤーラインロッドの重量だけでも約12トンになり、それだけの重さを吊り下げて回転できるマシンは、わが国にあるボーリングマシンの

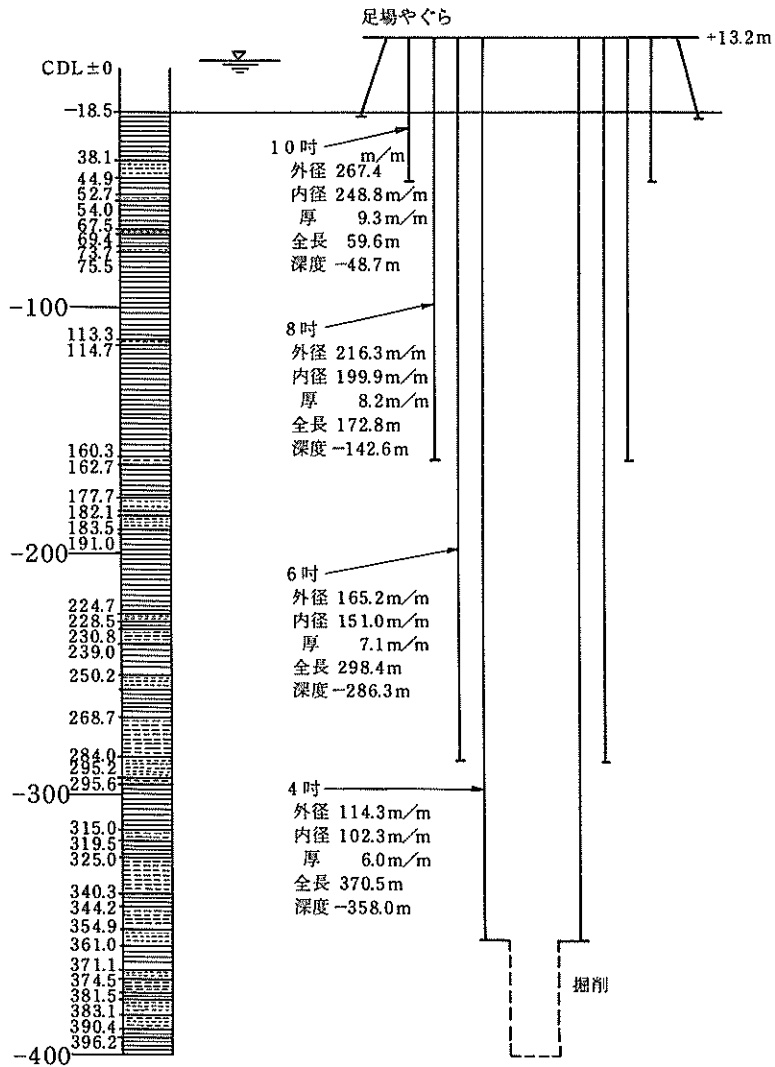


図-12 ケーシング挿入状況図

うち最大級のものが必要とする。また400m級のボーリングを安全かつ能率的に行うためには、孔壁の保護が極めて重要である。

図-12では、孔壁の保護のために立込んだケーシングパイプの挿入状況を示したもので、400mの掘削には図のように4段のケーシングパイプを立込み、孔壁の崩壊を防止している。

孔壁の保護は、ケーシングパイプの立込みだけでなく、本格的な泥水管理が必要である。海上における一般的な土質調査では、海水をベースにした調泥法が採られているが、本工法における泥水管理は、

①建設工事のための土質調査としては過去に深層調査

である。

土質調査としては過去に例のない深層調査である。

②高品質の乱さない試料を400mまではば連続的に採取する。

③工期の延伸が絶対に許されないため、ジャミングやその他のトラブルを防ぎ作業の確実性を高める。などの事情により、泥水分散のよい清水ベースの調泥を行い、

図-13に示したようなシステムで泥水管理が行われた。図-13は、港研式ワイヤーライン工法のシステムを示したもので、泥水管理とボーリング・サンプリングの状況を概念的に表している。

ボーリング及びサンプリング

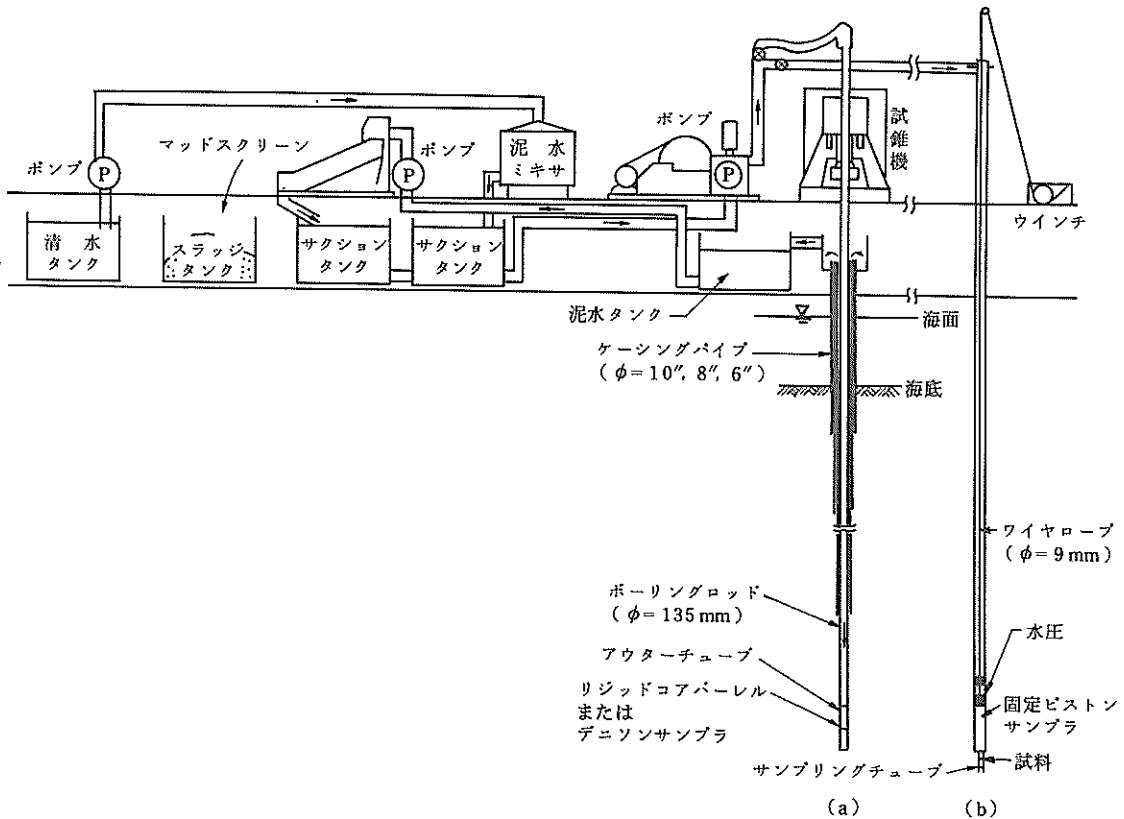


図-13 改良型ワイヤライン方式のシステム

5. 調査結果

5.1 地盤の層序

調査海域は、泉州沖約5kmの空港建設予定地のほぼ中央部にあたる。この付近は大阪湾東部に位置し、水深は約10m内至20mほどで、海底の地形は海岸線から湾中央部に向かって緩い傾斜をもっている。この海域の地質は、下位の基盤岩として領家花崗岩類があり、それを被覆して第三紀中新世に形成された二上層群及び神戸層群が分布する。第三紀の堆積層は固結度が高く、軟岩～硬岩に属し基盤岩と言われている。これらの基盤岩類の上位には、第三紀鮮新世から第四紀洪積世にかけて形成された大阪層群、さらに上位には洪積世の段丘堆積層および沖積層が分布している<sup>10)</sup>。大阪層群より上位は未固結の堆積層で、粘性土と砂質土の互層状を呈しており、大阪層群は粘性土、段丘堆積層は砂質土が卓越している。沖積層は軟弱な厚い粘性土が主体となっている。

大阪層群中の海成粘土層は、何層にも分けられ下位よ

り、Ma 0, Ma 1, Ma 2... Ma 13と名づけられている。Ma 13層は最上位層で沖積粘土層にあたる。大阪層群の中位より上位に分布する海成粘土層には、火山灰層の特徴的な介在がみられ、イエロー (Ma 0) ピンク (Ma 1) あずき (Ma 3) などの火山灰層が地層の対比をする上で有効な鍵層となっている<sup>11)</sup>。

