

港湾技術研究所報告

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

第5卷4号 Vol.5 No.4

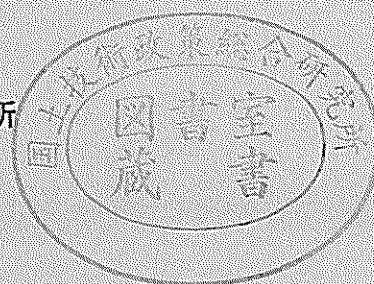
(通巻第26号)

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 松本一明 堀江宏保

1966年1月

運輸省港湾技術研究所



港湾技術研究所報告 第5卷4号

正 誤 表

場	所	誤	正
P 2	表2-1	アウターチューブ	アウターチューブ
P 13	図5-2 (b)	B 5 t=5 mm	B 5 t=1.3mm
P 14	図5-2 (e)	B10 t=2.0mm	B10 t=1.5mm
P 21	図6-4	B12	B 7
"	"	図6-4	図6-4
P 23	図7-2	B10 t=2.0mm	B10 t=1.5mm
P 25	図8-1	B12 …引抜…	B12 …追切…
P 28	図10-1	B12 … “ …	B12 … “ …
P 29	図10-2	B12 … “ …	B12 … “ …

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

目 次

1. ま え が き	1
2. 運 研 61 式 工 法	2
2-1 従来の試料採取法と問題点	3
2-2 運研61式工法の概略	4
2-3 現場における実施例	5
2-3-1 東京国際空港における土質調査	6
2-3-2 宮崎県細島港におけるチェックボーリング	7
3. 錦海湾における調査概要	8
3-1 実 験 場	9
3-2 研 究 内 容	10
3-3 試料採取方法良否の判定規準	11
4. 研究実験の実施および実績工程	12
5. 土 質 試 験	13
5-1 土 質 試 験 結 果	14
5-2 実験場の土の均等性について	15
6. 引抜きと追切りの比較 (サンプラー引抜き時に生じる負圧が強度に及ぼす影響について)	16
7. コアーバレルの寸法が土の強度に及ぼす影響について	17
7-1 概 要	18
7-2 コアーバレルの直径の影響について	19
7-3 コアーバレルの長さの影響について	20
8. コアーバレルの材質が土の強度に及ぼす影響について	21
9. コアーバレルの材質および肉厚の違による変形についての室内実験	22
10. ボーリング孔の間隔について	23
11. サンプリングに関する10年間の歩み	24
12. 一軸圧縮強さとそのときの軸ヒズミの関係について	25
13. 結 語	26
14. あ と が き	27
15. 附 録	28

Study of Boring and Sampling of Saturated Clays (Ist Report)

Toshio Fujishita *
Kazuaki Matsumoto **
Hiroyasu Horie **

An extensive field test was performed to study the influence of the size and hardness of sampler tube upon the degree of disturbance of saturated clay sample. Also the dependance of disturbance on the sampling method was investigated. The results are summarised as follows;

- i) The new drill pipe method, P. H. R. I. - 61 Method, proved to give less disturbance to sample than the ordinary method does.
- ii) The hardness of sample tube has a certain bearing on the disturbance of soil. The harder a sampler tube is, the less disturbance is observed.
- iii) The standard size of sample tube, 75mm in diameter and 100cm in length seems to be satisfactory from the view points of both sample disturbance and an efficiency in preparing test specimens.

* Chief, Soil Test and Investigation Section, Soil and Structure Division

** Research Engineer, Soil Test and Investigation Section, Soil and Structure Division.

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 ・ 松本 一明 ・ 堀江 宏保

1. ま え が き

昭和27年にシンウォール・サンプラーが我国に導入されて以来、我々は、このサンプラーの構造及び使用方法並びに、基本となるボーリング方法等について種々の研究を進めてきた。^{1),2)}

ボーリング方法としては、1961年に運研61式を考案した。この方法の利点等については、第21回運研研究発表会において発表¹⁾したが、更に使用方法等詳細を後述する。現在のボーリングおよびサンプリングの目的はただ単に、地盤の成層状態を調べるのみでなく、原位置強度を測定し、これによって構造物を設計するという目的をもつものに発展した。したがって、乱されない土を採取することが非常に重要である。この原位置強度については、サンプリングを行なう人の技術によって、得られる結果が、かなり異なっているのが現状であり、設計との関連において重大な問題の一つとなっている。

土の原位置強度の絶対値を得ることは不可能であるとしても、土質工学の立場よりすれば、個人差のない、サンプリング方法や試験方法を確立することが大切であると思われる。

この問題を解決するためには、先ずサンプリングの規準化が必要であると考え、サンプリング方式およびコーバレルの寸法、材質等の変化が、土の強度の測定値におよぼす影響について、主として実地試験によって検討を加えてきた。その結果、サンプラーを引抜くことと、サンプラーの周辺の縁切りのために回転を与えることが、試料に対して極めて大きな影響をもつことがわかった。¹⁾ 運研61式サンプリング方法は、これらの影響を除去するために考案したものである。

1965年4月、岡山県錦海湾干拓堤防の安定に関する調査について、港湾技術研究所と錦海塩業株式会社とが、共同研究を行なうこととなり、その一部として堤防施工前の1956年すなわち9年前に行なわれた基礎調査による土質試験結果と今回の調査結果との比較検討を行な

た。1956年に行なわれた調査では、在来の試料採取方式が用いられており、1965年の調査においては運研61式方法が用いられているので、土質力学的に等しい状態にあると思われる土に対する試験結果を比較することによって試料採取方式の比較を行なったものである。

2. 運研61式工法

2-1 従来の試料採取法と問題点

従来、粘土の乱さない試料をシンウォールサンプラーで採取する場合、一般に次の方法によっている。すなわち、ボーリングマシンにより穿孔し、孔底を清掃した後サンプラーを降し、押込む。押込んだサンプラーは回転を与えて周囲の土の抵抗を減じると共に、コーバレル下端の縁切りを行なった後引揚げる。現在用いられているこのような標準的な試料採取方式による場合には、土中よりサンプラーを引抜くさいのコーバレル周辺の土の粘着力による抵抗と、コーバレル下端に生ずる負圧は避けられない。

錦海湾と川崎の海底粘土について現地で行なった実験結果によれば、¹⁾このような方法によって採取した土の圧縮強さは、採取直後においてコーバレルの上方において大きく、下方において小さくなる。また、この傾向は、シルト含有量が大きくなると著しくなるという結果も得ている。これは試料を土中より取出すために土被り重量が除去されることに伴う膨脹と、コーバレルの下端に働く負圧、更には、サンプラーの寸法による影響等があいまって、強度減少の大きな原因となっているものと考えられた。^{1), 3)} したがって、これらの悪影響のない、新しい試料採取方法が求められた。

在来の方法では、孔底の清掃が終わった後、サンプラーを降す前に、コーチューブを全部引き揚げなければならない。この操作は作業時間を要するばかりでなく、土被り重量を除去したままで、ある時間放置するので、土はある程度膨脹し、強度減少の一因となことも考えられ

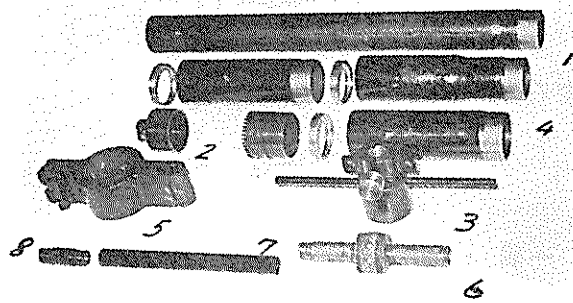


写真 2—1

符号	部品名称	符号	部品名称
1	ドリルパイプ	6	ガイドベアリング
2	ドリルパイプヘッド	7	ジェットングロッド
3	ウォッシングヘッド	8	カップリング
4	ウォッシングシュー	9	
4 a	アウターチューブ	10	
4 b	リング	11	
4 c	シュー	12	
5	クラウン	13	

表 2—1

る。したがって作業が簡単で作業時間が短いことも、乱さない試料を得るために必要である。また、サンプラーを引揚げる直前に周面の縁切りを行なうためにサンプラーを回転させることは、コアバレルの側面に偏心的な荷重が加わる可能性があるので問題がある。

新しいボーリング方法と機具は上に述べたような欠点を取除くために考案試作されたものである。

運研61式ボーリング方法に用いる機具とその名称を写真2—1および表2—1に示す。

2—2 運研61式工法の概略

ドリルパイプと称する肉厚3.5%、外径101.6%の銅製管を連結したもので、先端の一本は、クラウンをつけたウォッシングシューとなっている。ウォッシングシューの内側には3段に真鍮製のメタルリングがあるが、これはコアバレルの周りを洗滌するとき試料に衝撃を与えないためのものである。したがって、ウォッシングシューの外径はほかのパイプより大きくなっている。ドリルパイプの上部にはヘッドを接続し、これにロッドを継ぎ、スピンドルを通して回転送水しながら掘進する。掘進につれて1m単位のドリルパイプを継ぎ足していく。このようにして試料採取の予定深さに到達したらドリルパイプをパイプバンドによって固定する。つぎにドリルパイプヘッドより上を取り外し、ドリルパイプを引抜くことなく、サンプラーをドリルパイプ内に降すことができる。ドリルパイプの内径は94.6%であるから現在の一般的な径75%のサンプラーを使用することができる。

サンプラーを押込むときは、ボーリングロッドが長くなると、ロッド自体がバックリングを起すことがあり、サンプラーを真直ぐに押込むことができない場合があるので、これを防ぐために、ガイド付サンプラーを使用する。土が十分に硬く、サンプラーおよびロッドの全重量を安全にささえるような場合には、ドリルパイプの中で、ボーリングロッドが切れるように、上部1本を取外

し、ドリルパイプヘッドを付けて、送水しながらドリルパイプを回して、コアバレルのまわりを洗う。いわゆる追切り工法である。

この作業によって、土との縁を切り、まわりの摩擦およびコアバレル下端の負圧を取除きサンプラー引抜時の攪乱を防ぐことができる。

2—3 現場における実施例

2—3—1 東京国際空港(羽田)における土質調査
運研61式工法、と従来の方法との比較実験を1965年11

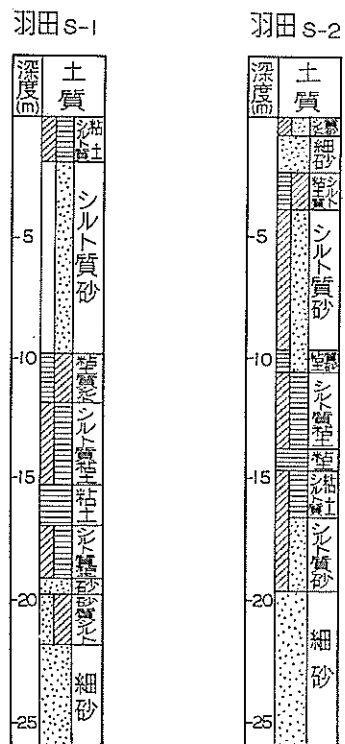


図 2—1 土質柱状図

月東京国際空港において実施したので以下に説明する。

調査地点は旧川筋を埋立てた軟弱地盤地帯であった。その土質柱状図は図2-1に示す通りである。

ボーリングは2本実施し、1本は運研61式工法による追切りとあと1本は押込後サンプラーを回転して引抜く従来通りの方法によった。この調査における経験により、従来の方法と比較して、機具の使用になれれば、サンプリングに要する時間を $\frac{1}{2}$ 程度に短縮することができる。この方法によれば調査すべき深度が深い程有利である。

採取した試料については、コアバレル内の土の全長にわたって、一軸圧縮試験、含水比測定および、単位体積重量の測定を行なった。

これらの試験は、いずれも採取直後において行なわれ

たものである。

図2-2、図2-3は採取した粘土質土に対する試験結果を示す。コアバレル中の一軸圧縮強さ (qu) の分布は、従来の方法による場合は、先に発表したとおりの傾向³⁾を示した。すなわち、上端部を除き、強度は下方ほど小さくなっている。最大値に対する最小値の比は、1本のコアバレルについて、平均50%であることがわかる。この傾向は掘さく深度が15mを越えるとはなはだしくなる。これに対して新しい方法により採取した試料の試験結果は、コアバレルの中の一軸圧縮強さ (qu) の分布が、従来の方向とは逆で下方が大きい値を示している。最大値に対する最小値の比率も平均75%程度と、バラツキの割合は従来の方法による場合の約 $\frac{1}{2}$ に減少している。

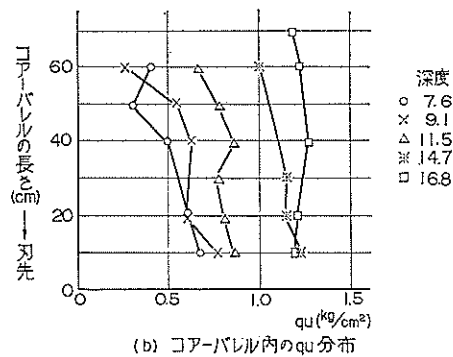
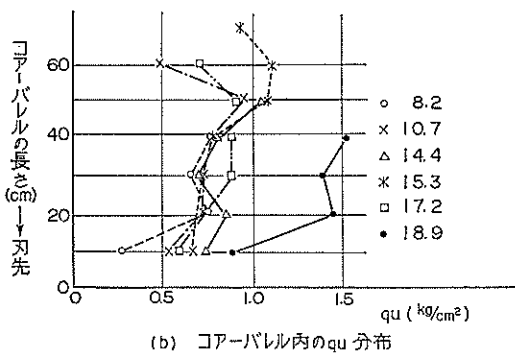
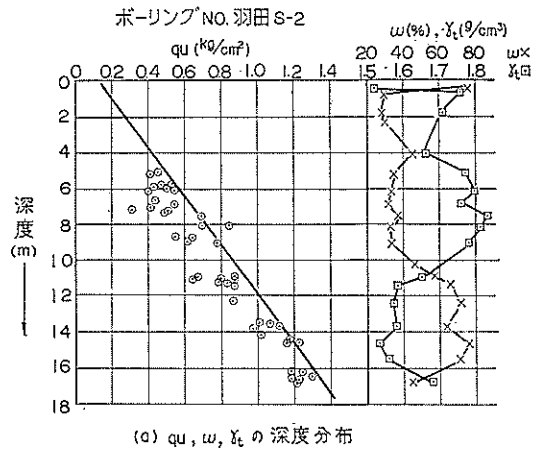
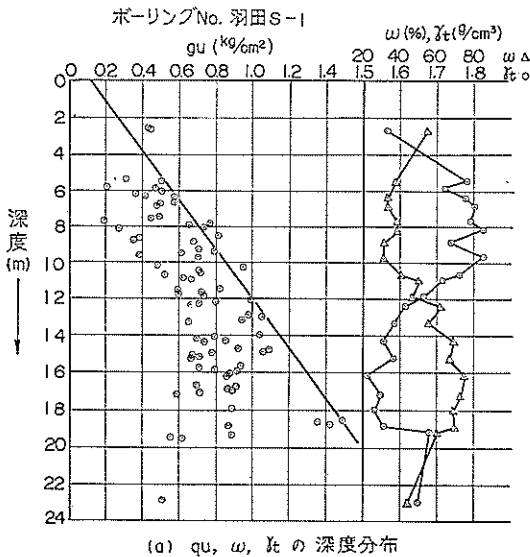


図2-2 従来のサンプリング方法による土質試験結果

図2-3 運研61式工法による土質試験結果

以上の試験結果の比較に現われた相違は、試料採取法の相違に起因するもので、サンプラー下端に発生する負圧の影響が極めて大きな原因になっているものと考えられる。しかし、この調査においては、単に2つの方法の相互の比較が行なわれたのみで、この結果のみでは、サンプラーの形式、コアバレル寸法等の影響を知ることができなかった。この運研61式工法は、粘性土からシルト質砂までに対して有利に適用される方法であり、砂および、砂礫層では適当でないことがわかった。

2-3-2 宮崎県細島港におけるチェックボーリング

宮崎県細島港において、サンドドレーンによる地盤改良工事が行なわれた。工事終了後に改良効果を調査したところ、改良後の地盤強度が予定強度に達していないという試験結果が報告された。この調査においては在来の方法が用いられていた。そこで運研61式を用いてサンプリングをして、再び試験をしてみたところ図2-4に示すような結果を得た。この図によれば、運研61式による一軸圧縮強さは、その前に行なわれた試験結果による値の約1.5倍となっている。この再調査の結果、サンドドレーンによる地盤の改良効果が現われたという結論を得

