

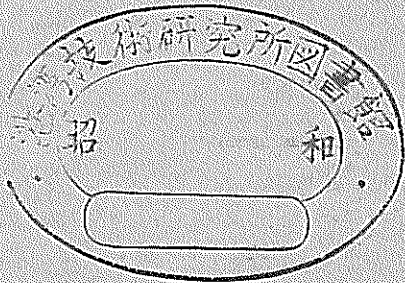
# 港灣技研資料

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

No. 109 Dec. 1970

パイプロ・コア・サンプラーに関する現地実験報告

生 生 生  
生 生 生  
見 一 夫  
昭 徹 勝  
洋 保 郎  
保 喜 一  
岩 田 崎 谷 鳥 谷 平 井  
小 岩 宮 洪 白 菊 大 藤



運輸省港灣技術研究所



# パイプロ・コア・サンプラーに関する現地実験報告

## 目 次

要 旨 .....	3
1. ま え が き .....	3
2. 調 査 概 要 .....	3
3. 供 試 体 の 概 要 .....	4
4. 調 査 方 法 と 測 定 項 目 .....	6
5. 調 査 結 果 .....	6
6. 考 察 .....	15
6.1 調 査 場 所 の 推 定 標 準 貫 入 値 .....	15
6.2 貫 入, 引 抜 き 現 象 に つ い て .....	16
7. あ と が き .....	19
参 考 文 献 .....	20
記 号 表 .....	20
写 真, 附 表 お よ び 附 図 .....	21

EXPERIMENTAL REPORT ABOUT THE VIBRO CORE SAMPLER ON  
REAL SPOTS.

Taisei Koiwa +  
Hisao Iwata ++  
Shoji Miyazaki ++  
Yoichi Sibuya +++  
Yasuo Shiratori ''  
Tooru Kikuya ''  
Masaru Oohira ''''  
Kiichiro Fujii ''''

Synopsis

With the large scale in port and harbour construction in recent years, and appeared so various bottom materials, that it is necessary for the efficient construction to distinguish the dredged materials.

This time we are experimental studying an object of soft and sandy bottom on spots. The using machine is named the Core Sampler which is driving of vibration. We are clear the relation between the soil and the penetrating velocity, we want to judge of the dredge materials.

We got clear relations between the N-value and penetrating velocity of the Core Sampler into sandy soil, but it is not enough yet to know the dredgeability of the bottom materials by the penetration characteristics, which many factors remained unsolved.

Then in this paper, we carried penetration experiments either in the laboratory on a rod, which has a circular cut section, affecting static load. Assuming the equation of motion to these tests and finding out resistance coefficients of depth and velocity, we introduced these results into vibrating penetration on real spots and tried to find out the tendency of penetration characteristics from these phenomena.

---

+ Chief of Working Development Laboratory  
++ Senior Research Engineer, Machinery Division  
+++ Chief Cleark of Machinery Section  
'' Working Craft Development Laboratory  
''' Ex Working Craft Development Laboratory  
'''' Ex Dredger and Construction Equipment Laboratory

# バイプロ・コア・サンプラーに関する現地実験報告

小 岩 苔 生 *	岩 田 尚 生 **
宮 崎 昭 児 **	洪 谷 洋 一 ***
白 鳥 保 夫 ****	菊 谷 徹 ****
大 平 勝 *****	藤 井 喜一郎 *****

## 要 旨

最近港湾工事の大規模化により、それに伴って対象土質も増え、工事の能率を向上させるためには当然しゅんせつ土質を的確に評価することが必要となってきた。

今回軟泥質土と砂質土を対象とした現地で、振動によるコア・サンプラーを前記土盤へ貫入させ、土質とその貫入特性を明らかにして、しゅんせつ土質の判定を試みたものである。

本報告においてコア・サンプラーの貫入速度とN値との関係は、砂質土に対し明瞭な結果が得られたが、粘土盤への振動貫入性状は色々の要素が含まれ未解決の分野が多く、振動性状と土質との関連性からしゅんせつ土質を判定するにはむづかしい。そこで、それらの現象をたしかめるため室内実験において、静的荷重で丸棒を土盤へ貫入させた時の現象より運動方程式を導き、貫入深さと貫入速度による土の抵抗要素を求め、今回の調査結果に挿入し、振動による粘土盤への貫入現象と比較検討して、それらの貫入特性の傾向を求めたものである。

## 1. ま え が き

港湾のしゅんせつ工事において、その工事の企画および施行技術を考える場合しゅんせつ能力が最も問題とするところであり、重要な要素を占めている。しかるにしゅんせつ能力は必ずしもしゅんせつ機器のみによって優劣が決まるものでなくしゅんせつ土質によってその能力が左右される場合が多い。

最近にしゅんせつ工事の規模が巨大化され、それに伴って取扱うしゅんせつ土質も複雑であり、その条件によってますます工事の進展に障害を起す原因となってその対策が必要となってきた。

従来土質による被掘削性を判別するに一応標準貫入値で検討してきたが、しゅんせつ土質を対象とした土質別の能力を求めるために適用するには十分ではない。そこで当研究所機材部において、しゅんせつ能力を適確かつ簡単に判定するための土質調査法の一つとして、バイプロ・コア・サンプラーによる方式を開発研究してきた。

本調査は、軟泥質土と砂質土と思われる海底土盤を対象に現地実験を行ない、これをありのまま記述したものであり、限られた土質と数少なかつた調査結果の立場か

らしゅんせつ土質の性格を明確に表現することができないが、バイプロ・コア・サンプラーが土盤へ貫入する際その特性の傾向を知ることにより、しゅんせつ土質の調査法を確立するための一資料とする次第である。

## 2. 調 査 概 要

本調査は、前述した如く海底土質が軟泥質土および砂質土の条件でしかもドラグ・サクシオンしゅんせつ船並びにポンプしゅんせつ船がしゅんせつ航行中または予定する地域を選びバイプロ・コア・サンプラーによって貫入深度5mを対象とし、前者は鹿島港において昭和44年10月20日より6日間、後者は名古屋港で昭和45年1月26日から5日間それぞれ該当地域での土質を調査したものである。なお、鹿島港での調査は、その期間中海気象の条件が悪く、当初に計画した通り実施することができず調査回数も少なく、特に大深度における調査は、装置の着底が困難で中止せざるを得なかった。

図一1および図一2は、鹿島港と名古屋港の調査場所を示した略図である。

\* 機材部 特殊作業船開発室長  
 \*\* " 主任研究官  
 \*\*\* " 機械課第二設計係長

\*\*\*\* 機材部 特殊作業船開発室  
 \*\*\*\*\* 第二港湾建設局 横浜機械整備事務所  
 \*\*\*\*\* 第三港湾建設局 機械課

### 3. 供試体の概要

本調査に使用したパイロ・コア・サンプラーは、図-3の如く貫入ヘッド、サンプリング・パイプおよびガイド・スタンドで構成し、貫入ヘッド（外径900φ×高さ1,250mm）は10Kg/cm<sup>2</sup>に耐え得る緩衝器付の完全気密形でその内部に振動機を格納し、しかも電動機の冷却および万一水密が破れた場合の保護のため圧縮空気の圧入、排出を行なっている。

サンプリング・パイプ（外径216φ×長さ5,020mm）は、ガス管製でその内部にステンレス製の二つ割れコア（厚さ6mm）がある二重管式パイプで、貫入ヘッド取付台にボルト締めにて取付られる。管の先端にはシューがあり、採取した土砂が流出しないようにノンリタン・バルブが付いている。

ガイド・スタンド（高さ7,250mm）は貫入ヘッドおよびサンプリング・パイプを支え、しかも土盤への貫入動作を容易にするためのガイドでその上部には、コア・サンプラーの貫入量を測るための変位計が装備されている。

貫入ヘッドに内蔵されている振動機は、杭打工事に汎用されているもので、その主要目を示せば表-1である。

表-1 振動機の主要目

形 式	NVA-15	
起 振 力	8,250Kg	
偏心モーメント	560Kg-cm	
偏心軸回転数	1,150rpm	
電 動 機	形 式	全閉屋外用カゴ型, 3相誘導
	容 量	11KW×4P×220V
緩衝装置	型 式	コイルバネ式
	最大許容引張荷重	6,000Kg
重 量	1,100Kg	

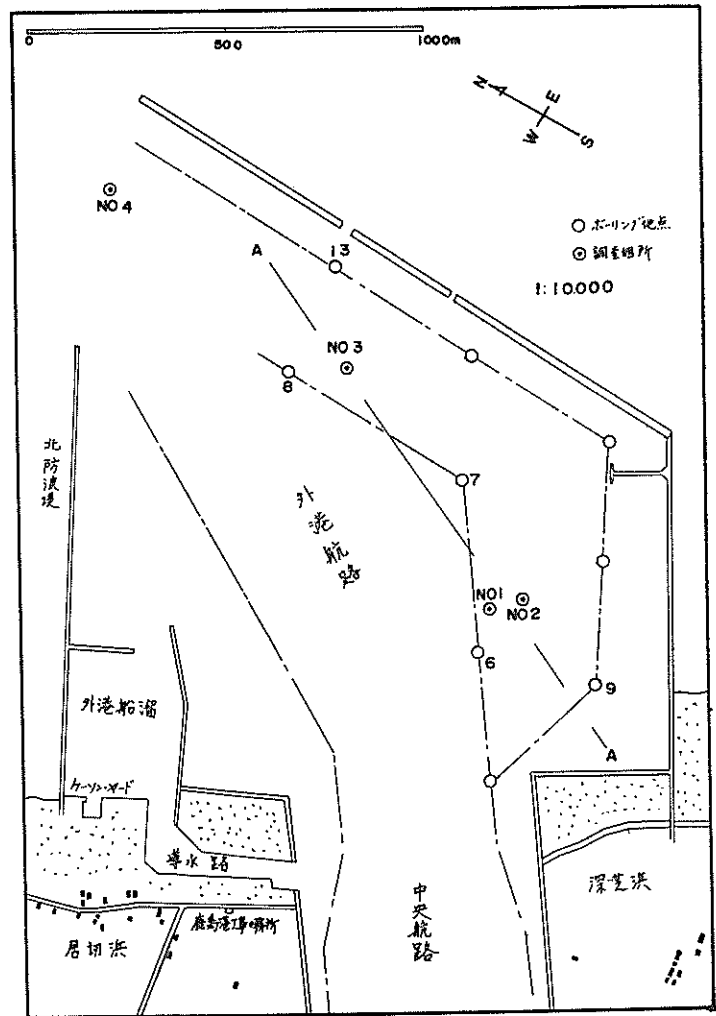


図-1 鹿島港調査場所



次に、装置を操作するために使用した作業船の主要目を示せば表-2の通りである。

表-2 供試船の主要目

調査港	鹿 島	名 古 屋	
所 属	弥八港湾建設株式会社	五洋建設株式会社	
船 名	弥 八 丸	天 龍 号	
総屯数及び排水屯数(t)	4 0.3	2 7 0.0	
船寸法 主要(m)	長	1 7.5	2 1.0
	巾	艫7.0, 艪6.5	1 6.0
	深	艫2.0, 中艪1.7, 艪1.9	2.0
	喫 水	—	0.8
材 質	鋼	鋼	
動力種類	ディーゼル	ディーゼル・エレクトリック	
主機馬力(FS)	1 2 0 × 1 台	6 4 × 1 台	
能 力	捲揚力(t)	主巻 2 5, 補巻 1 0	6.0
	揚 程(m)	主巻 1 5, 補巻 1 7	3 2.0
	捲揚速度(m/min)	3.0	2 0.0
起重機型式	固 定	旋 回	
乗 組 員	5 名	4 名	
補給発電機	A・C 45KVA × 1 台	A・C 45KVA × 1 台	
備 考	港湾防波堤工事用	港湾杭打工事用	

