

運輸省港湾技術研究所

港湾技術研究所 報告

REPORT OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH
INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT

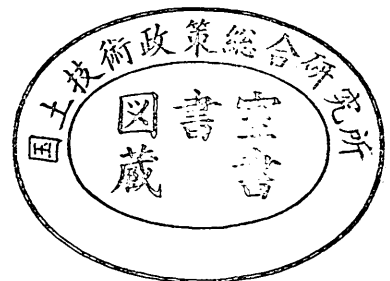
VOL. 7

NO. 2

JUNE 1968

運輸省港湾技術研究所
研修教材図書
番号
設計基準部研修資料課

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



港湾技術研究所報告は第7巻第1号より年4回定期的に刊行する。ただし第1巻から第6巻および欧文編第1号から第15号までは下記のとおり不定期に刊行された。
報告の入手を希望する方は論文番号を明記して港湾技術研究所長に申し込んで下さい。

和文篇 (Japanese Edition)

- Vol. 1. No. 1 (1963)
- Vol. 2. Nos. 1~3 (1963~1964)
- Vol. 3. Nos. 1~7 (1964)
- Vol. 4. Nos. 1~11 (1965)
- Vol. 5. Nos. 1~15 (1966)
- Vol. 6. Nos. 1~8 (1967)

欧文篇 (English Edition)

- Report Nos. 1~15 (1963~1967)

The Report of the Port and Harbour Research Institute is published quarterly, either in Japanese or in occidental languages. The title and synopsis are given both in Japanese and in occidental languages.

The report prior to the seventh volume were published in two series in Japanese and English as listed above.

The copies of the Report are distributed to the agencies interested on the basis of mutual exchange of technical publication.

Inquiries relating to the Report should be addressed to the director of the Institute specifying the numbers of papers in concern.

港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I.)

第7巻 第2号 (Vol. 7, No. 2), 1968年6月 (June 1968)

目 次 (CONTENTS)

1. 高知港津波防波堤に関する模型実験 (第3報)
..... 木村久雄・工藤国守・柴山煒彦..... 3
(A Model Experiment on the Tsunami Breakwaters at the port of Kochi
(3rd Report)Hisao KIMURA, Kunimori KUDO and Akihiko SHIBAYAMA)
2. くいの横抵抗における地盤常数に関する研究 沢口正俊..... 65
(Soil Constants of PilesMasatoshi SAWAGUCHI)
3. 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3報)
..... 松本一明・堀江宏保・山村真佐明..... 95
(Study on Boring and Sampling of Saturated Alluvial Clays (3rd Report)
..... Kazuaki MATSUMOTO, Hiroyasu HORIE and Masaaki YAMAMURA)
4. 土の三軸圧密試験 (第1報)
——三軸圧密試験装置と静止土圧係数——
..... 中瀬明男・野村健司・伊藤昌英.....115
(Triaxial Consolidation Test of Soils (1st Report) —Triaxial Consolidation
Test Apparatus and Coefficient of Earth Pressure at Rest—
.....Akio NAKASE, Kenji NOMURA and Masahide ITO)

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3報)

松本 一明*・堀江 宏保*・山村 真佐明*

要 旨

今回の研究実験はボーリング方法(ドリルパイプ方式とコアチューブ方式)とサンプリング方法(試料引揚げ前の土との縁切りのための回転と非回転)の相違が土の強さに及ぼす影響について調査した。

これらの結果を要約して次に述べる。

- 1) ドリルパイプとコアチューブとの工法の相違による一軸圧縮強さへの影響は認められなかった。しかし、作業上、ドリルパイプ方式が極めて有利である。
- 2) 試料採取後の引揚げ前、土との縁切りのための回転と非回転とは顕著な差は認められないが、通常使用しているボーリングロッドの曲りを考慮にいれて不均等側圧による乱れの影響のない非回転の方が有利である。

* 土質部 土質試験課

**Study on Boring and Sampling of Saturated
Alluvial Clays (3rd Report)**

Kazuaki MATSUMOTO*
Hiroyasu HORIE*
Masaaki YAMAMURA*

Synopsis

Influence of the boring and sampling methods on the unconfined compression strength of a clay is investigated. In the boring works, and ordinary core-tube method and the drill-pipe method are employed. In the sampling process, the effect of twisting the sample tube, to cut off the soil along the lower end of the tube, is investigated. Results of the investigation are summarised as follows;

- 1) As far as the influence on the unconfined compression strength is concerned, no appreciable difference between the core-tube and drill-pipe methods is found out. However, the drill-pipe method seems to be advantageous from the view point of practical operation.
- 2) The effect of twisting the sample tube is hardly observed. If the boring rod is bent, however, the twisting will cause the set up of an unequal pressure on the surface of the tube.

* Member of Soil Test and Investigation Section, Soils Division

目 次

要 旨	95
1. ま え が き	99
2. 調 査 概 要	99
2.1 実験場の位置と土質概要	99
2.2 調査項目と使用機具	101
2.3 結果の良否判定基準	103
2.4 土質試験	103
3. ボーリング方法（ドリルパイプ方式とコアチューブ方式 の相違が土の強さ（ qu ）に及ぼす影響について）	105
4. サンプルング方法（回転方式と非回転方式の相違が土の強さ（ qu ）に及ぼす影響について）	106
5. サンプルングの精度について（ qu 値のパラッキ）	108
6. 供試体寸法の相違が土の強さに及ぼす影響について	109
7. ベーン試験について	111
8. ま と め	112
9. あ と が き	113
参 文 考 献	113

1. まえがき

ここ3年来実施してきたサンプリングチューブの形状寸法に関しては一応の形が整ったので、今回は港湾関係で全面的に採用しているドリルパイプ方式によるボーリングと、もっとも一般化しているコアチューブ方式によるボーリングとの比較および、サンプリングの引揚げ直前に行なう土との縁切りのための回転と非回転の比較について実施した。この回転と非回転について“土のサンプリング指針”では、回転と非回転にはそれぞれ長短があり、今後の研究課題として残された問題の一つとなっているので、現段階としては一応回転しないで引抜く、いわゆる非回転方式に決められている。

港湾関係では数年来、非回転方式に意志統一しているが、一般的には、試料の脱落を防ぐため(普通、回転しなくても試料は脱落しない)とサンプリングチューブの周面摩擦を軽減し、引揚げを容易にする目的から、これに反し、回転して引抜く方法が多く見受けられる。このような、ボーリングおよびサンプリングの過程での相違をできるだけ排除し、一定の技術に達している者であれば、絶対に防ぎようのない一定の乱れしか入り込まないよう工法を一つに纏めなければならない。したがって、これらの統一を目的とした比較実験を行なったので、ここに報告する。

また、この機会を利用して2,3の実験を行なったので併せて報告する。

2. 調査概要

2.1. 実験場の位置と土質概要

実験場はボーリングおよびサンプリングに関する実験の成果に一連性をもたせるため昭和40年度と昭和41年度に行なったと同じ土質条件の下で実施するのが効果的であるから、今回も図-2.1に示すように岡山県の錦海湾を締切り干拓した錦海塩業株式会社の塩田内の一部を使用して調査した。

この実験場は干拓地であるため現在の地表面は旧海底面で浸透水の浸潤線位置も、この旧海底面に近く図-2.2に示すように均一な沖積粘土が地表面下25mぐらまで続いておりサンプリングなどの現地実験には最適の条件を備えたところといえる。

実験場の土質はミシシッピー河管理委員会法の三角座標で粘土に分類され、図-2.3の土性図に示すように上

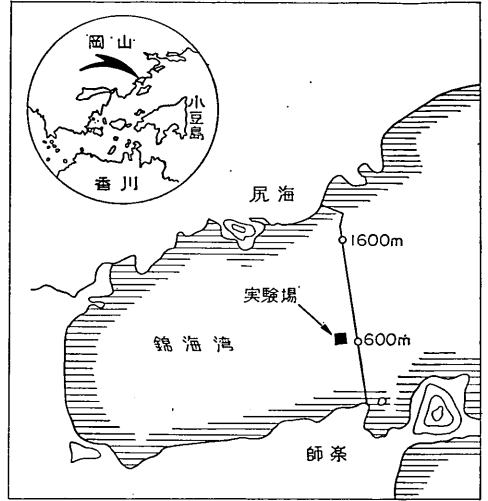


図-2.1 実験場位置図

層部(10mまで)、では自然含水比(w)が液性限界(w_L)を上廻っており、下層部(10m以下)でも自然含水比(w)と液性限界(w_L)がほぼ一致している極めて軟かい粘土地盤である。