た。

3. 錦海湾における調査概要

3-1 実験場

錦海湾は、岡山県邑久郡邑久町にある。幅2km、奥行4kmの湾で、1956年より調査設計を開始し、1958年に締切工事を完了し干拓されたものである。実験場の位置を図3-1に示す。錦海湾の土質については、すでに種々の形で発表されているが⁴⁾、その概略を図3-2に示す。堤防法線に沿う、土質は軟弱な粘土である。

この粘土層の厚さは堤防中心部で最も大きく、その下端は、-25mとなっている。この粘土層の下には、シルト質粘土が約3m程あり、その下は、硬質粘土と砂質シルトの互層が最大深度-50mまで続いている。

錦海湾の粘土は、破壊に達するさいの軸ヒズミが非常に小さいことが特徴で、一軸圧縮試験における破壊時の軸ヒズミは平均2%である。したがって、わずかな攪乱によっても練り返しの影響が大きく現われるものと思われる。そのため今回の調査では、盛土荷重の影響がない

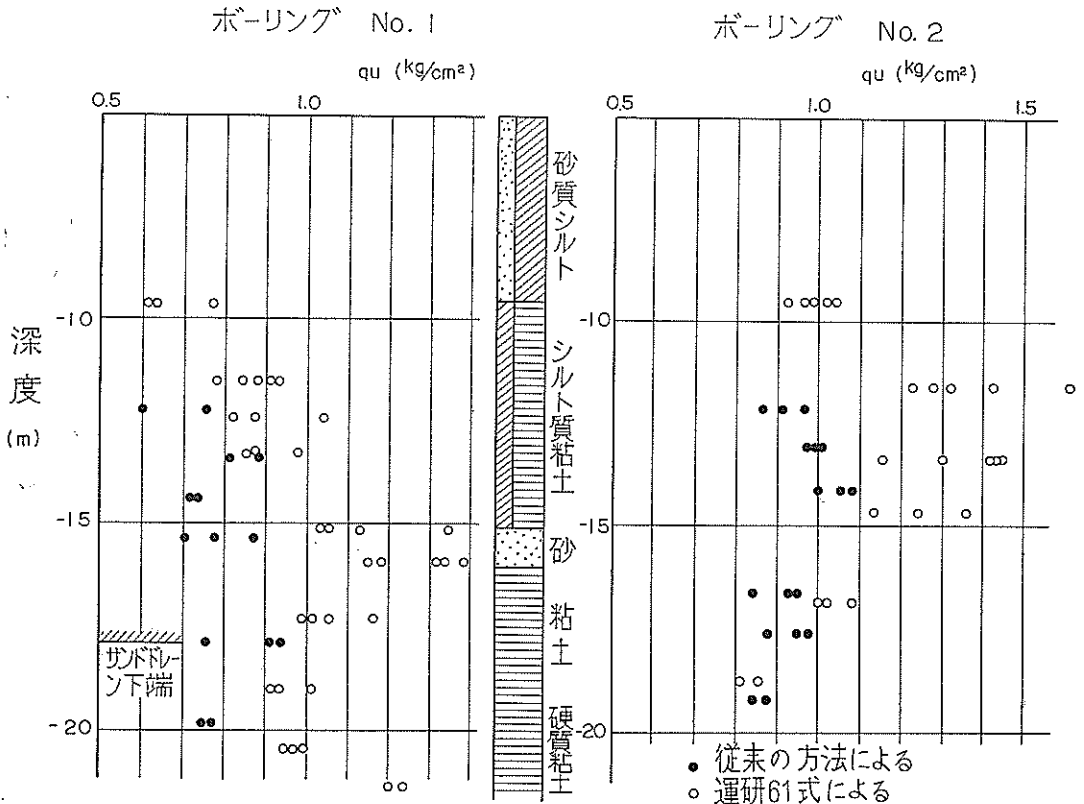


図 2-4 細島港チェックボーリング結果

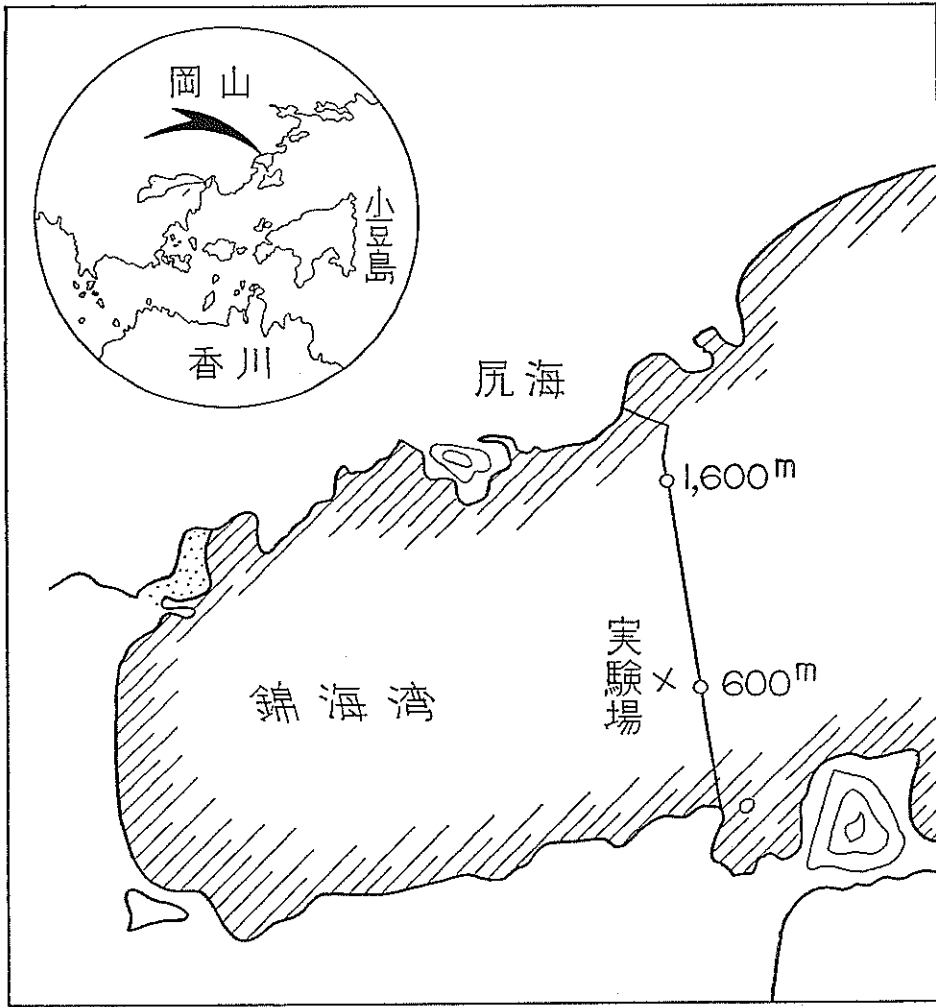


図 3-1 実験場位置図

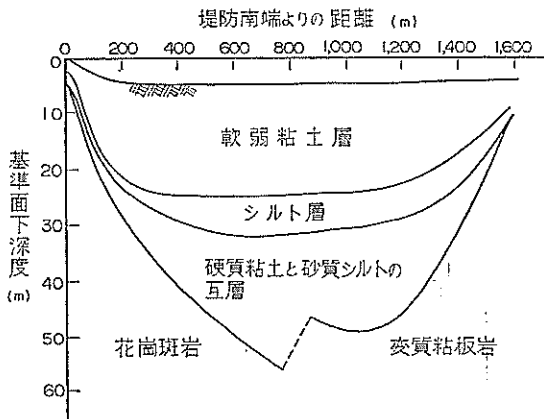


図 3-2 錦海堤防法線土質断面図

と思われる場所を選択してボーリングを行なった。

この研究の目的は、サンプリング方法やサンプラーの寸法などの影響を調べるものであるため、実験場の土の均一性については特に注意を払い、種々の面から検討を加えたが、その結果については後述する。

試験場は旧海底が干拓によって露出した場所で、きわめて軟かく、人間が歩くと埋る程である。地表面の標高は -1.8m で、干拓地内の水位は -2.5m であるが、実験場付近の浸透水の浸潤線位置はかなり地表面に近い。しかし地表面近くの土がある程度乾燥していることも考えられるので、試料採取は地表面下 3m 以深の部分について行なった。

3-2 研究内容

実験の内容は、運研61式工法の再検討とコアバレル

の寸法と材質の変化が、土の強度に及ぼす影響についての調査である。実施したボーリングは15本、試料採取は地表面下3~19mの範囲で1.5mに1本の割合で15本とした。ボーリング孔の平面的配置は、最初3m間隔としたが、隣接孔の影響が現われたので、No. 5のボーリング以降は5m間隔に拡げた。ボーリング位置を図3-3に示す。実施したボーリングにおけるサンプリング方法、使用したコアバレルの寸法、材質等、表3-1に示す。

3-3 試料採取方法良否の判定規準

サンプリング方法の良否の判定はなかなか困難であるが、今回の調査においては、一軸圧縮試験結果を比較して、一軸圧縮強さ(qu)の大きいもの、または、quの値に対応する軸ヒズミが小さく、かつ1本のコアバレルについて、ヒズミの大きさが揃っているものを以って、良好なサンプリング方法であるとの判定を行なった。

4. 研究実験の実施および実績工程

本実験は港湾技術研究所、構造部、土質試験課の直営として行なったもので、補助として錦海塩業株式会社の協力を得た。

期間は、1965年4月10日より同年5月18日の39日間である。この間の実施工程を表4-1に示す。

表4-1によれば、本実験のためのボーリングの平均掘進量(掘進速さ)は足場等の移動も含めて7m/日であった。このときの地盤は前述したように軟弱な掘り易

い土質であり、かつ、陸上作業であるため足場等の移動も容易である等、条件がよかった。したがって、この掘

表 3-1

ボーリング No.	サンプラ一 元 諸			サンプラ一 の 材 質	サンプリング 方法
	厚さ	長さ	直径		
B-1	1.3	1,000	75	真 鍮	引 抜 き
B-2	1.3	1,000	75	"	追 切 り
B-3	1.5	1,000	75	"	"
B-4	1.3	1,000	75	"	"
B-5	1.3	1,000	75	ステンレス スチール	引 抜 き
B-6	1.3	1,000	75	"	追 切 り
B-7	1.3	1,000	75	"	"
B-8	1.3	1,000	57	真 鍮	引 抜 き
B-9	1.0	1,000	50	"	"
B-10	1.5	1,000	100	"	"
B-11	1.3	2,000	75	"	"
B-12	1.3	1,000	75	"	追 切 り
B-13	1.3	500	75	ステンレス スチール	"
B-14	1.3	1,000	75	"	"
B-15	1.5 1.3	1,000 1,000	75	真 鍮 ステンレス スチール	"

註：B-2、B-4はボーリング孔間隔が3mであり、隣接ボーリングの影響があつたものと思われる。

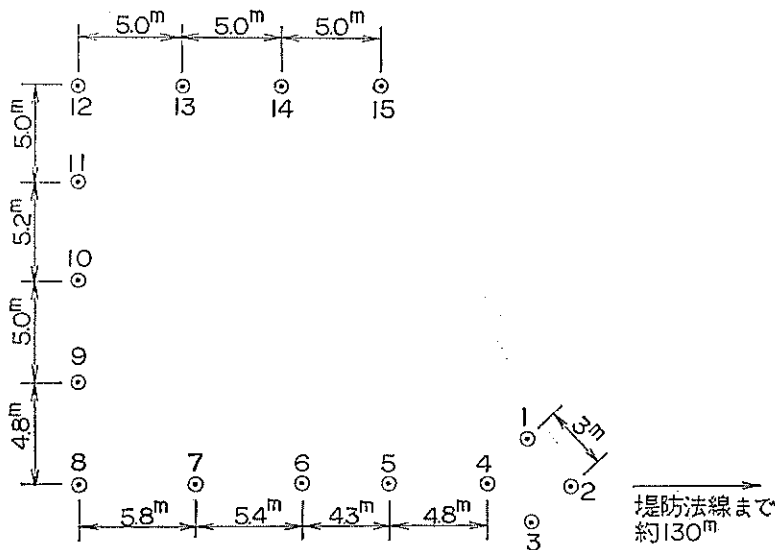


図 3-3 ボーリング配置図

表 4-1

ボーリング No.	実掘 長さ	試料 本数	移動 日数	掘進 日数	雨天 中止	備 考
B-1	18.0	14		2.0		足場製作 2 日
B-2	18.5	15	0.5	1.5	1	
B-3	18.9	15	0.5	1.5		
B-4	19.4	14	0.5	2.0	1	
B-5	17.8	15	0.5	1.5		
B-6	18.7	14	0.5	1.5	1	
B-7	18.5	14	0.5	1.5		
B-8	18.0	15	0.5	1.0	1	
B-9	18.0	14	0.5	1.5		
B-10	13.4	9	1.0	1.5		
B-11	16.5	6	1.5	1.5		
B-12	17.8	10	0.5	1.5		
B-13	18.2	12	0.5	1.5		
B-14	16.3	9	0.5	1.5		
B-15	18.6	10		1.5		足場解体 1 日
合 計	266.6m	206本	8日	23日	4日	3日
見掛掘進速度	266.6÷38=		7m/日			
実掘進速度	266.6÷23=		11.6m/日			

進捗は一般的な値とは思われないが、作業条件のよい軟弱な粘性土層をボーリングする場合の一日当り可能な工程の基準を示すものといえよう。

5. 土 質 試 験

土質試験は、試料採取直後、若しくは数時間内に現場において実施し、時間経過に伴う含水量の変化および膨脹等による悪影響を極力さけるようにした。

現場試験としては、サンプリングの良否判定基準となる一軸圧縮試験と実験場の土の均等性を調べる単位体積重量および含水比の測定を行なった。また、港湾技術研究所の土質試験室においては、実験場の土の物理的諸性質を知る意味から、粒度分析、液性限界、塑性限界、土粒子比重等の測定を行なった。

現場および室内で実施した試験の種類をボーリング孔別に一覧表として表 5-1 に示す。

一軸圧縮試験は、採取した試料についてコアバレルの全長から 6~7 本の供試体を作製して J. I. S の示す方法に従って行ない、コアバレル中の qu 値分布を調べた。このとき用いた試験機は、ヒズミ制御型の電動駆動式が 1 台と、電動駆動式に自記タ録装置を組合せたものが一台の計二台を用いた。檢力計 (プルベイング・リン

グ) はいずれも最大荷重 15kg のものである。自記タ録装置の詳細については付録として後述する。

5-1 土質試験結果

実験場の土の物理的性質を表 5-2 および図 5-1 に示す。

各孔、全資料 (隣接孔の影響のあったものは除く) の一軸圧縮強さ (qu) と qu 値に対応する軸ヒズミ (ϵ) を表 5-3 に示し、その中から代表値をプロットして図 5-2 に示す。

実験場の均等性を検討する基準となる含水比および単位体積重量のすべての測定結果を表 5-4 に示し、その中から一試料を代表値として図 5-3 に示す。

5-2 実験場の土の均等性について

実験場の土質の均等性は、今回の研究目的からして重要である。したがって、この均等性を調べるため採取した全試料について単位体積重量および含水比の測定を行なった。そのうちの 5 試料の平均値を比較したものを図 5-4 に示す。この図によれば、単位体積重量、含水比ともに相互の値のバラツキは測定誤差の範囲内にあると思われる。また、粒度分析の結果も実際は同一の結果を得ているところから実験場として使用した範囲では、土は均等であるとしてよいと考えられる。したがって、同一深さにおける強度の相違はサンプリング方法または、コアバレルの寸法および、剛度等の影響によるものと考え、以下これに基いて考察する。

表 5-1 土質試験実施表

Boring No.	qu	w	γ_t	G_s	Ma	w_L	w_p
B-1	87	81	80		14		
B-2	101	97	100				
B-3	96	89	95	15	15	15	15
B-4	93	—	86				
B-5	96	90	93				
B-6	79	69	77				
B-7	93	—	89				
B-8	98	—	91				
B-9	71	—	73				
B-10	42	39	41				
B-11	77	—	82				
B-12	66	66	66				
B-13	53	—	51				
B-14	25	26	26				
B-15	—	—	—				
合 計	1,077	557	1,050	15	29	15	15

