

港湾技術研究所報告

REPORT OF PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

第 6 卷 8 号

Vol. 6 No. 8

(通巻第 46 号)

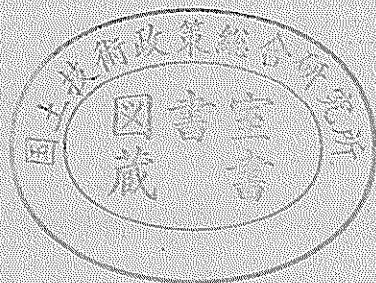
沖積粘土のボーリングおよびサンプリングに関する研究 (第 2 報)

特にサンプリング・チューブの肉厚について……………

……………奥村樹郎, 松本一明, 堀江宏保

1967年11月

運輸省港湾技術研究所



冲積粘土のボーリングおよびサンプリングに関する研究（第2報）

—特にサンプリング・チューブの肉厚について—

目 次

概 要	2
1. ま え が き	2
2. 試作したボーリング・マシンについて	2
2-1 概 説	2
2-2 試作機の性能	3
2-3 試作機の特徴	4
2-4 試作機の問題点とその対策	5
3. 調査概要および土質について	6
3-1 調 査 概 要	6
3-2 土 質 概 要	7
3-3 土質試験について	8
4. 土質試験結果	9
4-1 一軸圧縮試験結果	9
4-2 物理試験結果	12
5. 試験結果の解析	12
5-1 一軸圧縮強さについて	12
5-2 弾性係数について	15
5-3 破壊ヒズミおよびクラックについて	19
5-4 ペーン・テストについて	20
6. 考 察	22
7. あ と が き	24

Study on Boring and Sampling of Saturated Alluvial Clays (2nd Report)

—with Special Reference to the Thickness of the Sampler Tube—

Tatsuro OKUMURA*

Kazuaki MATSUMOTO**

Hiroyasu HORIE***

Continued from the previous report, a supplementary field test was performed to study the influence of the thickness of the sampler tube upon the disturbance of saturated alluvial clay samples, using a new type boring machine. 1.5 meter long sampler guide was attached to the sampler and no rotation was applied to the sampler before pulling outside. The results are summarized as follows:

i) The newly made machine with 80 centimeter stroke of oil-feed type spindle enabled to penetrate the sampler continuously at a uniform speed and to obtain less disturbed clay samples.

ii) The thickness of the sampler tube with a range from 1 to 5 millimeter had no influence upon the unconfined compression strength and the modulus of elasticity of clay samples.

iii) The strain at failure and the crack within the sample were the least with sampler tubes of 1.5 to 3 millimeter in thickness.

* Chief, Soil Test and Investigation Section, Soils Division

** Research Engineer, Soil Test and Investigation Section, Soils Division

沖積粘土のボーリングおよびサンプリング に関する研究 (第2報)

特にサンプリング・チューブの肉厚について

奥 村 樹 郎*
松 本 一 明**
堀 江 宏 保**

概 要

前年度に引き続き、サンプリングに関する研究のうち、サンプリング・チューブの肉厚が試料の乱れにおよぼす影響について調査した。同時に、新しく試作したボーリングマシンを使用して、その性能についても検討した。

試料採取には、ガイド付きサンプラーを使用し、引き揚げ時の回転は行なっていない。調査結果を要約すると次のようである。

i) 試作したボーリング・マシンは、ストローク80cmのオイルフィード型スピンドルを有し、サンプラーの押し込みを連続的かつ一様な速さで行なうことができたので試料の乱れが軽減された。

ii) サンプリング・チューブの肉厚は、1~5mmの範囲にわたったが、一軸圧縮強度への影響はほとんど認められなかった。

iii) 破壊ヒズミおよび試料中の亀裂は、肉厚 1.5~3mm で最も少なく、肉厚が薄くても厚過ぎても好ましくないことが判った。

1. ま え が き

我国における土質工学の発展に伴って、粘性土の乱されない試料を採取する方法等が、各方面より研究され次第に改善されてきている。シンウォール・サンプラーが導入される以前のボーリングは、地下水位や地盤の成層状態を調べることが主目的であったが、現在、建設部門のボーリングでは、必ずと言ってよいほど原位置試験や乱されない試料の採取を重点的に行うものとなり、それらの試験結果から構造物の設計が行なわれるまでに発展してきた。しかしながら、ボーリングおよびサンプリングの規準化がなされていない現状では、調査機械の適否や技術者の個人差などによって、得られる結果がかなり左右されているようである。多額の費用を投じて試験結果を得ても、それが原位置の強さと甚だしく異ったものであれば、安全かつ経済的な設計が期待できない。この問題に着目して、我々はボーリングおよびサンプリ

ングに関する種々の研究を推しすすめてきた¹⁾²⁾³⁾。昭和41年度には、後述するように、前年度試作したボーリング・マシンを用いて、よりよいサンプリングの方法を確立すべく努力するとともに、サンプリング・チューブの肉厚の相異による試料の乱れについて検討してきたが、今回、その結果を報告し、サンプリング・チューブに関して肉厚の影響を中心とした、2・3の問題について考察を加えてみることにする。

2. 試作したボーリング・マシンについて

2-1 概 説

現在、我国の建設部門で使用されているボーリング・マシンは、そのほとんどがロータリー式マシンであるが、このうちで、ハンド・フィード方式のものが最も多い。ロータリー式ボーリング・マシンは、コア・チューブをボーリング・ロッドに接続し、マシンのスピンドルに固定して、送水しながら、スピンドルの回転力と推進力とによって、地層を掘削するマシンである。

ハンド・フィード方式のマシンは上記の操作のうち、スピンドルの回転力および送水装置は動力によるが、ス

* 土質試験課長

** 土質試験課

ピンドルを推進させる方法を人力によって行うものである。この方法では、ボーリング・ロッドの重量が直接レバーの重量となって、掘進する際に大きな労力を要するが、オイル・フィード方式によれば、スピンドルの操作を油圧機構によって行うので、ハンド・フィード方式のマシンに比べ、肉体的な負担をはるかに軽減することができる。ハンド・フィード方式のマシンが現在盛んに用いられている理由は、機構が簡単で軽量であり、使い易く、故障が少ない点や、価格が適当であることなどによるものであるが、人力の負担を軽減し、安全、かつ能率的で、その上、精度の高い作業を行なうには不適當であると云わなければならない。ボーリングおよびサンプリングの規準化が叫ばれている今日では、これに先立ち、旧態依然たるボーリング・マシンの機械化、自動化を計り、その性能向上に努めるべきであると考えらる。

上述したような理由から、港湾技術研究所土質部土質試験課では、研究業務の一端として、昭和40年度にオイル・フィード方式を基にしたボーリング・マシンを試作

して、その性能を検討するとともに、このマシンを用いて、ボーリングおよびサンプリングに関する種々の問題点の研究を行ったものである。

2-2 試作機の性能

- 1) 掘進能力 100m
- 2) 型式 ロータリー式
- 3) フィード方式 オイル・フィード、ハンド・フィード併用式(2シリンダー、油圧式)
- 4) スピンドル諸元
 - a) 内径 45mm
 - b) ストローク 800mm
 - c) 降下速さ 50mm/sec(Max.)
 - d) 回転速さ 正20, 33, 60, 100r. p. m.
逆 15r. p. m.
- 5) 最大給圧力 1,680kg (油圧 30kg/cm²)
- 6) 最大バランス力 1,980kg (油圧 30kg/cm²)
- 7) ホイスト能力

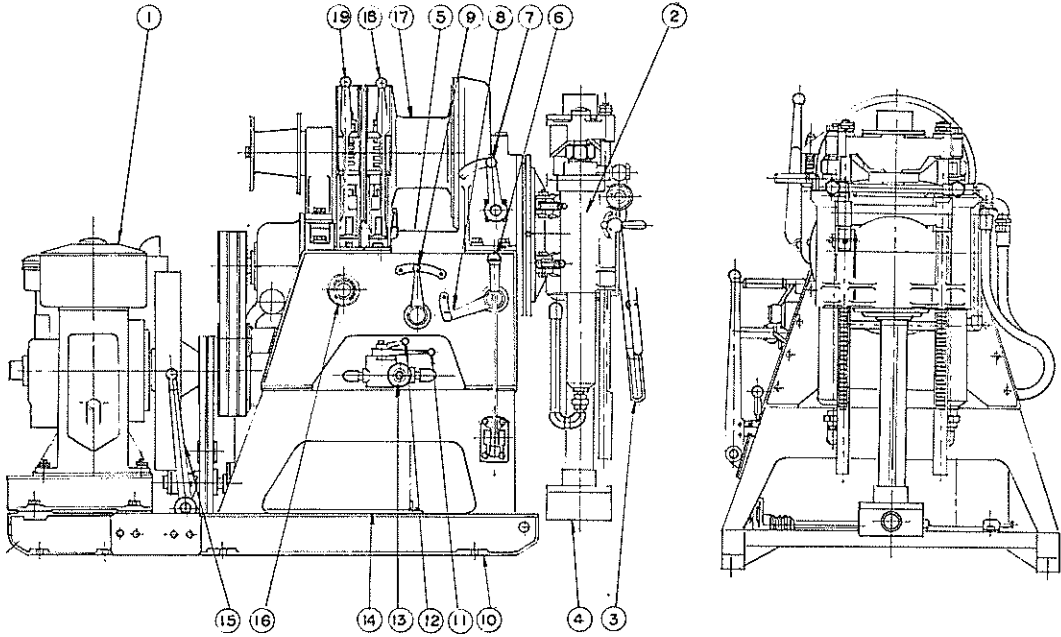


図2-1 試作したボーリング・マシン

- | | | |
|------------------|-------------------|------------------|
| ① 原 動 機 | ⑧ ドラム ギヤシフト レバ | ⑭ オイルポンプ クラッチ レバ |
| ② スイベル ヘッド | ⑨ チェンジ レバ | ⑮ 双針油圧計 |
| ③ ハンド フィード レバ | ⑩ ベ ー ス | ⑯ ホイスト用 ドラム |
| ④ スクリュー チヤック | ⑪ 進退器 切替 レバ | ⑰ ブレーキ レバ |
| ⑤ トランスミッション | ⑫ 掘進速度調整 レバ | ⑱ ホイスト用 レバ |
| ⑥ メーン クラッチ レバ | ⑬ 給圧調整 ハンドル | |
| ⑦ スピンドル ギヤシフト レバ | ⑭ オイルタンクおよびオイルポンプ | |

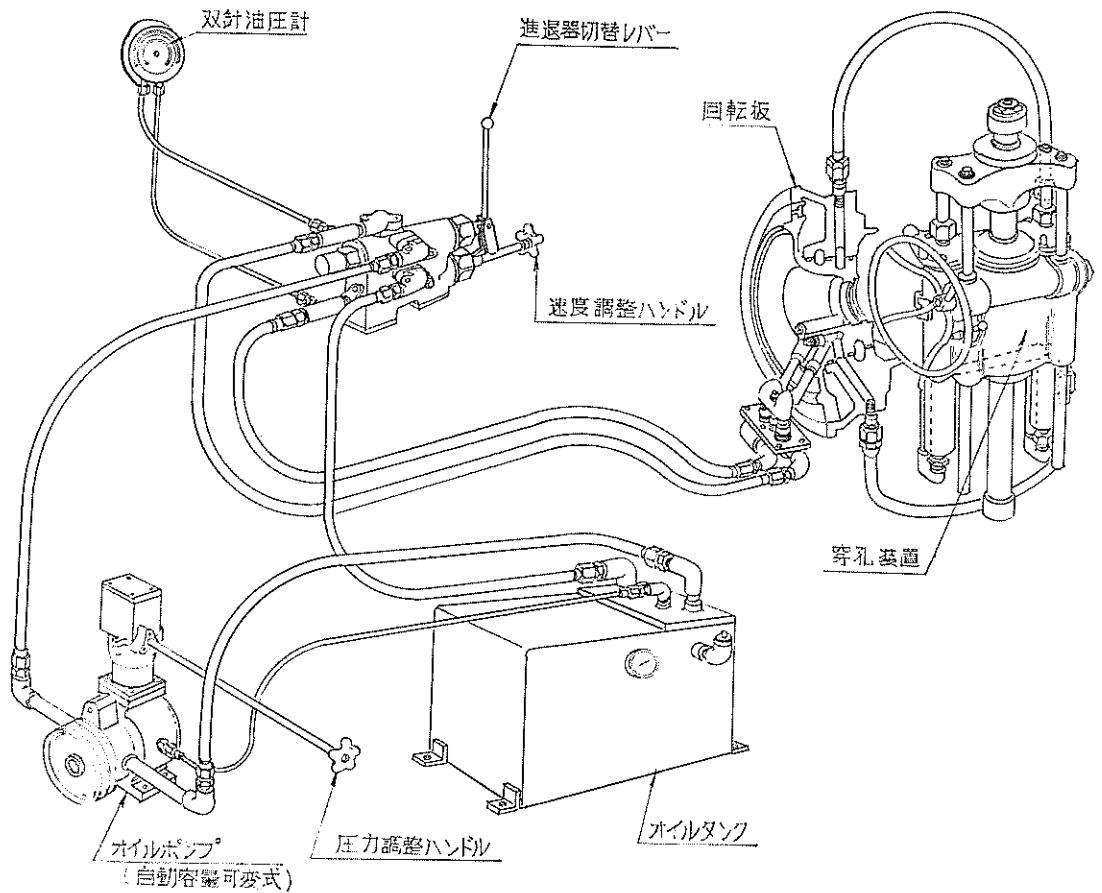


図2-2 油 圧 機 構 詳 細 図

- a) ロープ捲取能力 20m
- b) 捲取速さ 9, 18, 25, 41m/min
- c) ロープ径 9 mm
- 8) オイル・ポンプ型式 自動容量可変型
- 9) オイル・ポンプ能力
 - a) 回転数 1,800r. p. m.
 - b) 吐出力 0~26ℓ/min
 - c) 圧力 常用 30kg/cm², 最大 35kg/cm²
- 10) 原動機 6PS. ディーゼル・エンジン, セル・モーター付
- 11) 本体総重量 550kg