この結果は昭和40年度に実施した試験結果²⁾であるが、前回実施した地域と隣接しており、ほとんど同一地盤と考えられるのであらためて試験は行なわなかった。しかしこの種の比較実験は土質の均等性が重要な意味をもつので、含水比(w)と単位体積重量(γ_s)を測定してチェックした。この結果を図-2.4に示す。この図からもわかるように前回とほとんど差異はなく均一の地盤と考えられる。

また実験場の土の特徴としては図-2.5に示すように

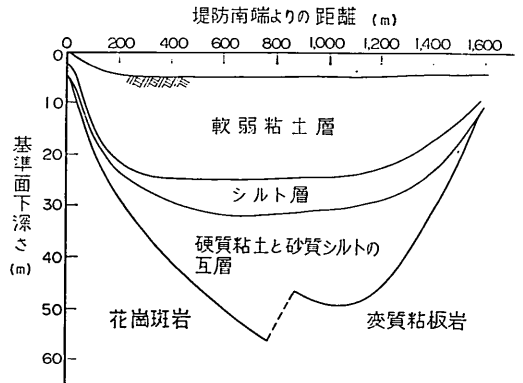


図-2.2 錦海堤防法線上土質断面図

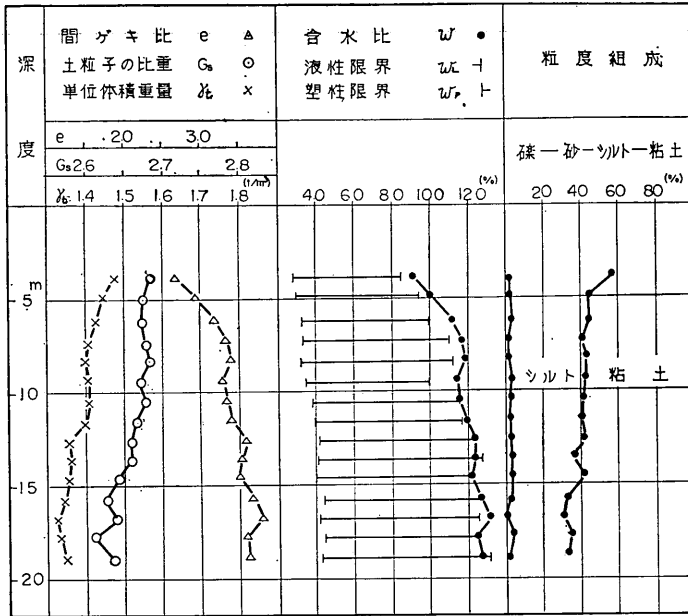


図-2.3 土性図

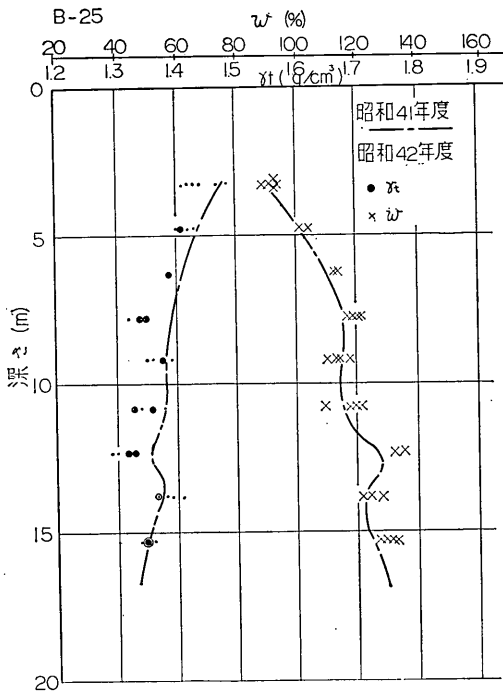


図-2.4 含水比と単位体積重量による実験場土質の均等性チェック

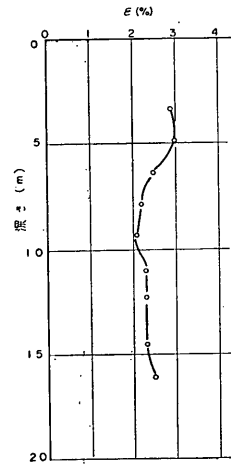


図-2.5 実験場の qu に対応する平均軸ヒズミ (ϵ) の深度分布

セン断時における破壊にヒズミが非常に小さく、一軸圧縮強さ (qu) に対応する軸ヒズミはおおむね 2~3% を示している。これはボーリングあるいはサンプリング時の僅かな影響にも敏感であることを示すもので、この種の研究には好都合の土といえる。

2.2. 調査項目と使用機具

今回の調査目的は前述したようにボーリング方法（ドリルパイプとコアチューブの比較）およびサンプリング方法（回転と非回転の比較）の比較を重点的に実施し付随的に一軸圧縮試験の供試体寸法が土の強さ（*qu*）におよぼす影響について調べた。また、サウンディングについても、ペーン試験およびイスキメーターによる引抜き試験を実施したが、本報告ではペーン試験の結果についてのみ報告し、イスキメーターによる試験結果は2, 3の追加実験を必要とするので次回の報告にゆずることとする。

これらの調査に必要なボーリング孔は 図-2.6 に示すように配置し、それぞれのボーリング孔における調査項目は表-2.1 に示す通りである。

今回の調査では、今迄の足揚ヤグラ方式にかえて、写真-2.1 のようなレール上を移動する台車方式を採用したので、ヤグラの組立てと移動に要する労力および時間が節約でき、小人数でも実に能率よく作業することができた。

また本調査に使用したボーリング機械およびサンプリング用機具などを次に示す。

- ① ボーリング
 - a. ボーリングマシン
 - i) オイルフィード方式
 - ii) スピンドルストローク 80 cm
 - b. ドリルパイプ寸法
 - i) 外径 97 mm
 - ii) 肉厚 3.5 mm