表 5-2 錦 海 堤 防

項目 年月日 記号	試料番号 Date	含水比 w (%)	單位體積重量 γ_t	土粒子重 Gs		間隙比 e	飽和度 Sr (%)	液性 界限 w _L (%)	塑性 界限 w _P (%)	塑性 指數 Ip	液性 指數 I _L	粒 度 分 析			分 類
				G _s	G _s ·w							Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	
錦 海	1965 4 B3-1039	89.8	1.48	2.686	2.412	2.445	98.7	83.9	28.1	55.8	1.106	2.3	52.7	45.0	SiltClay
	2049	99.7	1.45	2.678	2.670	2.688	99.3	94.9	30.1	64.8	1.074	0.9	42.2	56.9	Clay
	3062	110.9	1.43	2.675	2.967	2.945	100.7	99.5	32.1	67.4	1.169	2.5	40.6	56.9	"
	4074	116.9	1.41	2.680	3.133	3.123	100.3	111.3	36.0	75.3	1.074	1.8	37.9	60.3	"
	5083	117.6	1.40	2.687	3.160	3.176	99.5	111.2	32.5	78.7	1.081	1.0	41.1	57.9	"
	6094	113.7	1.41	2.673	3.039	3.051	99.6	99.0	34.8	64.2	1.229	3.3	37.3	59.4	"
	7105	115.1	1.41	2.678	3.082	3.085	99.9	115.2	38.6	76.6	0.999	2.3	37.9	59.8	"
	8116	119.3	1.40	2.666	3.181	3.176	100.2	116.3	39.9	76.4	1.039	1.8	37.3	60.9	"
	9126	123.0	1.36	2.658	3.269	3.358	97.4	122.4	41.5	80.9	1.007	2.7	37.4	59.9	"
	10136	122.8	1.37	2.660	3.267	3.326	98.2	126.9	40.3	86.6	0.953	2.7	32.3	65.0	"
	11146	121.2	1.36	2.644	3.205	3.300	97.1	122.9	40.7	82.2	0.979	1.8	38.7	59.5	"
	12158	126.4	1.35	2.628	3.322	3.407	97.5	123.6	44.0	79.6	1.035	1.8	29.3	68.9	"
	13168	130.7	1.33	2.640	3.451	3.579	96.4	124.1	43.0	81.1	1.081	0.3	29.4	70.3	"
	14178	123.9	1.34	2.613	3.238	3.366	96.2	125.8	44.5	81.3	0.977	1.9	31.1	67.0	"
	15189	125.5	1.35	2.636	3.308	3.403	97.2	131.3	43.3	88.0	0.934	0.9	31.1	68.0	"

錦 海 湾

Boring No B-3

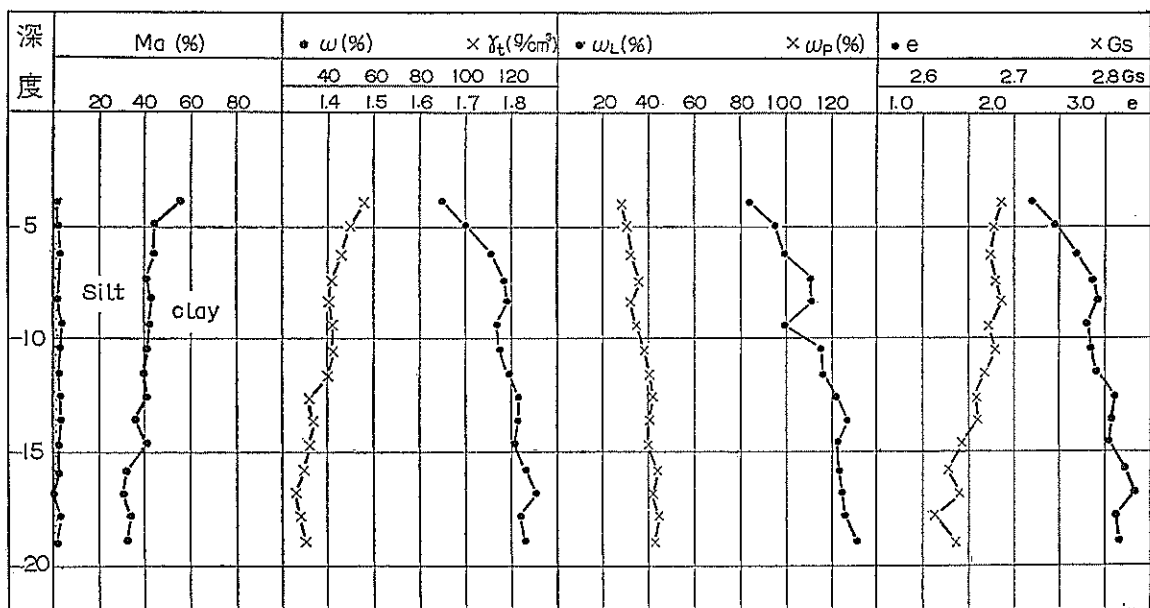


圖 5-1 土質試驗結果圖

表 5-3 (a) 一軸圧縮試験結果表 B-1 $t=1.3\%$ $l=1000$ $\phi=75$ 引抜き

Sample No.		1	2	3	4	5	6	7	8
1041	qu strain	0.119 8.5	0.135 3.5	0.194 4.0	0.173 4.5	0.127 4.5	0.111 6.5	0.109 7.0	—
2050		0.170 2.5	0.246 2.6	0.234 3.5	0.228 2.7	0.153 2.6	0.115 3.1	0.167 3.0	—
3060		0.217 4.0	0.206 3.5	0.206 3.0	0.184 3.0	0.188 3.5	0.134 0.65	—	—
4070		0.235 2.7	0.255 2.0	0.277 2.4	0.293 2.2	0.235 2.7	0.167 2.7	—	—
5090		0.375 2.2	0.240 2.8	0.334 1.7	0.345 3.4	0.300 1.9	—	0.230 2.0	—
6100		0.287 3.7	0.315 2.6	—	0.158 2.9	0.215 2.5	0.227 2.5	0.365 2.1	—
7110		0.375 2.3	0.485 2.2	0.486 2.3	0.375 2.3	0.415 1.8	0.330 4.4	0.265 2.2	—
8120		0.367 4.0	0.456 3.5	0.500 2.6	0.470 3.0	0.400 3.0	0.413 3.0	0.493 2.7	—
9130		—	0.335 2.0	—	0.271 2.7	0.528 2.4	0.366 2.4	—	—
10140		0.449 2.7	0.540 3.0	0.610 3.5	—	—	0.351 2.8	0.335 3.5	—
11150		0.483 2.5	0.545 3.0	0.400 2.5	0.526 3.0	0.578 3.5	0.575 3.5	0.557 3.0	—
12160		0.550 2.5	0.531 3.0	0.600 2.5	0.585 2.2	0.600 2.6	—	—	—
13170		0.523 2.3	0.625 2.5	0.690 2.2	—	0.645 2.2	0.645 2.2	0.552 2.9	2.604 2.3
14180		0.344 2.8	0.472 2.9	0.230 2.8	—	0.516 2.3	0.516 1.9	0.525 3.3	0.325 4.5

表 5-3 (b) B-5 $t=1.3\%$ $l=1000$ $\phi=75$ 引抜きステンレス

Sample No.		1	2	3	4	5	6	7	8
1040	qu strain	0.175 2.5	0.178 2.3	0.204 2.2	0.148 2.5	0.178 2.3	0.179 2.1	—	—
2051		0.187 2.5	0.175 2.9	0.155 2.9	0.198 2.2	0.123 2.1	0.160 2.2	0.138 3.7	—
3060		0.250 2.3	0.283 2.3	0.180 2.6	0.200 2.8	0.205 3.2	—	—	—
4069		0.175 1.9	0.244 2.0	0.286 1.7	0.355 1.8	0.235 1.8	0.157 3.6	0.140 3.2	—
5080		0.348 1.6	0.418 1.8	0.329 1.6	0.292 1.7	0.260 2.1	0.261 2.5	0.261 2.6	—
6091		0.355 2.4	0.413 1.9	0.404 1.7	0.466 2.1	0.332 1.8	0.343 1.5	—	—
7100		0.429 1.7	0.414 1.0	0.513 1.0	0.373 1.7	0.515 1.8	0.500 1.5	—	—
8109		0.242 1.3	0.355 1.7	0.384 2.0	0.274 3.4	0.354 1.9	—	—	—
9118		0.353 2.0	0.452 1.9	0.403 1.5	0.443 2.1	0.443 2.1	0.256 3.2	—	—
10129		0.484 2.1	0.412 2.1	0.255 3.3	0.430 3.3	0.482 2.6	0.414 2.2	0.459 2.0	0.332 3.2
11139		0.609 2.0	0.486 1.6	0.334 2.2	0.294 2.0	0.318 2.2	0.240 2.2	0.308 1.6	—
12149		0.419 1.8	0.450 1.5	0.520 1.6	0.555 1.6	0.516 2.0	0.376 2.7	—	—
13159		0.450 2.3	0.562 2.5	0.552 1.9	0.478 2.8	0.318 2.8	0.306 4.0	0.338 2.6	—
14169		0.523 2.0	0.673 2.7	0.512 2.6	0.556 2.9	0.611 3.0	0.623 2.3	0.545 1.7	—
15178		0.580 1.9	0.656 2.0	0.610 1.8	0.555 2.3	0.602 1.8	0.448 3.8	—	—

表 5-3 (C) B-7 t=1.3% ℓ=1000 φ=75 追切りステンレス

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8
1039 qu strain	0.178 3.5	— —	0.194 3.5	0.192 3.0	0.216 3.0	0.112 4.5	0.120 3.5	— —
2050	0.257 2.2	0.170 2.6	0.172 2.4	0.151 2.5	0.253 2.3	0.190 2.7	0.108 4.4	— —
3062	0.229 2.5	0.222 2.0	0.280 2.5	0.286 2.5	0.221 2.5	0.208 2.5	0.193 3.5	— —
4074	0.105 3.0	0.300 1.5	0.381 1.5	0.275 2.0	0.332 2.0	0.321 2.0	0.348 2.5	— —
5084	0.329 2.0	0.428 2.0	0.424 2.0	0.266 2.5	0.329 2.0	— —	— —	— —
6096	0.383 2.0	0.432 2.5	0.491 2.0	0.442 2.0	0.475 2.0	0.378 2.0	0.427 2.0	— —
7107	0.325 1.5	0.264 1.4	0.469 1.5	0.516 1.8	0.519 1.5	0.460 1.8	0.209 2.5	— —
8118	0.521 2.0	0.572 2.5	0.624 2.5	0.556 2.5	0.265 2.0	0.491 1.5	0.248 5.0	— —
9129	0.524 2.0	0.616 2.0	0.570 2.0	0.562 2.0	0.578 2.0	0.370 2.0	0.243 2.0	— —
10142	0.710 2.1	0.653 2.0	0.510 1.8	0.266 2.4	0.435 2.0	0.503 2.5	0.493 2.3	— —
11152	0.664 1.5	0.691 2.0	0.632 2.0	0.647 2.5	0.688 2.0	0.583 2.0	0.562 2.5	— —
12163	0.688 2.1	0.590 2.1	0.525 1.4	0.626 1.6	0.416 1.8	— —	— —	— —
13174	0.680 2.5	0.686 2.5	0.734 2.5	0.775 2.0	0.651 2.0	0.756 2.0	0.680 2.0	— —
14185	0.717 2.8	0.737 2.5	0.793 2.5	0.799 2.3	0.653 2.6	0.671 2.0	0.660 2.0	— —

表 5-3 (d) B-9 t=1.0% ℓ=1000 φ50 引抜き

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8
1040 qu strain	0.190 2.0	— —	0.211 2.3	0.182 2.3	0.155 2.6	0.165 3.4	— —	— —
2051	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
3066	0.296 1.6	0.190 1.7	0.234 2.3	0.272 1.8	0.109 2.1	— —	— —	— —
4081	0.293 1.6	0.357 2.3	0.392 1.7	0.289 1.5	0.311 1.5	0.275 2.0	— —	— —
5090	0.396 1.6	0.393 2.0	0.365 1.6	0.166 1.5	0.254 1.6	0.261 2.0	0.255 2.5	— —
6100	0.323 1.9	0.330 1.9	0.450 1.5	0.367 1.4	0.339 1.6	0.420 1.5	0.379 1.2	— —
7110	0.523 1.6	0.376 2.3	0.406 1.4	0.454 2.0	— —	— —	0.325 2.2	— —
8120	0.514 2.1	0.442 2.1	0.556 1.7	0.492 1.9	0.524 2.1	— —	— —	— —
9129	0.516 1.6	0.546 1.6	0.358 1.6	0.227 2.2	0.358 1.6	0.272 2.1	0.504 2.4	— —
10138	0.559 1.8	— —	0.400 2.1	0.442 2.5	0.360 2.7	0.252 3.7	— —	— —
11151	0.667 1.9	0.637 1.9	0.583 2.0	0.405 1.7	0.516 1.8	0.474 1.8	— —	— —
12160	0.716 1.9	0.659 2.0	0.688 2.2	0.529 2.6	0.473 2.4	0.588 2.6	— —	— —
13170	0.522 1.9	0.677 1.9	0.704 2.2	0.568 2.0	0.533 4.0	0.527 4.1	0.360 4.0	— —

表 5—3 (e) B—10 B-t=1.5% $\ell=1000$ $\phi=100$ 引抜き

Sample No.		1	2	3	4	5	6	7	8
1040	qu	0.217	0.188	0.200	0.190	—	0.158	0.128	—
	strain	2.2	2.5	2.3	2.5	—	2.2	3.2	—
2049		0.201	—	—	—	—	—	—	—
		2.5	—	—	—	—	—	—	—
3066		0.238	0.194	0.213	0.305	0.323	0.275	—	—
		2.0	2.2	1.9	2.2	1.8	1.9	—	—
4075		0.325	0.302	0.356	0.216	—	—	—	—
		2.3	1.8	2.3	3.5	—	—	—	—
5088		0.354	0.335	0.300	0.308	0.415	0.401	—	—
		2.2	2.0	2.2	2.2	2.0	2.2	—	—
6101		0.427	0.418	(0.443)	0.537	(0.510)	—	—	—
		2.0	1.8	0.397 1.9	2.0	0.470 2.2	—	—	—
7111		0.505	0.442	—	—	—	—	—	—
		2.4	2.2	—	—	—	—	—	—
8124		0.335	0.367	0.400	0.335	—	0.178	—	—
		2.7	2.5	1.8	2.5	—	4.0	—	—
9134		0.572	0.572	0.572	0.535	0.227	0.400	0.202	—
		2.5	1.8	2.3	1.8	3.0	2.0	4.0	—

表 5—3 (f) B—11 t=1.3% $\ell=2000$ $\phi=75$ 引抜き

Sample No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1051	qu	0.183	0.239	0.209	0.199	—	0.219	0.206	0.248	0.221	0.191	0.202	0.218	0.189	0.204	0.167	—
	strain	3.0	2.5	2.2	2.7	—	2.3	2.7	2.7	2.4	2.7	2.7	2.4	2.6	3.5	3.5	—
2074		0.217	0.302	0.276	0.226	0.248	0.221	0.264	0.292	0.292	0.189	0.258	0.248	0.198	0.248	0.204	—
		2.8	2.0	2.7	2.7	3.0	3.2	2.8	2.7	2.0	2.5	2.0	2.2	2.7	2.6	2.5	—
3097		0.357	0.248	0.435	0.355	0.378	0.292	0.354	0.316	0.310	0.324	0.430	0.356	0.256	0.324	0.271	—
		2.7	2.2	2.4	2.1	2.8	2.6	2.0	3.0	2.2	2.7	1.9	2.3	2.4	2.7	3.0	—
4120		—	—	0.464	0.320	0.289	0.498	0.483	0.404	0.492	0.476	0.414	—	—	—	—	—
		—	—	2.3	2.3	2.2	2.5	2.4	2.4	2.2	2.8	2.4	—	—	—	—	—
5143		0.482	0.424	0.553	0.472	0.375	0.410	0.467	0.373	0.287	0.240	0.477	0.556	0.482	0.389	0.339	0.368
		2.4	2.7	2.4	2.4	2.5	3.2	2.5	2.8	2.5	2.5	2.1	2.3	2.5	2.7	2.3	2.7
6165		0.400	0.640	0.605	0.681	0.680	0.651	0.616	0.602	—	—	—	—	—	—	—	—
		3.4	3.0	3.1	2.4	2.8	3.0	3.2	2.6	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5-3 (g) B-12 $t=1.3\%$ $l=1000$ $\phi=75$ 追切り