表-4 調査結果

調査番号	調査年月日	調査場所	調査時刻	水深(m)	海気象状態			コア・サンプラー				記 事
					波高(m)	風速(m/s)	潮位(m)	貫入量(m)	採取量(m)	採取率(%)	採取時間(min)	
1	S44 10.24	鹿島港	11:00	6.3	1.0	6~8	6.81	2.36	1.42	60.2	3.57	
2	10.24	"	14:20	6.0	1.0	6~8	1.36	1.92	0.90	46.9	3.72	測定中吊金具不良につき途中で中止
3	10.24	"	15:45	13.0	1.0	6~8	1.36	3.91	2.73	69.8	11.40	
4	10.25	"	09:50	16.0	1.0~1.5	8~12	—	—	—	—	—	装置の着底状態悪く転倒し測定不能
5	S45 1.27	名古屋港	13:30	4.7	0.08	7	0.76	—	4.14	—	—	自重による採取記録器故障
6	1.28	"	09:30	6.0	0.05	3	2.00	4.79	2.35	49.1	0.87	自重による採取
7	1.28	"	10:50	6.0	0.06	3	1.74	5.00	3.92	78.4	0.45	"
8	1.28	"	13:10	5.1	0.03	2	0.91	5.00	4.05	81.0	0.95	"
9	1.28	"	13:45	5.0	0.03	2	0.76	5.00	4.00	80.0	0.75	"
10	1.29	"	10:30	3.1	0.04	2	1.89	5.00	3.83	76.6	2.45	
11	1.29	"	11:05	3.1	0.05	3	1.76	5.00	3.38	67.6	0.88	
12	1.29	"	13:05	3.1	0.05	1.8	1.11	4.99	3.55	71.1	0.82	
13	1.29	"	13:35	3.1	0.05	1.8	0.96	4.95	2.56	51.7	1.17	
14	1.29	"	14:15	10.5	0.03	1.8	0.79	5.00	3.55	71.0	1.22	
15	1.29	"	14:35	10.5	0.03	1.8	0.72	5.00	3.90	78.0	0.93	

#### 4. 調査方法と測定項目

本調査は、予め設定した調査地点において装置を海中に降し、海底表面に定着させてから貫入ヘッド内の振動機の起振および同室への圧縮空気の圧入、排出を確認しながらコア・サンプラーを土盤へ貫入および引抜きを行った。なお、この間表-3に示す測定項目についての各現象を記録し、採取した土砂試料については当研究所に持込み一般的な土質の成分を調べた。

表-3 測定項目

測定項目	測定器機および方法
調査位置	六分儀
深 度	レッド方式
貫入深さおよび貫入速度	ポジションメーターの変化をペンレコーダーに記録
引抜き荷重	3 ton用ロードセルの変化をペンレコーダーに記録
採取試料長さ と柱状図	スケールと写真撮影および観察
一般的な土質試験	各種試験器

#### 5. 調査結果

本調査の作業状態とその場所の海気象条件を示すと表-4である。

註 1. 調査時の海気象状態は各建設局工事事務所の調査資料を参考にした。

2. 採取率は次式によった。

$$\text{採取率} = \frac{\text{採取量}}{\text{貫入量}} \times 100 (\%)$$

3. 採取時間は装置の海底への着底から離底までの所要時間。

4. 風向は両港とも、殆んど北北西であった。

次に、採取した試料の土質試験結果を図示すれば図-4、5および附表-1で、粒径加積曲線、柱状図および土の物理的性質である。また図-6、7はコアサンプラーの時間に対する貫入と引抜き状態の記録の一例である。

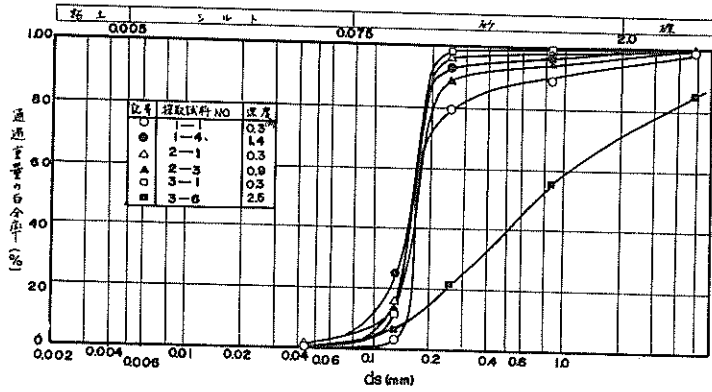


図-4-1 粒径加積曲線 (TEST, NO. 1. 2. 3.)

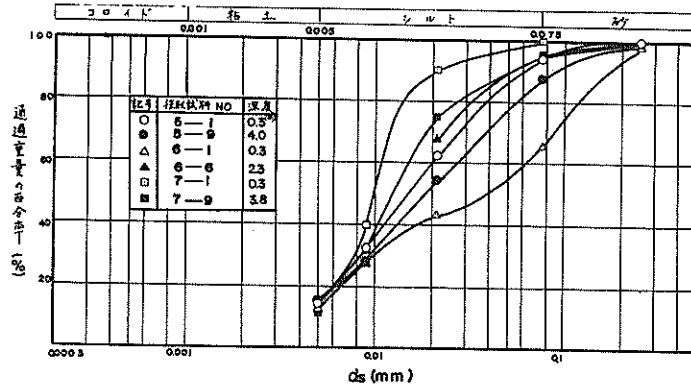


図-4-2 粒径加積曲線 (TEST, NO. 5. 6. 7.)

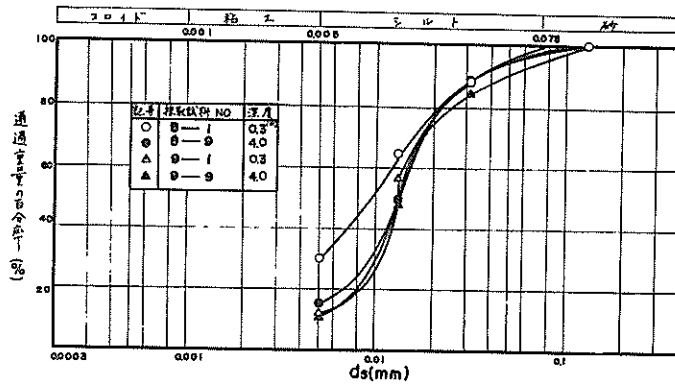


図-4-3 粒径加積曲線 (TEST, NO. 8. 9.)



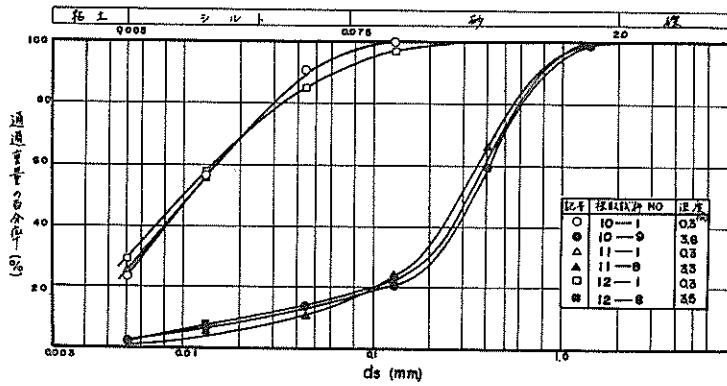


図-4-4 粒径加積曲線 (TEST. NO. 10.11.12)

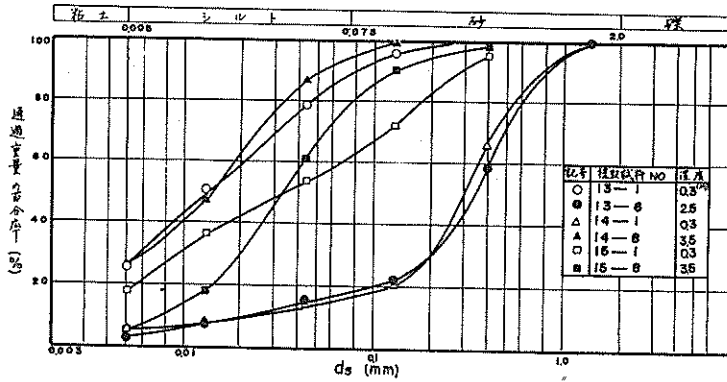


図-4-5 粒径加積曲線 (TEST. NO. 13.14.15)

深度 (m)	標尺 (m)	柱状図	土質名	色調	観察事項	採取試料深さ (m)
0	6.30	[Diagram showing soil profile with particles]	砂	青灰	全粒の細砂、小片の黒砂を含む。上層部は含水率約30%。 0.4m附近小片の黒砂層状に混入。 0.65m附近2cmの薄層状に黒砂が混入。 1.1m附近少量の小片の黒砂混入。 動物の糞也。	0.3
0.4	0.5					
0.8	1.0					
1.2	-7.45	シルト質砂	褐灰	含水率約60%の中砂。	1.4	
1.6	-7.72	砂				

図-5-1 土質柱状図 (TEST. NO. 1)

深度 (m)	標尺 (m)	柱状図	土質名	色調	観察事項	採取試料深さ (m)
0	-6.0	[Diagram showing soil profile with particles]	砂	褐灰	全粒の細砂と砂粒状の含水率約30%。 小片の黒砂混入。 時見の黒砂少量混入。	0.3
0.4	0.5					
0.8	0.9					
1.2	-6.9					

図-5-2 土質柱状図 (TEST. NO. 2)

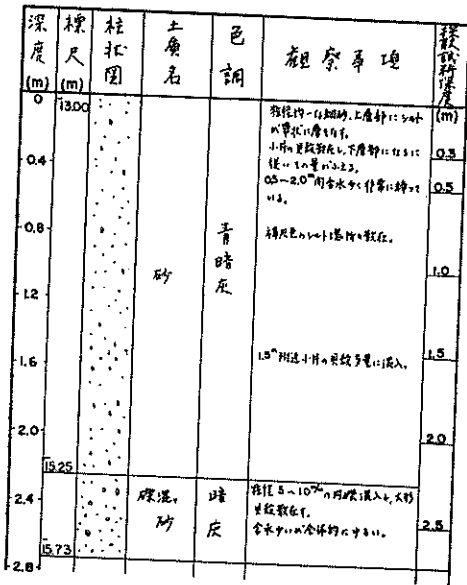


圖-5-3 土質柱狀圖 (TEST. NO. 3)

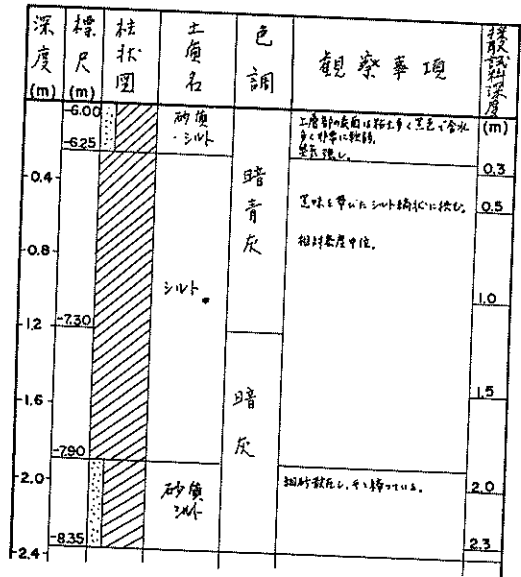


圖-5-5 土質柱狀圖 (TEST. NO. 6)

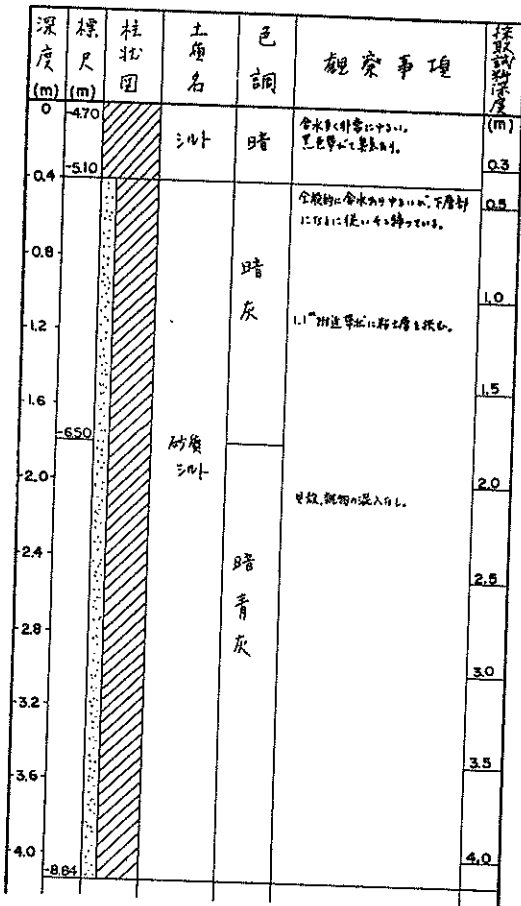


圖-5-4 土質柱狀圖 (TEST. NO. 5)