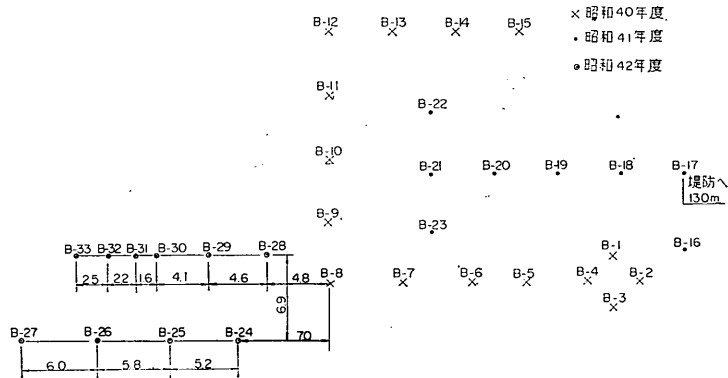


図-2.6 ボーリング配置図

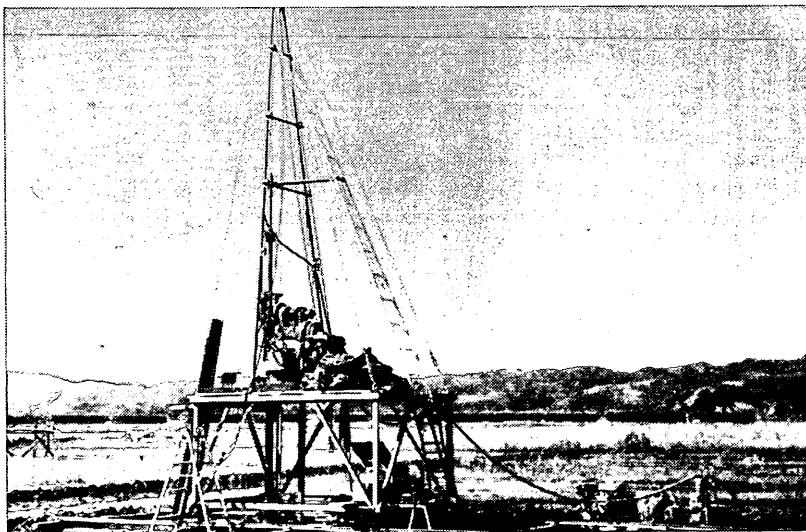


写真-2.1 野外実験場におけるボーリング台車

表-2.1 調査項目と条件

ボーリング No.	最終深さ (m)	サンプリングチューブの諸元 (mm)			材 質	目 的	ボーリング方法	サンプリング方法	一軸圧縮試験 供試体寸法 (mm)
		肉 厚 (t)	内 径 (φ)	長 さ (l)					
B-24	17.5	1.3	75	1000	ステンレス スチール	ボーリング法とサンプリング 法の比較を兼ねる。	ドリルバイブ方式	非回転・引抜	φ35 180
B-25	15.3	1.3	75	1000	"	サンプリング法の比較・ペーン 試験と併用	"	回 転 ・ 引 抜	φ35 180
B-26	17.6	1.3	75	1000	"	供試体寸法の比較	"	非回転・引抜	φ75 1180
B-27	16.8	1.3	75	1000	"	ペーン試験と併用	"	"	φ75 180
B-28	16.1	1.3	75	1000	"	ボーリング法の比較	コア・チューブ方式	"	φ35 180
B-29	11.3	1.3	75	1000	"	保存試料	ドリルバイブ方式	"	
B-30		イスキーマーターによる引抜試験				サウンディング			
B-31						"			
B-32						"			
B-33						"	(引抜用ワイヤの抵抗調査)		

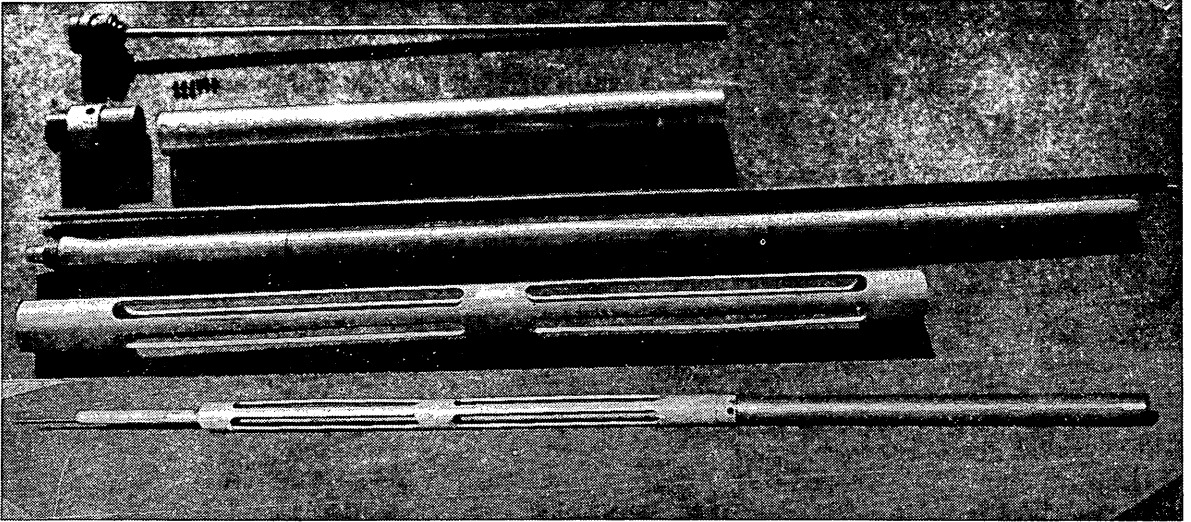


写真-2.2 ガイド付固定ピストンシンウォールサンプラー

- iii) 長さ 1,000~1,500 mm
- c. コアチューブ
 - i) 外径 85 mm
 - ii) 長さ 1,500 mm
- d. ボーリングロッド
 - 外径 40.5 mm (JIS 規格)
- ② サンプリング
 - a. サンプラー
 - ガイドパイプ付固定ピストンシンウォールサンプラー (写真-2.2 参照)
 - b. サンプリングチューブ
 - i) 外径 75 mm
 - ii) 肉厚 1.3 mm
 - iii) 長さ 1,000 mm
 - iv) 刃先角度 5.6° (刃先長さを肉厚の10倍とした)
 - v) 刃先肉厚 0.2 mm
 - vi) 内径比 0
 - vii) 材質 ステンレススチール
 - c. サンプリングにおける統一条件
 - i) 押込方法: 油圧により連続的かつ等速度に押込む。
 - ii) 押込速度: 約 5 cm/sec
 - iii) 引抜きの際の処置
 - 押込み終了後、土との縁切りのための回転は行なわないで直ちに引抜き、追切りは行なわ

ない。ただし、B-25 のボーリング孔では土との縁切りを目的とした回転を行なった。

2.3. 結果の良否判定基準

ボーリング方法あるいは、サンプリング方法の比較結果の良否の判定は、今迄に実施してきた方法とほぼ同じく、一軸圧縮強さ (qu) の深度分布の平均値 (最少自乗法による) と標準偏差を求め、その平均値が大きく、かつ標準偏差の小さいもの、また qu 値に対応する軸ヒズミが小さく値が揃っているものを以って乱れの少ない良好な状態でボーリングあるいは、サンプリングが行なわれたものと判定した。

2.4. 土質試験

採取した試料は、時間経過に伴う膨張による強度減少や含水比の変化ならびに長距離運搬時の衝撃などによって生ずる乱れを避けるため現地において直ちに試験した。

土質試験の条件は次の通りである。

- a. 今回は土質試験のための試料の押出しに、手動式縦型押出機を使用した。
- b. 一軸圧縮試験
 - i) ヒズミ速度—3%/分
 - ii) プルーピングリング
 - 試料径 3.5 cm—20 kg
 - 試料径 7.5 cm—50 kg
 - iii) 応力〜ヒズミの記録
 - 試料径 3.5 cm—自記記録装置による。

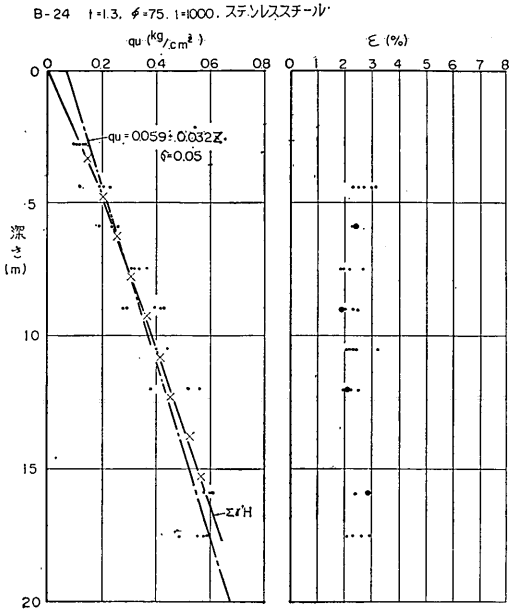


図-2.7(a) 一軸圧縮試験結果 (B-24)

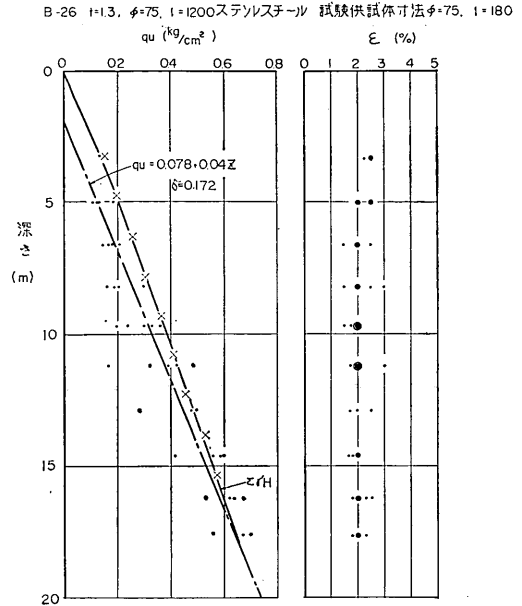


図-2.7(c) 一軸圧縮試験結果 (B-26)