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8
1041 qu strain	0.204 2.5	0.232 2.4	0.191 2.2	0.215 2.5	0.219 2.4	0.185 3.0	0.175 3.0	— —
2055	0.200 2.3	0.210 3.0	0.150 2.4	0.230 2.5	0.216 2.5	0.190 2.5	0.195 2.6	— —
3069	0.210 2.0	0.280 2.2	0.340 2.0	0.314 2.0	0.175 2.0	0.230 2.0	0.200 2.3	— —
4084	0.378 2.3	0.383 2.0	0.416 2.4	0.354 2.0	0.373 2.2	0.285 2.0	— —	— —
5099	— —	0.351 0.9	0.449 2.1	0.348 2.0	0.395 2.2	0.254 2.5	0.329 2.5	— —
6115	0.529 1.8	0.453 2.0	0.492 1.9	0.396 1.9	0.386 2.0	0.316 1.8	0.377 2.7	— —
7126	0.499 2.5	0.459 2.0	0.459 2.3	0.556 1.8	0.498 2.7	— —	— —	— —
8146	0.541 2.5	0.625 2.0	0.583 2.4	0.583 2.0	0.475 2.5	0.557 2.2	0.416 2.5	— —
9162	0.555 2.7	0.570 2.7	0.586 2.8	0.602 2.5	0.591 2.3	0.448 2.6	0.223 3.5	— —
10178	0.703 1.9	0.722 2.0	0.724 2.0	0.678 1.9	0.674 2.0	0.640 2.3	0.711 2.5	— —

表 5-3 (h) B-13 $t=1.3\%$ $l=500$ $\phi=75$ 追切り ステンレス

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8
1038 qu strain	0.182 2.4	0.182 2.6	— —	0.124 2.6	— —	— —	— —	— —
2052	0.174 2.5	0.178 3.0	0.165 3.5	0.189 3.8	— —	— —	— —	— —
3067	0.178 1.0	0.130 1.7	0.254 2.2	0.293 2.3	0.217 2.3	— —	— —	— —
4081	0.356 2.0	0.394 1.5	— —	0.227 1.8	0.302 1.8	— —	— —	— —
5092	0.324 2.3	0.442 1.8	0.390 1.9	0.200 5.5	— —	— —	— —	— —
6106	0.470 1.8	0.510 2.3	0.440 1.9	0.416 2.3	0.238 3.0	— —	— —	— —
7118	0.559 1.8	0.556 2.3	0.552 1.9	0.502 2.1	0.232 10.0	— —	— —	— —
8132	0.653 2.0	0.356 2.0	0.621 2.0	0.454 2.4	— —	— —	— —	— —
9145	0.324 2.7	0.354 2.2	0.444 2.2	0.551 2.5	0.297 2.7	— —	— —	— —
10157	0.605 2.2	0.613 2.2	0.575 2.2	0.599 2.1	0.281 4.4	— —	— —	— —
11170	0.675 2.1	0.769 2.0	0.659 2.0	0.670 2.2	0.361 2.5	— —	— —	— —
12182	0.616 1.7	0.761 2.1	0.644 2.0	0.589 2.2	— —	— —	— —	— —

B1 $t=1.3\text{mm}$ $L=100\text{cm}$ $\phi=75\text{cm}$ 引抜, 真鍮

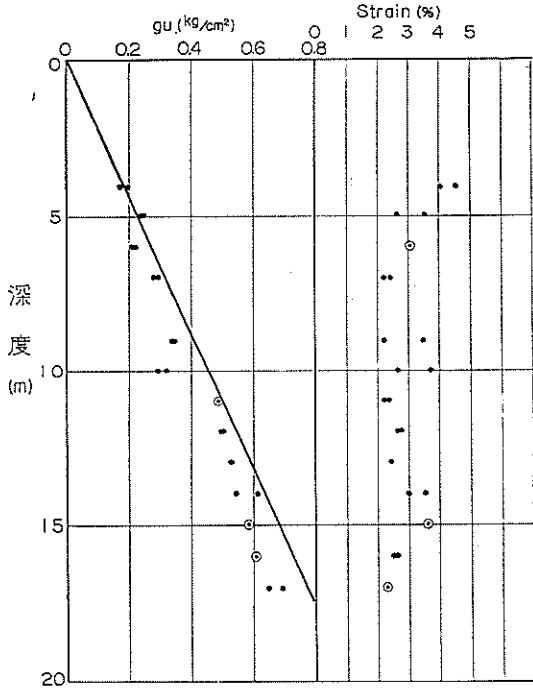


図 5-2 (a) g_u およびヒズミの深度分布

B7 $t=1.3\text{mm}$ $L=100\text{cm}$ $\phi=75\text{cm}$ 追切, ステンレス

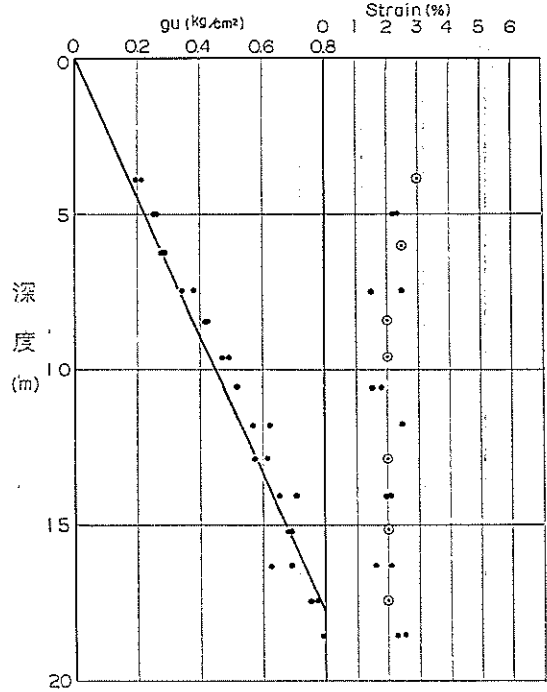


図 5-2 (c)

B5 $t=5\text{mm}$ $L=100\text{cm}$ $\phi=75\text{cm}$ 引抜, ステンレス

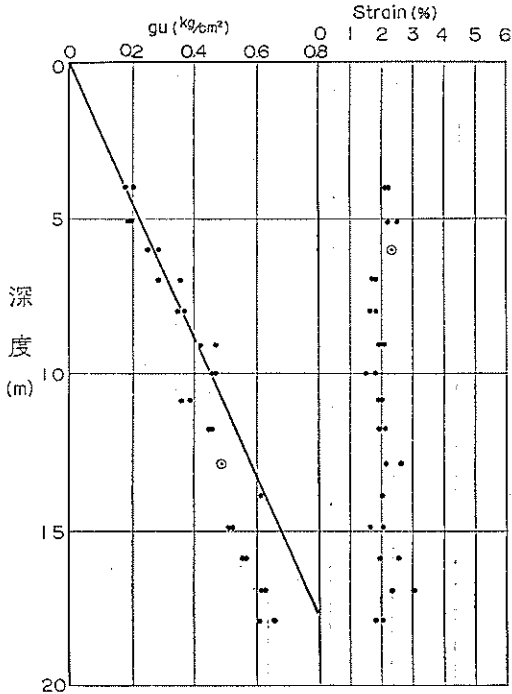


図 5-2 (b)

B9 $t=1.0\text{mm}$ $L=100\text{cm}$ $\phi=50\text{cm}$ 引抜, 真鍮

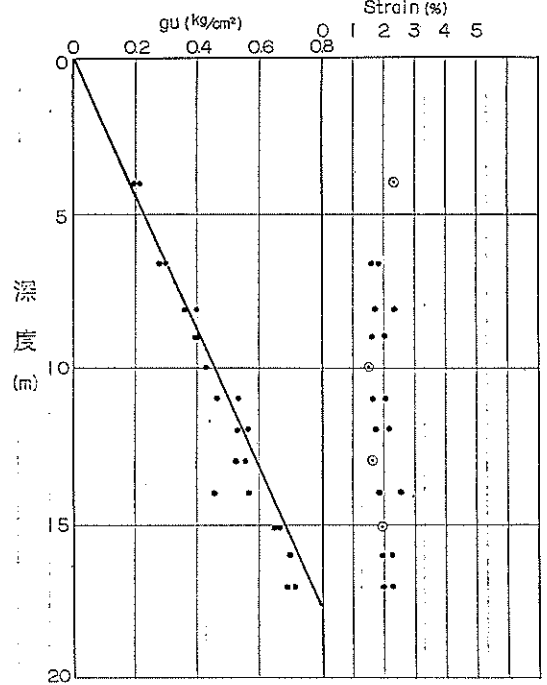


図 5-2 (d)

B10 $t=20^{mm}$ $l=100^{cm}$ $\phi=10^{cm}$ 引抜, 真鍮

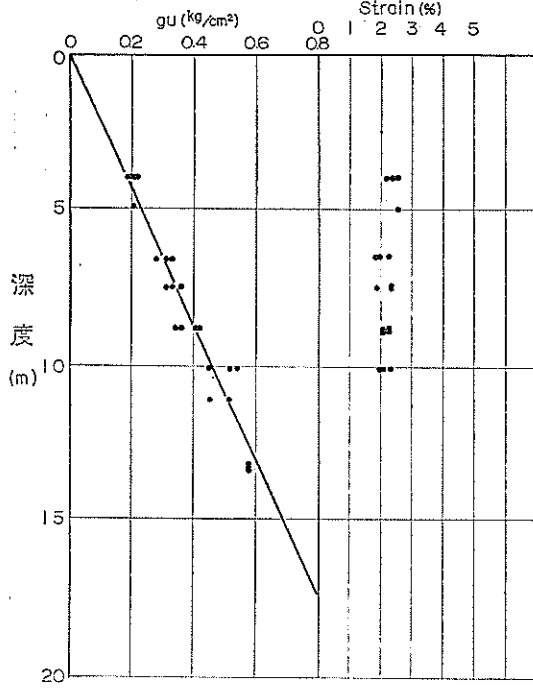


図 5-2 (e)

B12 $t=1.3^{mm}$ $l=100^{cm}$ $\phi=75^{cm}$ 追切, 真鍮

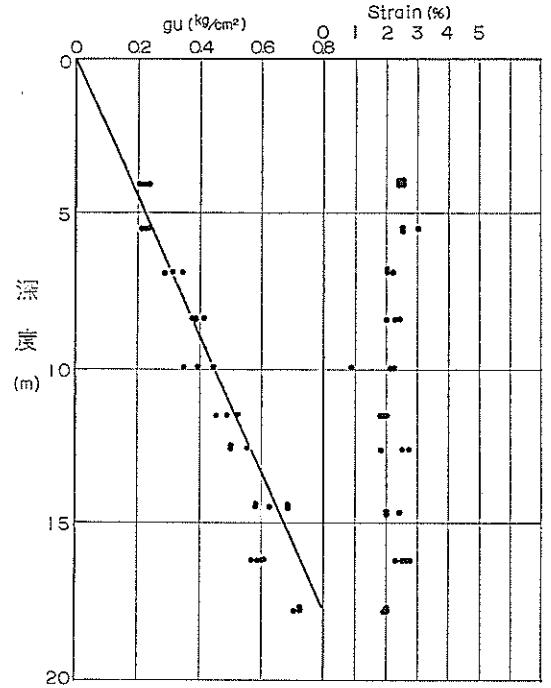


図 5-2 (g)

B11 $t=1.3^{mm}$ $l=200^{cm}$ $\phi=75^{cm}$ 引抜, 真鍮

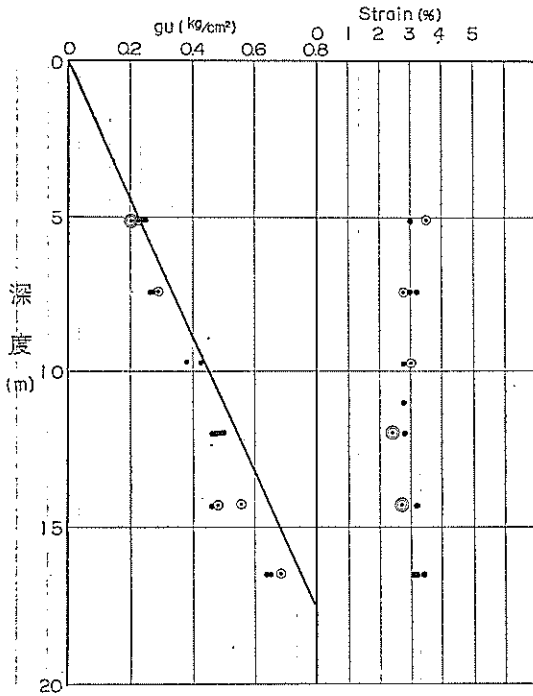


図 5-2 (f)

B13 $t=1.3^{mm}$ $l=50^{cm}$ $\phi=75^{cm}$ 追切, ステンレス

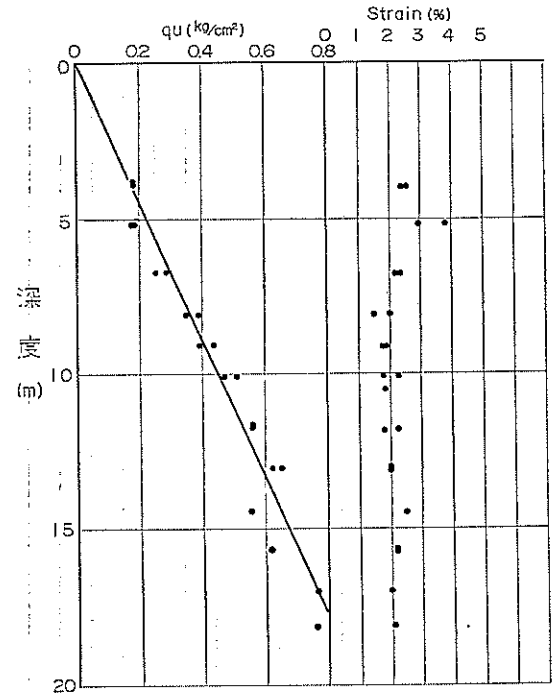


図 5-2 (h)

表 5-4 (a) 含水比, 単位体積重量 B-1 $t=1.3\%$ $l=1000$ $\phi=75$ 引抜き

Sample No.		1	2	3	4	5	6	7	8
1041	$\frac{w}{t}$	1.48	1.53	1.54	1.51	1.50	1.48	1.47	—
		95.2	89.6	86.3	85.2	93.5	94.8	97.5	—
2050		1.44	1.46	1.44	1.44	1.45	1.45	14.8	—
		101.0	102.0	106.0	98.5	100.0	102.0	—	—
3060		1.41	1.43	1.42	1.42	1.43	1.41	—	—
		108.9	106.3	101.3	98.9	99.7	85.5	—	—
4070		1.41	14.1	—	1.44	1.35	1.39	—	—
		106.2	119.0	105.2	98.8	101.4	106.0	—	—
5090		1.42	1.39	1.43	1.41	1.42	—	1.40	—
		114.0	115.0	111.5	111.2	114.2	—	118.3	—
6100		—	—	—	—	1.40	1.37	1.42	—
		—	—	—	—	118.8	121.4	113.8	—
7110		1.39	1.38	1.40	1.38	1.40	—	1.37	—
		114.1	116.2	119.1	120.0	117.9	—	113.9	—
8120		1.36	1.38	1.40	1.39	1.38	1.40	1.40	—
		132.2	117.8	117.2	121.5	120.0	115.0	116.5	—
9130		—	1.36	—	1.37	1.39	1.34	1.34	—
		—	132.8	—	126.2	119.9	129.4	129.4	—
10140		1.37	1.38	1.38	1.40	—	1.38	1.36	—
		114.9	119.1	118.6	115.9	—	127.2	121.9	—
11150		1.38	1.38	1.38	1.38	1.37	1.35	1.38	—
		109.6	119.5	122.5	122.2	120.2	127.7	123.5	—
12160		1.37	1.36	1.37	1.39	1.35	—	—	—
		126.3	128.1	123.5	123.8	126.0	—	—	—
13170		1.33	1.33	1.35	—	1.34	—	1.35	1.34
		140.0	138.8	134.7	—	133.0	—	132.2	130.9
14180		1.37	1.34	—	—	1.40	1.36	—	—
		123.0	125.1	—	—	119.3	128.8	—	—