2-3 試作機の特徴

ハンド・フィード方式のマシンは、スピンドルのラック・ストロークが、せいぜい 30cm 程度であるので、サンプリングの押込み時に、マシンによる方法で行なった場合、押込みが漸続的となり、ストローク切換のさい、

試料が切れたりして、連続的な試料採取ができない欠点がある。一方、マシンを利用しないで押込む場合は、ウィンチ、チェーン・ブロック等の準備など類雑な作業を要し、肝心なときに、マシンの能力を活用しないことになる。人力によって押込む場合などは、さらにこの感じを強くしている。

本機は現行のマシンに見られるこのような欠点を、80 cm のストロークを有するスピンドルを設けて解消させたもので、次に、試作機の主な特徴を示す。

- 1) スピンドルのストロークは 80cm を有し、押込み方法は油圧操作によるので、サンプラーの押込みが、連続的かつ等速度で行なうことができる。このときの速度は、押込み量 80cm で、10~15sec である。
- 2) 従来マシンに比べ、2~3 倍のストロークを有しているため、掘進作業中のストローク操作が少なく済み、作業が能率的である。

- 3) スピンドルの回転速度を、正回転4段に変速できるので、土質に適した回転数を選ぶことができる。
- 4) 本体に水平器をつけたので、従来のようにスピンドルの傾きを、下げ振り等で確認する必要がある。
- 5) オイル・フィード、ハンド・フィード併用式なので、軟らかい地層では、ハンド・フィード方式に切換えて、手動による感触掘進ができる。
- 6) オイル・フィード方式によって、適切な操作を行えば、ハンド・フィード方式よりも、掘削地盤に無理な力を与えないような掘進作業ができる。
- 7) 捲上げ速さを4段に変速することができ、重量物の捲上げには、その重量に応じた速さで行えるので、危険度が少なく、作業がやり易い。
- 8) スライド・ベースの採用により、手動でマシン全体が50cm後退するので、スピンドル部の横開き式のものに比べ、ボーリング孔附近のスペースが大きく、作業がやり易い。
- 9) 原動機はセル・モーターにより、ボタン操作のみで始動できるので、労力を要せず、作業の安全度が高い。

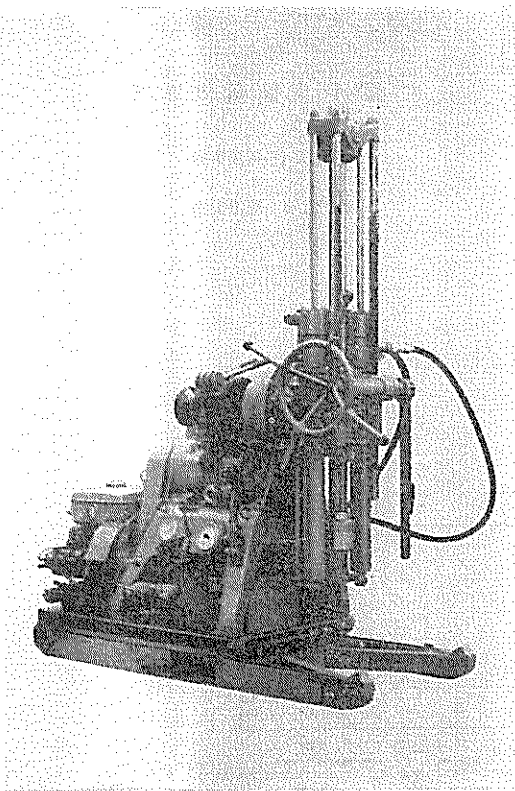


写真 2-1

図2-1, 2-2は、試作したボーリング・マシンとその油圧機構の詳細を示したものである。

写真2-1, 2-2は、試作機と、それによるボーリング作業を示す。

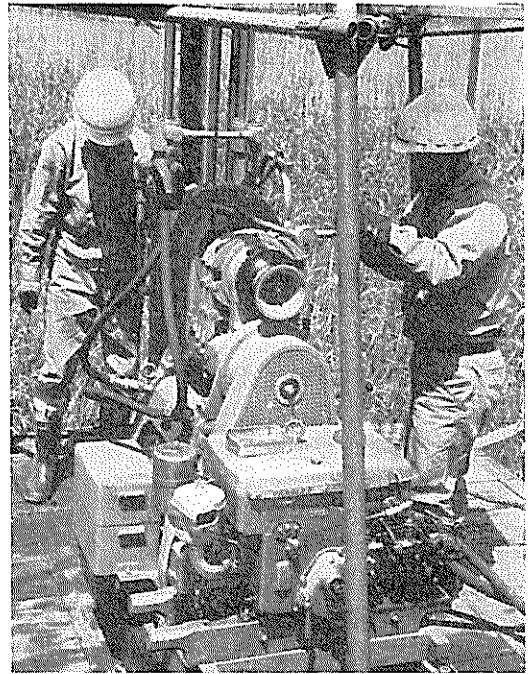


写真 2-2

2-4 試作機の問題点とその対策

本機を実際に操作してみた結果、次のような点が問題になったので、その対策と併せて述べる。

- 1) ハンド・フィード方式で、手動レバーにより掘進する場合、スピンドル上、下時に、油圧装置の油の抵抗が加わるので、手動専用のマシンに比べ、多少重くなり作業がやりにくい。

対策) 機構上可能ならば、手動のときは、油圧装置との線を完全に切ることができる装置を設ければ解消できる。

- 2) スライド・ベースのセット・ボルトが4個所あるので、マシンをスライドさせる場合、スパナにより緩めたり、締付けたりする操作がめんどうである。

対策) スライド・ベースに穴をあけ、セット・ピンによる固定とするか、または、ハンドル付きのセット・ボルトを2個所に設け、スパナなしで操作できるようにする。

- 3) マシン本体とスピンドル部とを分解して運搬する

場合に、油圧装置からの油洩れがあるので、簡単に分解できず不便である。

対策) スピンドルに給油するホースを取り外すときに、油が洩れるのであるから、給油ホース前後に、ストップ・バルブをつける。

4) スピンドルの降下速さは、現在、5 cm/sec 程度であるが、これを 20 cm/sec までスピード・アップしたい。

これは、サンプリング時の、サンプラー押込み速度に関する研究をする場合に是非必要であり、近くこの研究を実施したいので、早急に実現したい。

以上は、試作したボーリング・マシンについて概略の説明をしたのであるが、その機構、性能等については、まだまだ問題点がでてくるものと思われる。今後、それらを逐次改良して行くとともに、将来は、更に自動化したマシンの実現に努めて行きたい。

3. 調査概要および土質について

3-1 調査概要

実験場は土質条件がサンプリングに最適で、しかも前回の比較ができる点などから、岡山県邑久郡邑久町尻海、錦海塩業 K. K. の塩田近くで実施した。

同所は錦海湾の縮切り堤防内にある干拓地で、昭和33

年に縮切り工事完了後、干拓されて現在に至っている。

実施した地点は、図3-1 に示すように、堤防南端より600m、堤防法線より約130m離れた地点で、堤体荷重の影響がない自然地盤である。地下水位は地表面（旧海底面）とほぼ一致しており、極めて軟弱な粘土層が露出している。図3-2は実験場内におけるボーリング配置図で、二重丸で示したB-16からB-23までが、今回実施したボーリング孔である。

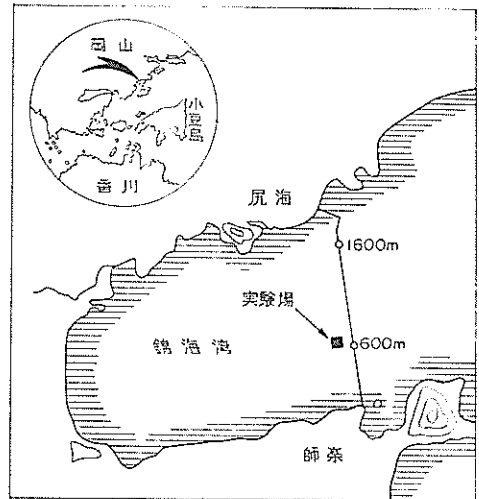


図3-1 実験場位置図

● 昭和40年度実施

◎ 昭和41年度実施

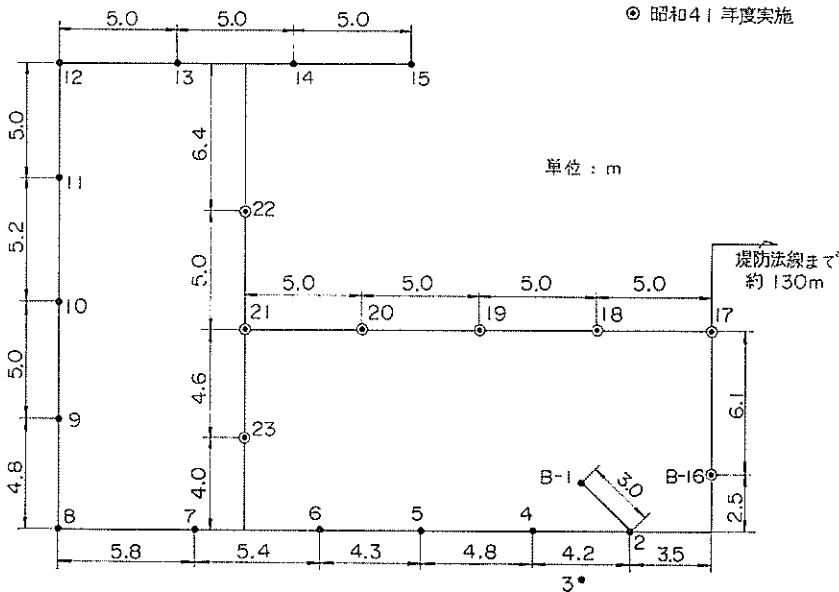


図3-2 実験場内ボーリング配置図

ボーリング孔相互の間隔は、前回の実験によって、5 m以上離すと隣接孔による悪影響のないことが判明したので、この点を考慮して決定した。

期間は、昭和41年9月27日より10月20日までに行ったもので、所要日数は準備などに要した日数も含めて24日であった。表3-1は、この間の工程を示すもので、これによれば、実験のための準備や、足場等の移動も含む見掛掘進速さは、約7 m/日程度で前回のそれとはほぼ一致している。実掘進速さは前回の11.6m/日に比べ、今回は12m/日であるので、多少能率がよかった。

表3-1 ボーリングの工程

ボーリング No.	実掘進長(m)	試料数(本)	掘進日数	移動日数	雨天中止日数	備考
B-16	18.8	11	1.5			足場製作 2日
B-17	17.5	10	1.5	0.5		
B-18	17.5	10	1.0	0.5		
B-19	18.8	11	1.5	0.5		
B-20	17.5	10	1.0	0.5		
B-21	17.4	10	2.0	0.5	1	足場解体 1日
B-22	13.8	7	1.5	0.5	1	
B-23	16.5	10	1.5	0.5		
合計	137.8	62本 17回	11.5日	3.5日	2日	

見掛掘進速度 137.8m÷20日≒6.9m/日
 実掘進速度 137.8m÷11.5日≒12m/日

これらの掘進速さは、陸上で隣接孔との距離が近いなど、極めて立地的な条件がよく、そのうえ軟弱な粘性土層を掘進した場合のもので、必ずしも一般的な数値とは思われない。

ボーリングおよびサンプリングの方法は、ドリル・パイプ方式によったが、サンプリング時の追切りは行っていない。サンプリングの間隔は1.5mに1本の割合で行い、1孔あたり約10本の試料を採取した。採取深さについては、表層の乾燥を考慮して、地表面下3mから始め19m附近にとどめた。サンプリング時の押し込みは、試作機の特徴を活かして、その油圧装置により全長80cmを連続的に、かつ等速度で押し込んだもので、押し込み速度は5 cm/sec程度であった。

サンプラーは固定ピストン型を用い、その頭部にはφ=85、l=1,500mmのパイプを取付けて、内径94.6mmのドリル・パイプに添わせてガイドとし、サンプラーが偏心して押し込まれることを防止した。

サンプリング・チューブの肉厚、断面積比および剛度は、表3-2に示すように各孔毎に異っているが、その材質は、いずれも真ちゅうであり、形状寸法は、長さ1,000mm、内径75mm、内径比0、外径比0、刃先肉