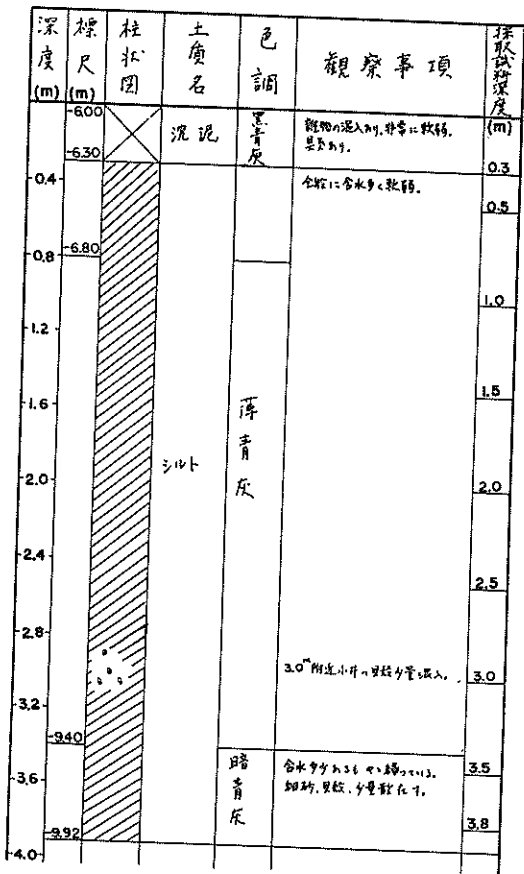
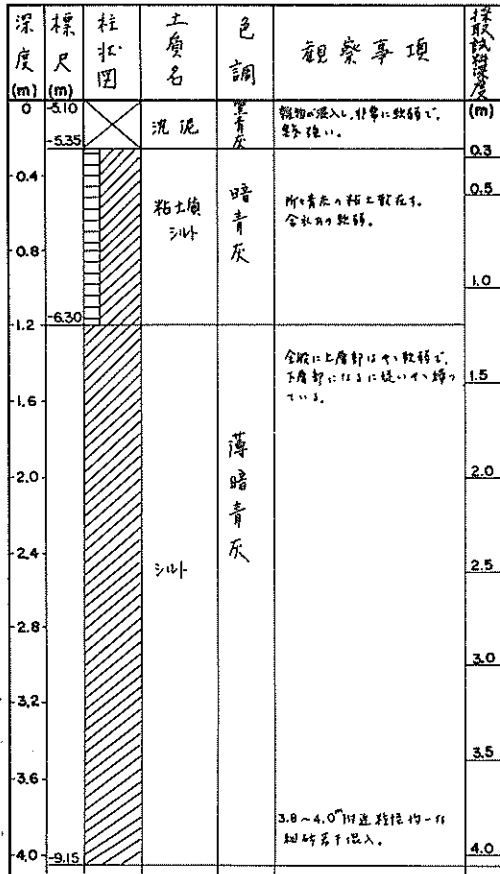
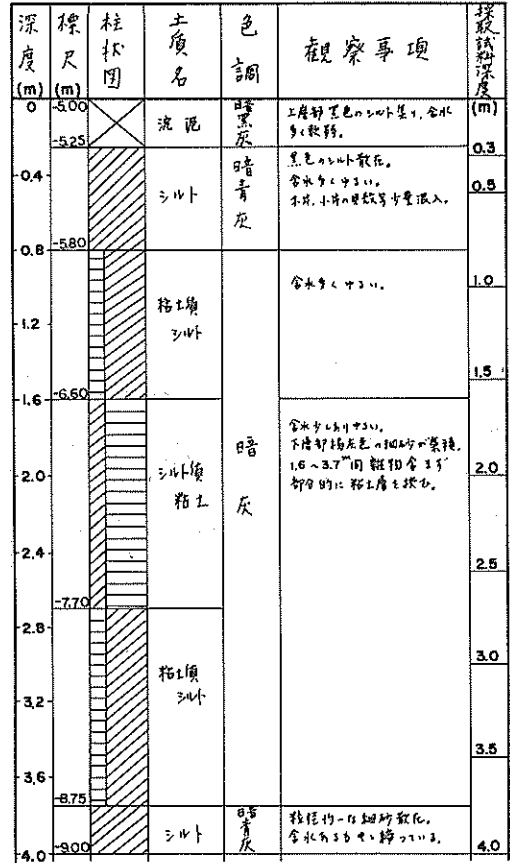


圖-5-6 土質柱狀圖 (TEST. NO. 7)



図一五-7 土質柱状图 (TEST, NO. 8)



図一五-8 土質柱状图 (TEST, NO. 9)

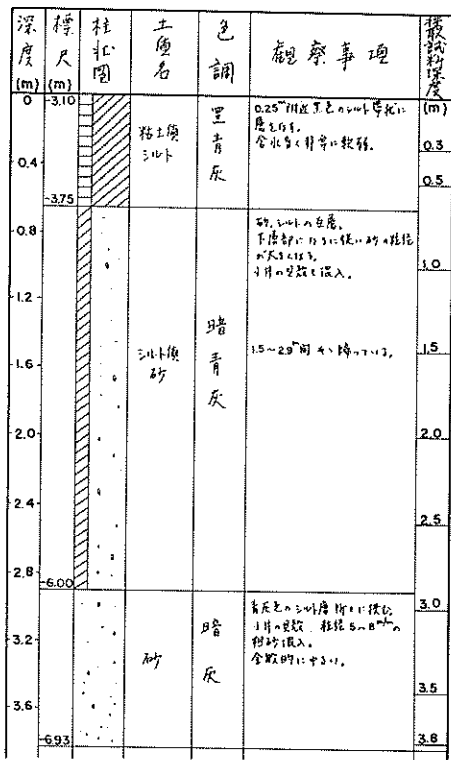


図-5-9 土質柱状图 (TEST. NO. 10)

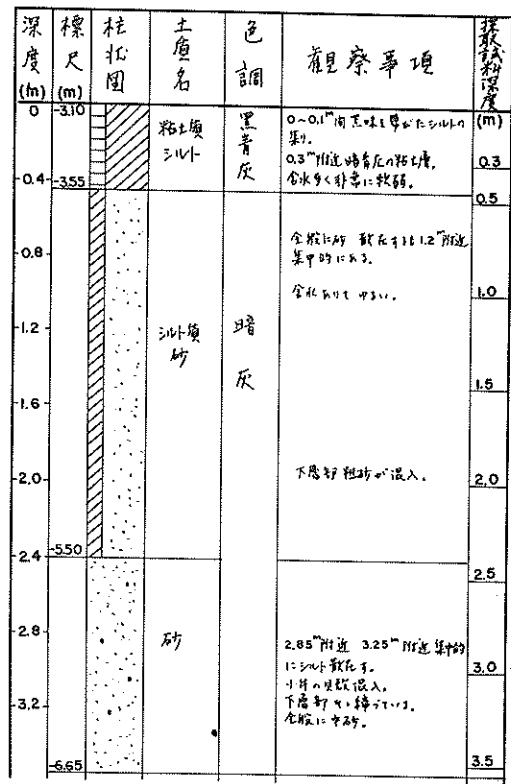


図-5-11 土質柱状图 (TEST. NO. 12)

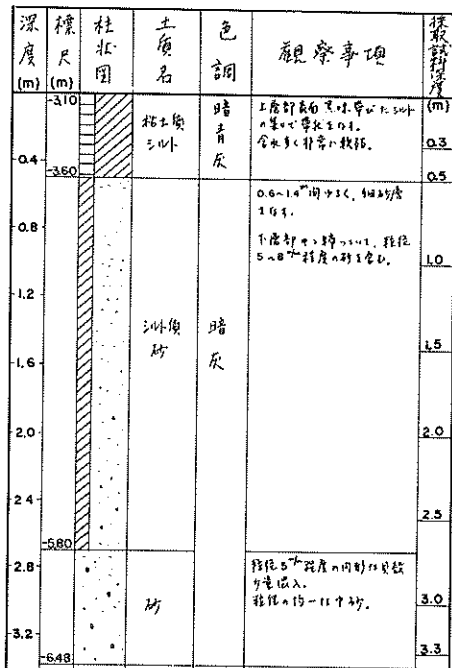


図-5-10 土質柱状图 (TEST. NO. 11)

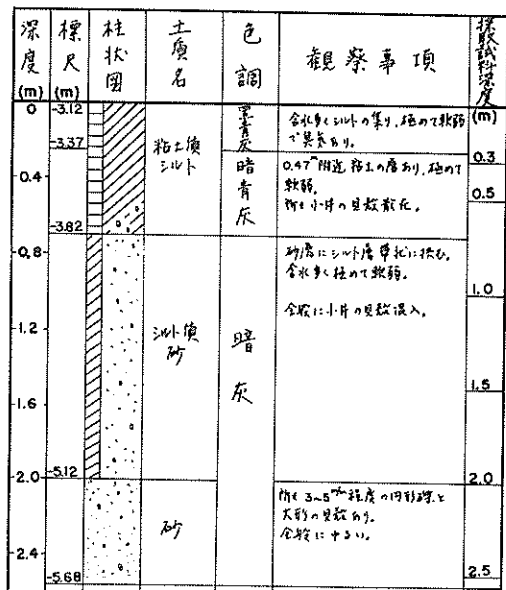


図-5-12 土質柱状图 (TEST. NO. 13)

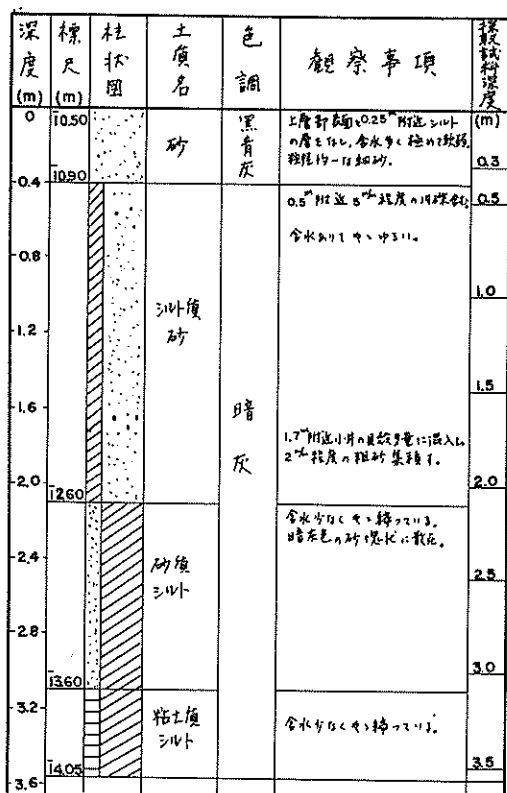


図-5-13 土質柱状図 (TEST, NO. 14)

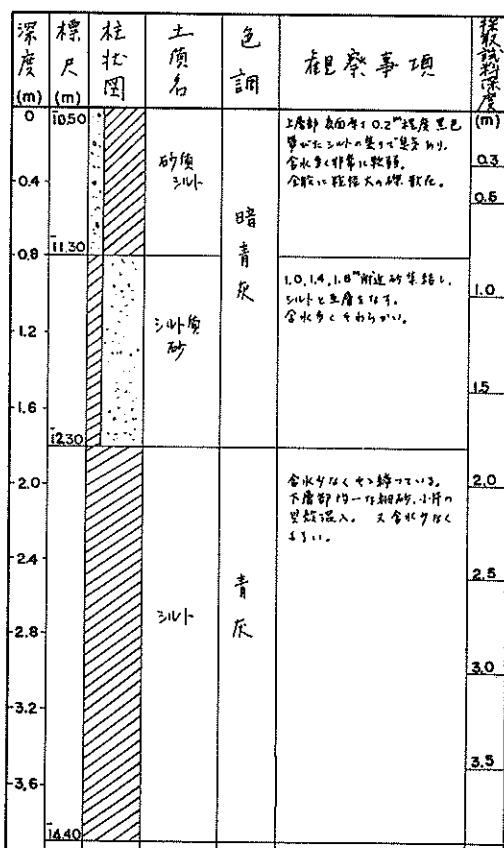


図-5-14 土質柱状図 (TEST, NO. 15)

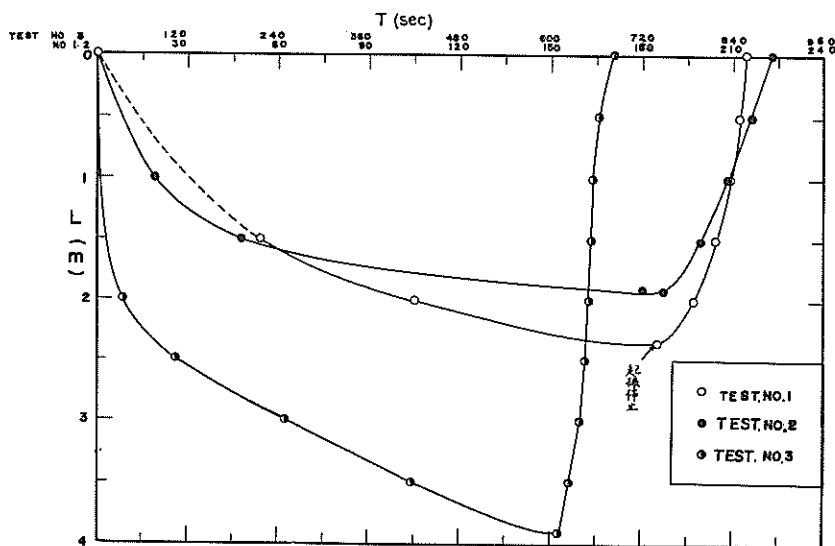


図-6-1 LとTとの関係 (TEST, NO. 1.2.3)