表 5-4 (b) B-5 $t=1.3\%$ $l=1000$ $\phi=75$ 引抜きステンレス

Sample No.		1	2	3	4	5	6	7	8
1040	$\frac{w}{t}$	1.43	1.46	1.48	1.44	1.47	1.48	—	—
		104.8	101.8	92.2	99.9	94.8	90.7	—	—
2051		1.43	—	—	1.45	1.43	1.43	1.43	—
		101.8	—	—	101.6	108.1	106.6	106.8	—
3060		1.41	1.43	1.41	1.41	1.44	1.44	1.43	—
		109.1	108.9	110.7	110.9	103.3	104.4	106.8	—
4069		1.36	1.40	1.42	1.44	1.41	1.40	1.40	—
		130.3	117.8	112.2	104.0	110.9	117.6	112.6	—
5080		—	1.42	1.40	1.38	1.37	1.40	1.40	—
		—	109.8	112.7	119.0	121.8	116.1	115.6	—
6091		1.41	1.40	1.40	1.42	1.40	1.40	—	—
		110.5	113.0	—	108.8	—	116.5	—	—
7100		1.36	1.40	1.41	1.39	1.41	1.42	—	—
		115.6	107.0	108.8	111.5	105.4	105.1	—	—
8109		1.35	—	1.36	1.37	1.38	—	—	—
		121.2	—	119.3	—	118.7	—	—	—
9118		1.35	1.35	1.37	1.38	1.36	1.35	—	—
		121.6	128.4	121.3	115.1	119.0	104.0	—	—
10129		1.37	1.36	1.31	1.35	1.35	—	1.37	—
		119.3	121.0	121.4	129.1	123.2	—	122.2	—
11139		1.34	1.34	1.30	1.33	1.34	1.33	1.35	—
		127.5	131.1	138.2	134.3	123.2	126.1	121.0	—
12149		1.32	1.32	1.36	—	1.35	1.34	1.33	—
		123.3	131.6	122.9	—	122.9	130.9	133.1	—
13159		1.34	1.34	1.33	1.32	1.31	1.32	1.34	—
		125.1	126.1	128.2	136.9	134.9	132.1	129.6	—
14169		1.39	1.34	1.32	1.33	1.34	1.34	1.32	—
		108.1	132.9	137.1	136.8	129.7	130.0	135.0	—
15178		1.34	1.36	1.35	1.33	1.36	1.35	—	—
		122.1	123.2	122.8	124.1	122.1	123.6	—	—

表 5-4 (C) B-7 $t=1.3\%$ $l=1000$ $\phi=75$ 追切りステンレス

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8
1039 r_t	1.41	—	1.47	1.49	1.49	1.48	1.49	—
2050	1.44	1.43	1.42	1.44	1.47	1.43	1.43	—
3062	1.42	1.40	1.40	1.41	1.39	1.41	1.40	—
4074	1.35	1.37	1.38	1.37	1.38	1.38	1.38	—
5084	—	1.36	1.40	1.37	1.35	—	—	—
6096	1.35	1.36	1.37	1.39	1.40	—	—	—
7107	1.39	1.35	1.37	1.36	1.39	1.36	1.38	—
8118	1.37	1.39	1.36	1.37	1.41	1.40	1.38	—
9129	1.39	1.41	1.39	1.39	1.38	1.35	1.35	—
10142	1.36	1.34	1.34	1.34	1.35	1.36	1.28	—
11152	1.40	1.41	—	1.40	1.42	1.43	1.40	—
12163	1.37	1.37	1.39	1.39	1.38	—	—	—
13174	1.38	1.38	1.38	1.44	1.39	1.39	1.40	—
14185	1.38	1.38	1.45	1.42	—	1.39	1.41	—

表 5-5 (d) B-9 $t=1.0\%$ $l=1000$ $\phi=50$ 引抜き

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8
1040 r_t	1.42	—	1.45	1.44	1.46	1.46	—	—
3066	1.41	1.40	1.40	1.40	—	—	—	—
4081	1.40	—	1.41	1.42	1.40	1.40	—	—
5090	1.41	1.40	1.41	1.37	1.38	1.39	—	—
6100	1.38	1.41	1.42	1.40	1.41	1.41	1.41	—
7110	1.41	1.38	1.39	1.41	—	—	1.38	—
8120	1.36	1.36	1.38	1.39	1.39	—	—	—
9129	1.40	1.42	1.38	1.34	1.37	1.37	1.36	—
10138	1.38	—	1.36	1.37	1.37	1.37	—	—
11151	1.39	1.38	1.36	1.38	1.37	1.38	—	—
12160	1.40	1.38	1.40	1.38	1.38	1.39	—	—
13170	1.41	1.40	1.39	1.39	1.39	1.36	1.36	—
14180	—	—	1.39	1.41	1.41	1.39	—	—

表 5-4 (e) B-10 $t=1.5\%$ $l=1000$ $\phi=100$ 引抜き

Sample No.		1	2	3	4	5	6	7	8
1040	\bar{r}_t	1.46	1.45	1.44	1.44	—	1.44	1.44	—
	w	98.9	101.1	103.4	100.5	—	98.5	94.6	—
2049		1.42	—	—	—	—	—	—	—
		107.1	—	—	—	—	—	—	—
3066		1.40	—	1.40	1.42	—	1.43	1.46	—
		107.8	—	116.7	109.8	—	105.0	107.8	—
4075		1.43	1.39	1.40	1.40	—	—	—	—
		115.0	117.8	117.1	118.9	—	—	—	—
5088		1.44	1.42	1.41	1.39	1.41	1.43	—	—
		—	119.0	120.6	118.1	111.0	113.3	—	—
6101		1.41	1.40	1.40	1.40	14.0	—	—	—
		121.0	120.1	117.2	108.8	112.6	—	—	—
7111		1.40	—	1.42	—	—	—	—	—
		122.2	—	118.0	—	—	—	—	—
18124		1.35	1.38	1.39	1.39	—	1.37	—	—
		137.3	133.2	121.9	132.1	—	132.4	—	—
9134		1.41	1.40	1.40	1.40	1.38	1.41	1.42	—
		122.3	126.2	124.0	—	126.2	118.6	119.5	—

表 5-4 (f) B-11 $t=1.3\%$ $l=2000$ $\phi=75$ 引抜き

Sample No.		1	2	3	4	5	6	7	8
1051	\bar{r}_t	1.42	1.45	1.44	1.46	—	1.49	1.48	—
	\bar{r}_t	1.46	1.44	1.45	1.47	1.46	1.48	1.48	—
2074		1.39	1.42	1.42	1.40	1.41	1.41	1.41	1.45
		1.50	1.42	1.40	1.42	1.41	1.42	1.42	—
3097		1.42	1.42	1.52	1.44	1.43	1.42	1.40	1.43
		1.41	1.42	1.42	1.41	1.41	1.40	1.42	—
4120		—	—	1.35	1.35	1.32	1.34	1.34	—
		1.35	1.36	1.36	—	—	—	—	—
5143		1.37	1.35	1.35	1.34	1.36	1.36	1.36	1.35
		1.36	1.33	1.38	1.38	1.38	1.40	1.40	1.38
6165		1.34	1.35	1.34	1.37	1.38	1.35	1.35	1.37
		1.36	1.37	1.36	1.36	1.35	1.38	1.37	—

表 5-4 (g) B-12 $t=1.3\%$ $l=1000$ $\phi=75$ 追切)

Sample No.		1	2	3	4	5	6	7	8
1041	\bar{r}_t	1.42	1.45	1.44	1.46	1.45	1.46	1.47	—
	w	105.9	102.8	103.7	98.2	99.4	97.5	94.4	—
2055		1.41	1.42	1.39	—	1.43	1.43	1.45	—
		112.9	109.0	113.1	—	103.8	102.1	99.9	—
3069		1.38	1.40	—	1.40	1.38	1.39	1.38	—
		105.0	114.1	—	109.2	118.1	114.9	117.3	—
4084		1.40	1.41	1.41	1.41	1.39	1.39	—	—
		112.5	113.9	112.6	114.0	114.40	114.0	—	—
5099		1.39	1.39	1.39	1.39	1.40	1.38	1.39	—
		113.0	113.1	115.8	117.0	113.9	122.2	116.1	—
6115		1.37	1.35	1.38	1.38	1.37	1.37	1.35	—
		123.3	130.0	121.4	120.5	126.2	124.6	126.2	—
7126		1.39	1.39	1.39	1.39	1.37	—	—	—
		118.5	119.7	123.0	119.6	126.0	—	—	—
8146		1.36	1.39	1.39	1.38	1.37	1.38	1.35	—
		136.3	122.8	123.9	121.2	127.9	125.0	130.9	—
9162		1.36	1.35	1.35	1.37	1.37	1.34	1.36	—
		125.9	129.0	130.7	126.2	122.0	133.2	124.8	—
10178		1.38	1.36	1.38	1.35	1.35	1.36	1.34	—
		122.0	130.2	121.3	126.4	127.2	124.3	131.8	—

表 5-4 (h) B-13 $t=1.3\%$ $l=500$ $\phi=75$ 追切りステンレス

Sample No.		1	2	3	4	5	6	7	8
1038	\bar{r}_t	1.47	1.48	—	1.47	—	—	—	—
2052		1.41	1.43	1.44	1.43	—	—	—	—
3067		1.40	1.39	1.42	1.43	—	—	—	—
4081		1.41	1.44	—	1.38	1.43	—	—	—
5092		—	1.43	1.41	1.42	—	—	—	—
6106		1.40	1.40	1.40	1.40	1.39	—	—	—
7118		1.38	1.39	1.37	1.39	1.37	—	—	—
8132		1.40	1.36	1.40	1.46	—	—	—	—
9145		1.35	1.36	1.36	1.36	1.36	—	—	—
10157		1.37	1.38	1.37	1.37	1.35	—	—	—
11170		1.39	1.40	1.37	1.37	1.35	—	—	—
12182		1.39	1.39	1.39	1.38	—	—	—	—

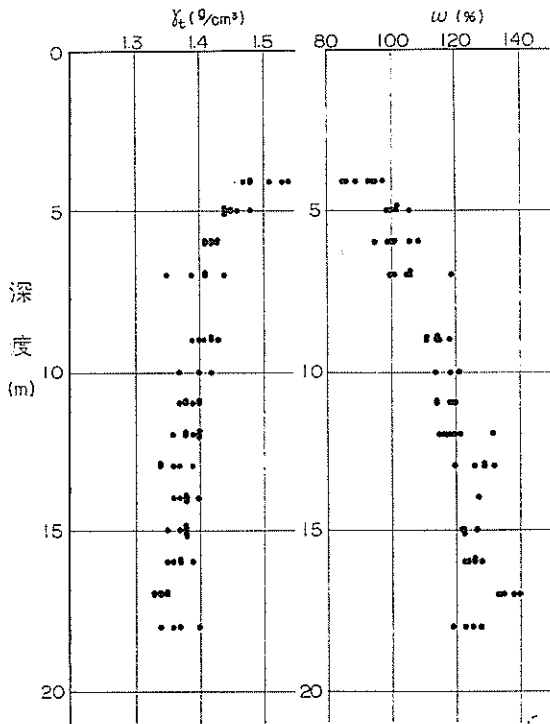


図 5-3 単位体積重量および含水比の深度分布

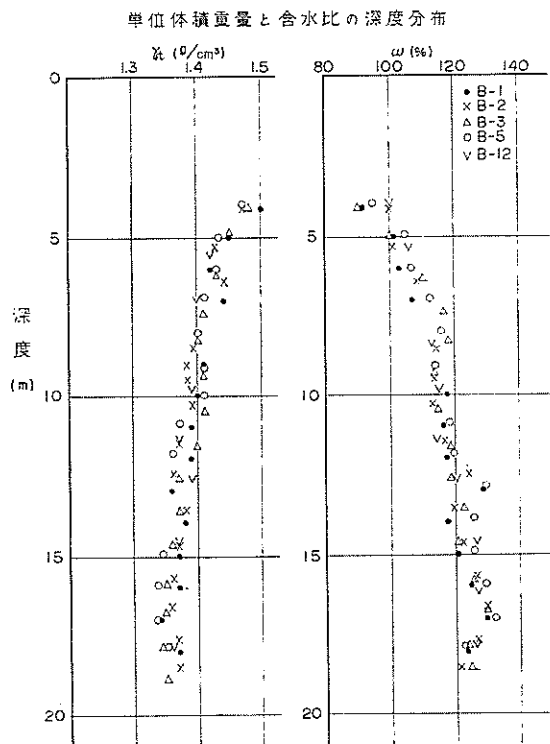


図 5-4 実験場土質の均等性

6. 引抜きと追切りの比較 (サンプラー引抜き時に生ずる負圧が土の強度に及ぼす影響について)

サンプラー引抜き時に生ずる負圧が土の強度に対し、いかに影響するかについては、前述した通りである。追切りの効果については、これまでも調査検討されてきたが、2), 4) そのときの土質の多くは、比較的透水係数の大きいシルト質の土であったが、今回は錦海湾の粘土含有量が多い土について行なったものである。

粘土含有量が多い土では、引抜き時に試料の内部に負の間隙圧が発生して膨張が少なくなることが考えられる。しかし、一方では、相反する現象として、間隙水中に溶存しているガスが土被り重量と静水圧の除去および、引抜き時の負圧によって発生することが考えられる。

錦海湾の土は、異様な臭気があり、ワイヤーソーで切ると切断面にガス泡(やけどの時の水ぶくれのようなもの)ができ、指で押すとポツと、つぶれる現象がみられた。また、試料を折ると径0.1%程度の小さい穴が多数みられた。これらの現象は、間隙水中に溶存しているガスが気化することによると考えられる。

この追切りと引抜きとの比較には、コーバレルの寸法を同一にして、材質を真鍮製とステンレス・スチール製に変えたものを用いた。

真鍮製のコーバレルによる場合の一軸圧縮強さ(q_u)の深度分布を図6-1に、また、応力-ヒズミ曲線で、 q_u 値に対応する軸ヒズミを図6-2に示した。一方、ステンレス・スチール製による場合の q_u と深度の関係を図6-3に示し、その q_u に対応する軸ヒズミを図6-4に示す。この図6-1および6-3によれば、真鍮、ステンレス・スチール製ともに、引抜きに較べて追切りの方が、全体的にやや q_u 値が大きく、バラツキは相当小さくなっている。

また、図6-2、6-4によれば q_u に対応する軸ヒズミの深度分布についてみても、追切りによる方がバラツキが小さく、大体2%付近にまとまっているなど、粘土含有量の多い土の場合でも、追切りによる効果を充分現わしていることがわかった。

引抜きと追切りの2つの工法の優劣を判定するために、1本のコーバレル中の q_u の分布形を統計的に調べてみた。すなわち、1本のコーバレルについて測定した q_u 値を、その中の最大値で割って無次元化した q_u の分布図を作り、これを工法別に全コーバレルについて重ね合せた。その結果を図6-5に示すが、これは重ね合せたものを再び、その中の最大値で割った形で示したも

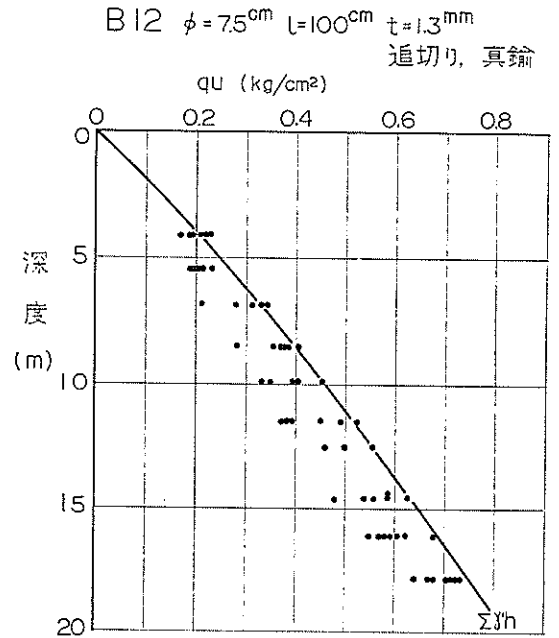
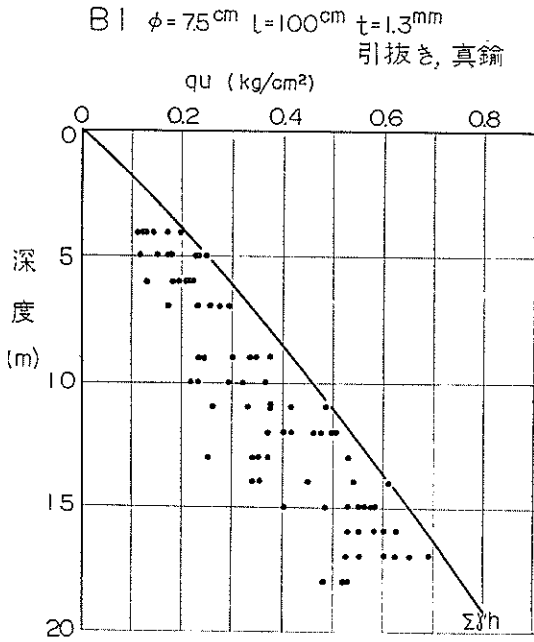