厚0.1mm、刃先角度5.7degに統一した。

今回の実験では、サンプリングの他に表3-1に示したように、2孔のベーン・テストを行った。テスターは、抵抗翼5×10cmのストレイン・コントロール型、ギア捲取式のもので、検力計には50kgテンション・リングを用いた。

表3-2 サンプリング・チューブの肉厚、断面積比および剛度

ボーリング No.	肉厚(mm)	断面積比(%)	ET(10 ⁶ kg・cm)
16	1.5	7.8	26.4
17	1.0	5.3	17.2
18	5.0	24.9	100.9
19	3.0	15.4	56.0
20	2.0	10.4	35.9
21	1.5	7.8	26.4

試験の方法は、ボーリング・マシンによって、測定深さまで地盤を掘削し、抵抗翼をつけたボーリング・ロッドを孔底まで降して、更に乱れていない地盤に35cm(H+5D)押し込む。押し込みが完了したら、ロッドをテスターに固定して測定を行う。測定は、回転速さ0.1deg/secで行い、読取りは、回転角1deg毎に記録した。

3-2 土質概要

錦海湾の土質は、すでに詳しく発表されているが、その大略は、図3-3の土質断面図に示すように、基準面下25mまでが極めて軟弱な粘土層である。

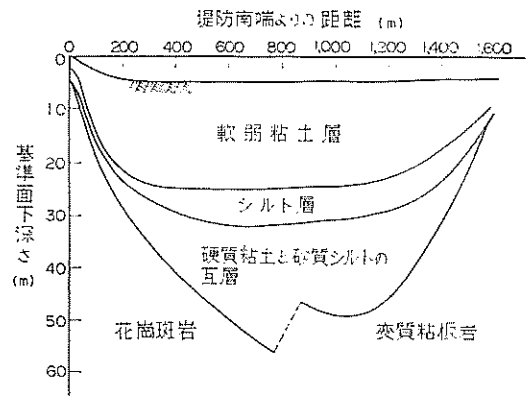


図3-3 錦海堤防法線土質断面図

図3-4は、実験場における土質の均等性を示すものでこの図から明らかのように、単位体積重量および含水比の測定結果は、深さに対してすべて一定の分布状態を示している。多少のパラッキは認められるが、これは、測

深さ (m)	γ_t (g/cm ³)			w (%)			
	1.3	1.4	1.5	80	100	120	140
5				△			
7.5		●		△			
10		●		△			
12.5		●		△			
15		●		△			
17.5		●		△			
20		●		△			

図3-4 実験場の土質の均等性

定誤差の範囲内にあるものと思われる、したがって土の均等性は良好であると云えよう。

図3-5は、粘土層の土質試験結果を示すもので、これによると粘土50~70%、シルト50~30%、含水比90~130%、単位体積重量、1.35~1.5g/cm³、液性限界80~130%、塑性指数55~90、間ゲキ比2.5~3.5、土粒子比重2.63~2.68の鋭敏な粘土である。なおこの結果は、前回の実験によるもので、今回は、実験場の土質の均等性を考慮して省略した。またこの土は、セン断破壊の際のヒズミが非常に小さいことが特徴で、一軸圧縮試験では平均2~3%の値を示している。したがって、サンプリング時の僅かな衝撃によっても、試料中に亀裂(クラック)が生じる場合が多い。

このクラックについては後述する。

3-3 土質試験について

土質試験は現地において、一軸圧縮試験、単位体積重量および含水比の測定を行い、室内では、塩分濃度の測定を実施した。

現地試験の目的は、時間経過に伴う試料の膨脹や含水比の変化、さらに運搬時の衝撃など、試料におよぼす悪影響を極力避けるために、サンプリング後直ちに実施した。また、塩分濃度測定は、今回の研究課題には直接関係ないが、土粒子の比重および粒度試験などにおいて、海成粘土の塩分の影響について、今後実施する予定の研究実験の資料とするものである。表3-3は、実施した試験の種類をボーリング孔別に示したものである。

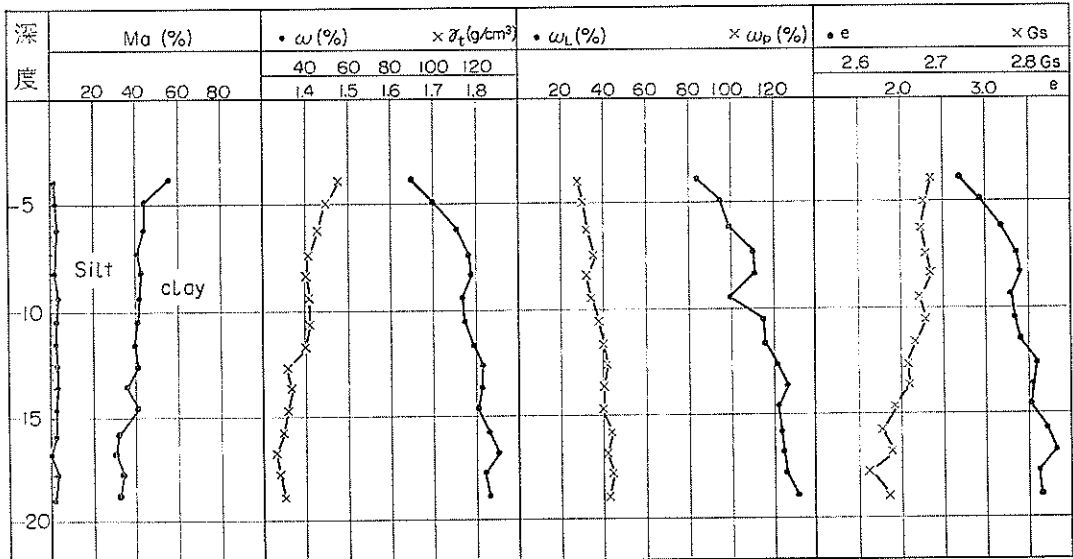


図3-5 土質試験結果図

表3-3 土質試験実施表

ボーリング No.	q_u	γ_t	w	Cl-Test	ベーン テスト
B-16	58	54	—	—	—
B-17	58	53	—	—	—
B-18	57	57	57	—	—
B-19	68	68	3	—	—
B-20	69	69	—	20	—
B-21	58	58	—	—	—
B-22	—	—	—	—	7
B-23	—	—	—	—	10
合計	368	359	60	20	17

一軸圧縮試験は、採取した全試料について、サンプリング後直ちに、サンプリング・チューブの全長から6〜7個の供試体を $\phi 35 \times h 80 \text{mm}$ にトリミングして、ヒズミ速さ 3%/min で試験した。テスターは、自記々録装置を組合せた電動式ストレイン・コントロール型で、検力計は、最大荷重 15kg のブルーピング・リングを用いた。

単位体積重量の測定は、すべて一軸圧縮試験の供試体から求めたものである。なおこのとき、供試体直径の上・中・下3箇所をノギスで測定して、体積の補正を行った。含水比の測定も一軸圧縮試験の供試体で行ったが、土質の均等性を考慮して、B-18のみにとどめた。

4. 土質試験結果

4-1 一軸圧縮試験結果

表4-1(a) 一軸圧縮試験結果表
B-16, $t=1.5$, $l=1000$, $\phi=75$, 引抜き

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	$\bar{\gamma}_t$
1039 q_u	0.19	0.08	0.21	0.07	0.15			1.48
Strain	3.3	7.0	3.2	3.0	3.1			
2054 q_u	0.19	0.18	0.20	0.20	0.21	0.25		1.45
Strain	3.0	3.5	3.0	4.0	2.8	3.5		
3069 q_u	0.18	0.34	0.20	0.21	0.22			1.41
Strain	3.0	2.8	3.6	3.0	3.1			
4084 q_u	0.27	0.36	0.29	0.26	0.32	0.26		1.41
Strain	4.4	2.4	3.2	2.9	3.0	3.0		
5099 q_u	0.44	0.35	0.47	0.47	0.22	0.30		1.40
Strain	3.0	2.9	2.6	2.3	1.6	2.3		
6114 q_u	0.35	0.44	0.45	0.37	0.42			1.39
Strain	3.7	3.2	3.5	2.8	2.8			
7128 q_u	0.49	0.39	0.53		0.40			1.38
Strain	3.7	4.3	3.6		3.5			
8143 q_u	0.55	0.54	0.49	0.47	0.37			1.41
Strain	3.4	3.2	3.0	3.6	5.0			
9158 q_u	0.46	0.49	0.46	0.56	0.45			1.37
Strain	3.4	3.1	4.0	3.5	2.8			
10173 q_u	0.54	0.55	0.58	0.49	0.52			1.39
Strain	3.4	3.3	3.7	3.4	2.5			
11188 q_u	0.51	0.45	0.47	0.58	0.51	0.11		1.36
Strain	4.2	3.1	2.2	2.3	2.9	5.0		

一軸圧縮試験結果を表4-1, 図4-1に示す。

図4-1に示したものは、一本のサンプリング・チューブから得た q_u 値のうち刃先から3個だけをとり上げてこのうち、さらに乱れたものを除いて、最小自乗法で整理したものである。

表4-1(b) 一軸圧縮試験結果表
B-17, $t=1.0$, $l=1000$, $\phi=75$, 引抜き

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	$\bar{\gamma}_t$
1040 q_u	0.16	0.21	0.19	0.18	0.16	0.10		1.49
Strain	4.0	3.2	3.2	3.3	3.0	7.0		
2054 q_u	0.19		0.19	0.15	0.13	0.15		1.45
Strain	3.0		3.0	2.8	2.5	5.5		
3070 q_u	0.26	0.20	0.26	0.30	0.26	0.11		1.42
Strain	2.7	3.0	2.4	2.6	2.6	3.2		
4085 q_u	0.19	0.32	0.32		0.24	0.15		1.40
Strain	3.3	2.8	2.8		3.0	3.2		
5099 q_u	0.46	0.37	0.34	0.30	0.22	0.35		1.40
Strain	2.4	2.3	1.6	2.6	2.1	1.8		
6114 q_u	0.41	0.40	0.34	0.35	0.39	0.28		1.38
Strain	2.4	2.3	1.8	2.0	2.8	3.7		
7127 q_u	0.50	0.55	0.56	0.49	0.24	0.36		1.38
Strain	2.4	2.3	2.5	3.2	6.5	3.2		
8144 q_u	0.51	0.59	0.53	0.51	0.51	0.35		1.38
Strain	2.8	2.7	2.2	2.9	3.6	4.6		
9159 q_u	0.60	0.60	0.63	0.48	0.54	0.52		1.37
Strain	3.0	2.9	2.4	2.4	3.2	2.7		
10173 q_u	0.61	0.62	0.64	0.61	0.29	0.19		1.36
Strain	2.7	2.3	3.0	3.4	10.0	10.0		

表4-1(c) 一軸圧縮試験結果表
B-18, $t=5.0$, $l=1000$, $\phi=75$, 引抜き

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	$\frac{w}{\gamma_t}$
1038 q_u	0.13	0.20	0.16	0.13	0.12			89.3
Strain	3.9	4.0	4.8	3.3	3.0			
2055 q_u	0.25	0.22	0.23		0.16	0.18		96.5
Strain	3.1	3.2	3.0		4.0	3.0		
3069 q_u	0.23	0.27	0.20	0.13	0.27	0.28		109.4
Strain	2.9	2.7	3.8	4.5	2.1	2.0		
4082 q_u	0.34	0.24	0.33	0.27	0.21	0.10		113.1
Strain	1.9	2.3	2.8	2.8	5.5	5.5		
5097 q_u	0.51	0.43		0.32		0.10		108.6
Strain	2.2	2.3		2.5		5.0		
6114 q_u	0.29	0.41	0.29	0.42	0.51	0.26		117.7
Strain	2.2	2.1	2.7	2.3	2.3	2.0		
7129 q_u	0.45	0.44	0.39	0.45	0.41	0.15		125.6
Strain	3.4	2.4	2.5	2.7	2.8	5.0		
8142 q_u	0.53	0.43	0.37	0.57	0.57	0.59		125.1
Strain	2.5	2.4	3.0	2.3	2.4	2.6		
9159 q_u	0.60	0.61	0.58	0.47	0.29	0.19	0.18	125.0
Strain	2.5	2.5	3.0	3.0	6.5	8.0	10.0	
10175 q_u	0.51	0.59	0.65	0.55	0.54	0.59	0.34	125.7
Strain	2.5	2.6	2.0	2.0	2.7	2.8	10.0	