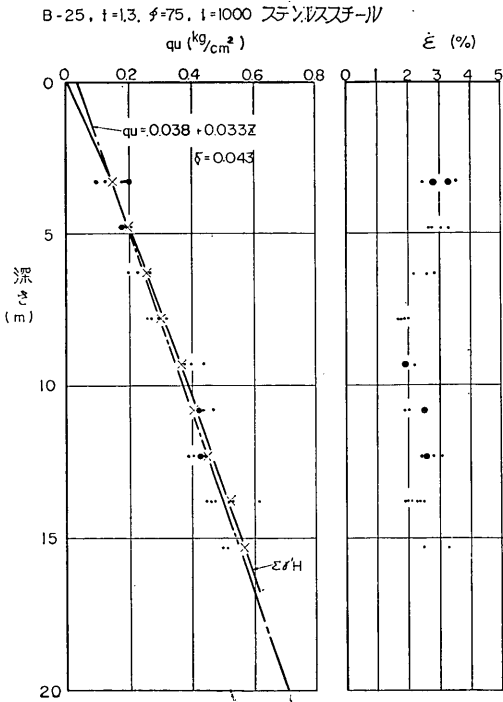


図-2.7(b) 一軸圧縮試験結果 (B-25)

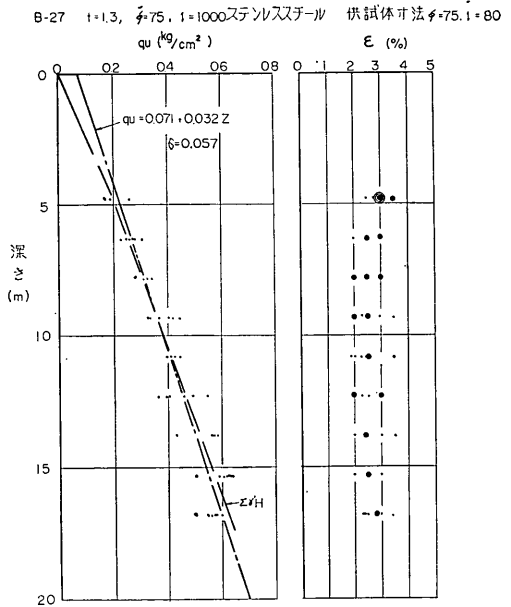


図-2.7(d) 一軸圧縮試験結果 (B-27)

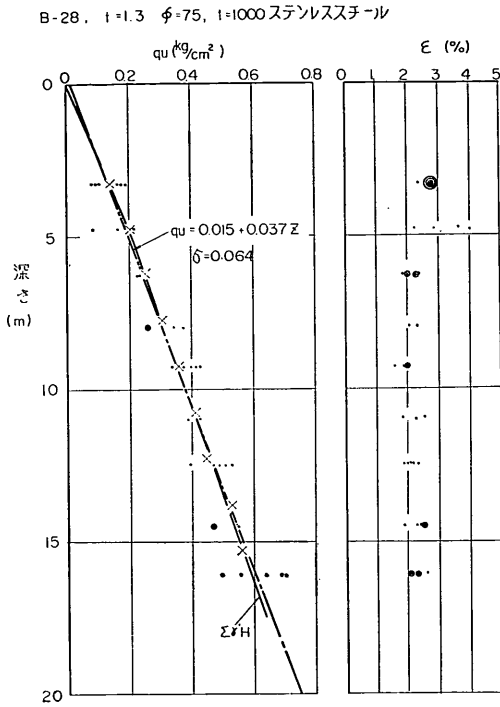


図-2.7(e) 一軸圧縮試験結果 (B-28)

試料径 7.5 cm—通常の読取り記録方法による。

c. 単位体積重量 (γ_t)

単位体積重量の測定は一軸圧縮試験用の供試体法による。

d. 含水比 (w)

含水比の測定も一軸圧縮試験用の供試体をそのまま乾燥させて求めた。この測定は、前述したように調査地盤の均等性を調べるためであるから B-25 についてのみ実施した。

今回実施したボーリング孔別の一軸圧縮強さと深さの関係を 図-2.7 (a)~(e) に示す。この図はサンプリングチューブ中の全試料から qu 値を求め、それを最少自乗法によって整理したものである。比較に示す図は、この最少自乗法による平均直線のみを示し、個々の qu 値は省略したので、詳細については必要なときは、この図を参考にされたい。

3. ボーリング方法 (ドリルパイプ方式とコアチューブ方式の相違が土の一軸圧縮強さ (qu) に及ぼす影響について)

軟弱地盤におけるロータリー式ボーリングには一般的

なコアチューブ方式と港湾関係で全面的に採用しているドリルパイプ (またはケーシング) 方式があるが、このような掘削用具の比較については砂地盤で N 値との関係について報告³⁾ されているのみで、粘性土地盤では行なわれていない。そこで今回は、この両者の用具を用いて掘削したボーリング孔からサンプリングを行ない、その全試料から qu 値を求め、深さ方向の分布を最少自乗法によって平均的直線を求め比較した。これを 図-3.1 に示す。

この図の示すように全試料による平均直線は深さ 10m 以浅 ($qu < 0.35 \text{ kg/cm}^2$) ではドリルパイプ方式がやや大きく、それ以深は、逆の傾向を示しているが、その差は顕著ではない。

ボーリング方法の比較の主たる目的は掘削用具すなわち、ドリルパイプあるいはコアチューブの刃先附近の土をいかに乱さないでサンプリングのための予定深さにするかにある。この乱れの影響についてサンプリングチューブ最上部の土の乱れの度合によってある程度の目安が掴めると思われるので、この最上部の土 (上部から 12 cm) の強さ (qu 値) について比較してみたのが 図-3.2 である。

図の直線はボーリング方法の相違による最上部の qu の深さ方向の平均値である。この図によると、ボーリング方法による差異はほとんどみられないので、両者何れを使用してもよいことになるが、次に述べるような理由からドリルパイプ方式が有利な方法といえる。

港湾関係で採用しているドリルパイプ方式 (またはケ

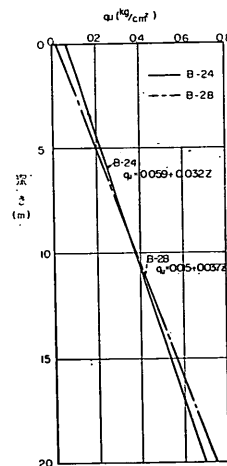


図-3.1 ドリルパイプ方式とコアチューブ方式の比較

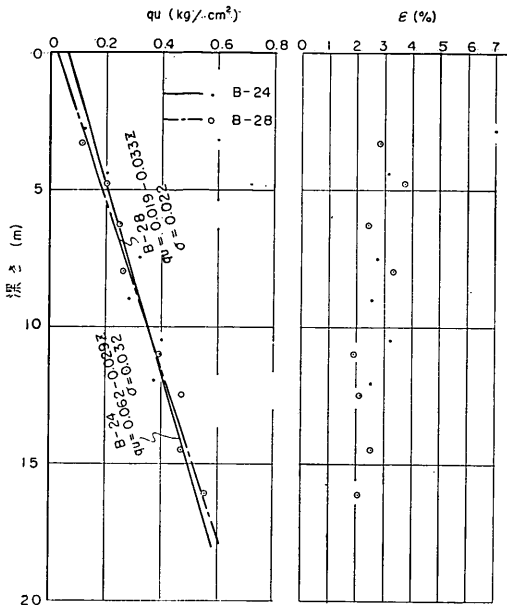


図-3.2 ボーリング方法の相違によるボーリング孔底の乱れの比較

ーシング方式)の利点は

- ① 孔壁が完全に保護される。
- ② サンプラーを垂直に押込むためのガイドとなる。
- ③ 清水による掘削であるので、排出される切屑からの土質判定の精度が比較的よい。
- ④ 作業のスピードアップが可能である。

などがある。反面、コアチューブにくらべて

- ① 重量が1.5倍となる。
- ② 送水ポンプの流量が50~60l/分と、一般的なものに比べ高性能が必要である。

しかし、重量大の点はドリルパイプ40m程度まではハンドフィード方式でも労力の負担は大差なく、それ以上に深くなる場合でもオイルフィード方式を使用することによってカバーできる。また、送水ポンプはコアチューブ方式の30l/分程度にくらべて約2倍の性能が必要であるが、現在各方面で所有しているポンプの大半は最大流量60l/分程度の性能のものを使用しているが、整備不良による性能低下を多く見受けるので、全般的に2倍の性能を有した新しいものを用意する必要もなく、この点もそれほど問題にならない。

4. サンプルング方法 (回転方式と非回転方式の一軸圧縮強さ (qu) に及ぼす影響について)