図 6-1 引抜きと追切りの比較

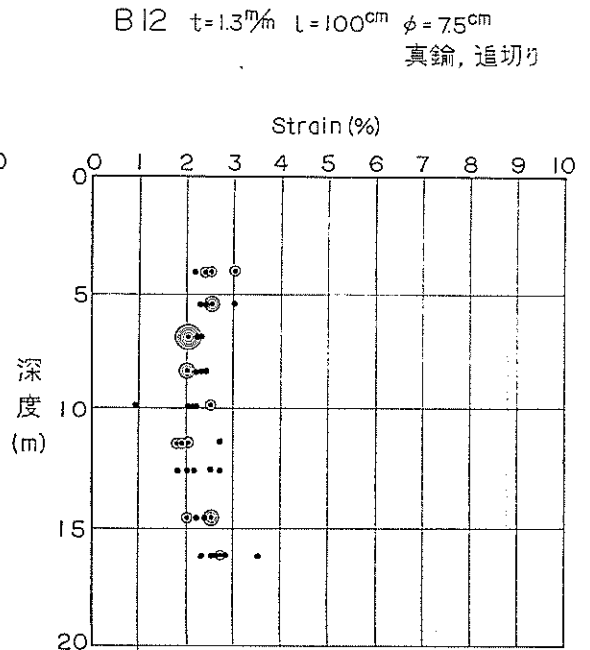
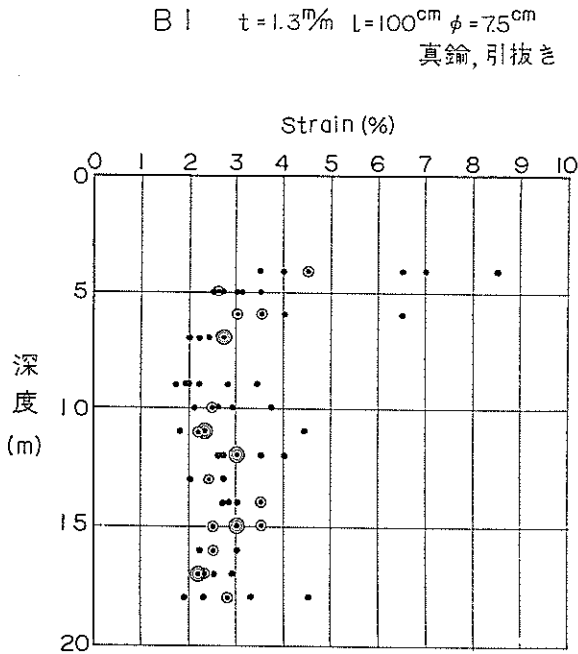
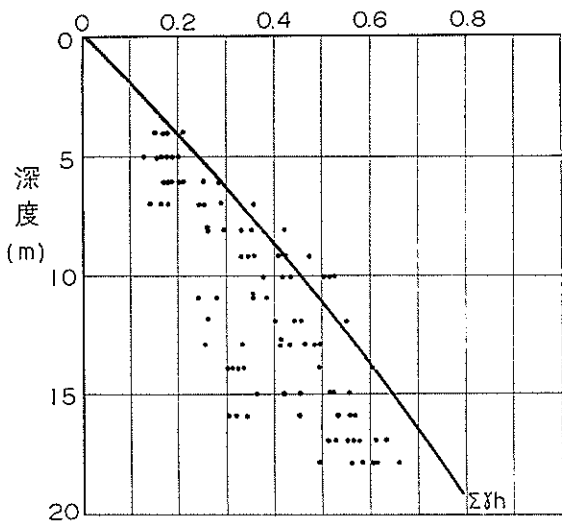


図 6-2 引抜きと追切りの比較

B 5 $\phi = 7.5\text{cm}$ $l = 100\text{cm}$ $t = 1.3\text{mm}$
引抜き, ステンレス
 q_u (kg/m^2)



B 7 $\phi = 7.5\text{cm}$ $l = 100\text{cm}$ $t = 1.3\text{mm}$
追切り, ステンレス
 q_u (kg/m^2)

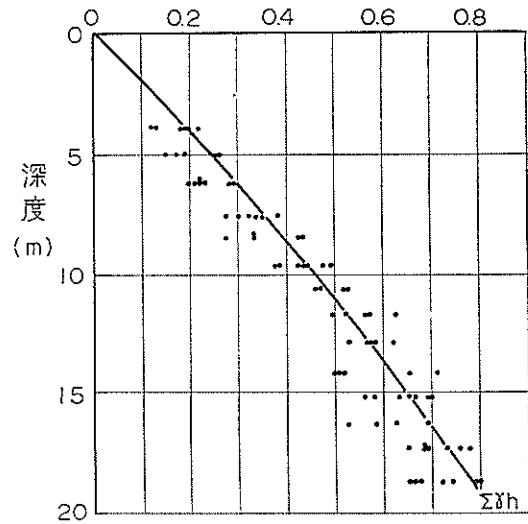
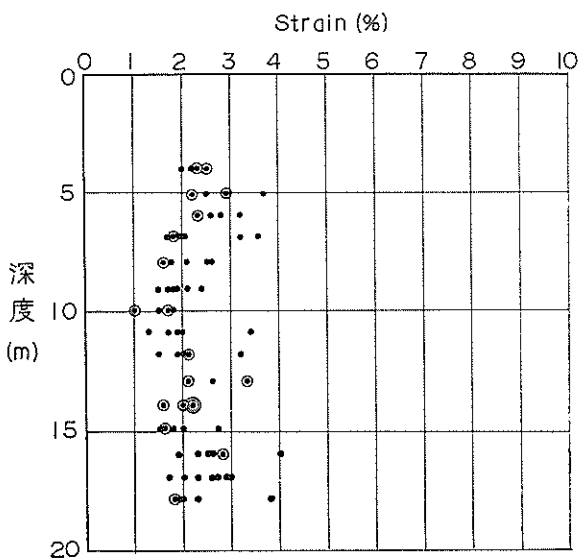


図 6-3 引抜きと追切りの比較

B 5 $t = 1.3\text{mm}$ $l = 100\text{cm}$ $\phi = 7.5\text{cm}$
引抜き, ステンレス・スチール



B 12 $t = 1.3\text{mm}$ $l = 100\text{cm}$ $\phi = 7.5\text{cm}$
追切り, ステンレス・スチール

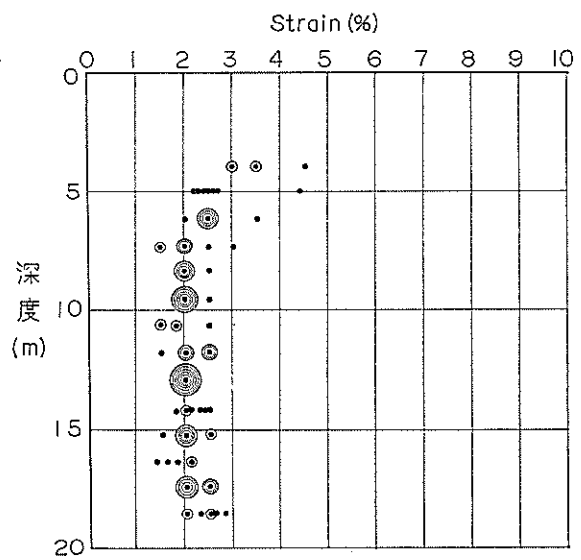


図 6-4 引抜きと追切りの比較

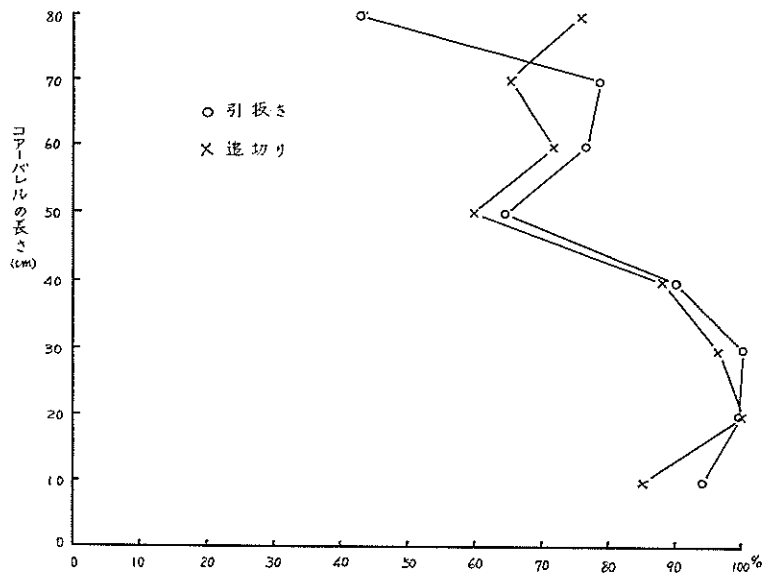


図 6-5 統計的に求めたquの分布形

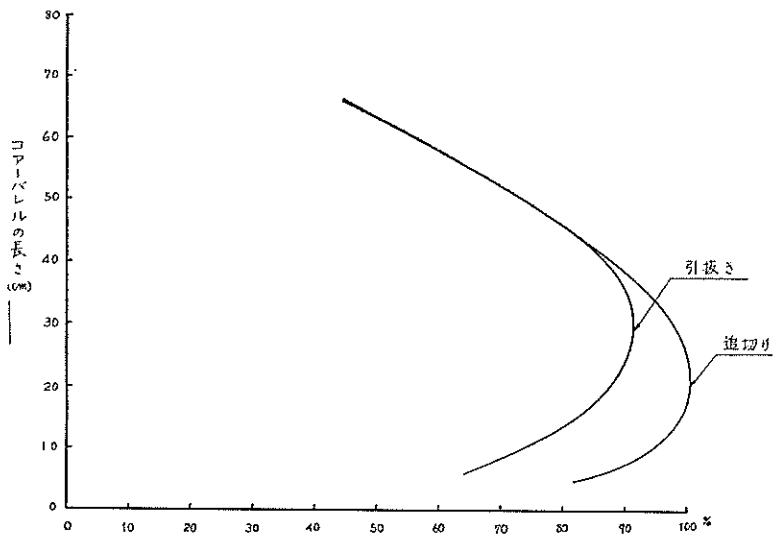


図 6-6 引抜きと追切りによるコアバレル中のqu分布の比較

のである。図 6-5 によれば、全体のバラツキは、引抜きの方が大きいことが分る。さらに、引抜きの場合には、コアバレルの下端より 20cm および、30cm の部分で測定したqu値が統計上最大となっているが、追切りの場合には、下端より 20cm のところに明瞭にquの最大値が現われている。図 6-5 は無次元化したquの分布を示したものであるが、図 6-1, 2 に示すように、追切り

の方が一般にqu値が大きいことを考えると図 6-6 に示すように、追切りの場合に比して、引抜きのさいには、強度の減少がより大きい部分にまでおよんでいるといえよう。

したがって、追切りの場合には引抜きにくらべて僅少差ではあるが、コアバレルの先端部の乱れが少なく、追切りの効果を示しているものと考えられる。

7. コアバレルの寸法が土の強度に及ぼす影響について

7-1 概 要

現在一般的に用いられているコアバレルの寸法としては、内径73~75%, 肉厚1.2~1.3%, 長さ100%が標準とされている。しかし、この寸法の妥当性についての十分な検討は、我が国では行なわれていなかった。

コアバレルの寸法としては、内径比も含まれるが、今回は内径比=0として、直径、肉厚、長さの3点に着目して、それらが土の強度に及ぼす影響について検討を加えた。これら寸法とサンプリング方法を表3-1に示す。

7-2 コアバレルの直径の影響について

できるだけ土を乱さないで自然状態のまま採取でき、しかも、調査および試験の目的を満すことのできる経済断面を求める一段階として、今回は直径(内径)を5.0cm, 7.5cm, 10.0cmの3種類について比較実験を行なった。サンプリング工法としては、大口径の作業の都合上、すべて引抜きによる。比較試験としての一軸圧縮試験の供試体は、図7-1に示すように試料の中心から取ったものである。

これらについて試験した結果を図7-2に示す。図7-2によれば、内径を100%, 75%, 50%と変えた場合の qu 値の間には明瞭な差異はみとめられない。図7-2に示すように、実験の規模の制約上肉厚を一定とする比

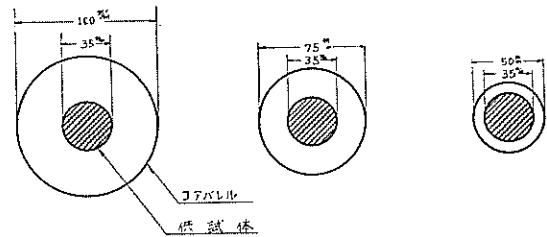


図 7-1 コアバレルの直径と供試体の関係

較ができなかったため、内径と共に肉厚の影響も入っているものと思われるが、いずれにしても今回の実験では、内径の違いによる影響をはっきりつかむことはできなかった。

試料の中心から1本だけ供試体を取り出すとすれば、大きい径の方が乱れの影響が少ないものと思われる。しかし、今回の実験において、10cmの試料を採取するさいに、試料径12.5cm用のドリルパイプを用いて掘き出したため、とくに深いところでは、ドリルパイプの中に試料がコアとして残り、乱れの一因となって大口径の利点が顕著に現われなかったものと考えられる。

内径50%の場合、試料断面が小さく、貝殻が混入した土では試料が乱され試験用の供試体が取れない場合もあった。また、50%は径の大きさからして一軸、および、三軸圧縮試験などの供試体作製には十分であるとしても、圧密試験や一面せん断試験の供試体を成形するには

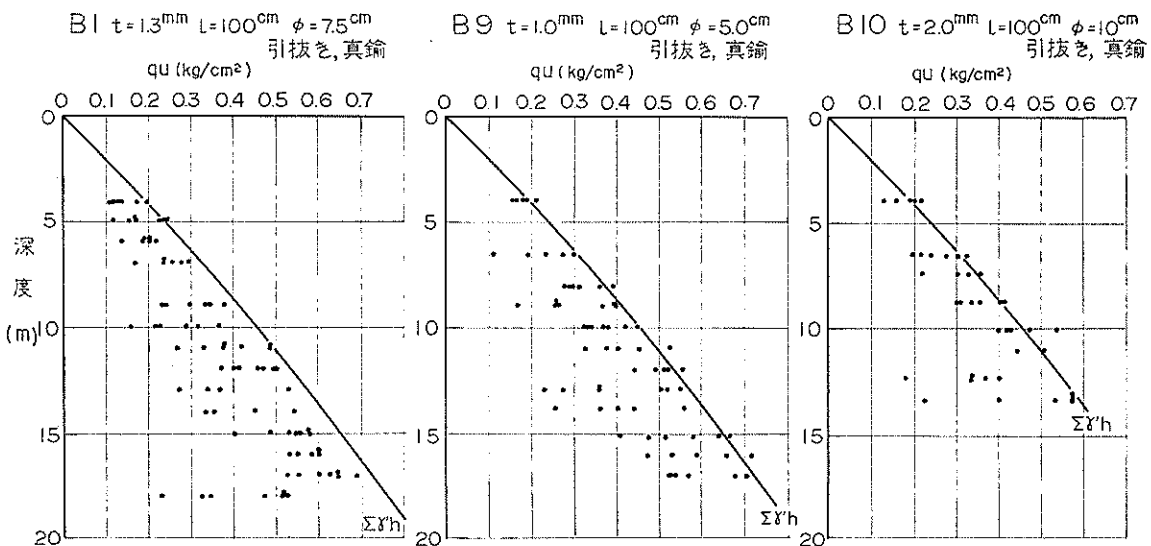


図 7-2 コアバレルの直径の比較

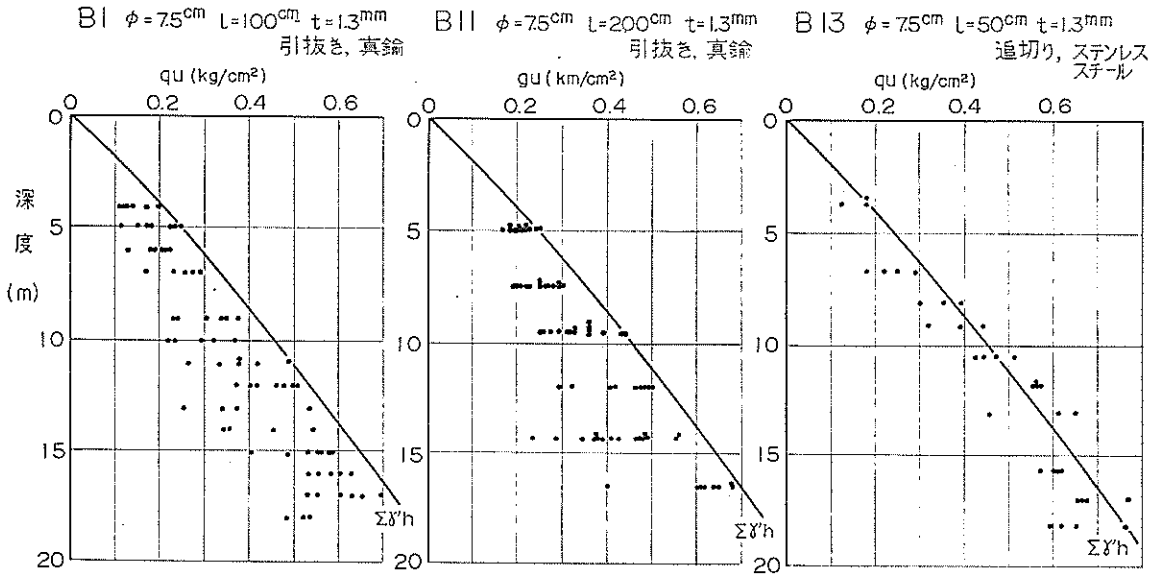


図 7-3 コアバレルの長さの比較

断面不足であり、試料 1 本から種々の試験ができず経済的ではない。一方、内径 100% は 1 本のコアバレルから数多くの試験供試体がとれ経済的であるが、反面、ボーリング孔も大きくなり、それだけ作業が大がかりになる。今回の結果からコアバレルの大小の良否を判定することはできないが、実用面から考えてみると現段階としては、現在一般化している内径 75% におちつかざるを得ない。