調査海域の地層と平野部の地層との対比は、大阪湾内の地質のデータがとぼしく直接的には困難であるが、平野部のMa 3層にみられるあずき火山灰層は調査孔56～9で確認されている。

表-6には、大阪湾周辺の地盤の層序を示した。

5.2 地層断面図

従来の土質調査で柱状図をつなぎ想定土質断面図を描く場合、土の工学的特性を重視して行われてきた。しかし、泉州沖の調査ではその範囲が広く、各調査孔の間隔が極端に大きすぎる。したがって、柱状図に示された土性や土質試験結果のみで判断し、地層を結びつけるにはデータ不足であり、確実さの面で不安である。

表-6 大阪湾周辺の層序

地質年代			絶対年代 (万年)	大阪湾周辺の 地質系統	大阪湾周辺の 地質史の概要
新 生 代	第 四 紀	沖積世	0.6~1	沖積層 低位段丘層 } 堆 高位置段丘層 } 積 大阪層群 } 層 神戸層群 } 三上層群 }  六甲花崗石 和泉砂岩 } 基 布引花崗閃緑岩 } 盤 } 岩 中古生層 } 類	海岸平野 六甲山地 生駒山脈 和泉山脈  第二瀬戸内海  二上山・六申山の噴出 古神戸湖の出現 第一瀬戸内海 花崗岩類地表に露出  領家花崗岩の進入
		洪積世	150~200		
	第 三 紀	鮮新世	700		
		中新世	2,600		
		暁新世	6,500		
中 生 代	白亜紀		13,500		
	ジュラ紀		19,000		
	トリアス紀		22,500		
古 生 代	ペルム紀		34,500		
	石炭紀		39,500		
	デボン紀		39,500		

今回の調査では、微化石や火山灰の分析を行い、年代測定などを実施し、これら地質学的な手法により調査区域の地質を検討している。このような調査結果をもとにして地層断面図は第三港湾建設局によってまとめられた<sup>1)</sup>。

巻末に示した図-14~図-20の地層断面図は、図-1のボーリングの配置図に記載されているように、海岸線に平行に3断面、海岸線と直角に4断面、計7断面について昭和56年までの調査結果をもとに作成されたものである。

海底地盤の地質構造は、走行がほぼ海岸線に平行で、湾中央部へ傾斜する単斜構造となっている。平野部の大阪層群中の海成粘土層との対比において、鍵層となるあずき火山灰層は、調査海域では約400m付近に存在するものと推定されていたが、予想よりも浅く200m付近で出現している。また、海岸線と調査海域との間に断層の存在が推定されていたが、今までの調査からは確認できなかった。

### 5.3 サンプルの結果

水圧式固定ピストンサンプラーには、薄肉型と厚肉型との2種類があり、それぞれサンプリング対象地盤の硬さに応じて使い分けられた。56-9孔では、-48.5mまで

は薄肉型、-48.5m~-221mまでは厚肉型を使用した。

写真-5には、薄肉型で採取した乱さない試料を示した。

図-21は、深度別にみた水圧式固定ピストンサンプラーの送水圧、送水量、一軸圧縮強度の最大値などの関係を示すものである。一軸圧縮強度が増せば送水圧も増大することは当然であるが、砂分もしくはシルト分が多くなるとより大きな送水圧が必要となる。送水量は160~220l/分が記録されており、サンプラーの押込み速さはおよそ4~10秒程度であった。

図-22は、深度200m以深において使用されたデニソン型サンプラーのサンプリング記録をまとめたものである。深度200m~-300mに堆積している粘土では、給圧1~4トン、送水圧6~16kgf/cm<sup>2</sup>、掘進時間は約5分であるが、-300m以深では、給圧3~6トン、送水圧10~20kgf/cm<sup>2</sup>、掘進時間は約10分となっている。また、砂分及びシルト分が多くなると、給圧・掘進時間はともに大きくなり、送水圧は小さくなる。

図-23は、深度200m付近において行ったサンプラーの相違による一軸縮強度、破壊ひずみの比較である。用いたサンプラーは、水圧式固定ピストンサンプラー及

ボーリング及びサンプリング



写真-5 採取したサンプル

びデニソン型サンプラーである。データ数は少ないが、両者による一軸圧縮強度は洪積粘土特有のばらつきを考慮すれば大差がないとみなせるようである。一方、破壊ひずみは、ともに1~3%の範囲に入っている。

港研ワイヤーライン工法によって採取された乱さない試料の品質を評価するために、今回得られた一軸圧縮強度と従来方式より採取された試料の一軸圧縮強度とを対比してみた。従来方式では-120mまでのデータが得られているので、それ以浅について比較したものである。

図-24は、この対比結果を示すもので、図から分かるように-50m以浅では両者の差違はみられず、それ以深ではいく分従来方式の方が小さい値を示しているように思われる。特に-100m以深では、ワイヤーライン工法による一軸圧縮強度でその値が $3 \text{ kgf/cm}^2$ 以下のものは4個と少く、最大値及び平均値がともに大きい値が得られている。しかし、深度が増すにつれてばらつきの幅が大きくなっており、これは洪積粘土中のクラック・貝殻・挟雑物などに起因するものと思われる。

表-7、表-8は、56-3(-200m)、56-9(-400m)における掘進深さ、試料採取数量を示したものである。

なお、表-9に示したように、昭和56年度及び57年度の調査で採取された試料のうち代表的なものを選び港湾技術研究所に運ばれて、本資料(その2)以下で述べている各種の検討がなされている。