表4-1(d) 一軸圧縮試験結果表
B-19, $t=3.0$, $l=1000$, $\phi=75$, 引抜き

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	$\bar{\gamma}_t$
1037 q_u	0.20	0.13	0.15		0.18	0.11		1.47
Strain	3.2	3.3	3.5		3.0	4.0		
2055 q_u	0.22	0.20	0.24	0.21			0.07	1.46
Strain	2.8	2.6	3.2	3.0			5.7	
3068 q_u	0.14	0.08	0.12	0.17	0.09			1.40
Strain	8.0	8.0	9.0	5.0	10.0			
4084 q_u	0.39	0.40	0.37	0.37	0.30	0.37	0.26	1.41
Strain	2.5	2.5	2.5	2.7	2.8	2.5	2.9	
5098 q_u	0.24	0.20	0.21	0.31	0.10			1.40
Strain	5.5	6.0	3.7	3.8	8.5			
6114 q_u	0.33	0.39	0.48	0.51	0.49	0.21	0.18	1.38
Strain	2.2	2.3	1.7	2.0	2.5	3.5	10.0	
7128 q_u	0.48	0.57	0.51	0.50	0.52	0.46	0.22	1.38
Strain	3.2	2.3	2.6	2.4	2.5	2.5	10.0	
8145 q_u	0.52	0.57	0.57	0.45	0.49	0.31		1.37
Strain	2.7	2.5	2.8	3.2	2.7	4.0		
9160 q_u	0.61	0.71	0.63	0.52	0.61	0.30	0.35	1.37
Strain	2.7	1.9	2.2	2.2	2.2	2.3	3.8	
10175 q_u	0.56	0.61	0.39	0.54	0.20	0.11	0.17	1.36
Strain	2.2	2.4	2.8	2.2	10.0	10.0	8.8	
11188 q_u	0.61	0.72	0.60	0.35	0.62	0.35	0.18	1.36
Strain	2.7	3.2	3.8	2.8	1.9	3.0	10.0	

表4-1(e) 一軸圧縮試験結果表
B-20, $t=2.0$, $l=1000$, $\phi=75$, 引抜き

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	$\bar{\gamma}_t$
1049 q_u	0.20	0.20	0.10	0.23	0.15	0.12		1.46
Strain	2.3	2.6	2.5	2.3	2.2	2.2		
2054 q_u	0.21	0.25	0.26	0.19	0.08	0.21	0.15	1.42
Strain	2.6	3.0	2.7	2.5	2.7	2.5	3.5	
3069 q_u	0.17	0.13	0.13	0.22	0.25	0.30	0.31	1.39
Strain	2.0	2.0	2.5	2.0	2.4	2.0	2.0	
4084 q_u	0.35	0.33	0.37	0.39	0.38	0.16		1.40
Strain	2.3	2.5	3.0	2.5	2.3	5.5		
5099 q_u	0.35	0.31		0.33	0.27	0.35	0.31	1.40
Strain	2.2	2.0		2.0	1.7	2.1	2.0	
6114 q_u	0.51	0.48	0.51	0.50	0.48	0.39		1.39
Strain	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0		
7129 q_u	0.51	0.36	0.41	0.48	0.46	0.50	0.39	1.36
Strain	1.8	2.1	2.8	2.3	2.1	2.1	2.8	
8144 q_u	0.58	0.70	0.58	0.59	0.43	0.59		1.36
Strain	2.2	2.0	2.4	2.0	1.7	2.2		
9158 q_u	0.63	0.36	0.62	0.53	0.56	0.50		1.37
Strain	2.2	1.8	2.4	2.7	2.3	3.6		
10173 q_u	0.60	0.58	0.56	0.40	0.68	0.47		1.34
Strain	3.0	2.3	2.5	2.1	2.5	3.4		

表4-1(f) 一軸圧縮試験結果表
B-21, $t=1.5$, $l=1000$, $\phi=75$, 引抜き

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	$\bar{\gamma}_t$
1039 q_u	0.17	0.16	0.17	0.14	0.07			1.46
Strain	3.0	3.0	3.0	3.7	5.0			
2054 q_u	0.19	0.23	0.19	0.13	0.10	0.17	0.10	1.41
Strain	3.3	2.2	2.5	3.0	3.5	3.0	6.0	
3069 q_u	0.20	0.29	0.20	0.27	0.24	0.19		1.39
Strain	2.3	2.1	2.2	2.5	2.7	2.3		
4083 q_u	0.25	0.38	0.36	0.29	0.22	0.19		1.39
Strain	2.4	2.3	2.0	2.5	2.8	2.0		
5098 q_u	0.33	0.32	0.26	0.23	0.42	0.42		1.39
Strain	1.9	2.5	1.9	1.9	1.7	2.0		
6113 q_u	0.42	0.44	0.42	0.48	0.43			1.39
Strain	2.7	2.8	2.7	2.8	2.3			
7127 q_u	0.28	0.36	0.36	0.29	0.40	0.43	0.23	1.37
Strain	2.4	3.4	3.8	3.2	3.9	2.5	7.0	
8144 q_u	0.64	0.59	0.34	0.34	0.59	0.56		1.38
Strain	2.6	2.9	3.0	2.4	2.9	2.1		
9158 q_u	0.58	0.52	0.41	0.48		0.46		1.35
Strain	2.5	2.7	3.1	2.4		2.3		
10174 q_u	0.62	0.46	0.38	0.51	0.57			1.35
Strain	2.1	2.4	2.9	2.6	2.3			

B16, $t=1.5$, $l=1000$, $\phi=75$ mm, 真ちゅう

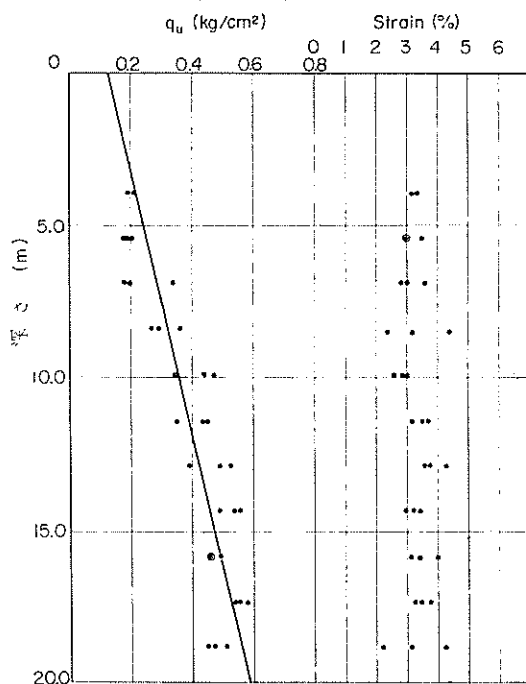


図4-1(a) 一軸圧縮試験結果図

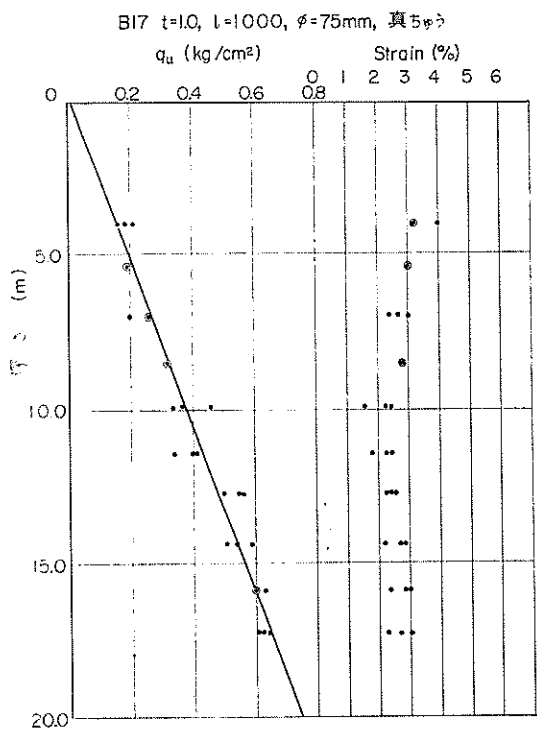


図4-1(b)

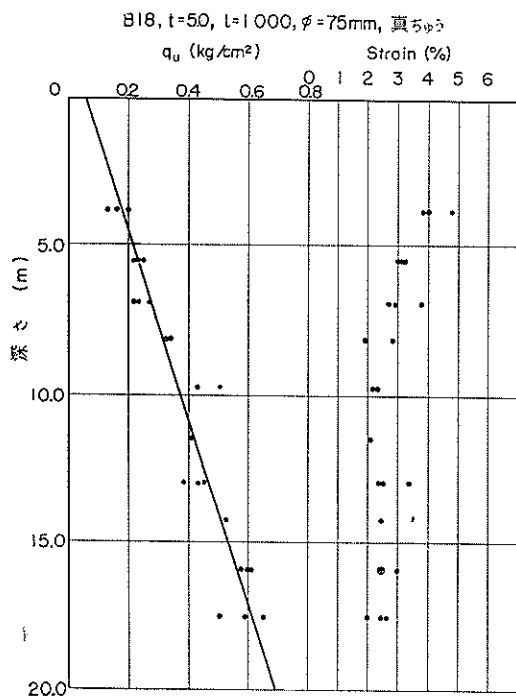


図4-1(c)

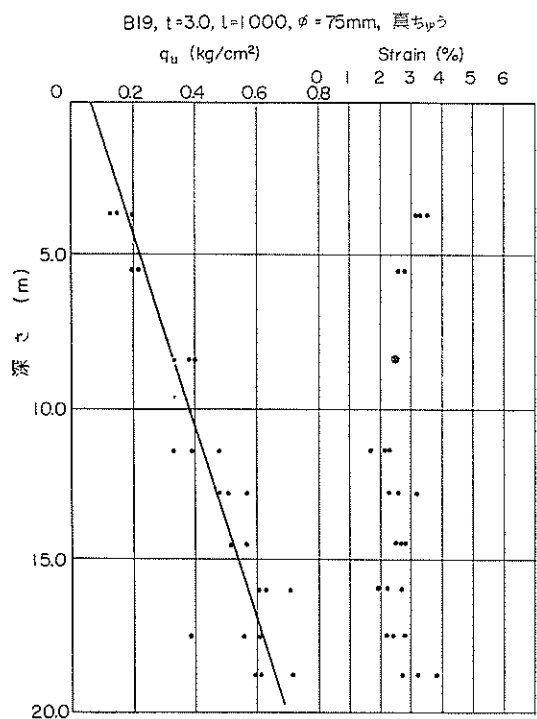


図4-1(d)

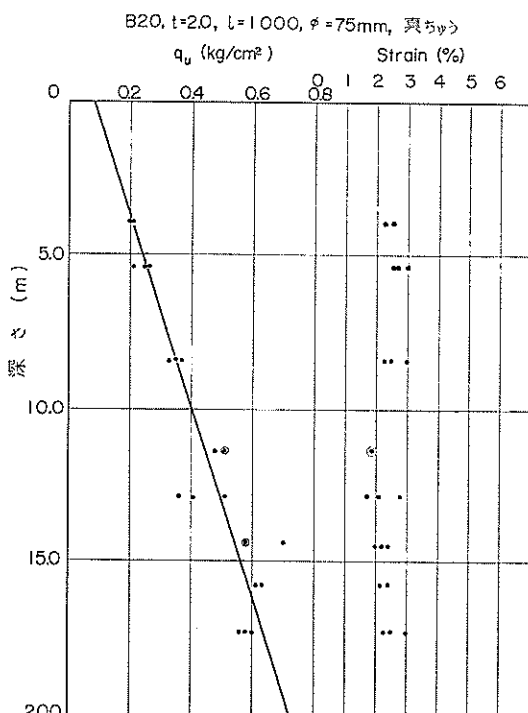


図4-1(e)

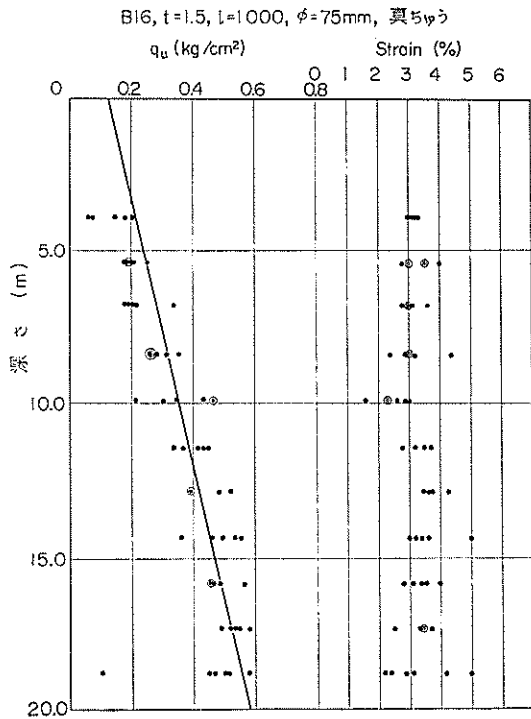
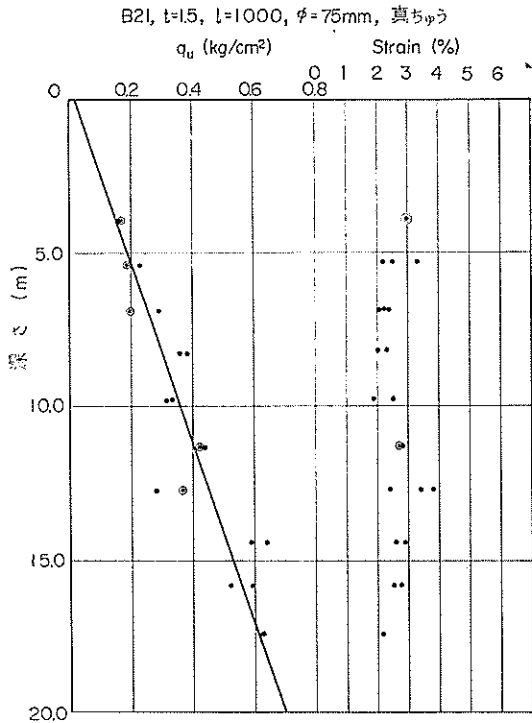