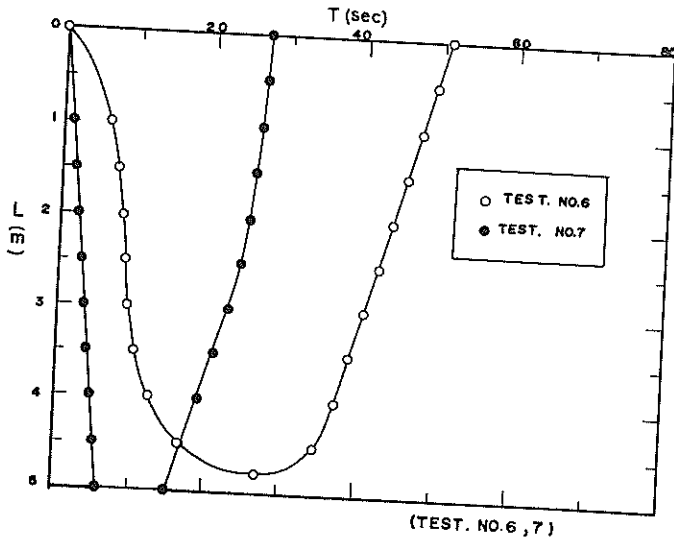


図-6-2 LとTとの関係 (TEST. NO. 6.7)

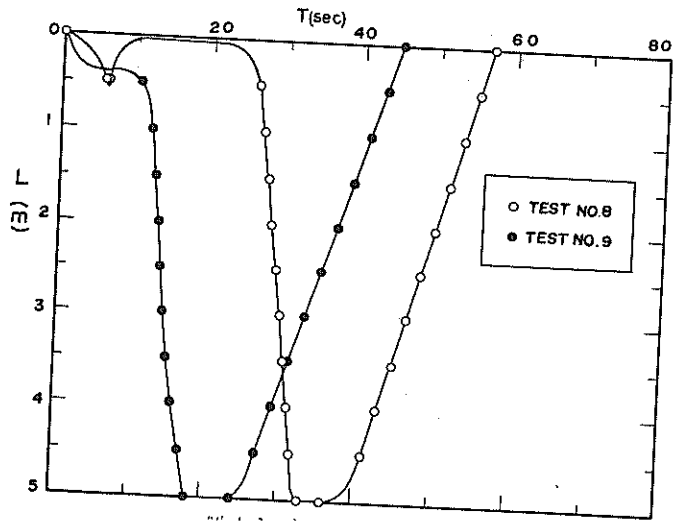


図-6-3 LとTとの関係 (TEST. NO. 8.9)

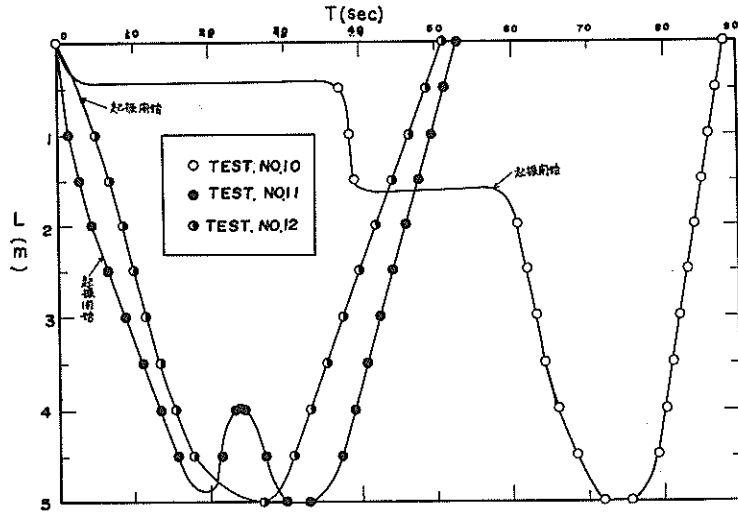


図-6-4 LとTとの関係 (TEST, NO. 10.11.12)

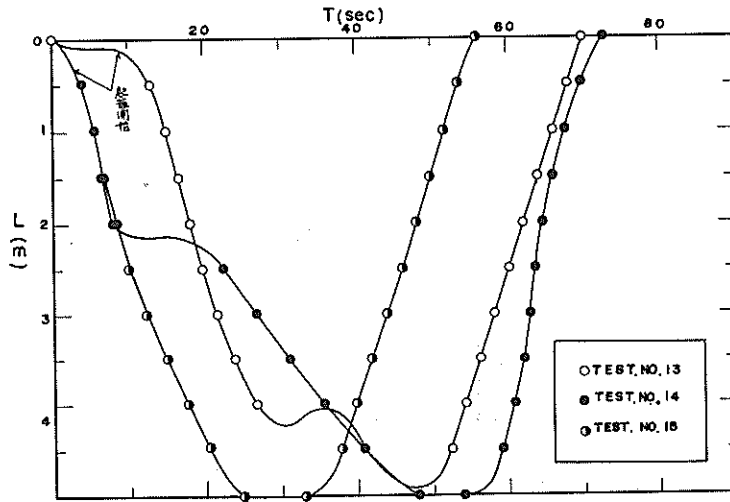


図-6-5 LとTとの関係 (TEST, NO. 13.14.15)

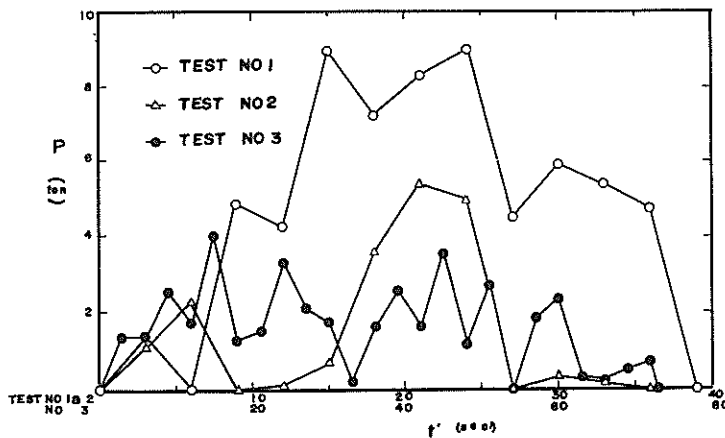


図-7-1 Pとtとの関係

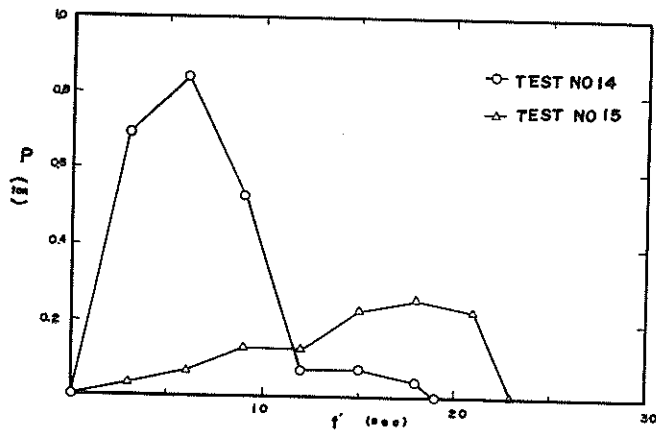


図-7-2 tとPとの関係

## 6. 考 察

本現地調査は、コア・サンプラーに振動を与え土盤へ貫入、引抜きを行ないその際に起る土質との関連現象を実際に把握し、しゅんせつ能力を表現できるしゅんせつ土質判定調査および試験法を明確にする目的であったが、調査実施に当り調査測定点の不足な所があったので補足推定しながら調査結果を二・三考察してみた。

ボーリング調査資料の土質状態と採取土砂を比較してみると、必ずしも完全に合致しているとは言い難いが、鹿島港と同様な手段で調査地点のNo値を求めてみた。しかし乍ら、この場合は金城埠頭の東側と西側に2分

### 6・1 調査場所の推定標準貫入値

#### 1) 鹿島港

同地区のボーリング調査は、昭和44年7月施行したもので、外港泊地内13箇所あり、その中から本調査場所に関係する点の土質柱状図を抜萃したものが附図-1であり、またこれらを参考にして海底土質の断面を推定してみると図-8-1である。

図が示す如く調査地点は、殆んど細砂の層でありまたは採取した土砂の分析および観察した結果から判断して細砂であることからみても非常によく合致している。そこで調査場所に最も関係のあるボーリング地点から数点を選び、貫入長さ(L)に該当するその資料の平均標準貫入値(N)を求め、その平均値を調査地点の推定標準貫入値( $N_0$ )とした。

#### 2) 名古屋港

図-8-2は、調査およびボーリングの各地点を示し、附図-2は調査地点に最も近い所のボーリング調査資料の土質柱状図である。または図-8-3は、これらを参考して作成した海底土質断面の推定図である。

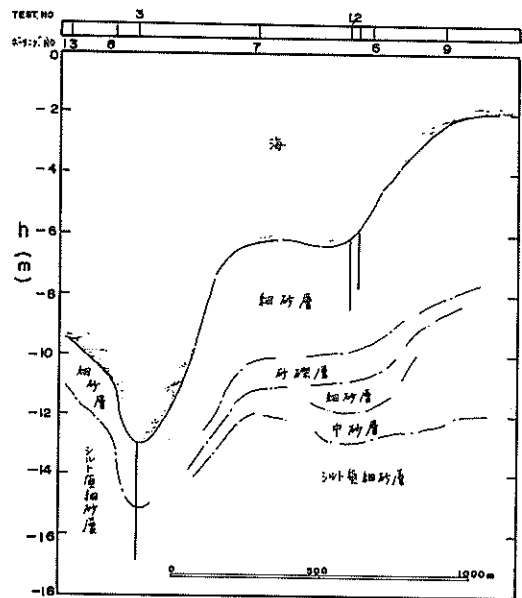
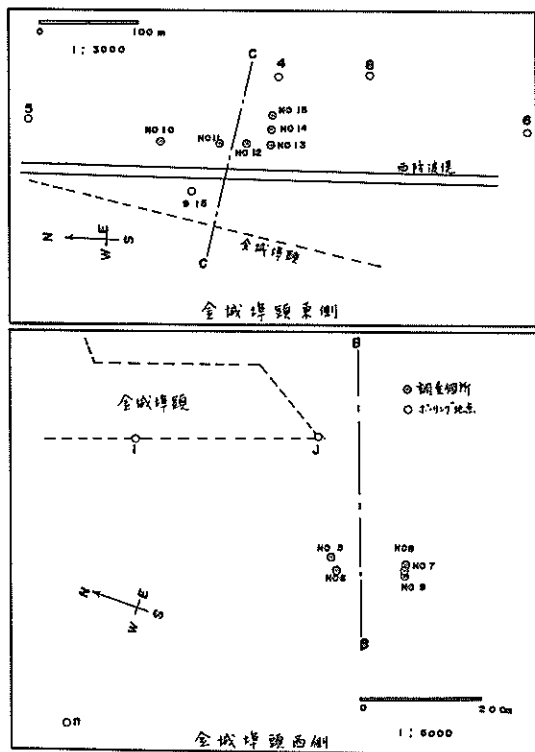
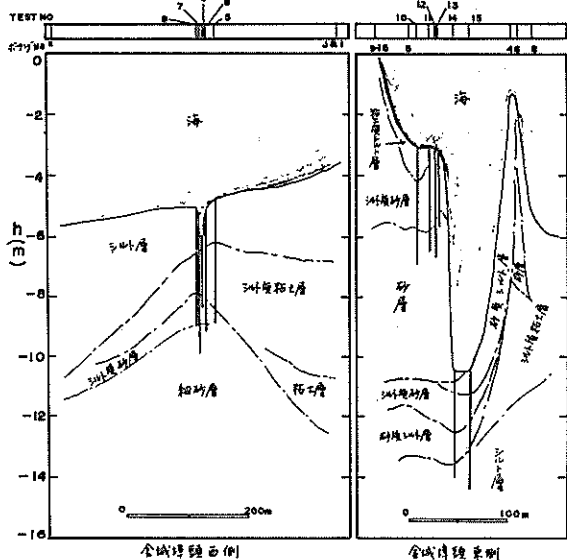