5.4 作業能率と経済性

ワイヤーライン工法による土質調査では、従来方式のようにボーリングロッド及びコアチューブ等掘削用具の

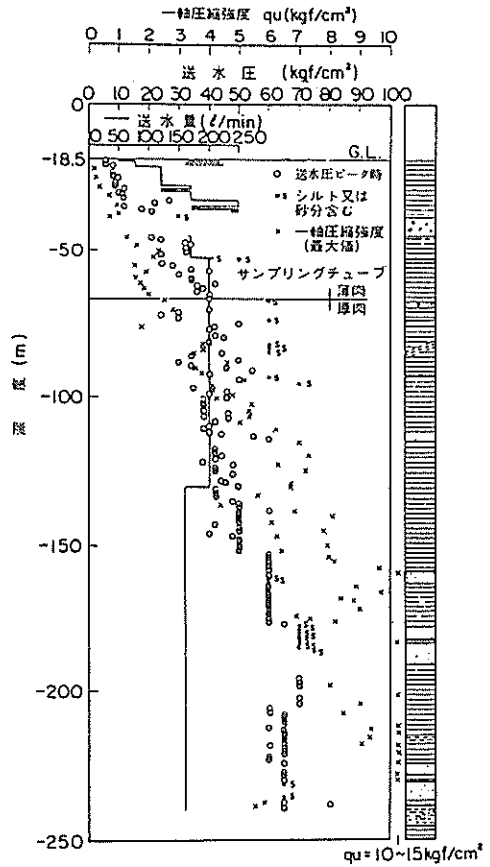
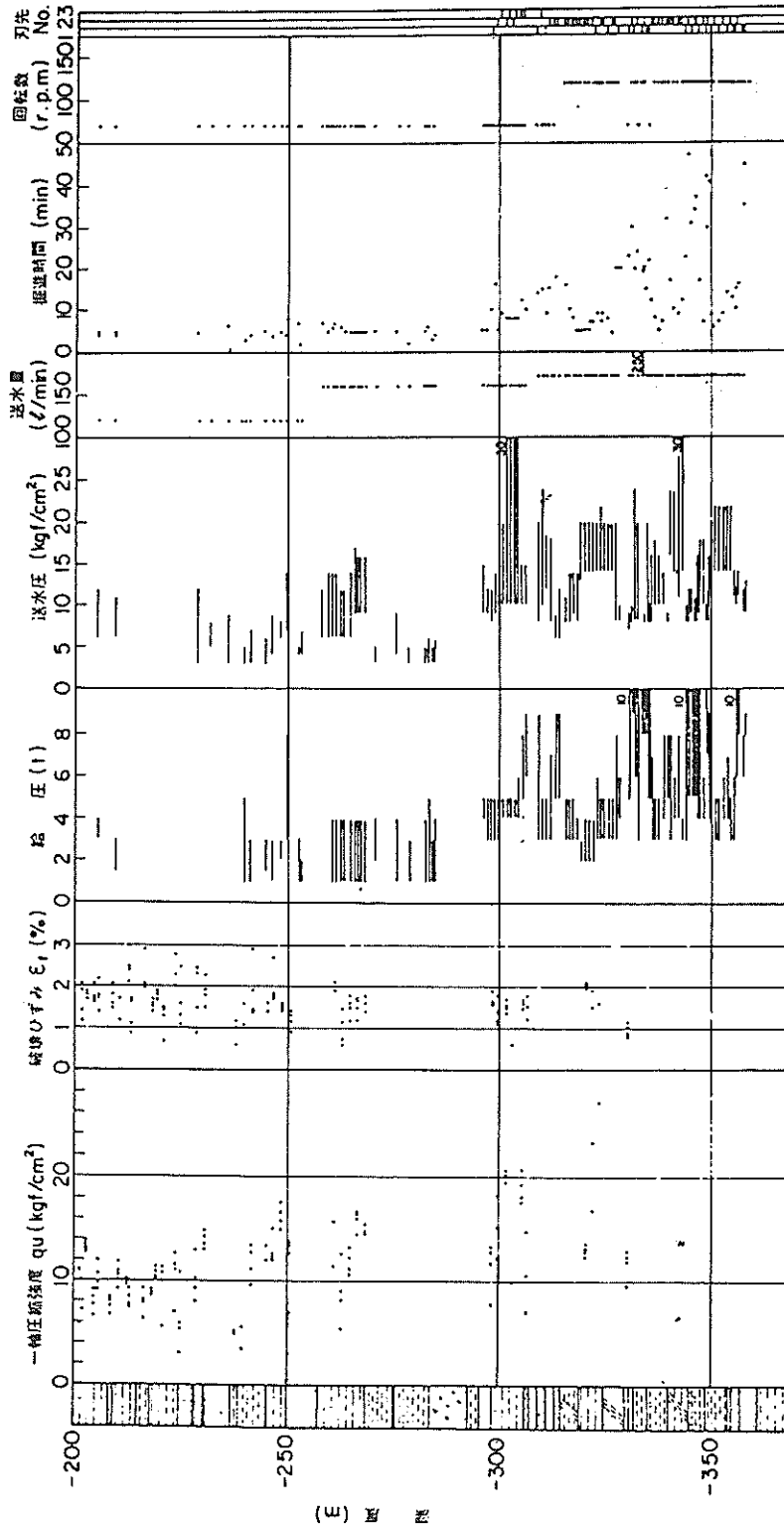


図-21 固定ピストンサンプラーによるサンプリング記録

昇降作業を必要とせず、ワイヤーロープを用いて掘削用のビットやサンプリング時のサンプラーの昇降が行われる。ボーリング及びサンプリング作業のうちで、掘削用具やサンプラーの昇降作業が占める割合は大きく、掘進深度が増せば加速的にこの割合が増大する。従来方式の調査で、400mのボーリング作業を行えば、長さ3mのボーリングロッドが134本必要であり、パイプレンチを用いての人力によるボーリングロッドの着脱作業だけでも大変な重労働になるわけである。

ワイヤーライン工法は、上述したようにボーリングオペレーターの労力や危険度を軽減するばかりでなく、深層調査において作業能率がよいことが本調査で実証された。56-9孔で実施したような-400mまでの連続サンプリングであっても、その作業能率は従来工法の約1.5~2倍の速度で終了したことが実績として得られている。

図-25は、56-3孔における-200mボーリングの作



注) 刃先突出量: No. 1:40 mm, No. 2:50 mm, No. 3:60 mm,

図-22 デニソン型サンプラーによるサンプリング記録



ボーリング及びサンプリング

業実績を示した工程表で、この場合の実掘進速度は、5.1 m/日となっている。

図-26は、56-9孔における-400m掘進の工程表である。-400m掘進時の実掘進速度は更に能率的で、5.8

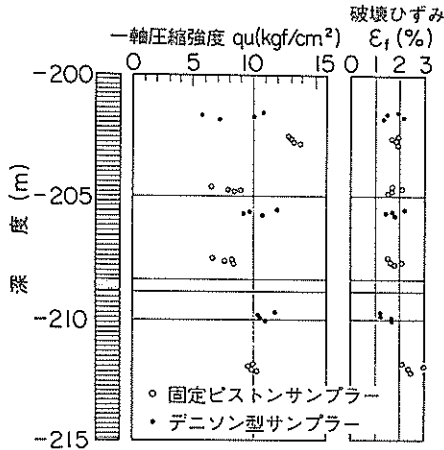


図-23 サンプラーの相違によるqu 値の比較

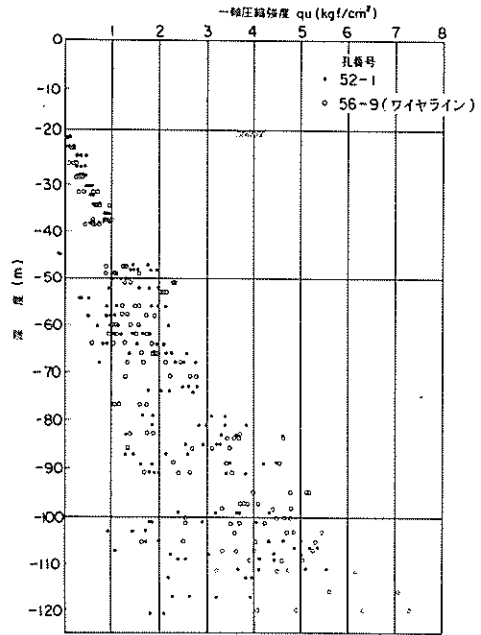


図-24 サンプリング方法の相違と一軸圧縮強度の関係

表-7 掘進深さおよび試料採取数量 (56-3, -200m)

試錐番号	地盤高(標高) C.D.L.(m)	掘進深さ C.D.L.(m)	試錐層長 (m)	層別試錐層長			現位置試験		試料採取			
				粘性土 (m)	砂 (m)	砂レキ (m)	標準貫入試験 (ケ)	孔内載荷試験 (ケ)	乱さない		乱した	
									固定ピストン(薄肉) (ケ)	固定ピストン(厚肉) (ケ)	デニソン (ケ)	サリジット又はト (ケ)
No.56-3	-16.7	-200.0	183.3	159.2	20.7	3.4	21	14	11	60	7 (8)	25 (29)

( )内数字は、サンプリング実施数

表-8 掘進深さおよび試料採取数量 (56-9, -400m)

試錐番号	地盤高(標高) C.D.L.(m)	掘進深さ C.D.L.(m)	試錐層長 (m)	層別試錐層長		試料採取			
				粘性土 (m)	砂質土 (m)	乱さない		乱した	
						固定ピストン(薄肉) (ケ)	固定ピストン(厚肉) (ケ)	デニソン (ケ)	サリジット又はト (ケ)
No.56-9	-18.5	-400.8	382.3	318.2	64.1	42	150	174	83 8