図4-2は、同一孔における全試験結果をプロットしたものの代表例を示したものである。

なお B-16 については、前年度における隣接孔の影響や、サンプリング時の不手際などの悪条件が重なってかトリミングの際、特に試料の乱れが目につき試験結果も思わしくなかったため、同一肉厚 (B-21, $t=1.5$ mm) により再試験を行った。

4-2 物理試験結果

今回の実験では、土の分類特性に関する試験を、すでに述べたような理由から省略している。このうち実施したものは、単位体積重量および含水比の測定のみであるが、その結果は表4-1の一軸圧縮試験結果に併示した。

塩分濃度測定結果は表4-2に示した。表中の A は、同一試料による一回目の測定値で、C は二回目の値である。しかし、塩分濃度はすでに一回目の測定で、すべてあらわされているので、二回目のそれは、ほとんど測定誤差の数値にすぎないようである。

表4-2 塩分濃度測定結果

Sample No.	A (mg)	B (mg)	C(A-B) (mg)
1	319	332	-13
2	325	343	-8
3	329	328	+1
4	345	385	-40
5	280	289	-9
6	327	324	+3
7	361	360	+1
8	371	394	-23
9	380	400	-20
10	270	274	-4

5. 試験結果の解析

5-1 一軸圧縮強さについて

一軸圧縮試験はサンプリング・チューブ中の全試料について実施したものであるから、その結果は同一試料で5~7個得ている。

同一試料中の q_u の最大値を 100% として、各 q_u 値の最大値に対するパーセンテージを求めて、それをサンプリング・チューブの刃先からの距離に対応させてプロットしてみたが、個々のサンプリング・チューブについては定まった傾向が認められなかった。

図5-1は今回実施した6孔、62試料について、刃先からの距離毎にその平均値をとり、再びこのうちの最大値

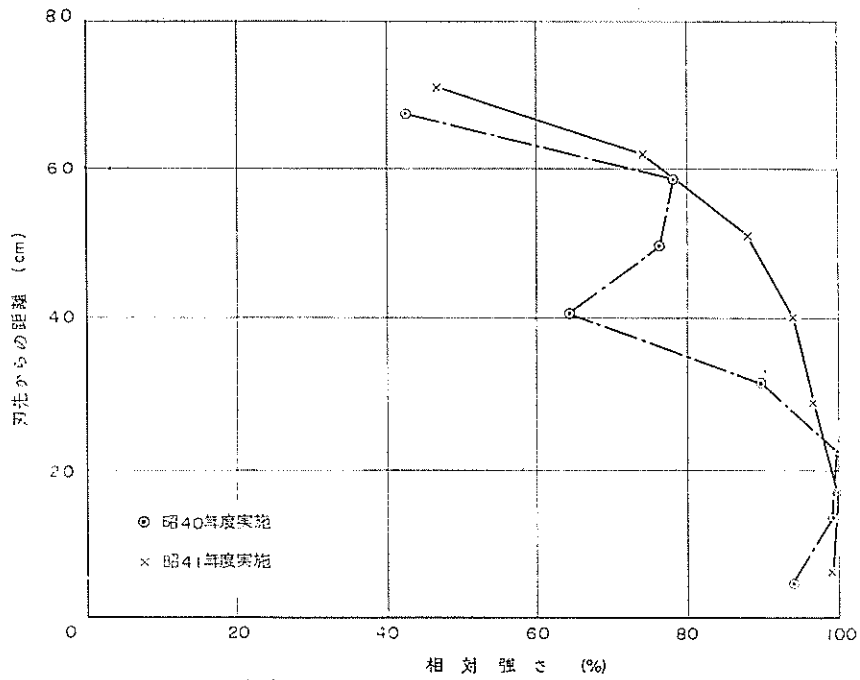


図5-1 サンプルング・チューブ内の強さ分布

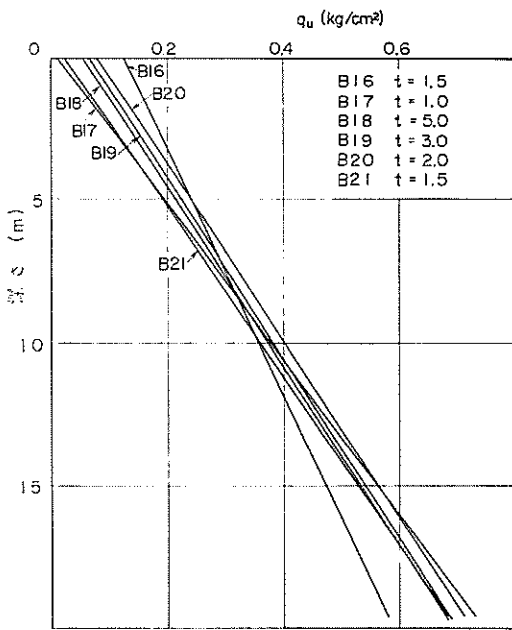


図5-2 最小自乗法による q_u と深さとの関係

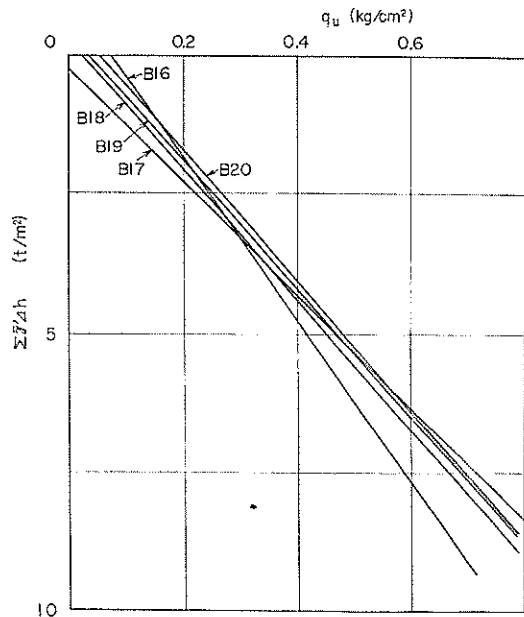


図5-3 最小自乗法による q_u と土被り圧との関係

で割った値をプロットして求めた相対強度である。同図中の40年度のそれと較べると、滑らかな分布をしていることがわかる。これは今回の実験では、サンプリング時の押込みを、油圧装置によって80cm連続的に等速度で行うことができたためではないかと思われる。

図5-2は、最小自乗法で整理した $q_u \sim$ 深さの関係をあらわす直線で、今回実施した6孔をまとめてみたもの

である。これによると、B-16($t=1.5\text{mm}$)を除けば各孔ともほぼ同じ傾向をもっている。図5-3は、 $q_u \sim$ 土被り圧との関係を示した。

図5-2および図5-3による q_u の平均直線に基づき、サンプリングの平均深さ-11m附近における q_u 値をサンプリング・チューブ肉厚の対数スケールとの関係でプロットすると、図5-4に示すような結果が得られる。

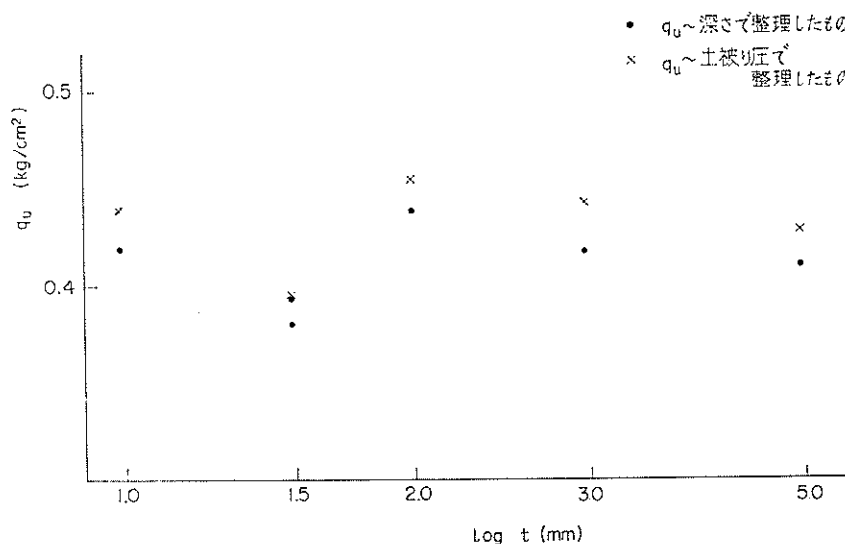


図5-4 一軸圧縮強さの平均値と肉厚との関係

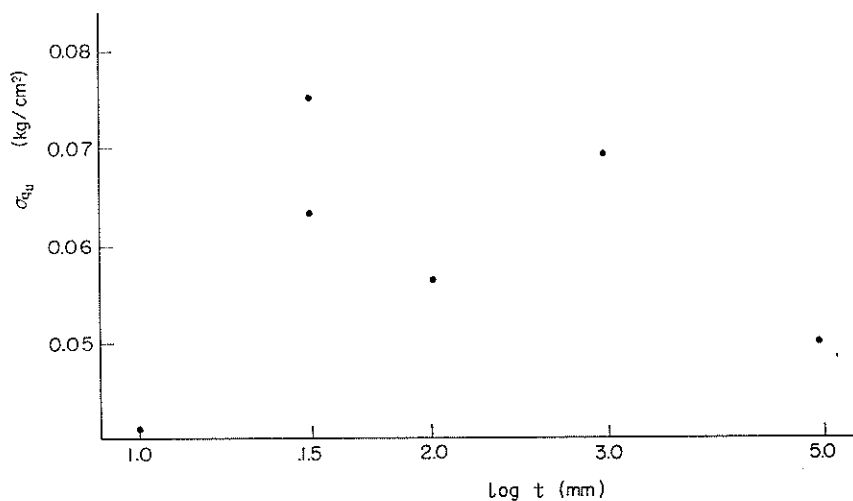


図5-5 q_u 値のパラッキと肉厚との関係

このうち、●印であらわしたものは q_u ~ 深さで整理したもので $q_u \approx 0.4 \text{ kg/cm}^2$ となり、×印であらわしたものは q_u ~ 土被り圧で整理したもので $q_u \approx 0.43 \text{ kg/cm}^2$ となっており、いずれもサンプリング・チューブの肉厚と q_u との関連性は認められない。図5-5では、図5-2の平均直線に関する q_u 値の標準偏差を肉厚に対してプロットして q_u 値のバラツキと肉厚との関係をあらわしてみたが、この図からは両者の相関性を明確につかむことができないようである。

5-2 弾性係数について

図5-6は、 q_u 値の1/2とこれに対応する破壊ヒズミから弾性係数 E_{50} を求め、最小自乗法により整理して、深さとの関係をあらわしたもので、図5-7は、それらを一括して示したものである。

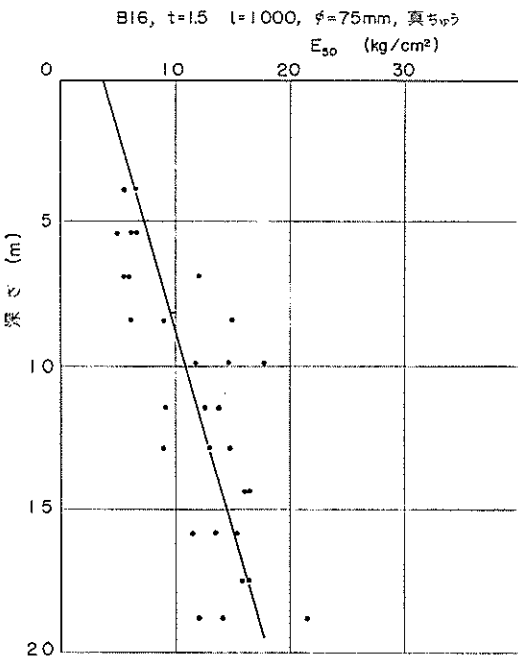


図5-6(a) 最小自乗法による E_{50} と深さとの関係

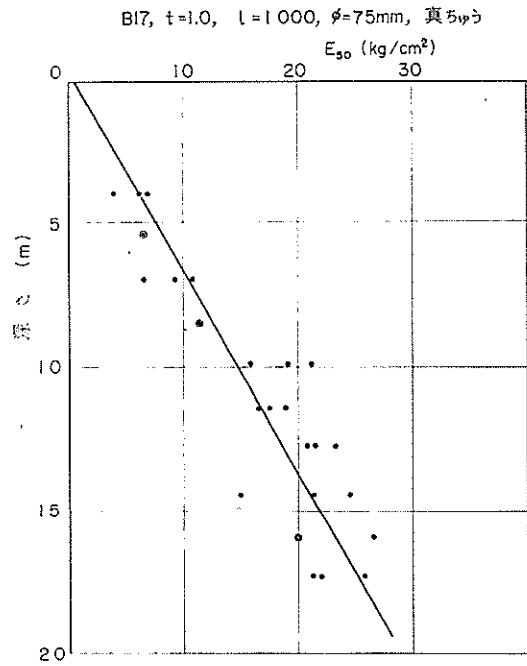


図5-6(b)