図-8-1 推定土質断面図





図一8-2 調査およびボーリング場所



図一8-3 推定土質断面図

し且つボーリング調査時が昭和38年6月～昭和43年2月でかなり以前の調査状態を考慮して、特に東側のみ採取土砂状態および調査時の深度を主体に考え、それぞれの調査地点のNo値を求めた。なお、これらのNo値をたしかめるため、従来静的貫入試験による支持力公式論から導かれるN値と比較検討してみた。即ち粘性土の一軸圧縮強度（ $q_u$ ）とN値とのグラフで、かなりのばらつきがあるが、この関係の中心を連ねた(1)式の関係が得られている。

$$q_u = 0.12 \sim 0.13 N \approx N / 8 \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{または、} \tau_B = q_u / 2 \cdot \tan(45^\circ - \phi / 2)$$

(1)式に調査時のベーン試験によって測定した剪断抵抗からN値を計上し、No値との関係を示したのが、附图一3である。図が示す如く若干のばらつきがあるが、関係上の性質からみても先に求めたNo値は、ほぼ妥当な値と云えよう。

### 6・2 貫入、引抜き現象について

#### 1) No値と貫入速度

N値と管または抗の土盤への貫入速度（ $v$ ）との関係は、軟泥質土～砂質土の範囲内では、打込む部材の形状材質および動力方式によってその状態が異なるが、その土盤への貫入速度は、N値と反比例の関係にある。

今軟泥質土（No値＝0.2～4）において、コア・サンプラーの先端が土盤へ50cm毎貫入した時に相当するNo値と、その貫入速度との関係を探ってみると図一9-1である。

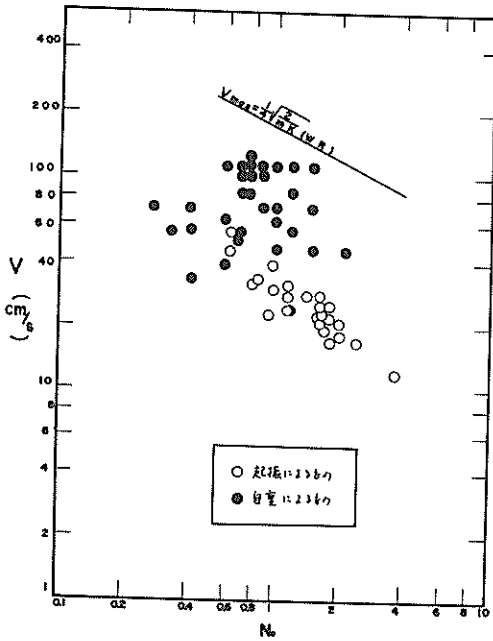
コア・サンプラーの貫入条件を自重（ $w$ ）と振動による両者で行なったものであるが、この場合自重と振動とによる採取土砂の乱れをみるための操作で、振動の場合多少制動をきかせ貫入させたもので、その結果図が示す如く若干のばらつきを生じ、また振動の方が自重より若干劣る貫入速度となっている。

ここで、更に軟泥質土において、コア・サンプラーを自重のみで貫入させる場合について、その貫入現象と土質との関係を考察してみた。

自重によって土盤に貫入する棒の貫入時間（ $t$ ）と貫入長さとの関係の運動方程式が次式で表わされるものとし仮定してみよう。

$$m \cdot \frac{d^2 L}{dt^2} + a \cdot \frac{dL}{dt} + K \cdot L = (W - R) \dots$$

.....(2)



図一9-1 No値とvとの関係(軟泥質土)

(2)式において、 $\lambda_1, \lambda_2 = -\frac{a}{2m} \pm \sqrt{\left(\frac{a}{2m}\right)^2 - \frac{K}{m}}$ とおくと、その一般解は次のようになる。

$$L = c_1 \cdot e^{\lambda_1 \cdot t} + c_2 \cdot e^{\lambda_2 \cdot t} + \frac{(W-R)}{K} \quad \dots\dots(3)$$

初期条件  $L=0, t=0$  として、 $c_1$  と  $c_2$  を決めると(3)式は、次のようになる。

$$L = \frac{(W-R)}{K} \cdot \left[ \frac{\lambda_2}{(\lambda_1 - \lambda_2)} \cdot e^{\lambda_1 \cdot t} - \frac{\lambda_1}{(\lambda_1 - \lambda_2)} \cdot e^{\lambda_2 \cdot t} + 1 \right] \quad \dots\dots(4)$$

従って、速度 ( $L'$ ) および加速度 ( $L''$ ) は、それぞれ次のようになる。

$$L' = \left[ e^{\lambda_1 \cdot t} - e^{\lambda_2 \cdot t} \right] \cdot \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{(\lambda_1 - \lambda_2)} \cdot \frac{(W-R)}{K} \quad \dots\dots(5)$$

$$L'' = \left[ \lambda_1 \cdot e^{\lambda_1 \cdot t} - \lambda_2 \cdot e^{\lambda_2 \cdot t} \right] \cdot \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{(\lambda_1 - \lambda_2)} \cdot \frac{(W-R)}{K} \quad \dots\dots(6)$$

左記の(4), (5), (6)式の  $L, L', L''$  を求めるには、貫入する際の土の抵抗要素 ( $a$  および  $K$ ) を知る必要がある。

粘性土に対する  $K$  の値は、コア・サンプラーの側面に作用する摩擦抵抗式を考え、 $K = n \cdot \ell \cdot r_B$  で比例係数 ( $n$ ) = 1 とした。 ( $\ell$  = コア・サンプラーの外周長さ) なお、 $K$  と  $a$  の値については、このような問題に対する値がわからないので、図一10に示す如き装置により室内実験を行ない、実験的に値を求めた。その結果、粘性物質に対して次の式が得られた。

$$a = 3 \sqrt{\frac{m \cdot K}{2}} \quad \dots\dots(7)$$

即ち(2)式は、次のように書き換えられると考えられる。

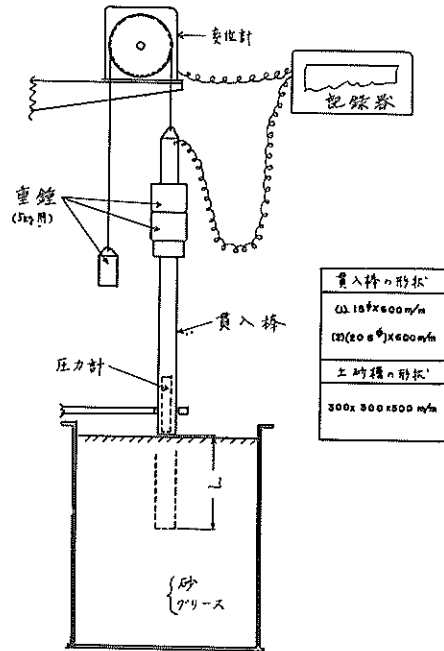
$$m \cdot \frac{d^2 L}{dt^2} + 3 \sqrt{\frac{m \cdot K}{2}} \cdot \frac{dL}{dt} + K \cdot L = (W-R) \quad \dots\dots(8)$$

上式を解くと

$$L = \left[ \left( \frac{1}{2} \cdot e^{-t \sqrt{\frac{K}{2m}}} - 1 \right) \cdot e^{-t \sqrt{\frac{K}{2m}}} + \frac{1}{2} \right] \cdot \frac{2(W-R)}{K} \quad \dots\dots(9)$$

従って、 $L'$  と  $L''$  は、それぞれ次のようになる。

$$L' = \left[ \left( 1 - e^{-t \sqrt{\frac{K}{2m}}} \right) \cdot e^{-t \sqrt{\frac{K}{2m}}} \right] \cdot \sqrt{\frac{2}{m \cdot K}} \cdot (W-R) \quad \dots\dots(10)$$



図一10 室内実験装置

$$L'' = \left[ \left( 2 e^{-t\sqrt{\frac{K}{2m}}} - 1 \right) \cdot e^{-t\sqrt{\frac{K}{2m}}} \right] \cdot \frac{(W-R)}{m} \dots\dots\dots(11)$$

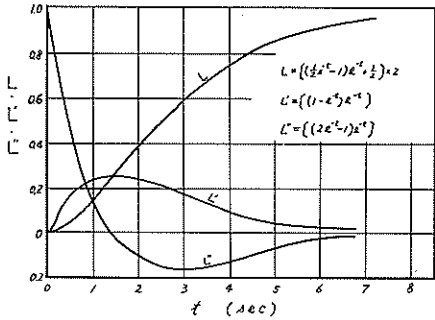


図-11-1 L, L', L'', と t との関係

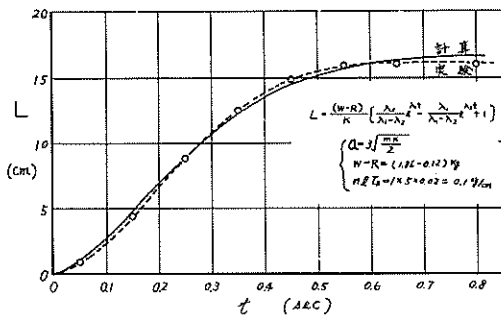


図-11-2 L と t との関係 (室内実験例)

図-11-1は、貫入長さ、速度、加速度の変化状態を示し、図-11-2は、室内実験と計算値の比較であって、これらはよく一致していることがわかる。

さて、コア・サンプラーの貫入時の記録から得た貫入速度は、(10)式から判るように貫入時間に対しての変数であり、従って貫入速度から逆に粘性土の剪断抵抗や No 値を求めようとする場合は、その貫入速度の最大 (Vmax) によって判定することができる。

(10)式において、L' 即ち貫入速度が最大になるには、その微分値が 0 となる時であるから(11)式において

$$2 \cdot e^{-t\sqrt{\frac{K}{2m}}} = 1 \dots\dots\dots(12)$$

の時である。これを(10)式に代入すると

$$V_{max} = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{\frac{2}{m \cdot K}} \cdot (W-R) \dots\dots\dots(13)$$

ここで、R は室内実験から検討して、この場合ウインチの巻戻し抵抗だけと考え、コア・サンプラーの自重および先端周長のそれぞれの数値を(13)式に代入して、剪断抵抗に対しての最大速度を求め、剪断抵抗を No 値に換算して、No 値と最大速度の関係を求めて、これを図-9-1の実線で示した。

次に、砂質土 (No 値 = 5 ~ 30) において、振動によってコア・サンプラーを土盤へ貫入させた結果、図-9-2が示すように No 値と貫入速度との関係は、直線的に増減する傾向を示した。

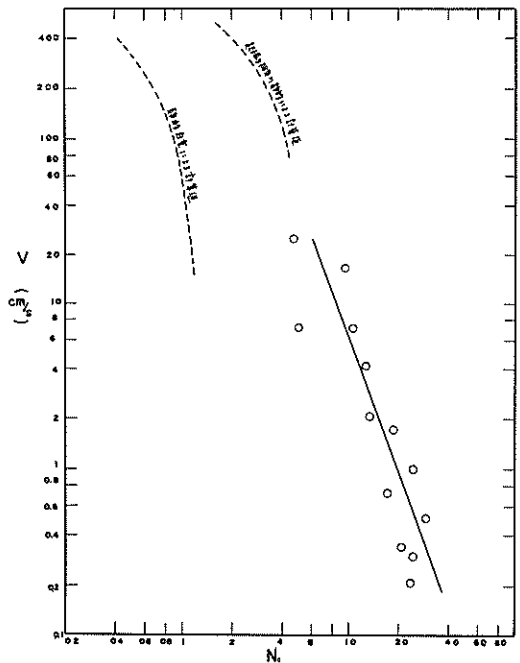


図-9-2 No 値と V との関係 (砂質土)

振動貫入性状は、振動数、振動加速度、起振力、自重、振幅、土質状態および供試体の形状に左右され、且つこれらの相互関係によって定まる複雑な現象となるので、一概に理論づけることは困難とされている。そこで今回は、コア・サンプラーを静的に押込む場合に、幾程の荷重が必要であるかを検討してみると、この場合次の事柄が考えられる。