7-3 コアバレルの長さの影響について

シンウォールサンプラーにより一度に長い試料を採取できれば、採取回数も減り、能率的である。その長さとして、どの程度が適当か調べるため、現在、最も多く用いられている有効長さ 80cm のもののほかに、有効長さ 180cm および 50cm の 3 種類について比較検討をしてみた。ただし、有効長さ 50cm は追切り工法によるもので他の 2 本は引抜きである。したがって比較するには多少問題があるが一応比較してみる。その結果を図 7-3 に示し、有効長さ 180cm のコアバレル内の q_u 分布を図 7-4 に示す。図 7-3 に示すようにコアバレルの有効長さ 50cm が q_u 値も大きく、乱れの少ないことを示している。

一方、80cm、と 180cm のもの間には、さほど大きな差異はみられない。図 7-4 によれば 180cm の場合には長さに対する q_u 値の分布が深さ方向に増大するという一般の傾向を示さずバラツキも甚しく大きくなっている。これは長さが長くなるとサンプリングのさいの押込時

においてコアバレルのきつみと内壁の摩擦などによる攪乱の影響がかなり大きく現われているものと考えられる。したがって現在多く用いられている有効長さ 80cm

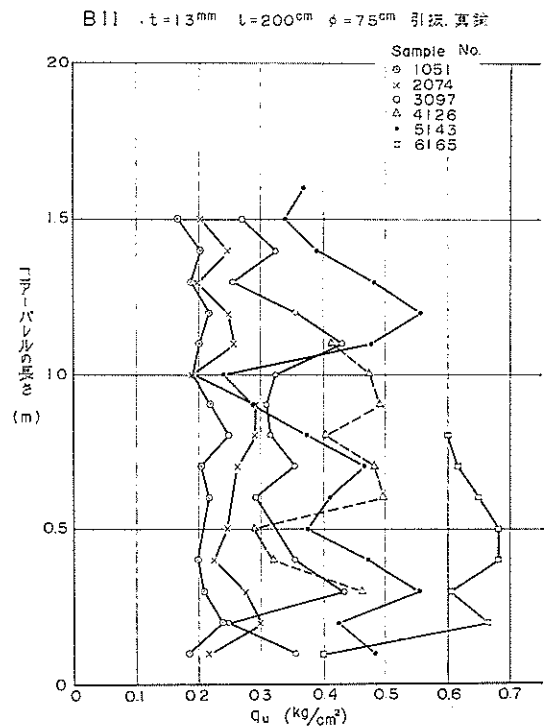


図 7-4 コアバレル内の q_u 分布

程度が妥当な長さであろうと思われる。

8. コアーバレルの材質が土の強度に及ぼす影響について

現在、軟かい粘性土の採取には一般に真鍮製、スチール製およびステンレススチール製のコアーバレルが用いられている。真鍮製は錆にくい点と土質試験等のための切断が容易であることから多く用いられているが、剛度の点が劣り肉厚の薄い場合は変形を生じ好ましくない。スチール製のコアーバレルの場合には剛度の点では優れているが、錆易いために試料保存上問題がある。その点ステンレス・スチール製は剛度、防錆ともに優れているが、欠点として、真鍮に比して約2～3倍と高価なことである。しかし、ステンレス・スチールの場合、使用による刃先等の損傷が少なく、土質試験のさいコアーバレルを切断することなく試料を押出せば、反復使用が可能である等、むしろ経済的である。今後の問題として剛度の問題はあるが防錆の点で、プラスチック製のコアーバレルも検討してみる必要がある。透明プラスチック製のコアーバレルを使用すれば外観からコアーバレル内の層の変化などを見ることができ試験計画のさいの参考に

もなると思われる。材質の影響を調べるため、表3-1に示すようにコアーバレルの寸法およびサンプリング方法を同一にしてステンレススチール製と真鍮製のコアーバレルを用いて実験し比較した。その結果を図8-1に示す。この図によれば、ステンレス・スチール製のコアーバレルを用いた場合の方が qu 値が大きく、バラツキも小さい。これは、剛度の高いステンレス・スチールの方が押込時の変形がわずかであり乱れの影響も少なく、したがって、 qu も大きくなっているものと考えられる。

ステンレス・スチールのコアーバレルを使用する場合には、その硬さのために実用上の利点もあることが認められた。すなわちステンレス・スチールの場合には刃先を鋭く加工できるので、貝殻を混入している地層では刃先によって貝殻を切断し、貝殻を無理やり押込むことによる土の乱れが少なくなる。また刃先の損傷もほとんどないために反復使用も可能である。

一方真鍮製のコアーバレルの場合には、一回のサンプリングに使用するコアーバレル数の約20%程度は使用不能になることが今回の実験でもわかった。

ただし、何れの場合でも反復使用をするさいにはシールのパラフィン完全に除去することが實際上大切であることに注意を要する。

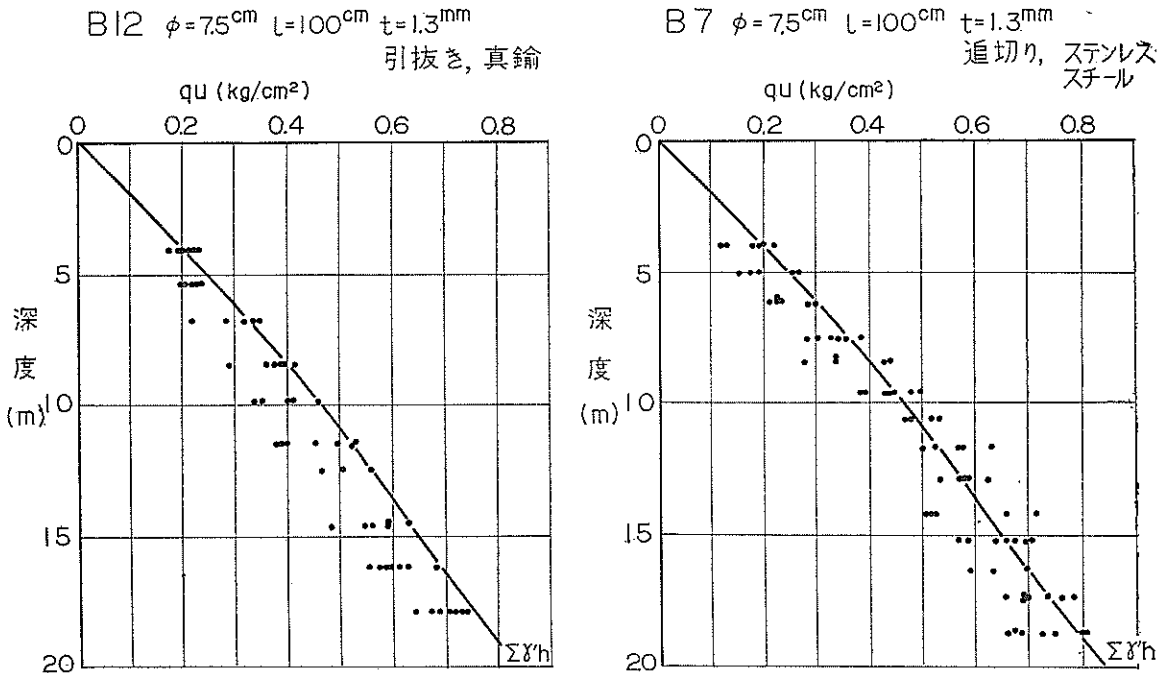


図 8-1 コアーバレルの材質の比較

9. コアーバレルの変形についての室内実験

サンプリング過程における押込み、または引揚、更には採取後の運搬による衝撃などに対してコアーバレルが変形すればチューブ内の土が変形し乱されることになる。この変形量を材質と肉厚の異なるコアーバレルについて測定した。

測定方法はコアーバレルを2枚の鉄プレートに挟み、コアーバレルの軸と直角方向に静的荷重を段階的に加え、載荷した場所のコアーバレルの直径の変化量を測定した。

測定点はコアーバレルの先端から 3, 13, 23, 33, 43cm の5カ所とし荷重は10kg単位で最大 100kgを加えた。載荷装置として一軸圧縮試験機を利用した。荷重測定に

表 9-1

コアーバレルの材質		直 径	長 さ	厚 さ
真	鍍	7.5	1,000	1.0
	〃	7.5	1,000	1.3
	〃	7.5	1,000	1.5
ステンレス・スチール		7.5	1,000	1.3

は、プルービンリング（最大荷重 300kg）を用い、変位量測定にはダイヤルゲージ（最小目盛 1/100 %）を用いた。

この測定に用いたコアーバレルの種類を表 9-1 に示し、測定結果を表 9-2 に示す。コアーバレルの先端か

表 9-2 コアーバレルの外力と変位量の関係表

荷重	位置	位置						位置				
		3 cm	13 cm	23 cm	33 cm	43 cm		3 cm	13 cm	23 cm	33 cm	43 cm
kg		$t/100\text{mm}$										
10		52	27	23	22	18		30	13	9	9	13
20		120	55	46	41	40		50	27	20	21	26
30		167	78	68	64	56		75	41	30	30	38
40	$t = 1.3$	214	101	88	84	82	$t = 1.3$	98	53	40	39	45
50	$l = 1000$	171	128	109	104	100	$l = 1000$	123	65	50	49	53
60	$\phi = 7.5$	324	149	125	121	116	$\phi = 7.5$	150	74	59	56	60
70	真 鍍	378	173	141	139	133	ステンレス	159	82	67	62	65
80		443	196	156	157	148		178	90	74	69	71
90		513	221	176	178	167		199	98	81	76	77
100		584	245	194	195	184		218	105	87	81	82
kg												
10		35	29	15	14	12		71	33	25	24	22
20		67	44	28	26	24		139	66	57	55	50
30		95	57	40	37	34		193	93	81	79	71
40	$t = 1.5$	119	69	51	48	45	$t = 1.0$	252	119	105	103	92
50	$l = 1000$	145	82	62	58	55	$l = 1000$	314	148	129	131	116
60	$\phi = 7.5$	169	91	71	67	65	$\phi = 7.5$	378	174	151	144	136
70	真 鍍	191	100	80	75	74	真 鍍	449	204	172	175	157
80		209	109	87	82	82		515	220	193	195	178
90		228	118	95	89	89		600	261	217	220	201
100		247	126	101	96	96		670	293	244	247	224

ら 3 cm および 43 cm の位置の各荷重に対する変形量を材質および肉厚をパラメータにしてプロットしたものを図 9-1 に示す。

また最大荷重 100 kg を加えたときのコーバレル各位置の変形量を図 9-2 に示す。図 9-1 および図 9-2 によれば、真鍮製の肉厚 1.3% と 1.0% のコーバレルがほとんど同じ変形の傾向を示し、肉厚 1.5% 真鍮製と肉厚 1.3% のステンレス製のものがほぼ同程度の変形の傾向を示している。一番大きく変形する刃先部では肉厚 1.3% の真鍮製で 6%、肉厚 1.0% で 7% の変形量となっている。これに対し、肉厚 1.5% の真鍮製で 2.5%、肉厚 1.3% のステンレス・スチール製のものでは、2.2% の変形量を示し、両者ほぼ同程度の剛度であることがわかった。

コーバレルの製作にあたっては、素材等の違いによっても多少剛度は変わるものと思われるので、発注のさいに材料を指定した上であらかじめ変形量を規制しておくことも考えられる。

今回の実験場の土のように qu 値に対応する軸ヒズミが 2~3% と小さい場合には、コーバレルのわずかな変形が土を乱す大きな要因となることが考えられる。したがってこのような場合剛度が大きく、できるだけ薄肉のコーバレルを用いて試料採取を行なう方が望ましいと思われる。なお、この室内実験のときの荷重はポイント

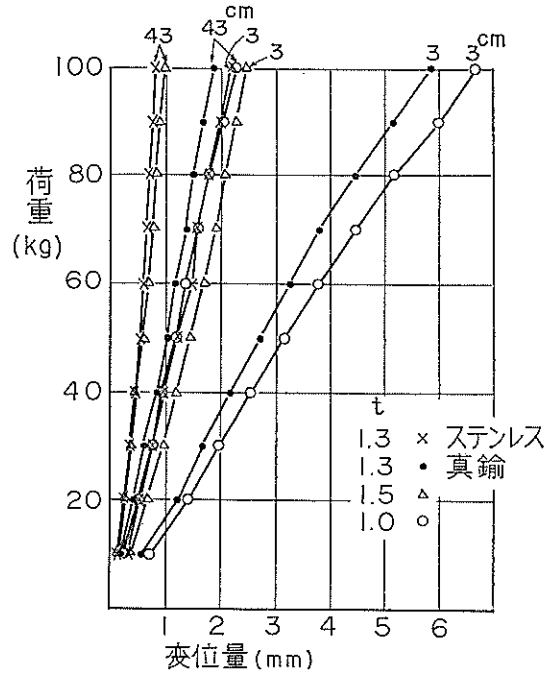


図 9-1 材質および肉厚の違いによる剛度測定結果 (その 1)

荷重に近く、実際の荷重の加わり方とは異なるが、剛度を知る一つの目安として行なったものである。

100 kg 載荷による各点の変形量

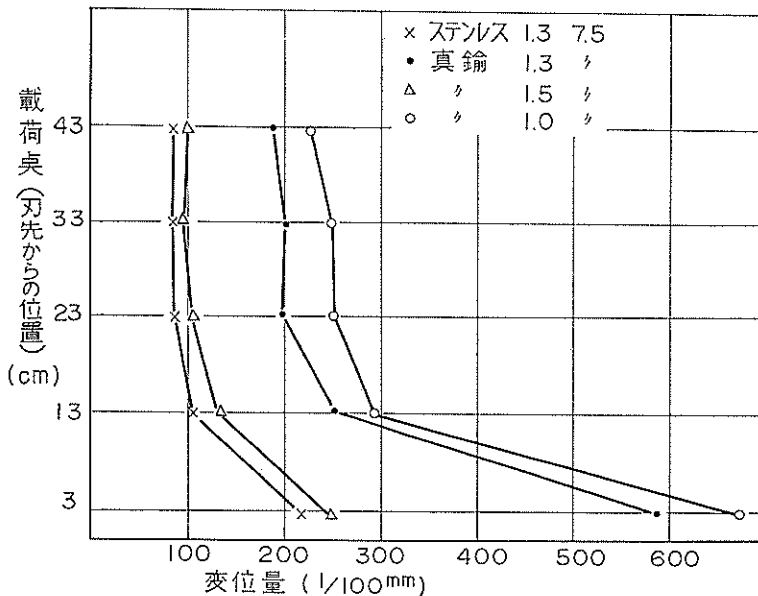


図 9-2 材質および肉厚の違いによる剛度測定結果 (その 2)

10. ボーリング孔の間隔について

前述したように当初の計画では、ボーリング孔の最小間隔を5mに決めていたが、足場の都合で3m間隔となったものがあり、隣接孔の影響と思われる乱れが現われたので、これをその後行なわれた5m間隔のボーリング結果と比較してみた。このqu値の深度分布を図10-1に、qu値に対応する軸ヒズミの深度分布を図10-2に示す。

図10-1、図10-2によれば間隔3mでは、qu値およびそれに対応する軸ヒズミとも、全般的にバラツキが大きく、隣接孔の影響と思われる乱れが明らかに現われている。一方間隔5mとした場合は比較的好くまとまっており、隣接孔の影響はなかったものと考えられる。したがって、ボーリング孔の最小間隔は5m以上必要であるといえよう。