サンプルング過程において、土中に押込んだサンプラーを引抜くとき、サンプルングチューブ下端部の土との縁切りのため回転する方法 (回転) と回転しないで、そのまま引抜く方法 (非回転) とがある。

回転する場合、ボーリングロッドの曲りに起因する不均等側圧の影響によってサンプルングチューブの肉厚が1.0mm程度では変形してチューブ内の土を乱すことが知られており、現在一般的な1.3mmの肉厚についても、不均等側圧による乱れの影響を受けることが考えられる。

もし、曲りのないボーリングロッドで心円な回転をし

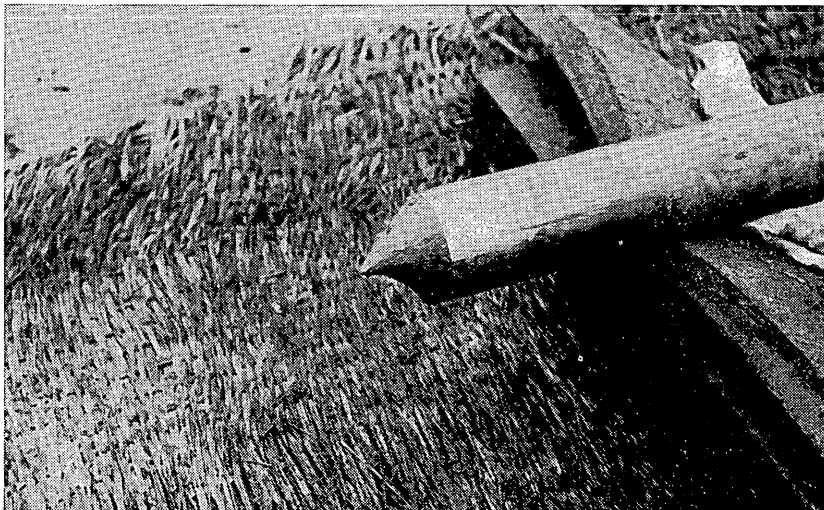


写真-4.1 非回転引抜きによる試料下端部の状況

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3報)

て引抜けば土との縁切りができて試料下端部の引張りによる乱れの影響が少ないことが考えられる。しかし、曲りのないボーリングロッドばかりで行なわれるとは限らないので港湾関係では押込終了後、回転しないで、そのまま引抜く方法を採用している。したがって、この回転非回転について比較し、再確認する。

今回の実験では、非回転の場合は押込み後、直ちに4 cm/sec の速度で引抜き、回転の場合はボーリングロッドを1回転(360°)させてから4 cm/sec の速度で引抜いた。

なお今回用いたボーリングロッドは新しい曲りのないものを使用した結果であるから、不均等側圧の影響による乱れは少なく、引抜き時の引張り(引抜きによる試料の状態を写真-4・1に示す)と回転時のネジリの影響による試料下端部の乱れが大きいものと思われる。

図-4・1は回転と非回転による乱れの影響について一軸圧縮強さ(qu)の深度分布を最少自乗法によって整理し、平均直線を求め、その全体的傾向から比較したものである。

これによると、上層部のやわらかい粘土では、回転した場合(B-25)が僅かに小さい値を示し、深さと共に回転しない場合(B-24)の平均値に一致しており顕著な傾向は認められない。

今回の実験に使用したボーリングロッドのような曲りのないものであれば前述したように、回転と非回転の相違は引抜きのさいサンプリングチューブ下端の土のネジリと引張りによる影響が大きいことが考えられるので、

サンプリングチューブの最下端部12cmとその上部12cmの試料について qu 値を比較してみた。これを図

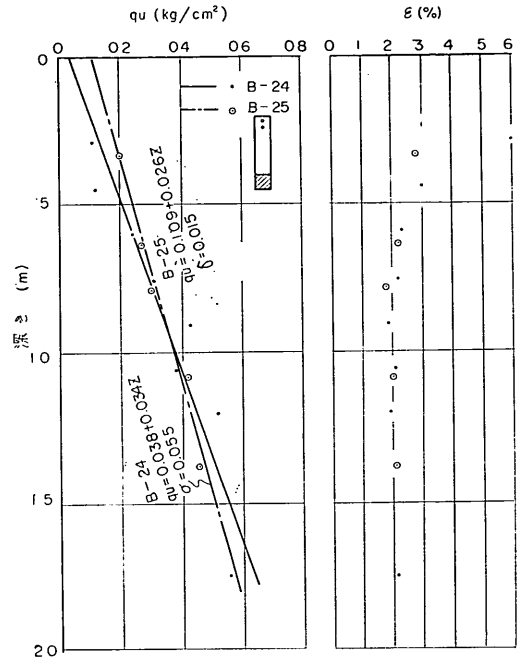


図-4・2 回転と非回転の比較(刃先部先端)

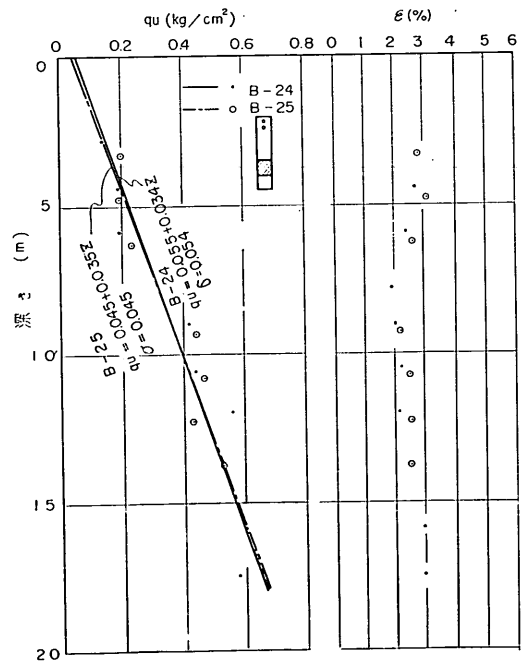


図-4・3 回転と非回転の比較(刃先部2段目)

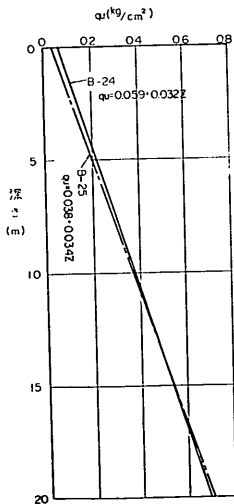


図-4・1 回転と非回転の比較(全試料)

4.2 および 図-4.3 に示す。図-4.2 は最下端部の qu 値、図-4.3 は下部から二段目の qu 値をそれぞれ最少自乗法によって平均して求めた直線である。なお、 qu 値に対応する軸ヒズミも併示した。

これらの図から、最下端部の試料についてみると、上層部の粘土では非回転の方が強度が低下し、下層部の粘土では逆に回転した方が小さい値となっている。これは極めてやわらかい粘土 ($qu < 0.35 \text{ kg/cm}^2$ 程度) では、回転しないでそのまま引抜く場合、引抜きさの負圧、また、やわらかい粘土 ($0.7 > qu > 0.35 \text{ kg/cm}^2$) では回転のさいのネジリの影響による乱れが原因の一つとして考えられる。

一方、二段目の試料については、回転と非回転の相違による乱れの影響は認められない。これは引張りとネジリによる乱れが二段目には影響の少ないことを示しているものと思われる。しかし、上層のやわらかいところについて全体的傾向をみると二段目の qu の平均値より最下部の方が多少大きい矛盾した結果となっているなど、今回の調査結果からは両者には、ほとんど差異は認められず優劣をつけられないが、實際上、曲りのないボーリングロッドによってサンプリングされることは稀れであるから、現在採用している土との縁切りのための回転を行わないで、そのまま引抜く、いわゆる非回転方式が妥当といえる。

5. サンプリングの精度について (qu 値のバラッキ)

サンプリングによって試料を得ようとする場合、チューブを土中に押込んで採取するので、いかに高等な技術を発揮し、また適切なサンプラーやサンプリングチューブを用いたとしても原位置にあるがままの状態をまったく変えないで取り出すことは不可能である。そこで、この乱れの度合いをいつも同じような状態でサンプリングできるよう規準化を目的とした実験を進め、かなり規準化の段階に近づいた今日でも、まだ qu 値には防ぐことのできないバラッキを包含している。したがって、このバラッキを調べるため現段階として最良の方法と技術によって得た 2, 3 の qu 値について検討してみる。