- 1) コア・サンプラーの自重による。

2) コア・サンプラーの起振力と等しい力で静的に押込むもの。

2つの条件においても、(9)、(10)、(11)式に代入して計算するには、軟泥質土同様Kの値を決定しなければならない。

この問題については、図-10に示した装置により粒状の砂に対する実験を行ないその結果、粘性土の場合と同様な傾向の変位、速度、加速度についての現象が得られた。しかし乍ら粘性土の場合に貫入抵抗力の大部分が管と粘性土の間に作用する摩擦力によるものであったのに対し、砂質土の場合は、管の先端面における押込抵抗力の比率が極めて大きく、いわゆる支持力(Qs)に支配されることが判った。即ち粘性土の場合のように $K = n \cdot \ell \cdot \tau_s$ とおいて計算することはできない。その結果色々検討し本調査の砂質土に対しては、Meyerhof氏の支持力公式により最も適した説明が与えられることが判った。

Meyerhof氏の式は、パイプ・パイルに対して、

$$Q_s = 4 \cdot N \cdot A_p + \frac{1}{50} \cdot N_o \cdot A_s \dots\dots\dots(14)$$

で表わされる。(14)式の $4 \cdot N \cdot A_p$ の値は、(9)、(10)、(11)式のRに相当し、 $\frac{1}{50} \cdot N_o \cdot A_s$ の値が(9)式の $\ell \cdot K$ に相当する。故に砂質土に対する静的な貫入現象を表わす式は、 $K = \frac{1}{50} \cdot N_o \cdot \ell$ と置いて、次のようになるものと考えられる。

$$L = \left[ \left( \frac{1}{2} \cdot e^{-t \sqrt{\frac{N_o \cdot \ell}{100m}} - 1} \right) \cdot e^{-t \sqrt{\frac{N_o \cdot \ell}{100m}}} + \frac{1}{2} \right] \cdot \frac{100(W-4N \cdot A_p)}{N_o \cdot \ell} \dots\dots\dots(15)$$

$$L' = \left[ (1 - e^{-t \sqrt{\frac{N_o \cdot \ell}{100m}}}) \cdot e^{-t \sqrt{\frac{N_o \cdot \ell}{100m}}} \right] \cdot \sqrt{\frac{100}{m \cdot N_o \cdot \ell}} \cdot (W-4N \cdot A_p) \dots\dots\dots(16)$$

$$L'' = \left[ (2 \cdot e^{-t \sqrt{\frac{N_o \cdot \ell}{100m}} - 1} \right) \cdot e^{-t \sqrt{\frac{N_o \cdot \ell}{100m}}} \cdot \frac{(W-4N \cdot A_p)}{m} \dots\dots\dots(17)$$

貫入速度が最大になるのは $L' = 0$ の時であるから(16)式から

$$V_{max} = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{100}{m \cdot N_o \cdot \ell}} \cdot (W-4N \cdot A_p) \dots\dots\dots(18)$$

が得られる。今 $N = N_o$ とし、コア・サンプラーの自重、先端面積、先端周長、重量、起振力を(18)式に入れて計算し、図-9-2に点線で示した。

貫入速度の小さい範囲では、粘性土の時よりもずっと勾配が急になる。これは、計算式の中のRの値が大きく影響されるためである。

## 2) 引抜き抵抗について

実船におけるコア・サンプラーの引抜き状態は、ロープで斜め上方に引き上げることより複雑な抵抗力がかかる。調査の作業状態における引抜き抵抗値は、軟泥質土時で自重の1.44倍、砂質土では4.1倍であった。なお、無起振時の場合(砂質土)は、6.1倍を示した。

## 7. あとがき

本調査は、振動によってコア・サンプラーを土盤に貫入させる際、土質と貫入特性との関連性を明らかにし、しゅんせつ土質判定の手段を導く目的であったが、土盤への振動貫入に関する問題は現状において、前述した程度の比較しかできない。いずれにしても、土盤への振動貫入性状の理論的解析を進めない限り結論づけることは早計であり、今後の土質調査に期待し、更に正確な解析を試みる必要がある。

本調査結果による貫入性状に関する事柄を要約すると次の通りである。

1) 採取土砂の回収率は、軟泥質土で平均70%、砂質土平均60%で極端な開きがなかった。

過去の実績からみて前者は妥当な値であるが、後者においては、いわゆる軟弱地盤にみられる特有の現象であると思われる。これは、含水比が70%前後であったことから推想される。

2) 軟泥質土において、自重と振動によってコア・サンプラーを土盤に貫入させ、採取土砂の乱れ状態を調べてみたが、観察や、剪断抵抗値の結果からみて極端な違いはなく、回収率もほぼ同じ程度であった。

3) 貫入速度とN値の関係は、砂質土に対して明瞭な関係があり、これを式で表わせば $N_o = 10 \cdot V^{-1/2}$ が得られた。しかしながら軟泥質土においては、かなりのばらつきがあった。故に、しゅんせつ土質の判定は、砂質土に対して貫入速度から、また粘性土に対しては採取土砂のベーン試験による方法が良いと思われる。

4) 樁の自重による土盤への貫入過程から運動方程式を導き、またaの値を室内試験で求めたが、今後の研究課題として種々の供試材に対して、その物理的性質や

縮試験値に関連した抵抗要素を明確にする必要がある。また軟泥質土で理論式と調査結果を比較すると若干の差があらわれた。これはウインチの巻戻し抵抗値が大きく影響することによると思われる。しかしこの分野の土質では、しゅんせつには何ら問題にはならない所である。

次に、砂質土において、3 m 附近（本調査測定範囲）まで自重または起振力相当の力で静的に貫入させた時、自重の場合はNo値 = 1、起振力相当の場合No値 = 4.7の土質に貫入可能である。

5) 引抜き抵抗については、実測値が少いため数値的に表現できなかったが、土質の締め具合によって抵抗力の違があった。

終りに当り、本調査の測定に終始御協力を戴いた第2港湾建設局鹿島港工事事務所蒲生利重技官外皆様、第5港湾建設局名古屋港工事事務所高城晴行技官外皆様並びに起重機船乗組員および関係各位に深甚なる感謝の意を表する次第である。また採取土砂の分析に当り、当研究所土質部土質試験課小川富美子技官に御骨折載き厚く御礼申し上げます。

なお、このパイプロ・コア・サンプラーに関しては、八幡製鉄株式会社に関連特許を有して、この調査には多大の御配慮を戴いた。

### 参 考 文 献

- 1) 運輸省第5港湾建設局「名古屋港金城埠頭土質調査報告書」 1966.12
- 2) 土質工学会「土質調査法」 1964.6
- 3) 横山幸満 山海堂「鋼杭の設計と施行」 1964
- 4) 小岩苔生外5名 科学技術庁「マラツカ・シンガポール海峡に関する調査研究」 1970
- 5) 第7回港湾機械技術研究会「杭打機と土質との関係」 1960.11
- 6) エス・アー・ツアープリン モスクワ「振動衝撃機械」

- 7) 渡辺 隆 鹿島建設技術研究所「パイプロ・フローテーション工法」 1962
- 8) 岩田尚生外1名 港研資料NO. 94「浚渫土質の判定についての二・三の実験」 1969.12

### 記 号 表

a	: 貫入速度に影響する土の抵抗要素
$A_p$	: 杭またはコア・サンプラーの先端面積 (cm <sup>2</sup> )
$A_s$	: 貫入部分の杭またはコア・サンプラーの外周面積 (cm <sup>2</sup> )
c	: 積分定数
$d_s$	: 土砂の粒径 (mm)
e	: 自然対数の底
h	: 深度 (m)
K	: 貫入深さに影響する土の抵抗要素
L	: 貫入長さ (cm, m)
$\ell$	: コア・サンプラーの先端周長 (cm)
m	: 樁またはコア・サンプラーの質量
N, No	: 標準貫入値, 推定標準貫入値
n	: 比例係数
p	: 引抜き荷重 (ton)
$Q_s$	: 極限支持力 (Kg)
qu	: 一軸圧縮強度 (Kg/cm <sup>2</sup> )
R	: 定常的な抵抗値
T	: 土砂の採取時間 (sec)
t, t'	: 貫入時間, 引抜き時間 (sec)
V	: 貫入速度 (cm/sec)
W	: 樁またはコア・サンプラーの重量 (m·g)
$\lambda$	: 二次方程式の根
$\tau_b$	: 剪断抵抗 (Kg/cm <sup>2</sup> )
$\phi$	: 土の内部摩擦角 ( $\phi = 0$ )

(1970.9.30受付)