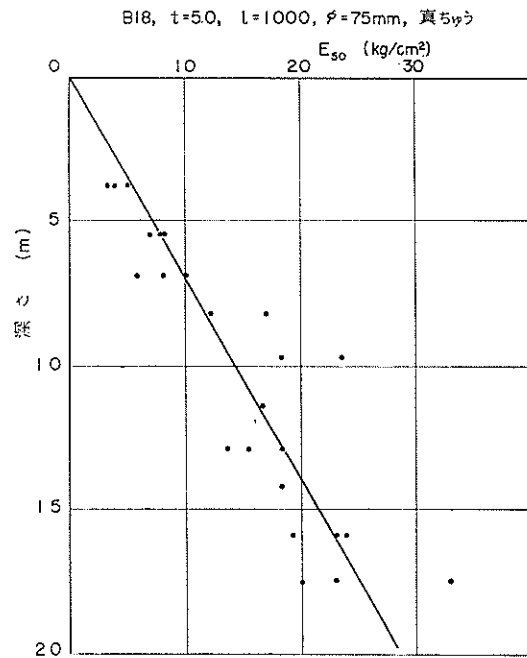


図5-6(c)

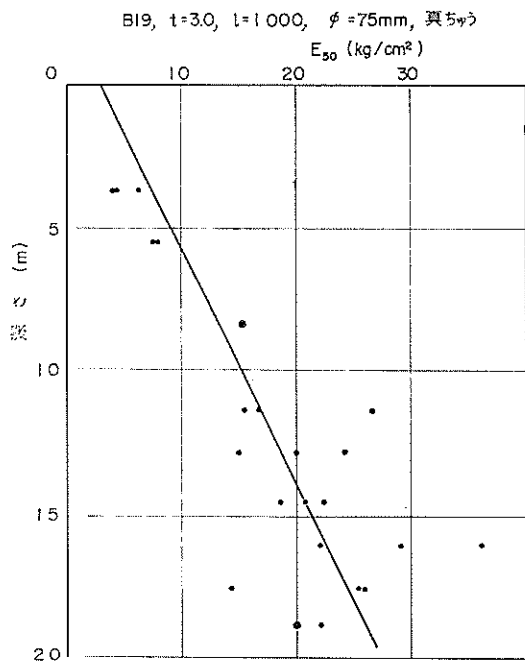


図5-6(d)

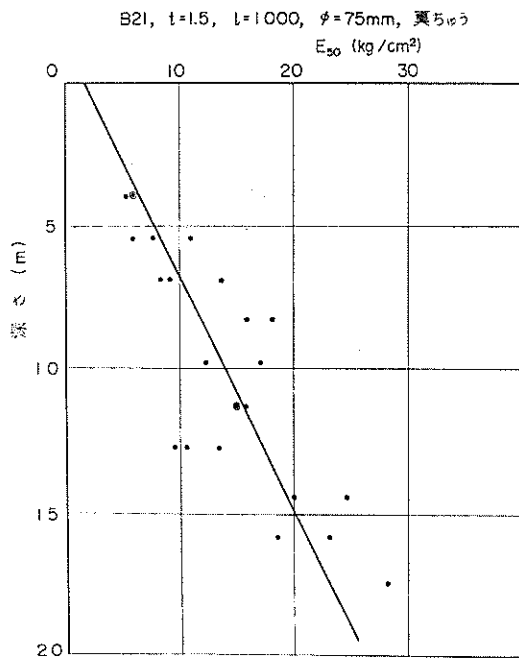


図5-6(f)

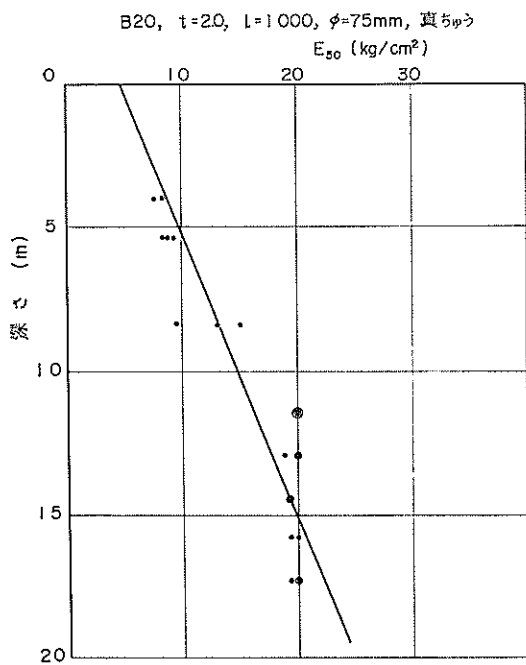


図5-6(e)

この図からわかるように、多少のバラツキはあるが、 E_{50} は深さとともに増加しており、その増加の割合が、いづれも直線的な傾向をもっている。 E_{50} を最小自乗法で整理した平均直線のうち、 -11m における値を肉厚の対数目盛との関係でプロットすると、図5-8のようになる。

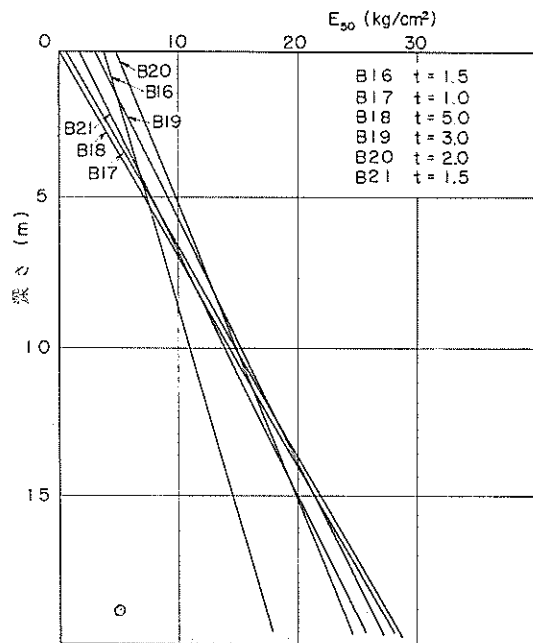


図5-7 最小自乗法による E_{50} と深さとの関係 (一括)

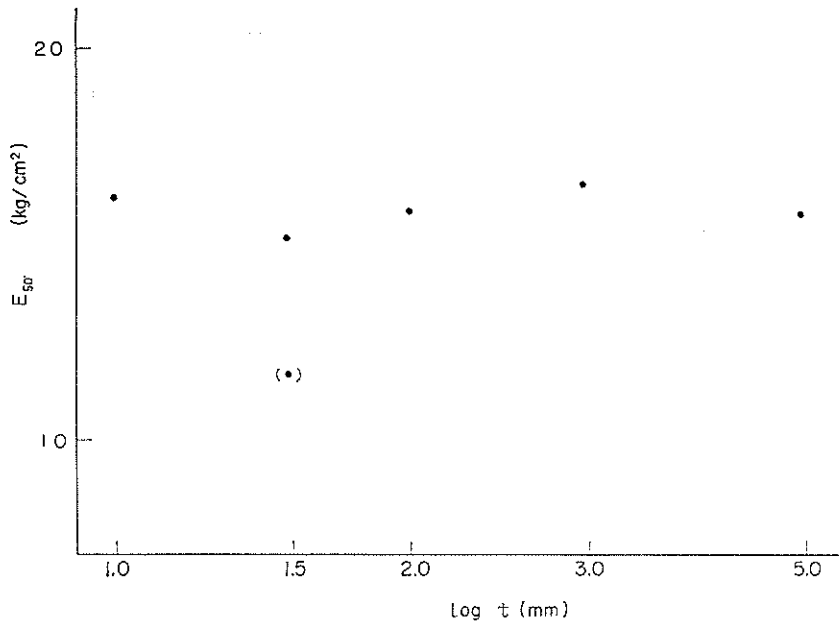


図5-8 E_{50} の平均値と肉厚との関係

このうち、 E_{50} が特別小さな値を示している B-16 を除けば、 $E_{50} \approx 16$ をあらわすような一定値となってしまう。肉厚の違いによる E_{50} の特別な傾向は認めることができない。弾性係数 E_{50} を q_u で除した値と深さとの関係

をあらわしたものが、図5-9である。図5-10は、これらを一括して掲げたもので、いずれも最小自乗法により求めた直線である。

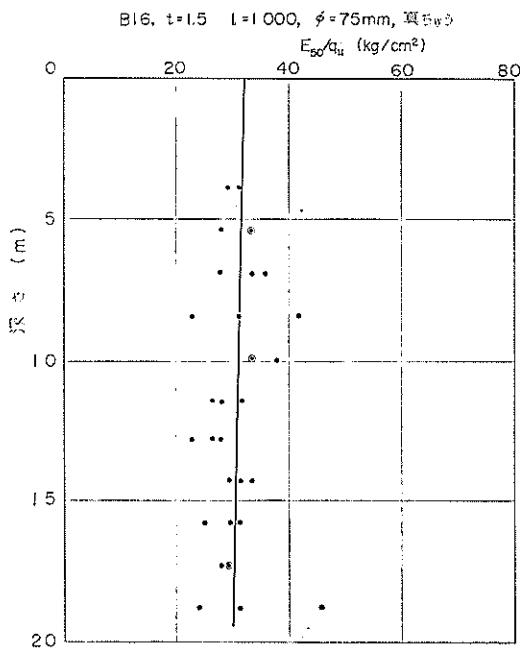


図5-9(a) 最小自乗法による E_{50}/q_u と深さとの関係

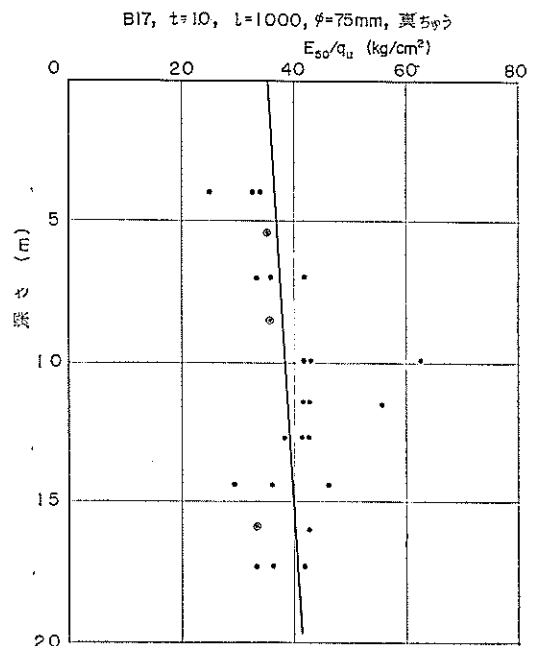


図5-9(b)

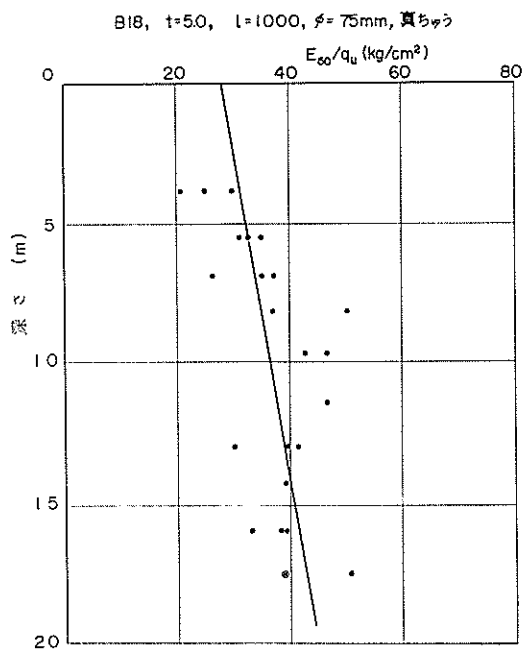


図5-9(c)

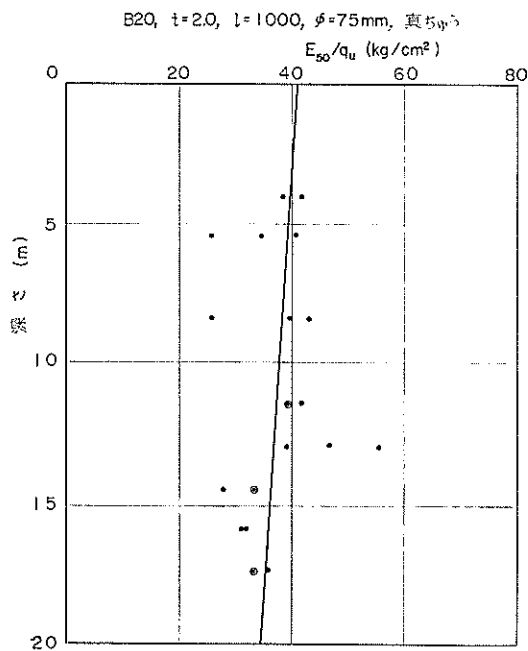


図5-9(e)