図-5.1 はサンプリングチューブ中の全資料について試験した qu 値の中から最大値と最小値をとり、全資料から求めた qu の平均直線に対しプロットしたものである。

図によると、全試料から求めた qu の平均直線 (B-

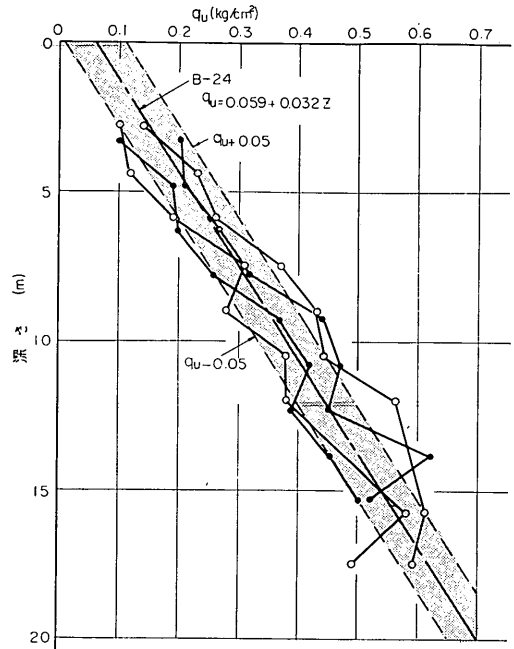


図-5.1 サンプリングチューブ中全試料の qu 最大値と最小値およびバラッキによる誤差範囲 (標準偏差)

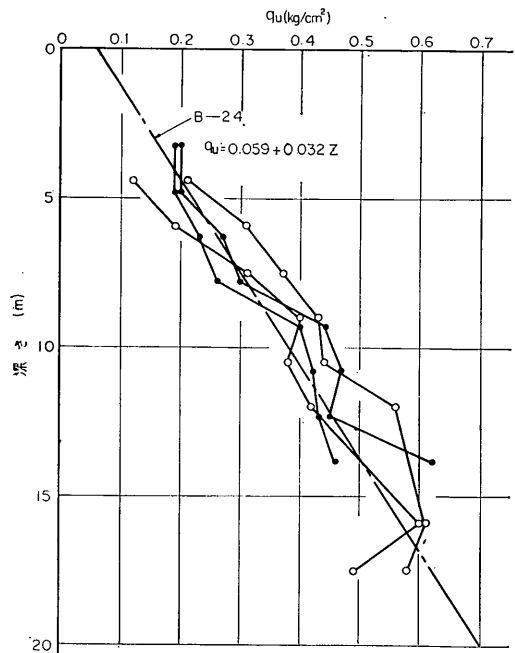


図-5.2 刃先から 30 cm (供試体 3 個) までの qu の最大値と最小値

24) に対し、最大値と最小値は平均的に $\pm 0.05 \text{ kg/cm}^2$ のバラツキを示している。

通常、設計などを目的とした調査での qu 試験の供試体の取り方はサンプリングチューブの刃先から3個 (刃先から 30 cm 程度) 取ることが多いので、その3個についてみると 図-5-2 のような結果になる。

この図は全試料から求めた qu の平均直線 (B-24) を基準にして3個の試料から得た qu の最大値と最小値をプロットしたものである。

図のように、 qu の平均直線に対し、最大値は全試料の場合とほぼ同じ値を示しているが、最小値は全試料の場合にくらべて大きく、ほぼ全試料から求めた qu の平均に近い値を示している。これは刃先から2~3個目 (刃先から 20~30 cm) 附近に最大値が現われ、それより上部に最小値があることを示すもので、やはり掘削の影響により掘削具の刃先附近すなわち、採取試料の最上部附近が最も乱されやすく、最小値となることがわかる。

これを裏付けるものとして、サンプリングチューブの強さ (qu) 分布を調べた。すなわち一本のサンプリングチューブについて相対的強さを求め、これを全サンプリングチューブ (供試体が標準的でないものは除く) について重ね、それを再び、その中の最大値で割って、平均的相対強さを求めた。

こ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たものを 図-5-3 に示す。

これによると、上述したようにサンプリングチューブ中の qu 最大値は刃先から 20~30 cm のところにあり、 qu 値の分布形は、昭和41年度の結果にくらべて、さらになめらかな曲線を示し、相対強さも全般的に大きい。これはサンプリングチューブ中の qu 値のバラツキが小

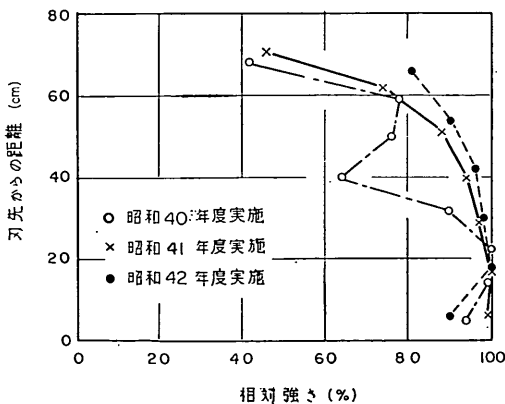


図-5-3 サンプリングチューブ中の強さ分布

さくなったことを示すものである。ただ、最下端部 (刃先) が今迄の結果より小さい値を示したことが、全般的傾向からみて逆の結果となった。

また、今回の試料には前回および前々回のようなクラックが全くなかったことが注目される点である。

これは、今回のサンプリングチューブに肉厚 1.3 mm のステンレススチール製を使用したことあるいは、試験時の押出しを機械によって行なったことなどによるものと考えられる。

以上のように現在、最適と思われるサンプリングチューブを使用して、すべての操作を入念に行なっても、現段階としてバラツキをこれ以上小さくすることはむづかしいことといえる。したがって、このバラツキの幅を許容範囲としてサンプリング精度の一つの目安とすることができる。

6. 供試体寸法の相違が土の強さに及ぼす影響について

この実験はボーリングおよびサンプリングの直接的研究ではなく試験法の分野であるが、貝殻等の多く混入した土で一軸圧縮試験の供試体の作成が困難であり、もし実際上供試体が作成できたとしても、成形時の乱れによって求められた qu 値の信頼度は甚だ疑問である。そこで、この問題を解決するため本研究の主旨から多少はずれることになるが、多くの試料が得られる今回の実験に組入れて実施したので報告する。

JIS で決められた一軸圧縮試験の供試体寸法は直径 3~7 cm、高さは直径の 2~2.5 倍の円柱形とされているが一般的な標準寸法として直径 3.5 cm、高さ 8 cm が多く用いられている。しかし、この寸法に成形することが困難な貝殻が多量に混入していたり、あるいは成形によって乱されやすい土の場合、サンプリングチューブから押し出したままの直径、すなわち 7.5 cm とし、高さを JIS 規定による直径の 2~2.5 倍として成形することなくそのまま試験に供することが考えられる。この場合一ケの供試体に必要な長さが 15~19 cm となる。普通 80 cm 程度採取した試料から両端 10 cm はサンプリングのさいの乱れの影響を考慮して物理試験などに供しているので、乱さない試料長さは、約 60 cm となり3個の供試体しか取ることができない。したがって直径 7.5 cm、高さ 8 cm (直径 3.5 cm に対する標準の高さ) の供試体によって、一般的な直径 3.5 cm、高さ 8 cm の供試体から得た qu 値と同じ値を求めることができれば、

一本のサンプリングチューブから多くの一軸圧縮試験ができるし、また、ほかの試験のための試料も十分取ることができる。

今回の実験ではこれらを考慮して供試体寸法を次の3種類について比較した。(図-6.1 参照)

仮名称	直径	高さ
標準寸法	3.5cm	8.0cm (一般的標準寸法)
長円柱	7.5cm	18.0cm (高さは直径の2.4倍)
短円柱	7.5cm	8.0cm (高さは標準寸法の高さに準じた)

この結果について 図-6.2 に一軸圧縮強さ (qu) を、図 6.3 にヒズミ (ϵ) を、図-6.4 には弾性係数 (E_{50}) をそれぞれ比較して示す。