m/日が記録されている。この実績は、-400mの調査が連続サンプリングであったことを考慮すれば、深層調査での本工法の有効性を実証したものと言えよう。

一方、経済性については、今回の調査では80mm以上の試料径が必要であったことから、135mm径のワイヤ

ーラインロッドを使用したため、経済的には不利な大型ボーリングマシンを使用している。

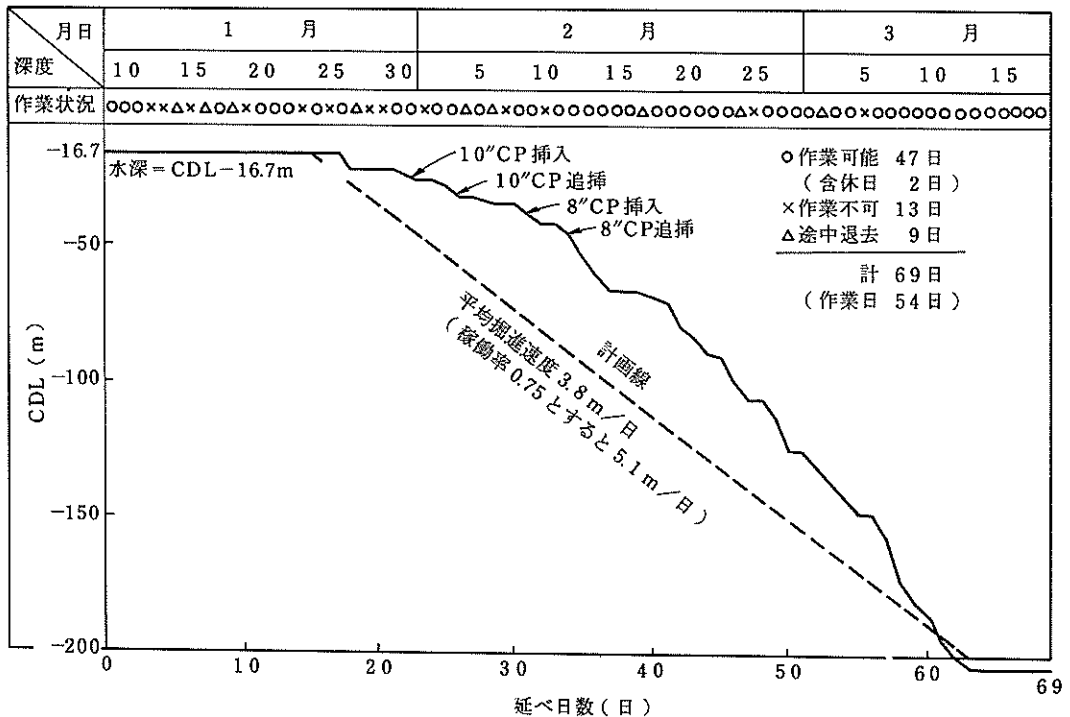
試料の径が一般的な75mmであれば、ワイヤーラインロッドの径は106mmとなり、ボーリングマシンも中型クラスの使用が可能となる。さらに、足場やぐら・ボーリ

表一 九 港湾技術研究所実施の特殊土質試験項目

試験項目	ボーリング孔番号	担当研究室
物理的性質	56-9	土質調査研究室
圧密試験(高圧,長期)	56-9, 56-25, 57-2, 57-17	同上
透水試験	56-4, 56-10, 56-23	同上
室内ペーン試験	56-9, 56-25, 57-2, 57-30	同上
共振振動三軸試験	56-1, 56-2, 56-7, 56-18, 56-23, 57-30	動土質研究室
振動単純せん断試験	57-1 57-30	同上
静的三軸試験	56-1, 56-8, 56-9, 57-1, 57-16, 57-30	土性研究室
三軸クリープ試験	56-24, 56-25	同上

No. 56-3 試錐工程表

作業開始 57. 1. 9  
掘削開始 57. 1. 26  
掘削終了 57. 3. 12  
作業終了 57. 3. 18



図一 25 200mボーリングにおける作業実績

ボーリング及びサンプリング

No. 56-9 試錐工程表

作業開始 57.3.25  
掘進開始 57.4.11  
掘進終了 57.6.27  
作業終了 57.7.4

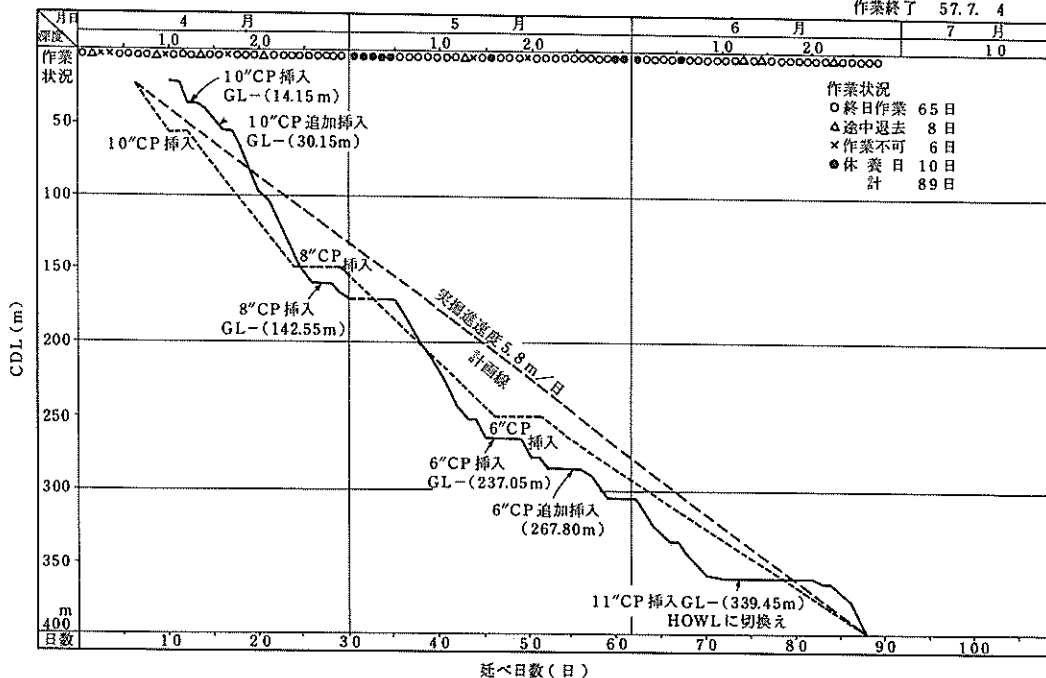


図-26 400 m ボーリングにおける作業実績

ング用資材・諸設備等も幾分小型になり、従来方式の調査と比較すれば約25%程度の割高で収まる。この場合には、深層調査における作業能率、採取試料の品質等を考慮に入ると、ワイヤーライン方式による調査方法がむしろ経済的であると思われる。

6. ま と め

関西国際空港建設予定地の土質調査は、現在まで数次にわたって実施されてきた。これらの調査のうちで、港湾技術研究所土質部が-200m、-400mの2孔の深層ボーリングを担当し、これによって泉州沖深層の土質が明らかになった。この調査は、港研ワイヤーライン工法という新しい調査法で行われたため、過去の調査で実施例がない各種の試みがなされている。すなわち、

- ①大型ボーリングマシンの使用に伴い足場やぐらも大型となり、足場やぐらに関して種々の検討を行った。
- ②建設のための調査としては最大級の掘進を行い、しかも-400mまで連続的にサンプリングを行った。
- ③微化石分析など地質学的手法により地層を検討した。

今回の深層土質調査をとおして以下に示すような事項

が判明している。

- (1) 足場やぐらの引上げ時の地切り力は、やぐらの水中重量の2~3倍の値が実測され、設計値の妥当性が確認できた。
- (2) 足場やぐら基部の地盤への貫入量と地切り力との関係は明確でなく、実測値はすべて50~100tonの範囲にあった。
- (3) 港研ワイヤーライン工法で採取した試料と、従来工法で採取した試料とを、一軸圧縮強度において比較すると、-50m以浅では両者の差はなく、-100m以深ではワイヤーライン工法による値が、最大値・平均値ともに大きく、乱れの影響は少ない。
- (4) 調査海域深層部の土質構成が判明し、平野部の土質とよい対比ができた。
- (5) 港研ワイヤーライン工法の作業能率は、従来工法に比べ、約1.5~2倍程度であり、その作業実績は、-200m掘進時に日進5.1m、-400m掘進時に日進5.8mが得られた。
- (6) 港研ワイヤーライン工法の他の港湾地域への適用に関しては、調査深度・採取試料径等を考慮して装置の小型化を図れば可能であり、有利な工法である

と思われる。

## 7. あとがき

数次にわたって実施された関西国際空港建設予定地の土質調査のうち、港研ワイヤーライン工法により行われたボーリング、サンプリングに関して紹介した。同工法を深層土質調査に適用する場合の有効性については、これまでの検証実験などを通して明らかとなっていたが、採取試料の品質についても期待していたものが得られた。

同工法の将来については、採取試料の直径を一般的な75 mmにすることで機資材の小型化を図り、他の港湾地域の土質調査に適用されることが期待される。

今回の調査では、表一3に示したように従来の土質調査にみられない特殊な試験を実施している。とくに、調査地点の地盤の層序や成因を究明するために、微化石や火山灰の分析・年代測定など地質学的手法を導入している。これらの測定結果は、地質学の門外漢である筆者らの説明よりも、運輸省第三港湾建設局編；関西国際空港調査について—土質調査編—、第34回直轄技術研究会資料、1983.11.に詳述されているので割愛した。

港研ワイヤーライン工法の本調査への適用にあたっては、前土質部長奥村樹郎博士の御尽力に負うところが大きく、さらに本文をまとめる上でお教えを給わった。

また、本調査の実施にあたっては、運輸省第三港湾建設局関西国際空港計画室及び神戸港工事事務所ならびに神戸調査設計事務所の御協力を得た。ここに関係各位に対して深甚なる謝意を表する。

(1984年6月30日受付)

## 参 考 文 献

- 1) 運輸省第三港湾建設局編；関西国際空港の調査について—土質調査編—、第34回直轄技術研究会資料、1983. 11.
- 2) 松本・堀江・善・石井；ワイヤーライン方式サンブラーによる乱さないサンプリングについて、昭和56年度サンプリングシンポジウム発表論文集、土質工学会、1981. 11.
- 3) 港湾技術研究所・鶴応用地質調査事務所編；大阪湾大深層（掘進長—200 m、—400 m）土質調査報告書、1982.
- 4) 奥村・松本・善；関西国際空港における土質調査工事—大深層土質調査—、建設の機械化、1982. 8.
- 5) 善・松本；海上における大深層土質調査事例、

海洋土質調査に関するシンポジウム、土質工学会、1982. 9.