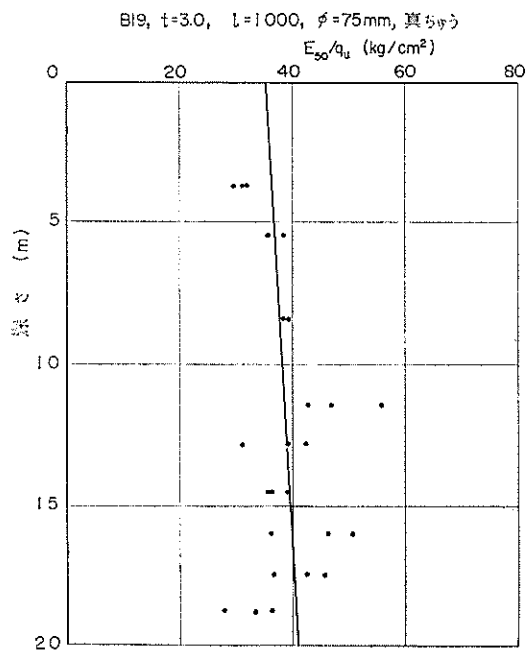


図5-9(d)

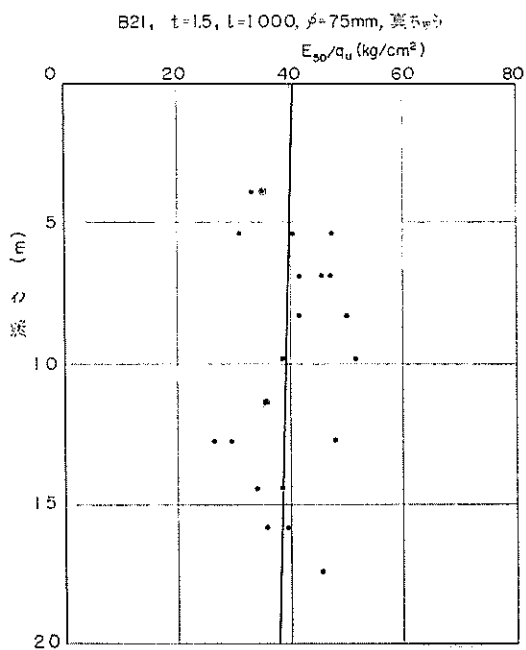


図5-9(f)

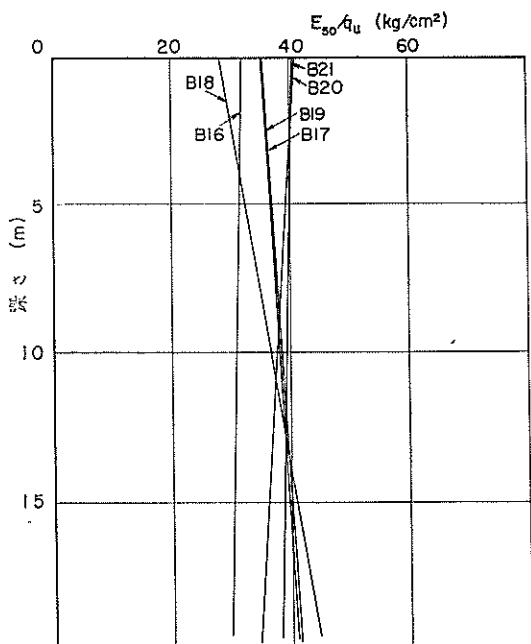


図5-10 最小自乗法による E_{50}/q_u と深さとの関係 (一括)

これによれば、深さとともに幾分増加しているものと、逆に減少する傾向をもつものがあるが、全体としては、深さに拘らず一定の値を示している。サンプリングの平均深さ-11mにおける E_{50}/q_u と肉厚との関係は図5-11に示すとおりで、極端な値を示すB-16を除けば、肉厚の増加に伴って、僅かに減少する傾向がみられる。

このことは、肉厚が増加すれば、試料の乱れもまた幾分増加する傾向を示しているものであるが、この図からでは、顕著な傾向は認められない。

5-3 破壊ヒズミおよびクラックについて

自然状態の土を人為的に採取すれば、その方法がいかに優秀なものであっても、土の乱れは避けることができない。乱れの度合が、土の力学的性質におよぼす影響は非常に大きく、それは、土質試験結果を左右する極めて重大な要素をもっている。

殊に錦海湾の粘土では、一軸圧縮強さ c_u に対応する破壊ヒズミが極めて小さく、このような土は僅かな外力によっても乱され易く、これに伴いクラックが生じて、必然的に強さの減少をきたすものである。

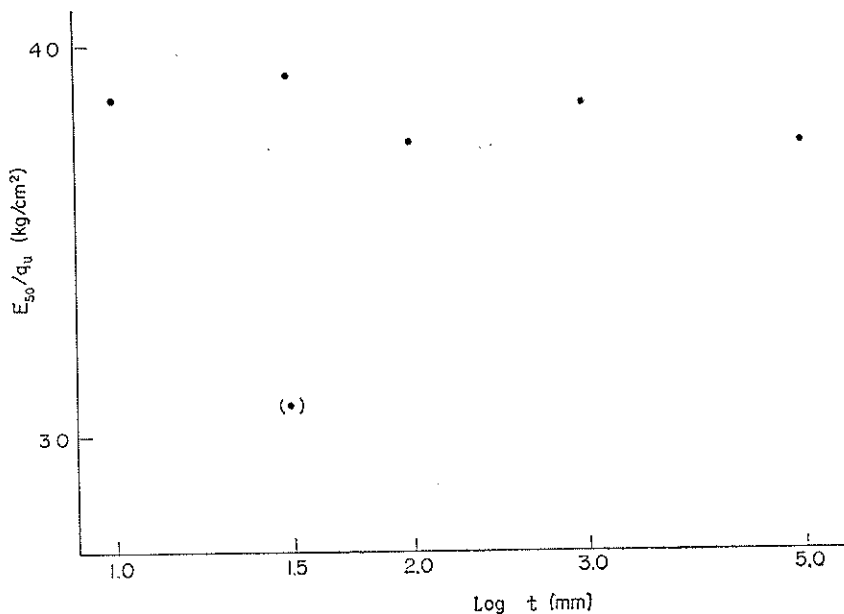


図5-11 E_{50}/q_u の平均値と肉厚との関係

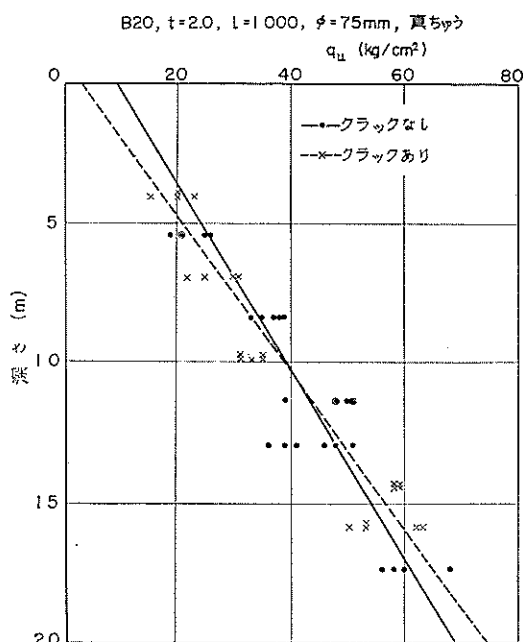


図5-12 一軸圧縮強さにおよぼすクラックの影響

このヒズミおよびクラックに関して、実験結果から2, 3の考察をしてみる。図5-12に示したものは、B-20($t=2.0\text{mm}$)における一軸圧縮強さについて、クラックのある試料とない試料とを深さに対して、それぞれプロットしたものである。これによると、クラックがある試料の方が、ない試料に比べて、深さに対する強さの増加度が大きくなる傾向を示しており、矛盾した結果をあらわしている。この原因は供試体成型時に、クラックをさけてトリミングしたことによるものであろう。

破壊ヒズミの各孔別の平均値を求めて、それを肉厚との関係でプロットすれば、図5-13のようになり、B-16を除けば、点線で示したような曲線が得られる。これによって、肉厚2~3mmのときが、ヒズミの最小値をあらわしていることがわかる。また、破壊ヒズミの各孔別の標準偏差は、図5-14に示すように、前図と類似した傾向をあらわす曲線となって、肉厚2mmのときに乱れの度合いが少ないことをあらわしている。

前述のように、錦海湾の粘土は破壊ヒズミが小さいので、採取した試料には、かなりのクラックが見受けられた。図5-15は、各孔別にみたクラックの度合いを示すものである。これは、クラックの総延長を試料の総延長で割った値と、肉厚の関係をプロットしたものである。この図からは、肉厚が1.5mmのとき、クラックの生ずる度合いが最小値を示し、これより肉厚が増しても、減じて

もクラックは多くなる傾向を示している。

以上の解析は、いづれもサンプリング・チューブの刃先から、3個の供試体に限定して行ったものであるが、これは、一般的な土質調査の実情と一致させること、および、試験結果が3個あれば、全体の傾向を把握するに充分であろうと判断したからである。このことは、表5-1に示すように、肉厚が5mm(B-18)の場合と、2mm(B-20)の場合とでは、ヒズミの平均値および標準偏差がかなり異っているにも拘らず、部分供試体(刃先から3個のもの)と全供試体との比率の差は、僅か数%にとどまっていることから肯定できるものと思われる。しかしながら、実際に試験するに際しては、試料にクラックがあったり、大きな貝殻などが入っていた部分などは、これを避けてトリミングしており、必ずしも試料の中心から取ったものではないので、これらの解析の精度が多少落ちることは否定できない。例えば表5-2に示すように、クラックのない試料と、クラックのある試料とでは、 q_u 値そのものの差異はほとんどみられず、破壊ヒズミの標準偏差は、クラックのない方が小さいが、ヒズミの平均値そのものは、むしろ大きくなっていて、矛盾した結果をあらわしていることから推察できる。

表5-1 部分供試体と全体供試体との比較

	ϵ_{mean}		γ_{ϵ}		[B18]/[B20]	
	B-18	B-20	B-18	B-20	ϵ_{mean}	γ_{ϵ}
刃先から3個	2.86	2.38	0.692	0.363	1.20	1.91
全供試体	2.73	2.34	0.602	0.319	1.16	1.89

表5-2 クラックのある試料とない試料との比較

	B19($t=3.0\text{mm}$)			B20($t=2.0\text{mm}$)		
	ϵ_{mean}	γ_{ϵ}	\bar{q}_u	ϵ_{mean}	γ_{ϵ}	\bar{q}_u
クラックあり	2.58	0.51	0.414	2.30	0.56	0.422
クラックなし	2.77	0.43	0.413	2.42	0.42	0.420

5-4 ベーン・テストについて

サンプリング・チューブの肉厚の影響と併せて、同一地盤において、原位置で直接土の強さを測定できるベーン・テストを実施し、 q_u 値と比較した。

サンプリングによって試料を得る場合、乱れの度合いは別として、乱れの影響による強度の減少は免かれることはできない。したがって、この乱れの過程の一つでも少なくするためベーン・テストなどのように原位置で直接土の強さを測定できれば、サンプリング過程および土質