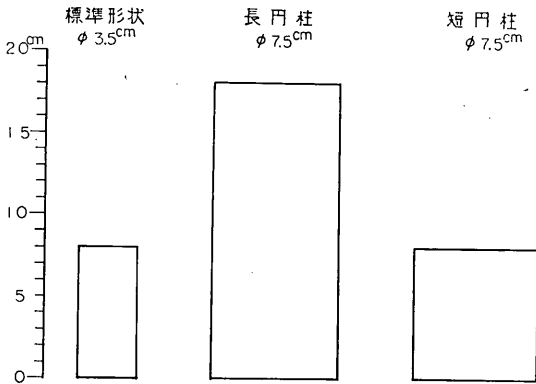


図-6.1 供試体寸法図

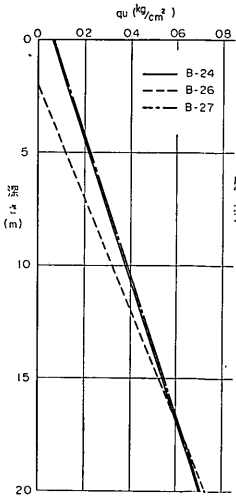


図-6.2 供試体形状と一軸圧縮強さ(qu)の関係

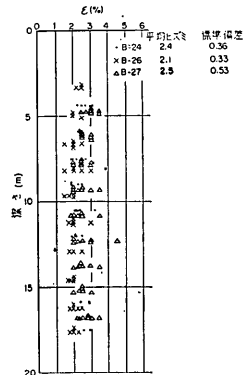


図-6.3 供試体形状と軸ヒズミ(ϵ)の関係

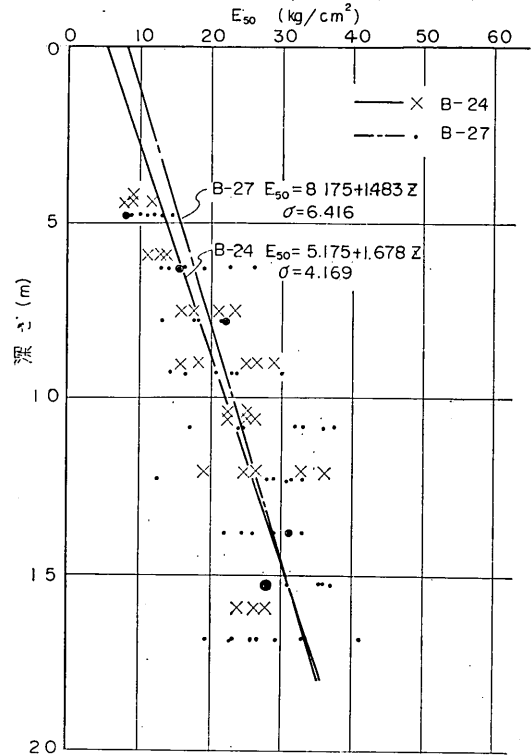


図-6.4 供試体形状と弾性係数 (E_{50}) の関係

図-6.2 は、供試体寸法毎の qu 値の深度分布を最少自乗法によって求めた平均直線である。この図によれば、標準寸法 (3.5×8) と短円柱形状 (7.5×8) とはほぼ同一値を示している。しかし、長円柱形状は両者に比較して qu 値はかなり小さく特にやわらかい上層部でその差は顕著である。また、バラツキも他の形状にくらべて、やや大きくバラついている。この長円柱形状は前述したように一本のサンプリングチューブから全試料を切出しても3~4本の供試体しか作成できないので、この調査の B-26 に限って長さ 1200 mm のサンプリングチューブを使用した。このため試料採取長さが 1000 mm となり、試作ボーリングマシンの 80 cm ストローク (油圧式) では連続押込みができず 80 cm 押込んで一旦止め、更に 20 cm 押込んだため押込段による影響が現われ、土の強さが減少する結果となり逆効果を招いた。また、供試体はチューブから押し出したままの形状であるため、3.5 cm 径のように貝殻等による部分的乱れをトリミングのさい除去することができないので、その乱された弱いところからセン断面が発生し破壊することが考えられるので qu 値が全体的に小さく、またバラツキの原因に

なったものと思われる。

供試体寸法の相違によるヒズミへの影響について調べた結果を図-6-3に示す。この図の示すように qu 値に対応するヒズミの平均値は標準寸法の 2.4% にくらべて短円柱形状が 2.6% と僅かに大きく、標準偏差も短円柱形状が 0.17% とやや大きい結果となっている。一方、長円柱形状は高さ 8cm の供試体にくらべて 2.1% と小さく、バラツキも小さいが、上述のように土の強さの減少度は大きく、矛盾した結果になっている。

また、供試体寸法の相違により応力とヒズミの曲線形がどのように変化するか調べるため弾性係数 (E_{50}) を比較した。

また、供試体寸法の相違により応力とヒズミの曲線形およびセン断面の発生状態がどのように変化するか調べるため前者は弾性係数 (E_{50}) を比較し、図-6-4に、後者は各供試体形状毎に破壊面の形として多いものから代表的破壊状況を比較し図-6-5に示す。

図-6-4は標準寸法と短円柱形状の弾性係数 (E_{50}) を深さに対してプロットし、最少自乗法によって平均直線を求めたものである。

この図のように両者には多少の開きがあるが、バラツキによる誤差範囲内であり、直径と高さの比が 1:1 でも標準形状 (1:2.4) と差異はみられない。

一方、図-6-5のように標準形状と長円柱形状とは同じような破壊状況を示す。短円柱形状もほかの形状にくらべて垂直なクラックが多いことのほか主セン断面の角度などは前者の2つの形状と大差なくほぼ同一である。

以上、一軸圧縮強さ (qu)、軸ヒズミ (ϵ)、弾性係数 (E_{50})、およびセン断面の形について標準形状を基準として比較検討したが、長円柱形状は強度を減少させる要素

が多く実用性に欠けるが、短円柱形状は標準形状の値と比較的よく一致し、今回の実験場と同様の土質については実用が可能である。ただし、その他の一般的な土質についての実用性は今後の検討が必要である。

7. ベーン試験について

粘性土に適したサウンディングとして、比較的簡便で、しかも信頼度が高く、一軸圧縮強さ (qu) との対比が割合容易にできるものにベーン試験がある。

ベーン試験は試料を採取することなく、原位置において直接セン断試験を行なうためサンプリングや試験時の人工的乱れがなく、原位置の土の強さに近い値を得ることが可能な有望な試験の一つであるので、実用化の早期実現のため今回も前回⁴⁾に引継いで実施した。

今回はベーン試験として特別にボーリング孔を設けず B-24、B-25 および B-28 のボーリング孔を利用してサンプリングと交互に実施した。すなわち、サンプリングしたあと、その孔にベーンをおろし、新しい地盤に 35 cm (H+5D) 押込んでから試験したものである。

ボーリング孔 B-25 と B-27 はドリルパイプ方式により孔壁保護が完全なもの、B-28 はコアチューブ方式による孔壁が保護されていない、いわゆる素掘りと称されるものである。

ベーン試験の場合、ベーンに接続されたボーリングロッドが孔壁に接続してセン断抵抗以外に余計な接触摩擦抵抗も一緒に測定されることがあるので、試験終了後ロッドを 1 m 程引上げてこの摩擦抵抗を測定し、セン断応力から差引いた。この接触摩擦抵抗は 0 であったが、コアチューブ方式ではベーン試験毎にバラついた接触摩擦抵抗が測定され、単純な差引きだけでは補正することができなかった。この結果については後述する。

試験装置および、試験条件は次の通りである。

ベーン試験機 丸東製自記式 A 型
ベーン寸法 幅(D) 50 mm,
高さ(H) 100 mm

ブルーピングリング—50 kg

回転速度 0.1°/sec

測定間隔 1° 毎に測定記録

図-7-1 はドリルパイプ方式によるボーリング孔 (B-25、B-27) で求めたベーンセン断強さ (2τ) と今回の調査地盤の強さを代表する B-24 の一軸圧縮強さ (qu) を比較したものである。図の直線は、それぞれの値を最少自乗法によって求めた平均値である。