- 6) 通商産業省地質調査所技術部試錐課編；図解ボーリング便覧、佛ラテイス、1968. 5.
- 7) 松本・堀江・小川・小林；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2報）—海底着座型、不攪乱試料自動採取装置について—、港湾技研資料No 295、1987. 6.
- 8) 松本・堀江・小林；大水深土質調査機器の開発について—海底着座型試料採取装置の試作—、第5回海洋開発シンポジウム講演集、土木学会、1974. 5.
- 9) 科学技術庁研究調整局編；海底軟弱地盤の調査技術に関する総合研究報告書、1978. 11.
- 10) 藤田・鎌田編、大阪湾の地質、昭和37年度大阪湾音波探査報告、大阪湾音波探査委員会、1964.
- 11) 地学団体研究会編；地学事典、平凡社、1983. 6.

表一 昭和56年度 土質調査試験数量表

Boring No	推進長	SPT		孔内 P.S.換層 PS換層	常時 砂層 水圧	静的 コン	TWS (本)	D.S (本)	S.S (本)	qu r1.0w (ク)	粒 度 分級 フル	Gs (ク)	w/p	S, Tr		D, Tr		圧 標準(特殊)	密 高圧	透 長期	水 定水	室内 有害 物質	IL (ク)	PH (ク)	C.I (ク)	NOTE	
		A	B											UU	CIU	振動	共振										
56-1	-150.5	49	36		3	4	5	42	20	79	21	89	47	12	1	4	3	21 (10)							48	(注)	
2	-151.0	44	18	KKT 9 P波2m S波2m			11	44	27	94	55	88	53	15	4	3	25 (8)								50	SPT:標準貫入試験 A 砂層 B 洪積粘 土層	
3	-200.0	7	14	LLT 14			71	8	29	45	86	11	18	84	27	7	70 (38)								89	TWS:ソノキールサンプリング DS:デノン式サンプリング SS:サンボサンプリング qu:一軸圧縮試験 rt:単位体積重量試験 w:含水量試験 GS:土粒子の比重試験 WL:液性限界試験 WP:塑性限界試験 SPT:静的三軸圧縮試験 DTT:動的三軸圧縮試験 UU:非圧密非排水試験 CIU:圧密非排水試験	
4	-150.0	3				105.0 <sup>M</sup>	10	15	34	20	30	57	23	47	18			24 (7)			7						
5	-151.6	33			6		15	45	37	75	18	63	60	20				30 (9)									
6	-152.9	23	22				18	42	30	79	41	73	48	14	5			28 (8)							57	w:含水量試験 rt:単位体積重量試験	
7	-151.3	26		P波2m S波2m			25	43	39	82	9	56	68	18	6	5	35 (9)								68	GS:土粒子の比重試験 WL:液性限界試験 WP:塑性限界試験	
8	-150.0	25	1		4	110.9 <sup>M</sup>	13	18	43	83	34	66	17	47	21	3		30 (7)							23	( )内はΔP/p = 0.5 < >内はΔP/p = 0.25, ΔP/p = 0.5 ( )内はΔP/p; 0.5 random 1.0 special 1.0 clack	
9	-400.8						192	174	12	127	120	3	31	93	40			42 (06)	33	8		7	3				
10	-150.9						19	49	44	72	13	53	72	20				28 (21)			6						
11	-151.6	35					21	43	41	92	45	78	62	20				30 (8)									
12	-150.0	52	22				13	30	26	72	64	85	42	10				21 (9)							36	( )内はΔP/p; 0.5 random 1.0 special 1.0 clack	
13	-164.9	16					23	55	50	91	20	58	78	27				40 (11)							78		
14	-150.3	10	5				24	48	49	82	15	50	72	23				37 (7)									
15	-116.4	18	7				24	28	38	65	25	51	52	13				26 (5)									
16	-150.6	19					23	48	45	80	10	55	70	20				35 (8)									
17	-119.4	21					24	29	39	69	23	51	53	14				27 (5)									
18	-156.8	23					22	51	40	77	19	59	72	20		6	6	36 (8)							72	IL:有機物含有量試験 (重クロム酸法) PH:水素イオン濃度 CI:塩素イオン濃度	
19	-150.9	16	6				27	45	42	85	20	55	71	20				37 (9)									
20	-115.1	21					32	25	36	68	9	48	57	12				29 (5)									
21	-114.6	11	3				28	31	44	67	14	43	59	15				30 (5)									
22	-114.4	12					30	29	45	66	5	42	59	14				29 (5)									
23	-178.9	10			6		35	52	44	97	28	72	87	22		6	6	43 (12)			7						
24	-156.3	40					32	39	39	92	19	79	71	16				32 (5)									
25	-155.9	18	11			130.3 <sup>M</sup>	21	37	27	78	23	54	61	13				29 (8)		2		3			61		
計		522	145	23	3	20	3	44	771	1,114	161	1,038	1,991	550	424	44	38	23	814 (333)	33	10	20	7	6	150 34	142 582	