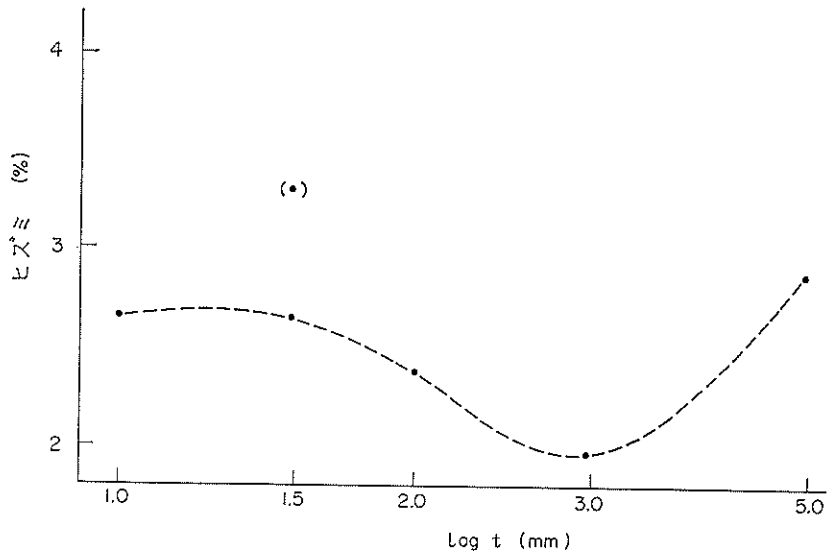


図5-13 破壊ヒズミの平均値と肉厚との関係

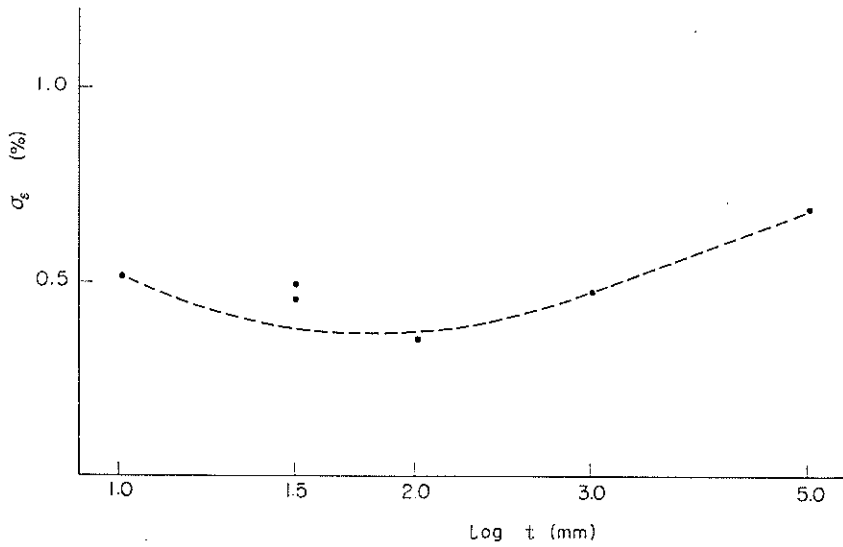


図5-14 破壊ヒズミの標準偏差と肉厚との関係

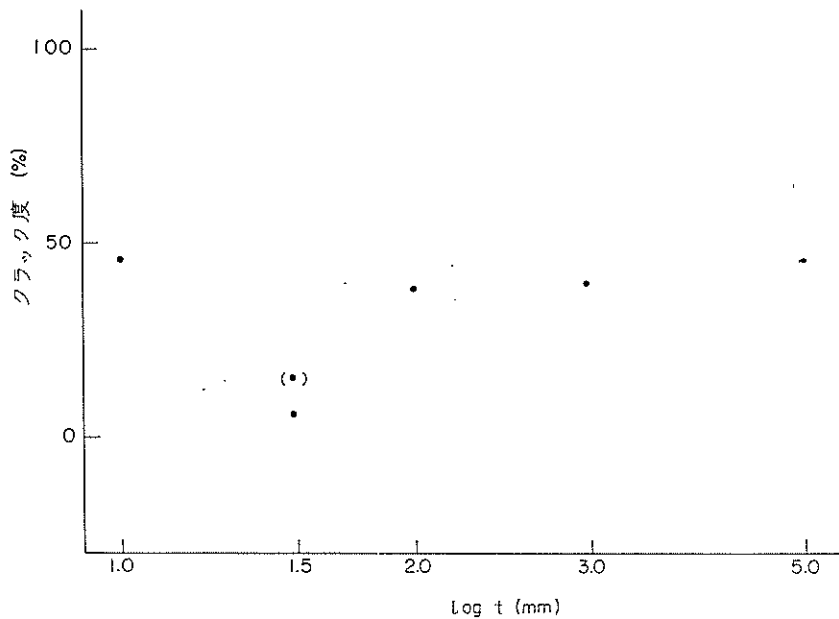


図5-15 クラックの割合と肉厚との関係

試験過程での乱れを除くことができ、より原位置の土の強さに近づくことが考えられる。現行のベーン・テストが、まだまだ問題点が多く、絶対的なものとはいえないが、このベーン・テストの値を基準として、サンプリングによって得た試料の乱れの割合を知る一応の目安として比較してみた。

ベーン・テストによるせん断強さ (2τ) と一軸圧縮強さ (q_u) とを深さに対してプロットしたものが、図5-16である。図に示すように、 2τ は q_u 同様、深さとともに直線的に増加しているが、その値はむしろ q_u 値よりも小さい。これはベーン・テストの一般的な傾向とは逆の結果となり、乱れの影響を調べることはできなかった。

この逆の傾向の原因としては、内径94.6mmのドリルパイプを用いたオウッシュ・ボーリングにより、特に孔底附近の土が乱されたことが考えられるが、大きな原因は、錦海湾の粘土のように破壊ヒズミが小さい土ではベーン挿入時の乱れによる影響が著しいことによるものと思われる。

6. 考 察

前述のように今回の実験は、試作したボーリング・マシンを用いて行ったもので、これによってサンプリング時の押し込み方法が改善され、ボーリングも、安全で能率

的に行うことができた。

土質試験結果については、前項において、一軸圧縮強さに関する 2, 3 の解析を行って見たが、今回の実験によると、サンプリング・チューブの肉厚が q_u 値におよぼす影響については、明らかな傾向が認められなかった。これはカルステニウスの主張⁵⁾を裏付ける結果となり、ボッシュレフの示した結果⁶⁾とは異なっている。

この原因は、

- (1) 肉厚の薄いものについては、サンプラーの押し込み時や、引揚げ時に生ずる無理な外力によって、チューブの変形が特に大きくなり、必然的に試料も乱れて、 q_u 値の分布はもっとバラツキかつ値も小さくなるものと思われたが、

a) サンプラー押し込み時に、特殊なガイドを使用したこと。

b) サンプラー引揚げ時に、回転を与えなかったこと。

などが幸いして、チューブの変形は外見上みられず、強度の減少も比較的防止できた。

- (2) 肉厚の大きいもの ($t=5\text{mm}$) については、もはや薄肉チューブではないので、試料に肉厚の影響があらわれて、乱される割合が大きくなるものと考えていたが、実験結果によれば、

a) 試料の径 ($\phi=75\text{mm}$) と供試体直径 ($\phi=35\text{mm}$) との差によって、クラックおよび乱れの影響

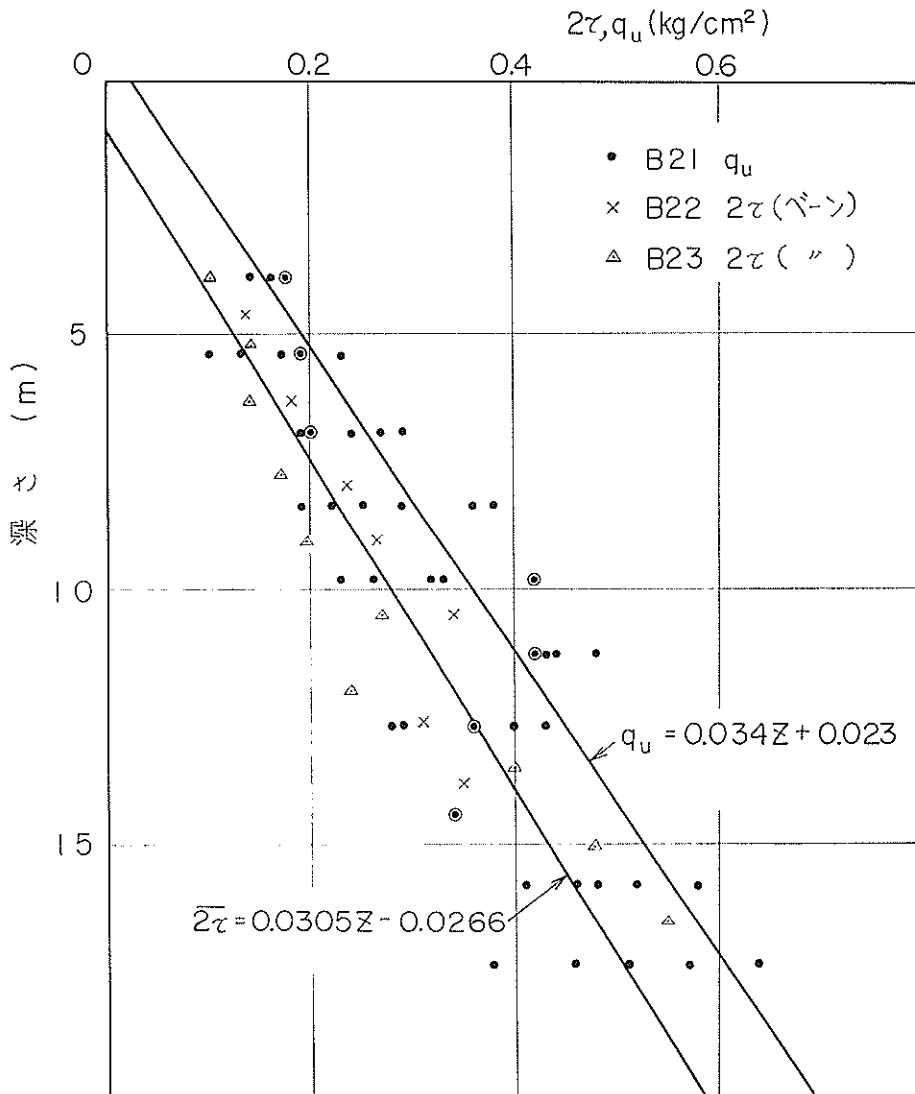


図15-16 ベーン・テストと一軸圧縮強さとの比較

を受けていると思われるチューブ周辺を避けてトリミングできたこと。

b) 肉厚と刃先角度との関係について、カルステニウスが主張した、刃先角度 5 deg を採用したので、試料の乱れる度合いが比較的少なかったと思われること。

などの理由によって、肉厚の薄い場合と同様、強さの減少が少なかったものと考えられる。

従来行なわれてきたように、サンプラー引揚げ時に、回転によって試料と地盤との縁切りを行なった場合に

は、小泉氏等の実測⁷⁾からもわかるように、ボーリングロッドの湾曲に起因する不均等土圧がかかり、肉厚 1 mm 程度の薄肉のものでは、剛度不足により変形を起し、試料もかなり乱されるものと思われる。小泉氏等の実測が示すように、サンプラー押込み時には、ボーリングロッドの挫屈によるサンプラーの傾斜と、これによる不均等土圧からも同様の乱れが生ずるが、今回はガイド付きサンプラーの使用によって、これらの悪影響が緩和されたわけである。

サンプリング・チューブの形状寸法、特に刃先角度、

刃先肉厚に関しては、カルステニウスが主にコンボジットサンプラーについて行なった研究がある。これによれば、刃先角度 5 deg 以内、刃先肉厚 0.2mm 以内がよいとされている。土質工学会の土のサンプリング指針によれば、刃先角度 10deg 以内、刃先肉厚 0.1~0.2mm と規定しているが⁸⁾、今回用いたサンプリング・チューブは、後者の規定するものよりもシャープであった。この点からも、乱れによる強さの減少が緩和されたものと思われる。肉厚については、上述のように、これに関連する問題点があるので、今回の実験結果だけでは、従来のボーリングおよびサンプリングの方法において、肉厚は土の強さに影響をおよぼさないと速断することはできない。

破壊ヒズミおよびそのバラツキの度合から眺めると、肉厚 2 mm 程度のチューブで試料の乱れが最も少いと云える。しかしこれも、土質条件やボーリングおよびサンプリングの方法等で、少なからず影響を受けるものと思われる。実際の調査では、三軸試験や圧密試験の供試体のように、大きな直径のものを必要とする場合が多い。この点では、クラックの多い試料は役にたたないわけで、これらの総合的な見地から判断すれば、サンプリング・チューブの肉厚は薄くても、厚すぎても好ましくないと云えよう。

7. あとがき

前回の報告では、サンプリング時の引抜きと追切りの比較や、サンプリング・チューブの肉厚、直径、長さ、材質等に関する研究結果を発表し、今回の報告では、主として肉厚の影響について検討したが、今後、これらサ

ンプリングに関する一連の研究のうち、チューブの刃先角度、刃先肉厚、内径比、押込み方法と速度、シールの方法等、残された問題点について、逐次研究をすすめて行く予定である。

終りに前回の報告¹²⁾の責任者であり、今回も御指導、御協力を惜しまれなかった(株)応用地質調査事務所、土質部長兼調査設計部長藤下利男氏、並びに種々御世話を戴いた、故長谷川栄博士、また実験場を提供され、実地調査にも大変御協力戴いた、錦海塩業株式会社の各位に深甚なる感謝の意を表する次第である。

文 献

- 1) 「チュウ積粘土のサンプリングに関する研究(第一報)」藤下利男、松下一明、堀江宏保、土と基礎14巻6号(100号) pp. 7~13 (1966年6月)
- 2) 「沖積粘土のボーリングおよびサンプリングに関する総合的研究」藤下利男、松下一明、堀江宏保、港湾技術研究所報告5巻4号(1966年1月)
- 3) 「サンプリングに関する2, 3の問題」奥村樹郎、松本一明、堀江宏保、土のサンプリング・シンポジウム論文集 pp. 41~48 (1967年5月)
- 4) 「ボーリング機械の現況と問題点」藤下利男、松本一明、建設機械第3巻第1号(1967年1月)
- 5) 「Mechanical Disturbances in Clay Samples Taken with Piston Samplers」Kallstenius T. Proc. Royal Swedish Geotech. Inst. No. 16 (1958)
- 6) 「Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes」Hvorslev M.J. Waterways Experiment Station (Nov. 1949)
- 7) 「サンプリングに関する研究(その1)」小泉安則、酒井左武郎、大槻朝男、土と基礎10巻2号(50号) pp. 3~13 (1962年4月)
- 8) 「土のサンプリング指針」土質工学会(1964年)

港湾技術研究所報告 第6卷8号

1967年11月

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 第一印刷所
東京都中央区湊町2-16