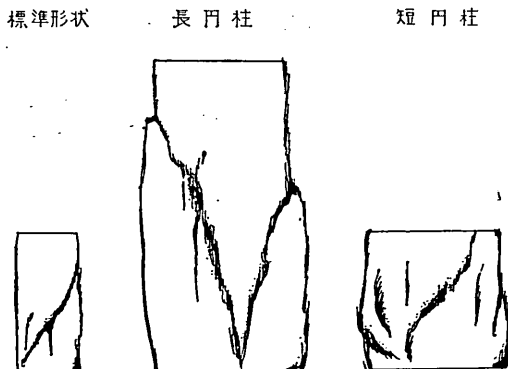


図-6-5 形状別代表試料の破壊状況スケッチ

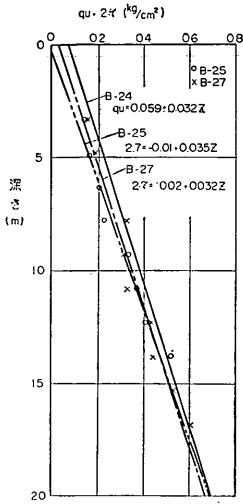


図-7.1 ベーンせん断強さ（ドリルパイプ方式によるボーリング孔で実施）と一軸圧縮強さ（ qu ）の比較

この図によると前回同様、 qu 値より小さい値となっているが、その差は小さく、 qu 値にかなり近い値となった。

この理由としては、通常のベーン試験では所定の深さまでは掘削用具の回転と送水によって土を切削するので、試験しようとする孔底附近の土が乱されるが、今回は前述したようにサンプリングによる静的な方法であけた孔を利用して試験したため、孔底の乱れが少ないこと

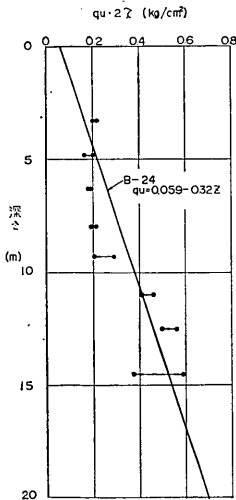


図-7.2 ベーンせん断強さ（ドリルパイプ方式によるボーリング孔で実施）と一軸圧縮強さ（ qu ）の比較

が考えられる。

しかし、せん断強さ（ $2r$ ）が qu 値より小さいことは、一般的傾向とは逆の結果になっている。これは第2報⁴でも述べたように、実験場の土はせん断時の破壊ヒズミが非常に小さいため、ベーンの挿入時に乱されることが、大きな原因の一つとして考えられる。

図-7.2 はコアチューブによる素掘り孔で求めたベーンせん断強さを上述したと同じ B-24 の qu 値と比較したものである。このせん断抵抗には、素掘りの場合に多い孔壁とボーリングロッドの摩擦抵抗がプラスされて測定することが考えられるので、試験終了後ベーンを 1m 程引上げて宙吊回転を行ない摩擦抵抗を測定して差し引いた。図では、その量を矢印で示した。

図の示すように、測定値（摩擦量を含んだ値）が甚しくバラツキ、深さに対する一般的傾向を示さなかった。また、摩擦量を差し引いて補正した値もバラツキが大きい。

この原因としては、摩擦量を測定するとき、ロッドを 1m 程引上げて行なうが、この引上げにより摩擦を受けていた位置が変わり、試験時に受けていた摩擦量を測定したことにならないためと考えられる。

以上の結果からベーン試験には、孔壁の摩擦の少ないドリルパイプまたはケーシング方式によるボーリングを行なうことが望ましい。またベーン試験は、ある深さの一つの値のみで、その深さの代表値と決めつけることは非常に危険であり、深さ方向に何点か実施し、その全体的傾向から土の強さを求めることが大切である。

8. ま と め

今回の実験から終局的結論を得ることはむづかしいが一応まとめると次の通りである。

1) ドリルパイプ方式とコアチューブ方式の比較

ドリルパイプ方式とコアチューブ方式の相違について土の強さの面からは明らかにならなかったが、港湾関係で採用しているドリルパイプ方式が作業面において、次のような利点をもっているので、妥当なボーリング方法といえる。

- a. ボーリング孔壁が完全に保護される。
- b. コアチューブ等掘削用具の揚げ降しがないので掘削終了後からサンプリングまでの時間が短縮でき能率的である。
- c. ガイド付サンプラーの使用によってドリルパイプをガイドとしてサンプラーを土中に垂直に押込むこ

とができる。

d. ベントナイト泥水を使用する必要がないので、孔外に排出される切削屑からの土質判定が比較的信頼できる。

2) サンプリング方法の比較 (サンプラーの回転と非回転の比較)

サンプラーの引揚げ直前に土との縁切りのための回転を行なう方法と回転しないで、そのまま引抜く方法の適、不適については、今回の調査結果からはサンプリングチューブの刃先附近で極めてやわらかい粘土 ($qu < 0.35 \text{ kg/cm}^2$) では引抜きさのさいの引張りによる負圧、やわらかい粘土 ($qu > 0.35 \text{ kg/cm}^2$) では回転によるネジリの影響を受け土が乱され、 qu 値が減少したものと考えられる。しかし、この結果は一对の比較であるため結論づけることは尚早と思われるが、通常使用されているボーリングロッドの曲りを考慮に入れて回転しないで、そのまま引抜く方法が適切である。

3) サンプリングの精度 (qu 値のバラツキから)

現段階として、最高の技術と方法によるサンプリングでも、バラツキを $qu \pm 0.05 \text{ kg/cm}^2$ (ただし、 $qu < 1.0 \text{ kg/cm}^2$ の土) 以下にすることは不可能に近い。

4) 一軸圧縮試験用の供試体寸法の比較 (試験法)

今回、付随的に実施した予備実験からは短円柱形状 ($\phi 7.5 \times 18.0 \text{ cm}$) と標準形状との供試体の相違が土の強さ、ヒズミおよび弾性係数には影響を及ぼさないことが判明したので、今回と同様な土質に対しては短円柱形状 (径長比 1:1) の供試体でも差支えないが、一般的な実用化には今後の研究を待たなければならない。

ただし径長比 1:1 の供試体の場合、加圧板に接する上下両端の側方への拡がりやをさまたげないよう十分考慮することが大切である。

5) ベーン試験について

今回得たベーンせん断強さも前回 (41年度) 同様、 qu の平均値より小さい値となり一般的傾向 ($r=c$) とは逆の結果となったが、その差は小さくなり、実用化に一步近づいた。この開きの小さくなった原因としては、サンプリングしてあいた孔底で試験したので、掘削による孔底附近の乱れが少なかったこと、また、前回の強さの減少を考慮して十分注意して行なったことなどが考えられ

る。

9. あとがき

現段階として、乱れを最小限に食い止めて試料を得るためには、ドリルパイプ方式によるボーリング孔で、ガイドパイプ付固定ピストンシンウォールサンプラーを使用し、それにステンレススチール製の形状寸法、直径 75、肉厚 1.3~1.5、長さ 1000 mm、刃先角度 $5 \sim 6^\circ$ 、内径比 0、のサンプリングチューブを取付け、試料採取時の押込みを油圧によって一定の速度 ($10 \sim 20 \text{ cm/sec}$) で連続的に行ない引抜きは土との縁切りのための回転は行なわないで、そのまま引抜く方法によるのが最適である。なお、このような方法および器具を使用してもボーリングおよびサンプリングの作業において細心の注意が必要であることはいうまでもない。

今後も、この種の研究は機会ある毎に実施し、個人差による乱れの相違が生じないように、方法あるいはサンプリングチューブのの形状などに改良を加えて行きたい。

当面の課題としては、押込速度の影響あるいは、サンプリング方法の簡易化などについて考えて行きたい。

終りに、本調査にあたって御協力をいただいた錦海塩業株式会社の各位ならびに東京都港湾局の清水技師、北上技師補また、本調査の計画にあたって御指導いただいた奥村土質試験課長および本報告書の作成にあたって多大の御教示、をいただいた中瀬土性研究室長に対して深甚なる謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 「土のサンプリング指針」土質工学会 (1964年)
- 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」第1報 藤下利男、松本一明、堀江宏保 港湾技術研究所報告第5巻4号(1966年1月)
- 3) Gordon F. A.: Fletcher. Proc. of ASCE Vol. 91 SM 4 July 1965. Standard penetration Test its uses and abuses Discussion by LUISF. F. Renau SM 2 March 1966
- 4) 「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 奥村樹郎、松本一明、堀江宏保、港湾技術研究所報告第6巻8号

(43.4.20 受付)