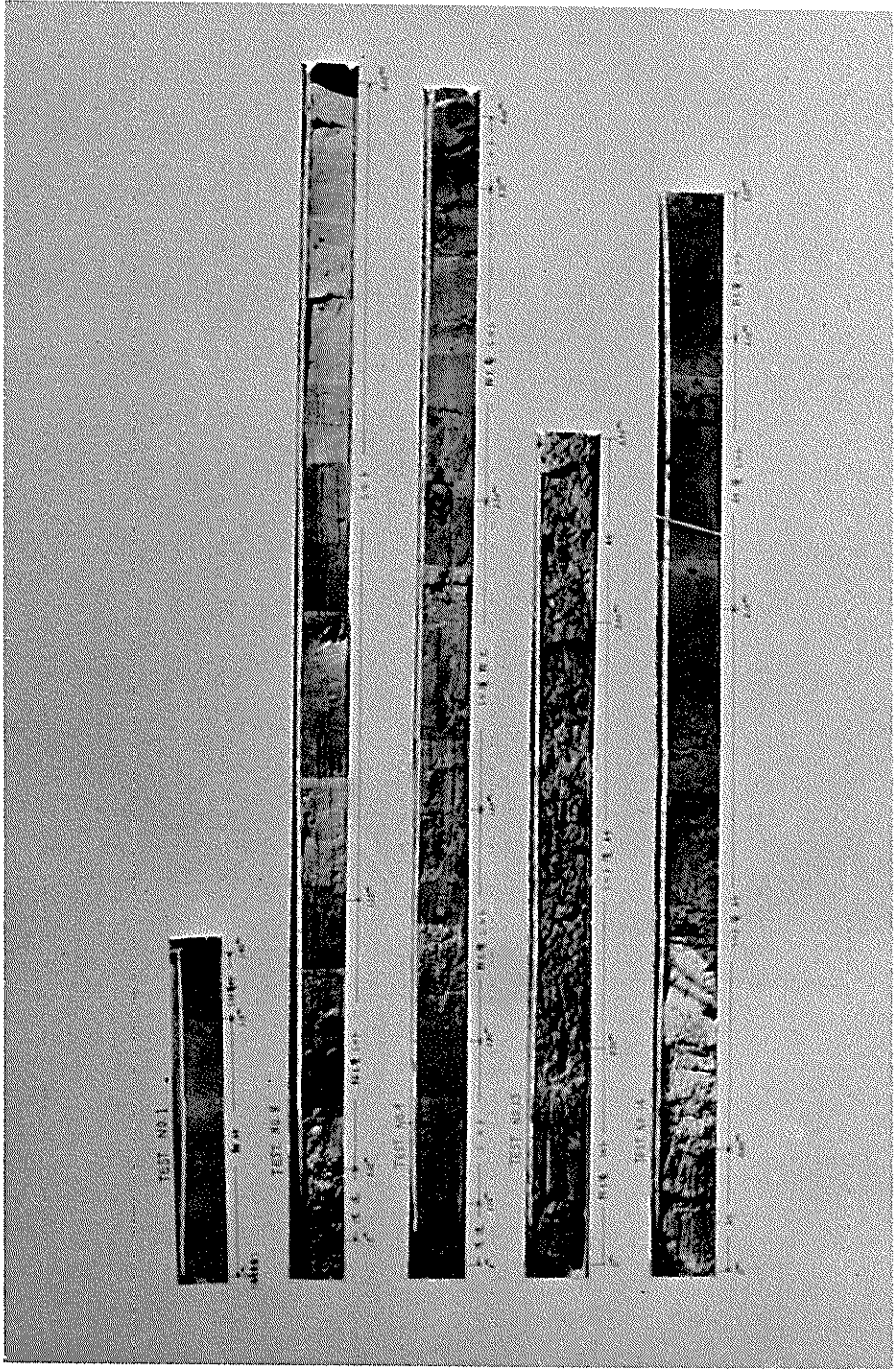


写真-1 採取土砂

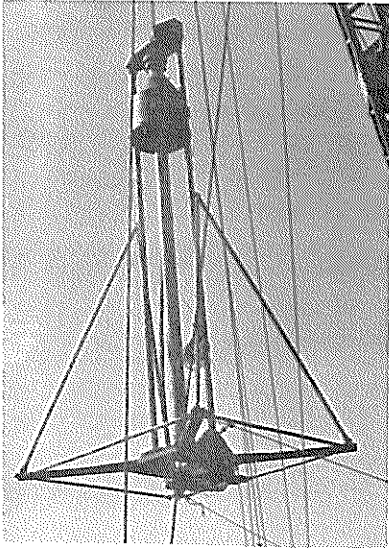


写真-2 パイプロ・コア・サンプラー

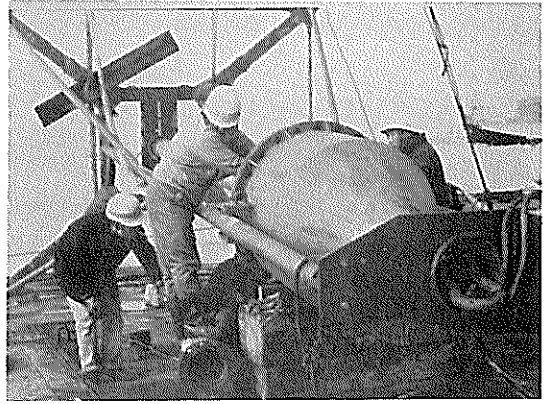


写真-5 コア・サンプラー取除作業状況

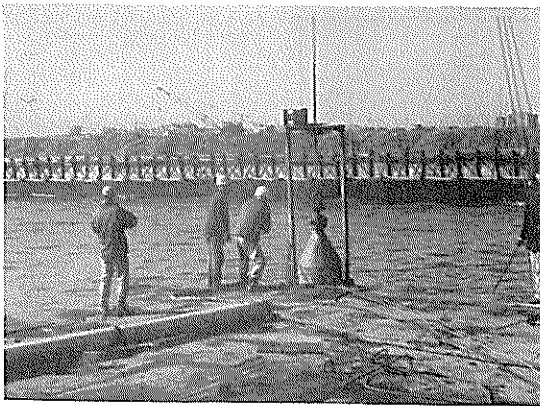


写真-3 調査状況

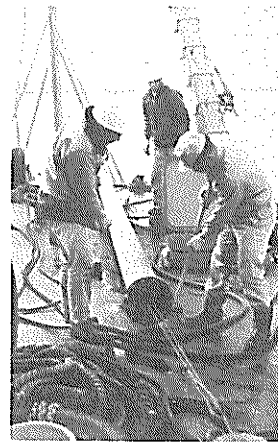


写真-6 コア・引抜き作業



写真-4 コア・サンプラー取付作業状況

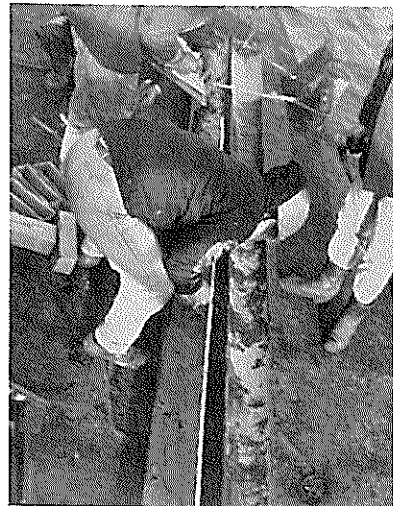


写真-7 ベーン試験測定状況

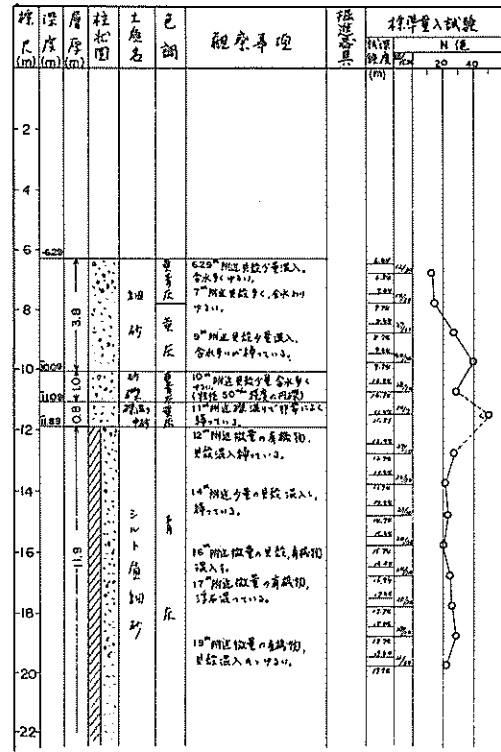
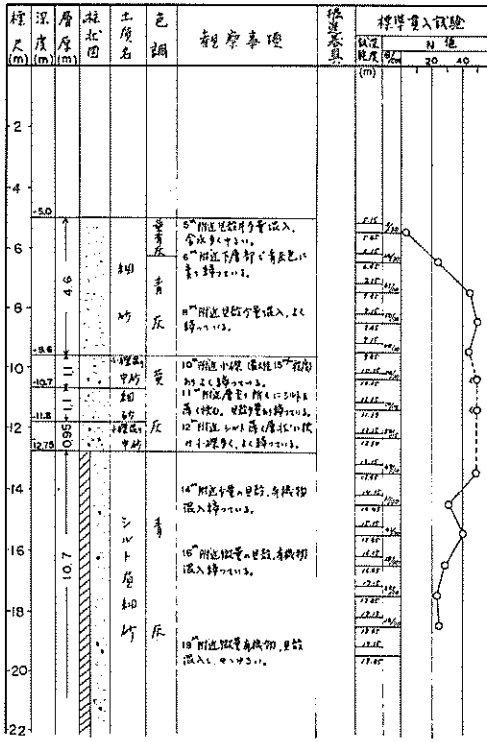
附表-1 土質試験結果

採取		土の物理的性質								圧縮試験
番号	深度 (m)	含水比 (%)	貝掛比重 (g/cm <sup>3</sup> )	土比粒子重 (g/cm <sup>3</sup> )	粒度分析					ベーン試験 剪断抵抗 (Kg/cm <sup>2</sup> )
					礫 (%)	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)	三角座標分類	
1-1	0.3	24.4	1.831	2.378	6.0	93.7	0.3		砂	
1-2	0.5	25.8	1.853	2.561	6.9	92.8	0.3		砂	
1-3	1.0	24.4	1.769	2.466	3.8	95.7	0.5		砂	
1-4	1.4	24.4	1.957	2.539	1.5	93.5	5.0		砂	
2-1	0.3	26.2	2.005	2.602	2.0	95.9	2.1		砂	
2-2	0.5	28.9	1.884	2.519	0.8	97.9	1.3		砂	
2-3	0.9	37.7	1.721	2.539	2.8	92.4	4.8		砂	
3-1	0.3	27.8	1.863	2.669	0.5	96.9	2.6		砂	
3-2	0.5	27.9	1.911	2.741	2.5	91.0	6.5		砂	
3-3	1.0	24.1	1.948	2.663	1.0	96.4	2.6		砂	
3-4	1.5	24.8	1.891	2.653	5.0	93.4	1.6		砂	
3-5	2.0	20.7	1.945	2.656	22.0	76.3	1.7		砂	
3-6	2.5	16.2	1.959	2.649	28.8	69.7	1.5		砂	
5-1	0.3	82.5		2.670		5.5	80.5	14.0	シルト	
5-2	0.5	85.5		2.672						0.007
5-3	1.0	81.3		2.677		10.2	70.3	19.5	砂質シルト	0.034
5-4	1.5	82.1		2.643						0.032
5-5	2.0	80.3		2.714		6.5	76.0	17.5	砂質シルト	0.051
5-6	2.5	85.8		2.718						0.058
5-7	3.0	83.9		2.718		8.0	74.5	17.5	砂質シルト	0.080
5-8	3.5	80.0		2.714						0.082
5-9	4.0	65.3		2.713		12.6	71.9	15.5	砂質シルト	0.102
6-1	0.3	82.8		2.682		34.0	53.0	13.0	砂質シルト	0.007
6-2	0.5	78.2		2.698						0.006
6-3	1.0	95.9		2.701		5.3	80.2	14.5	シルト	0.025
6-4	1.5	83.4		2.716						0.044
6-5	2.0	84.8		2.711		15.2	69.3	15.5	砂質シルト	0.062
6-6	2.3	77.8		2.706		6.0	82.5	11.5	シルト	0.075
7-1	0.3	56.1		2.701			89.0	11.0	シルト	0.005
7-2	0.5	83.4		2.690						0.017
7-3	1.0	84.8		2.695			84.7	15.3	シルト	0.039
7-4	1.5	84.9		2.703						0.048
7-5	2.0	89.3		2.720		3.0	90.0	7.0	シルト	0.058
7-6	2.5	85.1		2.704						0.068
7-7	3.0	89.8		2.714		4.0		12.0	シルト	0.072
7-8	3.5	73.3		2.703						0.089
7-9	3.8	78.8		2.716		4.5	81.5	14.0	シルト	0.113
8-1	0.3	83.7		2.688		2.8	67.4	29.8	粘土質シルト	

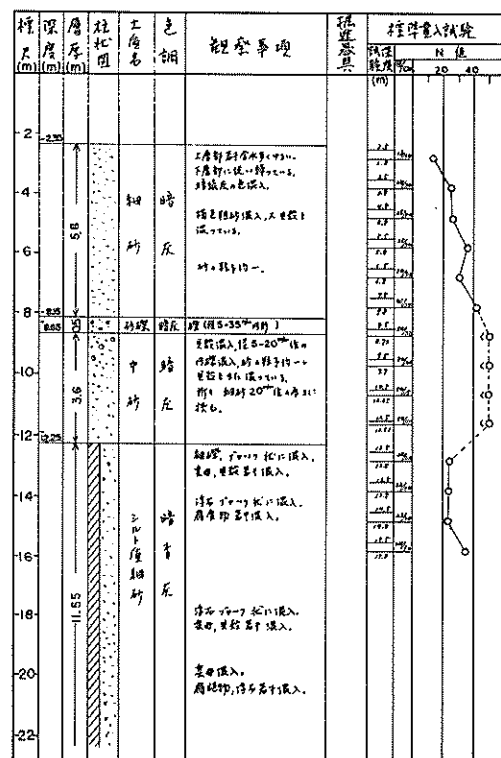
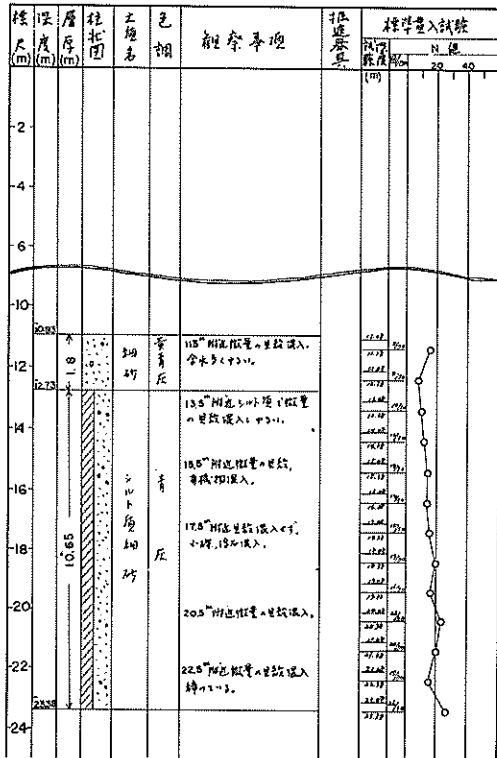