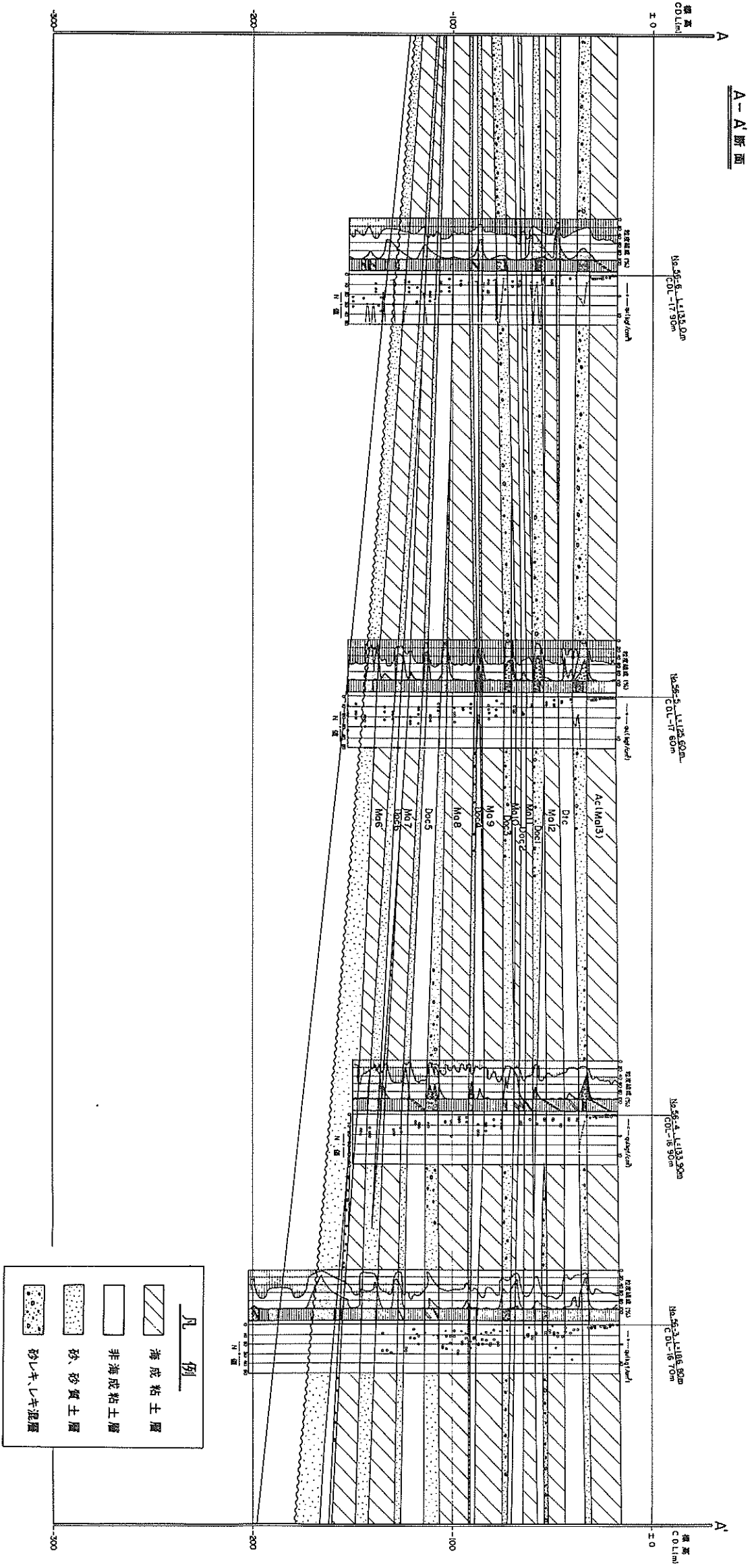
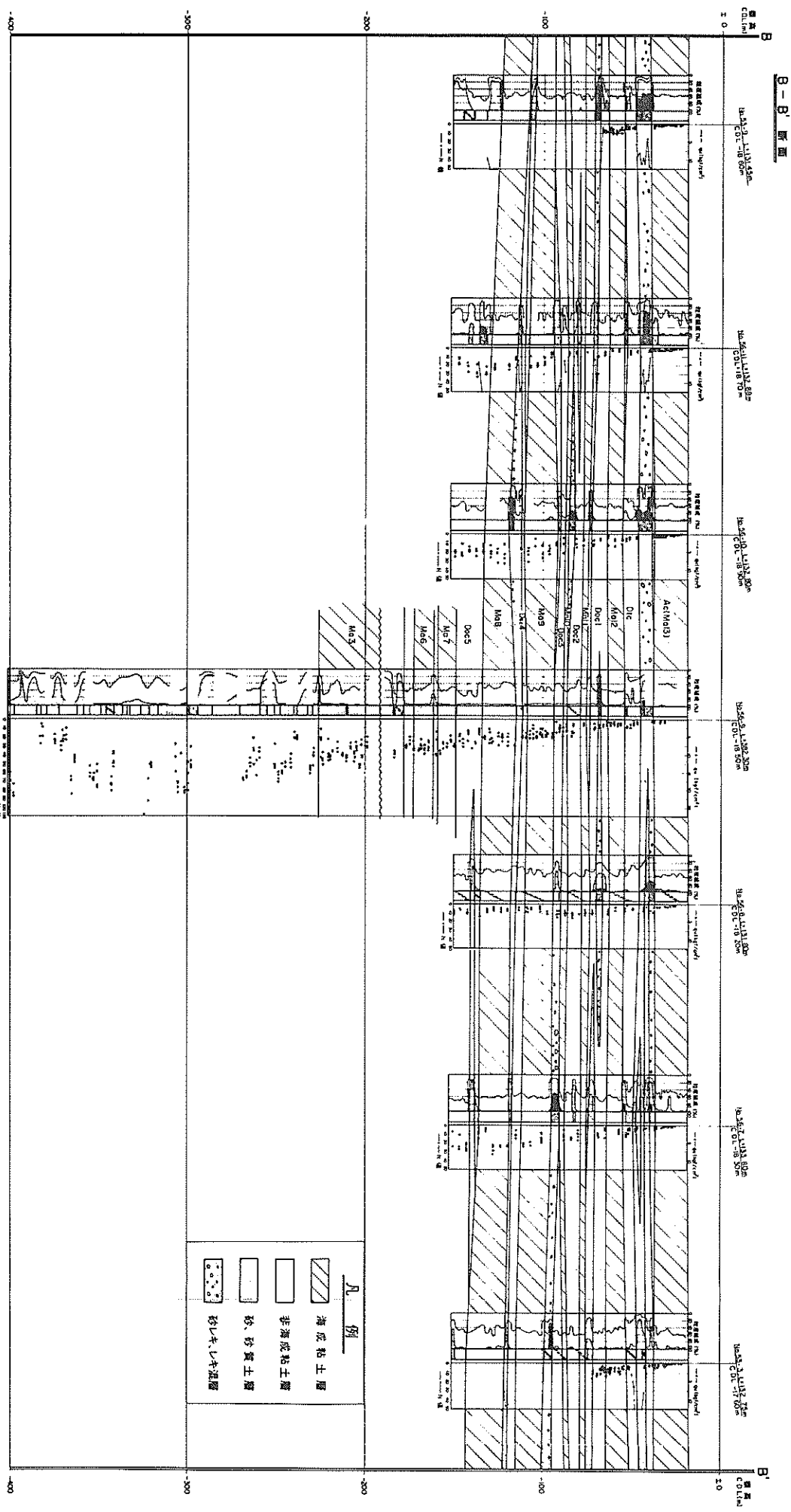


図-14 地層断面図(1)

Ⓐ-Ⓐ'断面



图一15 地層断面图 (2)



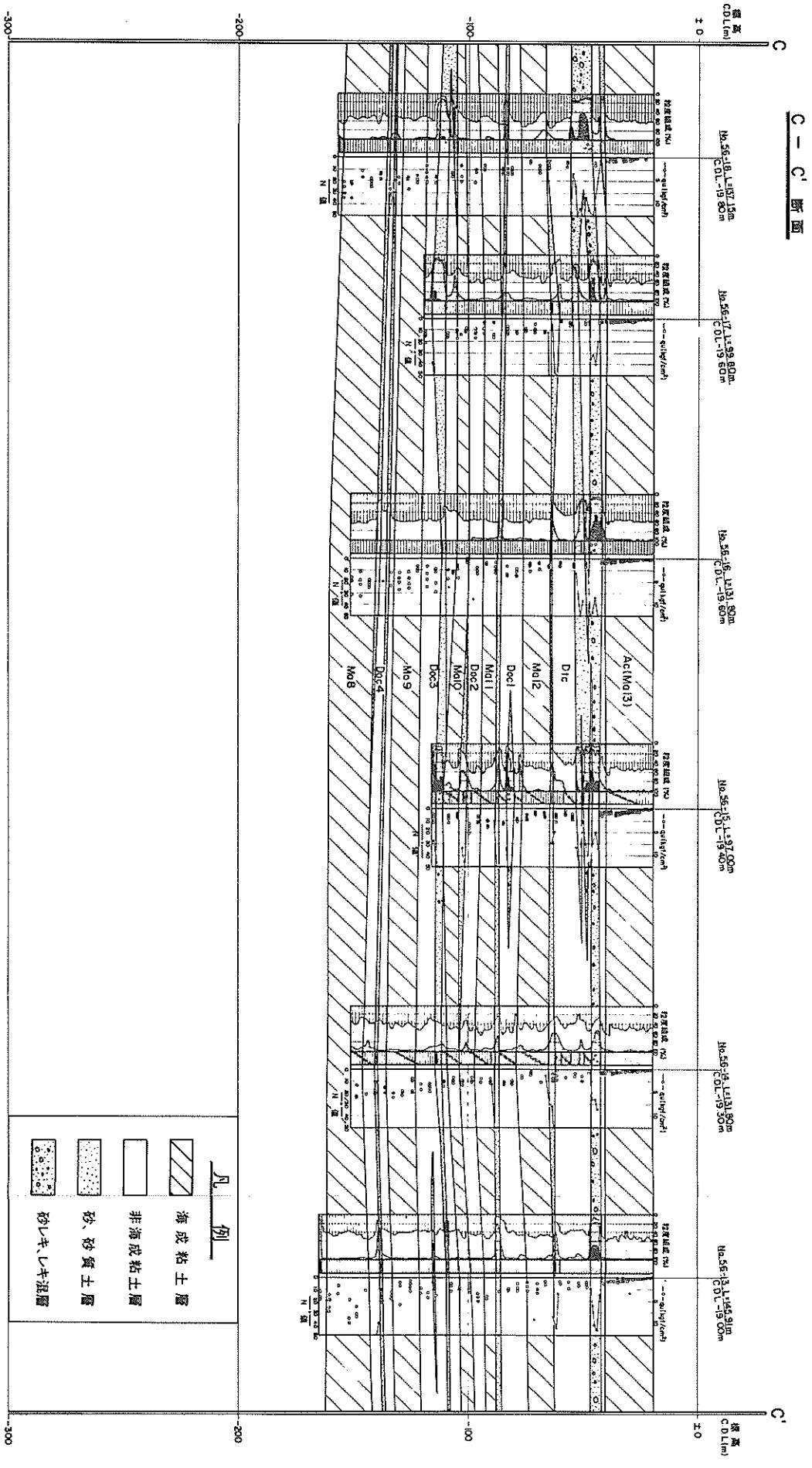
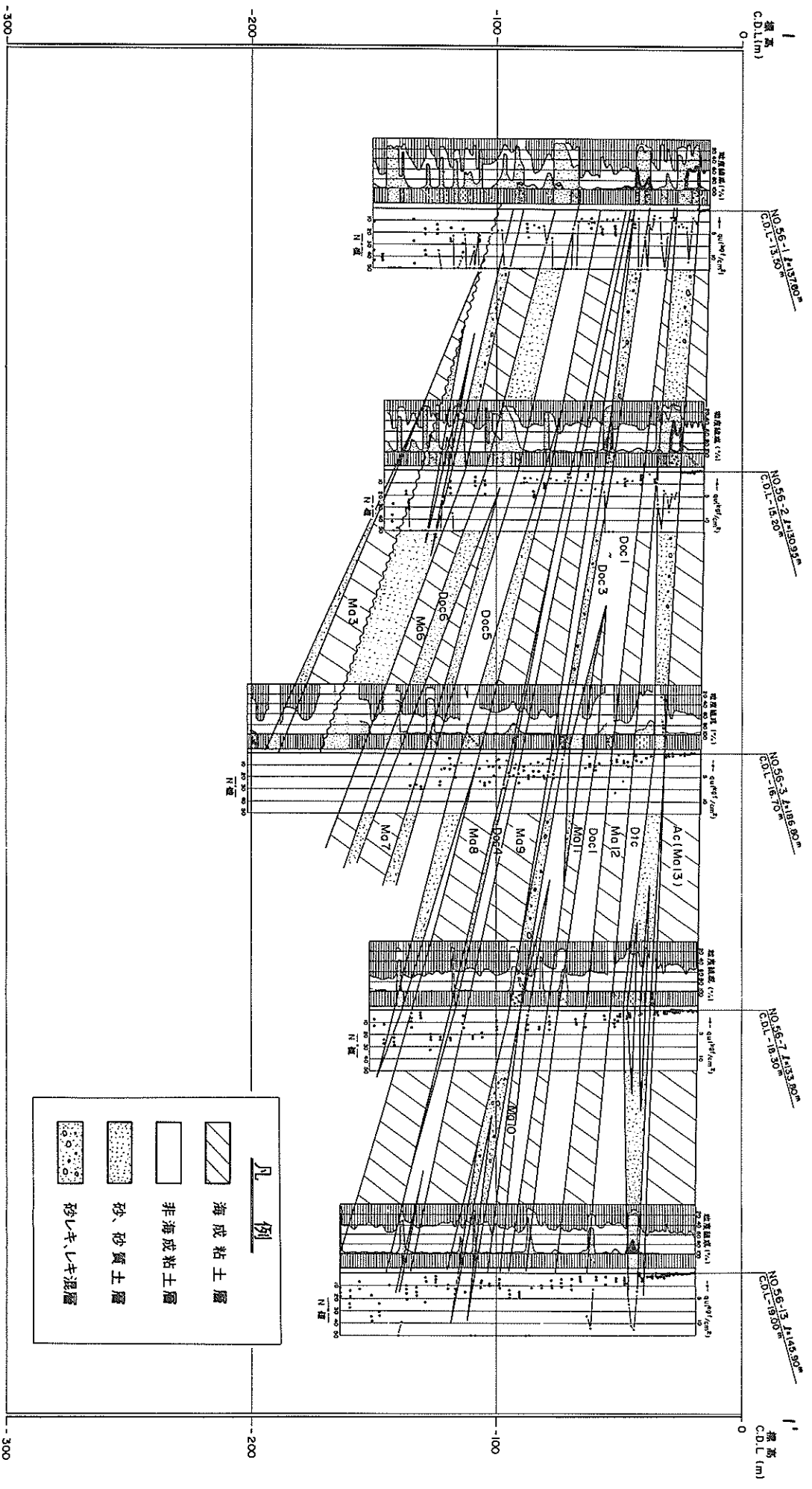


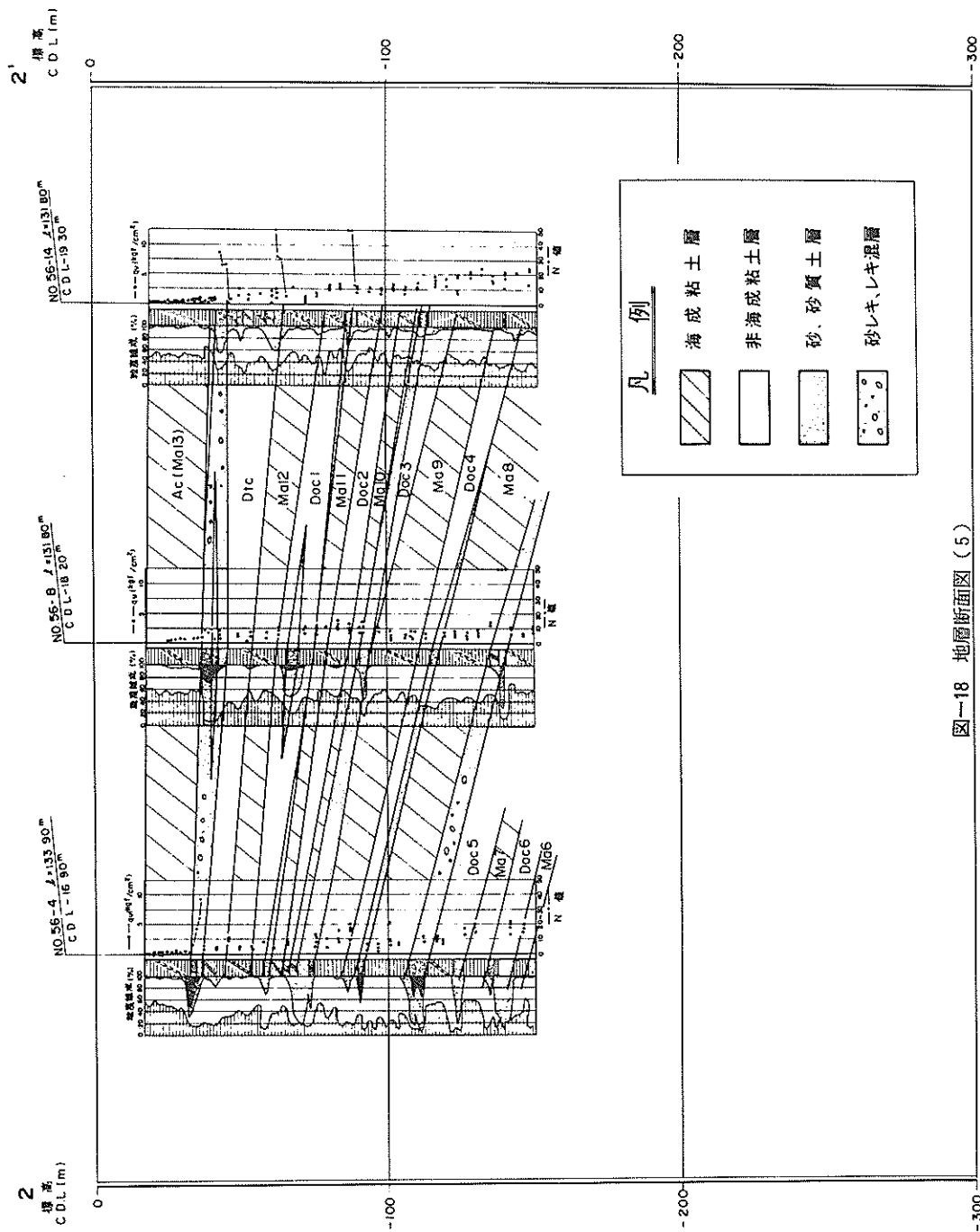
図-16 地層断面図(3)