採取		土の物理的性質							圧縮試験	
番号	深度 (m)	含水比 (%)	貝掛比重 ( $\rho/\text{cm}^3$ )	土比粒子重 ( $\rho/\text{cm}^3$ )	粒度分析					ペーン試験
					礫 (%)	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)	三角座標分類	剪断抵抗 ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )
8-2	0.5	87.7		2.704						0.017
8-3	1.0	79.8		2.696		1.5	73.7	24.8	粘土質シルト	0.027
8-4	1.5	89.7		2.720						0.049
8-5	2.0	88.1		2.704			82.8	17.2	シルト	0.046
8-6	2.5	95.8		2.720						0.053
8-7	3.0	88.9		2.710			82.0	18.0	シルト	0.070
8-8	3.5	67.8		2.710						0.114
8-9	4.0	77.8		2.710		2.0	82.6	15.4	シルト	0.084
9-1	0.3	94.7		2.717			87.0	13.0	シルト	0.017
9-2	0.5	93.8		2.684						0.014
9-3	1.0	80.9		2.704			78.5	21.5	粘土質シルト	0.034
9-4	1.5	78.6		2.699						0.065
9-5	2.0	88.2		2.711		3.5	64.8	31.7	シルト粘土質	0.068
9-6	2.5	95.8		2.727						0.055
9-7	3.0	88.9		2.722		12.0	66.3	21.7	粘土質シルト	0.079
9-8	3.5	65.8		2.712						0.085
9-9	4.0	74.3		2.712		5.0	84.2	10.8	シルト	0.085
10-1	0.3	84.7		2.716		3.0	73.8	23.2	粘土質シルト	0.014
10-2	0.5	93.9		2.705						0.014
10-3	1.0	49.1		2.680		54.5	35.0	10.5	シルト質砂	0.028
10-4	1.5	46.4		2.691						0.048
10-5	2.0	45.9		2.693		54.8	38.2	7.0	シルト質砂	0.034
10-6	2.5	41.0		2.678						0.106
10-7	3.0	36.8		2.690		81.0	16.2	2.8	砂	0.068
10-8	3.5	34.5		2.677						
10-9	3.8	25.9		2.677		82.8	15.2	2.0	砂	
11-1	0.3	76.2		2.720		3.0	71.2	25.8	粘土質シルト	0.014
11-2	0.5	100.6		2.701						0.019
11-3	1.0	50.0		2.688		76.0	20.0	4.0	シルト質砂	0.034
11-4	1.5	54.9		2.701						0.048
11-5	2.0	52.1		2.706		54.5	37.0	8.5	シルト質砂	0.082
11-6	2.5	42.3		2.689						0.085
11-7	3.0	32.3		2.683		79.0	20.0	1.0	シルト質砂	0.085
11-8	3.3	59.7		2.680		84.5	13.5	2.0	砂	0.072
12-1	0.3	89.7		2.722		8.0	63.0	29.0	粘土質シルト	0.010
12-2	0.5	96.9		2.712						0.024
12-3	1.0	58.6		2.696		48.0	46.2	5.8	シルト質砂	0.033
12-4	1.5	63.6		2.696						0.065
12-5	2.0	53.4		2.693		62.5	33.0	4.5	シルト質砂	0.072

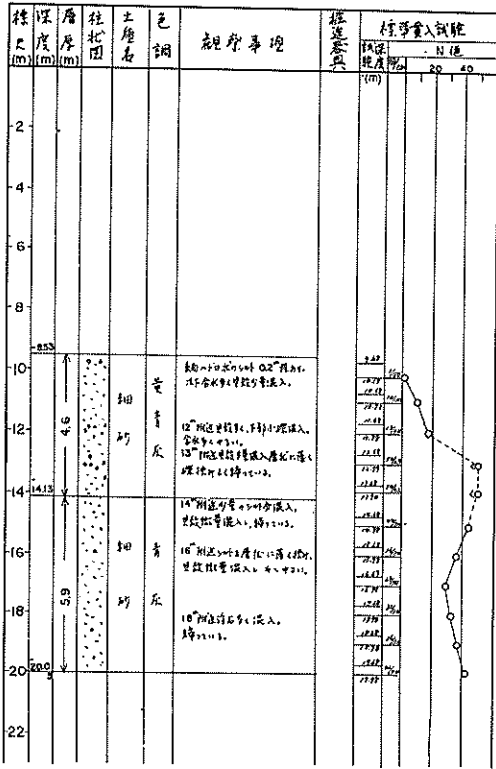
採取		土の物理的性質								圧縮試験
番号	深度(m)	含水比(%)	貝掛比重( $g/cm^3$ )	土比粒子重( $g/cm^3$ )	粒度分析					べん試験 剪断抵抗( $kg/cm^2$ )
					礫(%)	砂(%)	シルト(%)	粘土(%)	三角座標分類	
12-6	2.5	38.0		2.695						
12-7	3.0	34.7		2.682		85.3	11.9	2.8	砂	0.085
12-8	3.5	31.8		2.683		84.0	13.3	2.7	砂	0.078
13-1	0.3	128.5		2.718		11.0	62.0	27.0	粘土質シルト	0.089
13-2	0.5	98.4		2.712						0.002
13-3	1.0	42.8		2.683		65.0	40.5	4.5	シルト質砂	0.019
13-4	1.5	48.6		2.682						0.031
13-5	2.0	36.6		2.683		70.6	24.8	4.6	シルト質砂	0.048
13-6	2.5	29.3		2.677		81.8	15.2	3.0	砂	0.079
14-1	0.3	52.1		2.686		83.5	11.4	5.1	砂	0.055
14-2	0.5	33.8		2.672						0.021
14-3	1.0	55.8		2.690		57.7	32.7	9.6	シルト質砂	0.016
14-4	1.5	28.7		2.670						0.027
14-5	2.0	41.3		2.700		69.0	25.8	5.2	シルト質砂	0.055
14-6	2.5	44.4		2.699						0.068
14-7	3.0	60.8		2.695		18.0	73.8	8.2	砂質シルト	0.239
14-8	3.5	56.1		2.696		4.5	69.5	26.0	粘土質シルト	0.171
15-1	0.3	145.9		2.720		38.2	44.2	17.6	砂質シルト	0.188
15-2	0.5	69.9		2.676						0.009
15-3	1.0	44.2		2.690		84.5	13.7	1.8	砂	0.023
15-4	1.5	44.6		2.673						0.021
15-5	2.0	50.3		2.696		8.0	82.8	9.2	シルト	0.051
15-6	2.5	49.0		2.702						0.205
15-7	3.0	58.0		2.682		8.2	82.8	9.0	シルト	0.188
15-8	3.5	58.6		2.687		19.8	75.2	5.0	砂質シルト	0.222



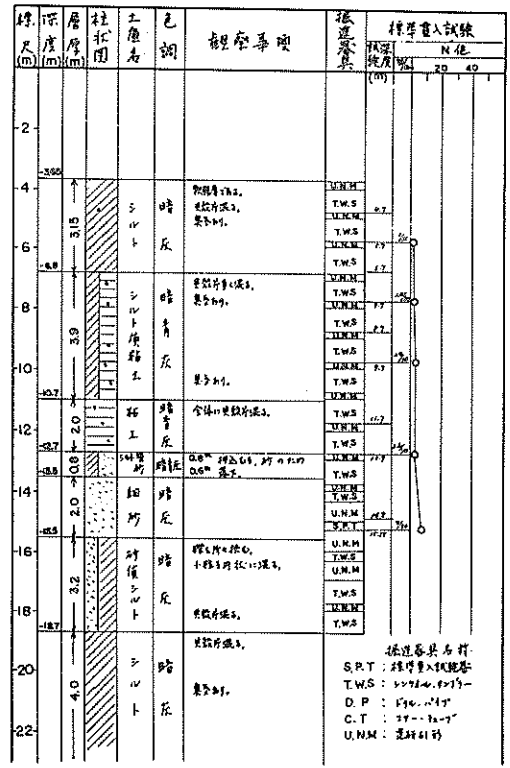
附図一-1 土質柱状図 (ボーリング地点No. 6) 附図一-2 土質柱状図 (ボーリング地点No. 7)



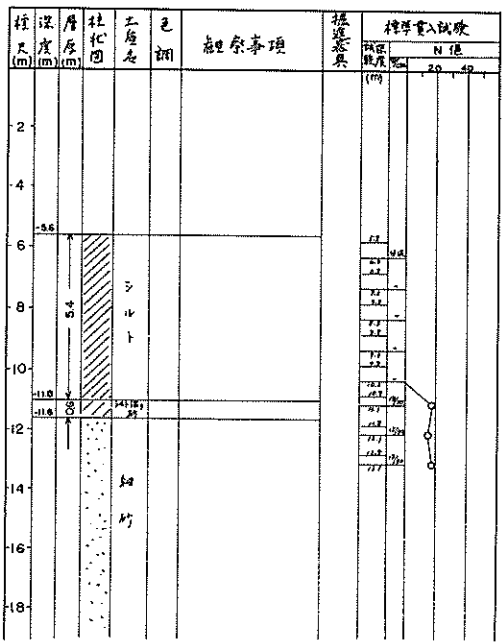
附図一-3 土質柱状図 (ボーリング地点No. 8) 附図一-4 土質柱状図 (ボーリング地点No. 9)



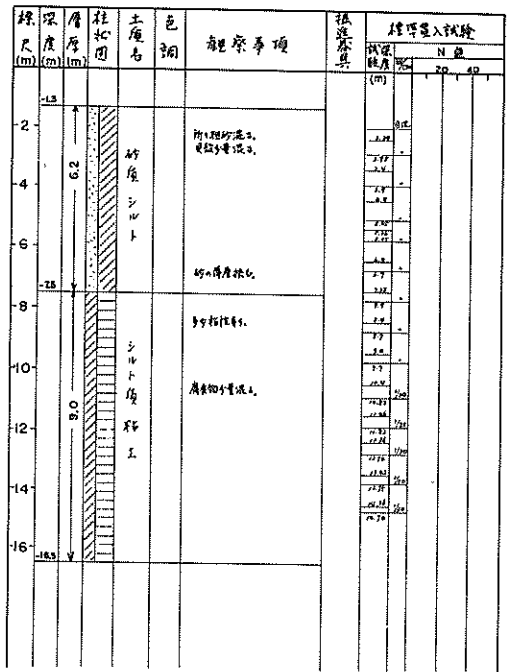
附図一1-5 土質柱状図(ボーリング地点No. 13)



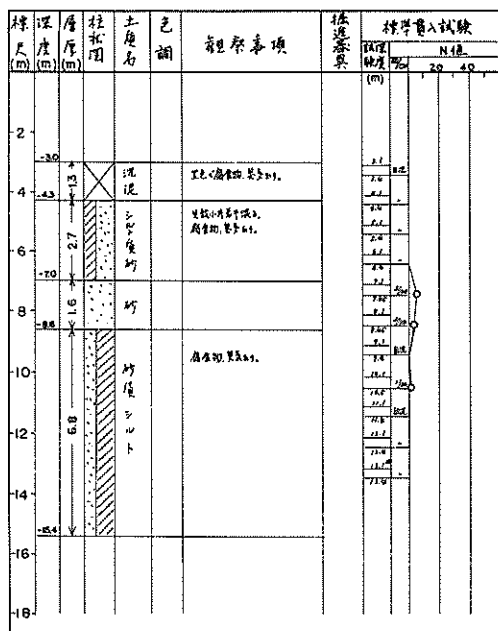
附図一2-1 土質柱状図(ボーリング地点J)



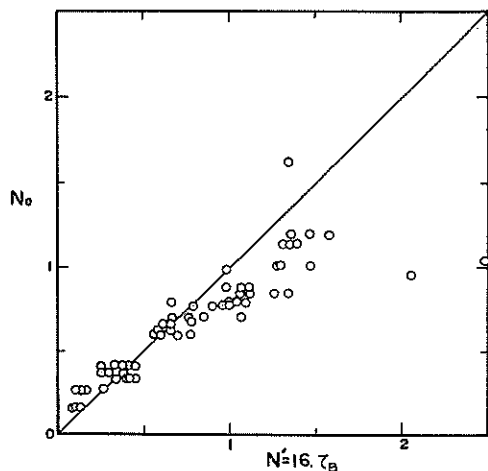
附図一2-2 土質柱状図(ボーリング地点n)



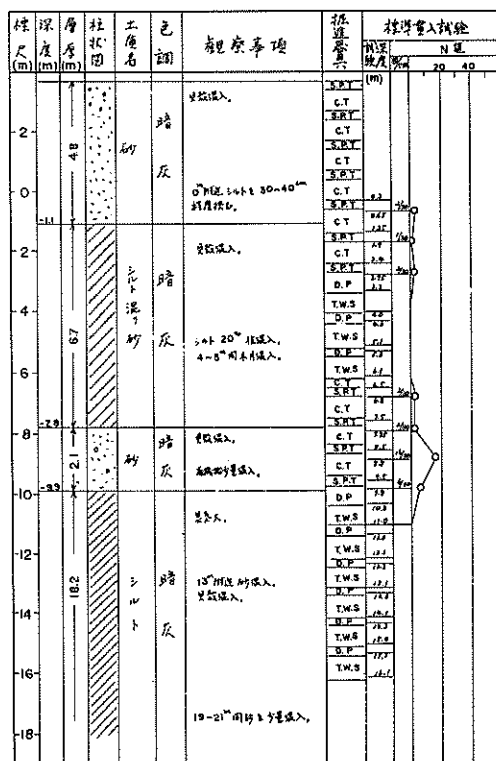
附図一2-3 土質柱状図(ボーリング地点No. 4)



附図一2-4 土質柱状図 (ボーリング地点No. 5)



附図一3 No値とN値との関係



附図一2-5 土質柱状図 (ボーリング地点No. 9-15)

港湾技研資料 No.109

1970・12

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 日本青写真株式会社  
東京都内神田2-5-6

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