图一17 地層断面图 (4)

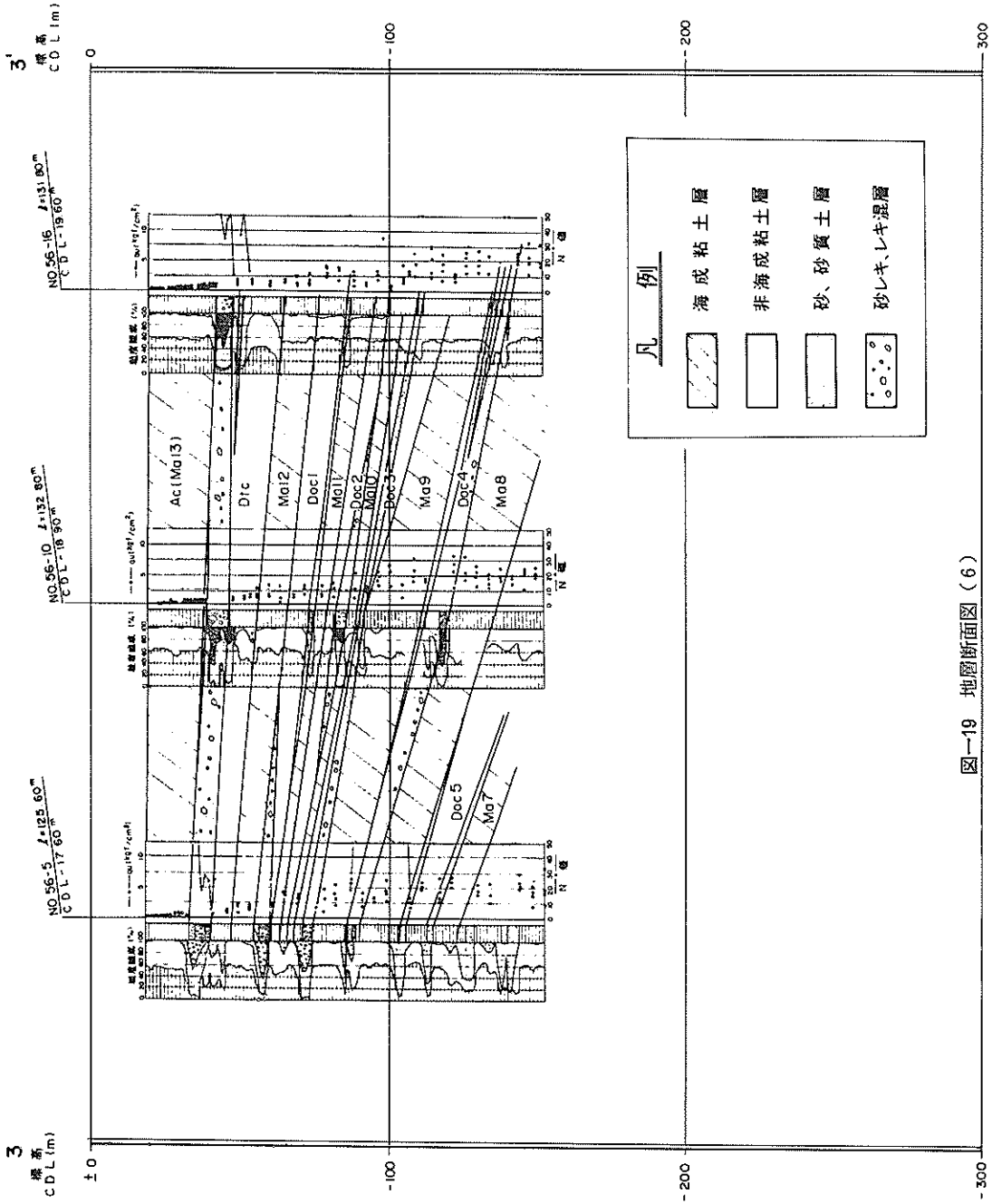
①—①' 断面

ボーリング及びサンプリング



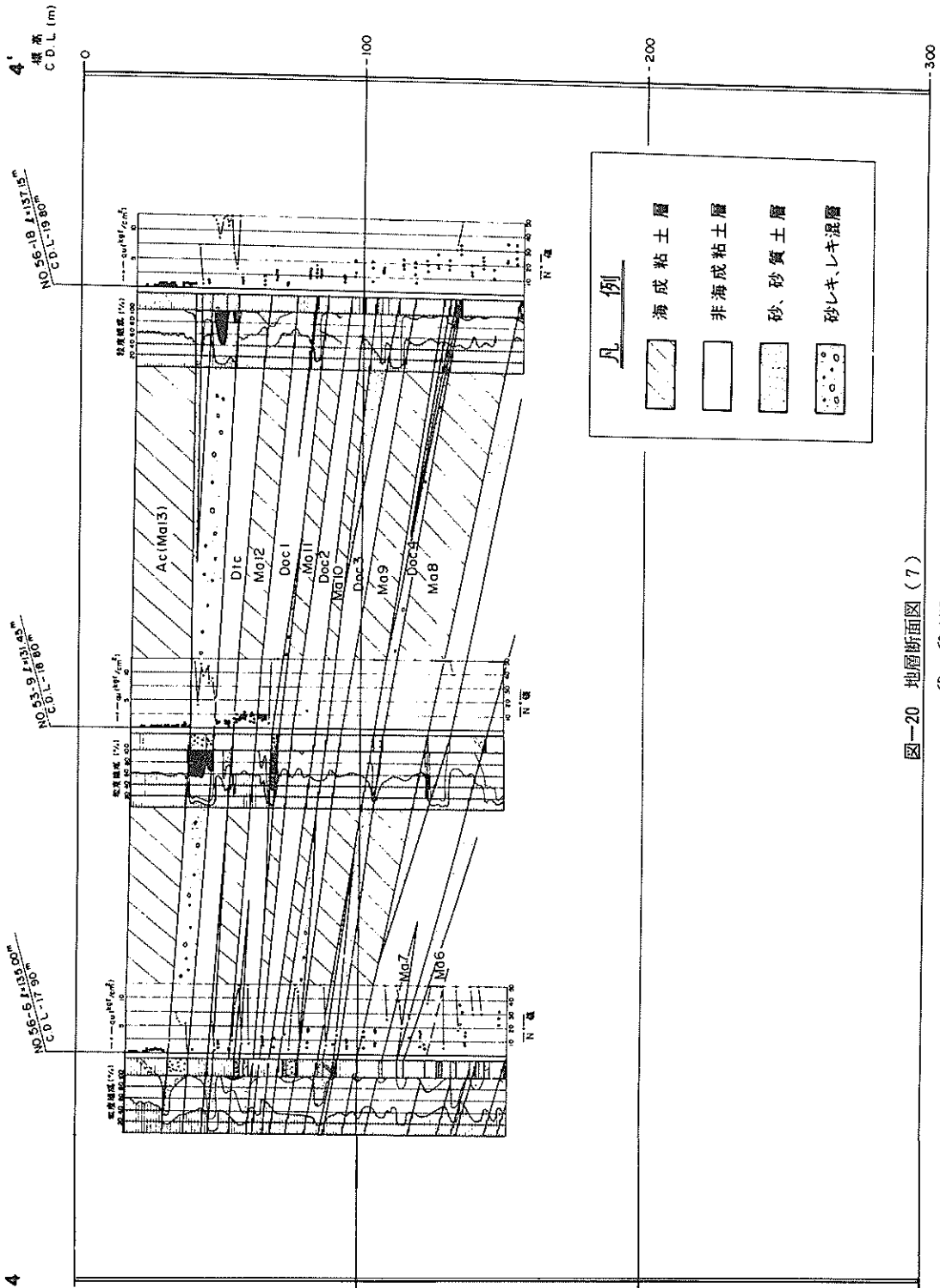
図一18 地層断面図 (5)

②—②' 断面



図一19 地層断面図 (6) ③—③'断面

ボーリング及びサンプリング



図一20 地層断面図(7)

④—④'断面