工事に先立つ調査ボーリングなどでは5m以下の間隔で行なうことは稀であるが、ボーリングのやり直しなどで近接して施工する場合充分なる注意が必要である。

11. サンプルに関する10年間の歩み

1956年に錦海湾干拓緒切堤防工事に先立つ土質

調査が実施された。当時はまた、わが国にシンウォールサンプラーが取り入れられてから4年目であり、多くの問題点があったが、このときは、運輸技術研究所の職員立会の下にサンプリングおよび土質試験が行なわれ、当時としては比較的水準の高いものであった。しかし、コアバレルは肉厚1.0%であり、引抜きのために回転を与えて縁切りも行なったし、保存のためのシールも薄いものであった。現在の技術的基準からすれば良好なサンプリングとはいえないが、今回実施した研究実験における一軸圧縮強さと比較してサンプリングに関する10年間の変化について調べてみた。1956年のqu値が最大値であるか、最小値であるか、或いは平均値をプロットしたものが明確ではないので直接の対比をすることは無理であるが、参考までに、今回最良の条件で得たquの最大値と最小値をハッチで示したものと10年前のものと比較してみると図11-1に示す通りである。この図によれば、今回の調査地点に最も近い地点(起点より600m)のquと比較してみてもわかるように最大、最小のいずれにしても今回の方が大きい結果を得ている。

この差は10年前と地盤条件がほとんど変わっていないところからサンプリング方法の進歩並びに技術の向上によるものと考えられる。

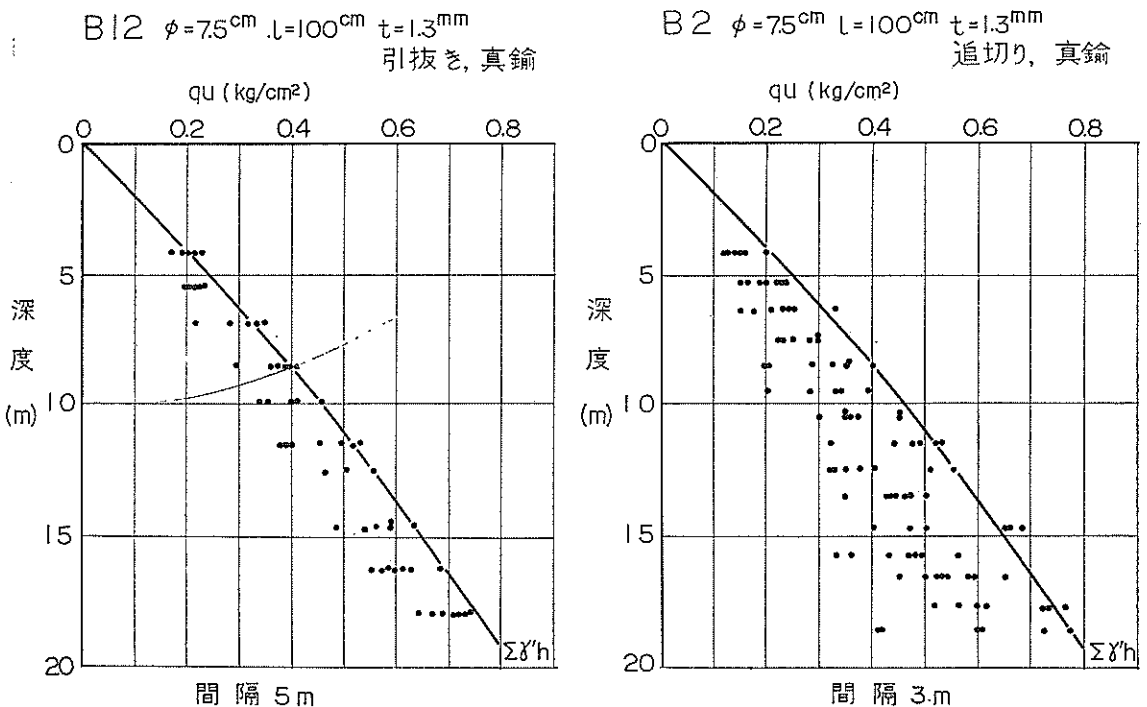
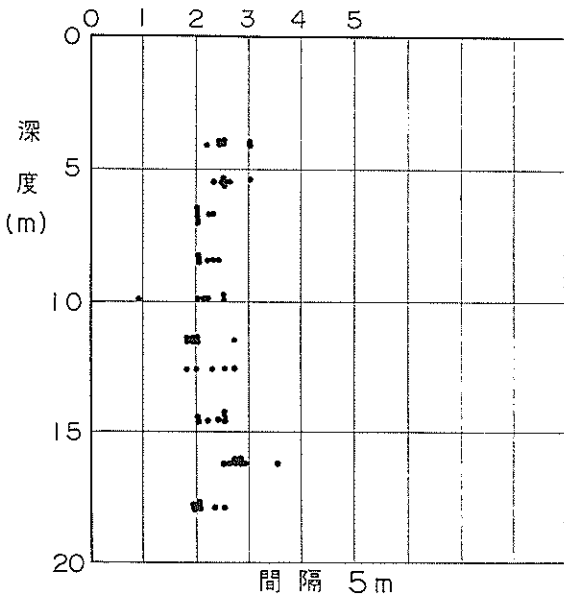


図 10-1 ボーリング孔の間隔による影響

B12 $\phi=7.5\text{cm}$ $l=100\text{cm}$ $t=1.3\text{mm}$
引抜き, 真鍮



B2 $\phi=7.5\text{cm}$ $l=100\text{cm}$ $t=1.3\text{mm}$
追切り, 真鍮

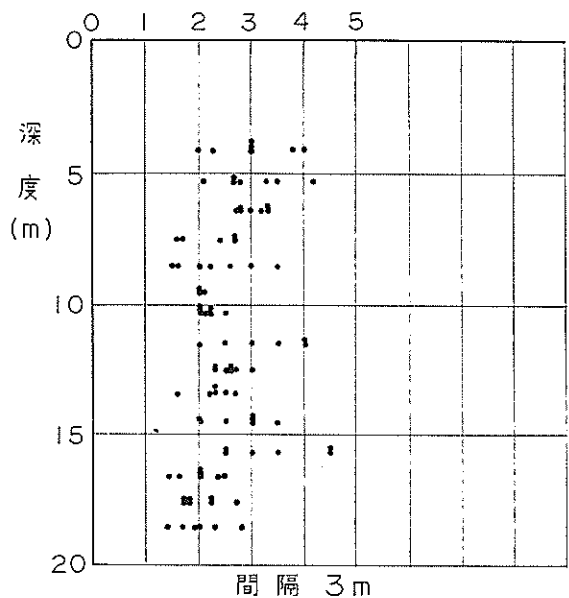


図 10-2 ボーリング孔の間隔による影響

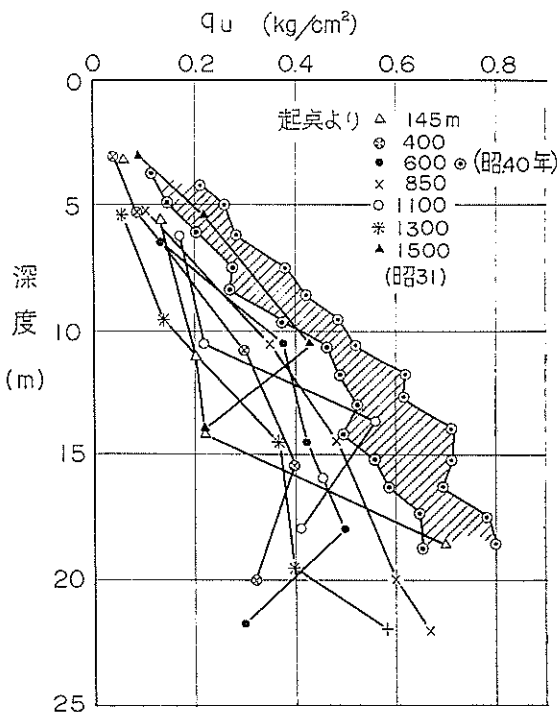


図 11-1 10年前と今回のquの比較

12. 一軸圧縮強さ q_u とその q_u に対応する軸ヒズミの関係について

自然状態の土を採取するさいには、大なり小なり土の乱れはさけられない。その度合が土の試験結果、とくに一軸圧縮強さを考察する上に非常に重要な意味をもってくる。錦海湾の場合のように正規圧密状態の粘土は、前述したように一軸圧縮強さ q_u に対応する軸ヒズミが極めて小さく、2~3%となっている。このような土は、わずかな変形によっても亀裂が生じたり、強度が減少したりする。

このヒズミと強度の関係について、15本のボーリング結果から考察してみる。まず、応力-ヒズミ曲線の原点からの直線部分の傾度すなわち見掛けの変形係数と一軸圧縮強さ q_u の関係を各深度についてプロットしたものを図12-1に示す。

この図によると見掛けの変形係数の大きいほど q_u が大きい。

このように、同一強度を持つと思われる土の傾度が小さいことは、乱れによるものと考えることができる。これを深度に関係なく5~10m間の土についてまとめたものを図12-2に示す。図12-2によれば傾向が更にはっ

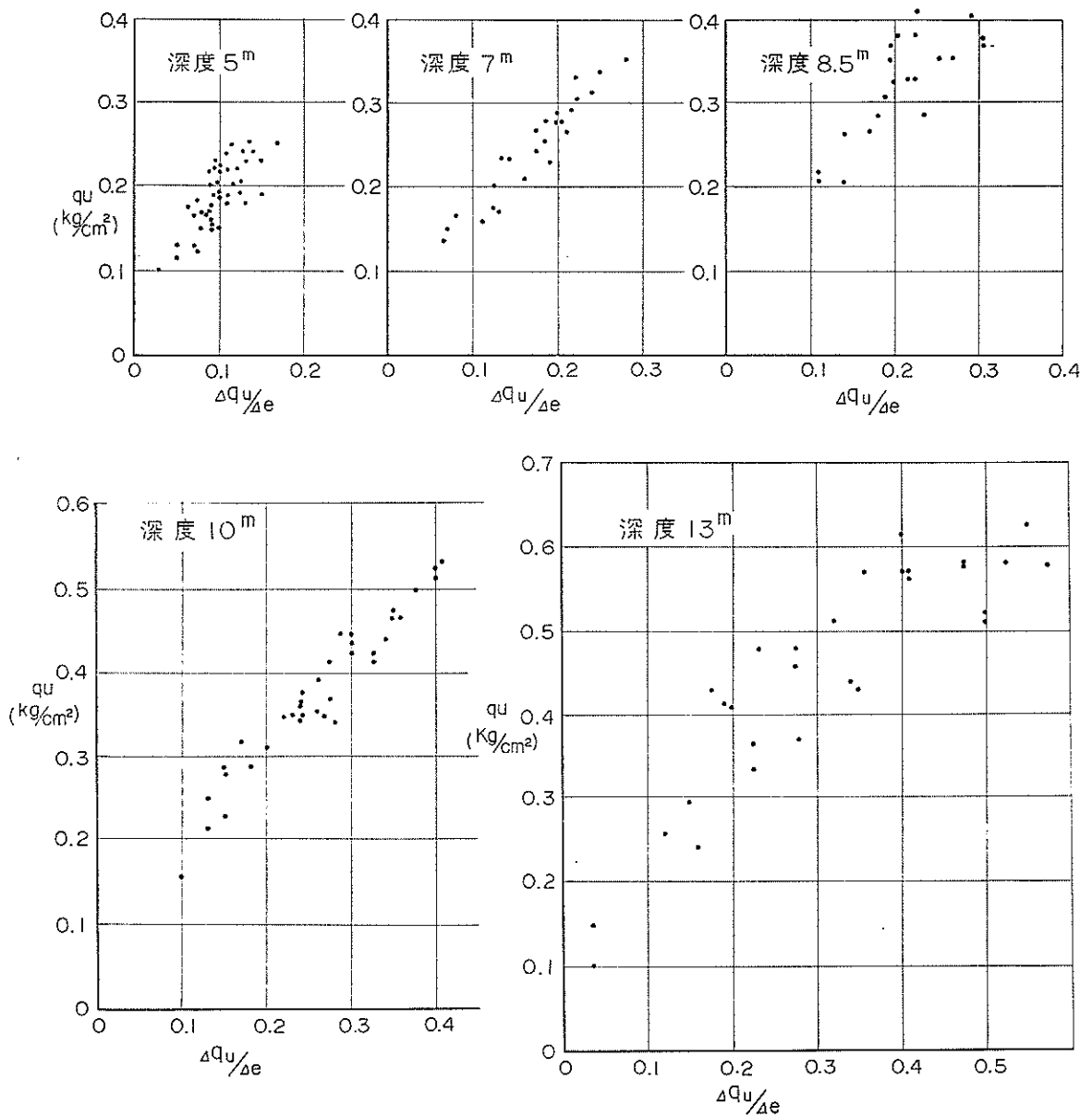


図 12—1 応力ヒズミ曲線の傾度 ($\Delta q_u/\Delta e$) と q_u の関係

きりする。また、傾度と深さの関係を図12—3 (a)(b) に示す。この図からも、傾度が大きい程、 q_u が大きいことがわかる。

13. 結 語

この野外実験は時間的に制約を受け、十分なる比較検討を行なうことはできなかったが、港湾技術研究所の野外

実験場において継続するボーリングおよびサンプリングに関する研究の指針となった。

今回の研究だけで最終的結論を出すことはできないが、これまでに得られた結果を一応まとめてみると次のようになる。

1. サンプリング方法の違い、すなわち、引抜き方法と追切り方法を比較した場合、追切り方法の方がよい結果を得ている。

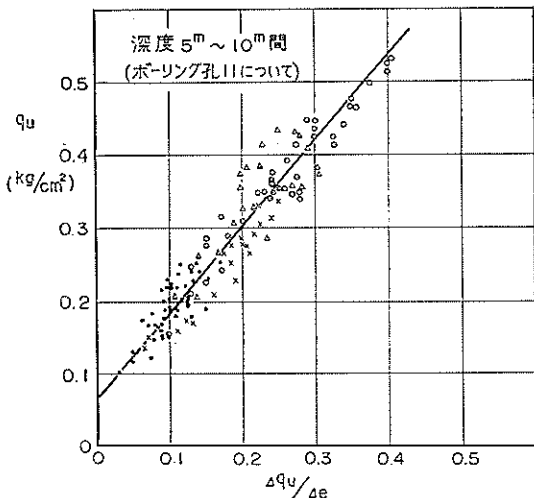


図 12-2 応力-ヒズミ曲線の傾度 ($\Delta qu/\Delta e$) と qu の関係

2. コアーバレルの直径は経済的に許されれば大きい方がよいと思われるが、各力学試験のための供試体寸法から75%が最適であり、剛度の高いものを使用すれば良好な試料が採取できる。ただし今回は直径

の相違のみを調べる試験ができなかったため、この問題は今後の調査において明確にしたい。

3. コアーバレルの長さは内壁摩擦などの点から短い方がよいが種々の土質試験を行なうのに必要な有効長さとしては 80cm 程度がよい。
4. コアーバレルの厚さについては、材質による剛度および刃先形状等の一連の比較実験を行なわなければ結論は出ないが、今回の実験結果から、真鍮製では1.5%、ステンレス・スチール製では1.3%のものが妥当であるといえる。
5. コアーバレルの材質としては剛度の面からみてステンレス・スチールがよい。またこれは使用上からも損傷が少なく、錆にくい点で保存に適し、繰返し使用が可能である利点もある。
6. 隣接ボーリング孔の間隔としては5m以上とする必要がある。
7. 現在ではボーリングおよびサンプリング方法の技術的進歩によって、約10年前の調査において求められた強度にくらべて大きい値を得るようになった。
8. 一軸圧縮試験における応力とヒズミ曲線の傾度は qu 値が小さいほど緩やかで、攪乱の影響を表わす一つの指標であると考えられる。

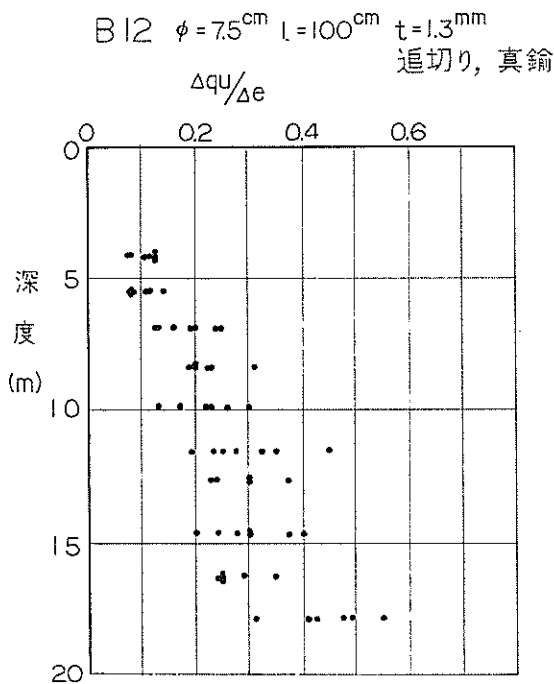
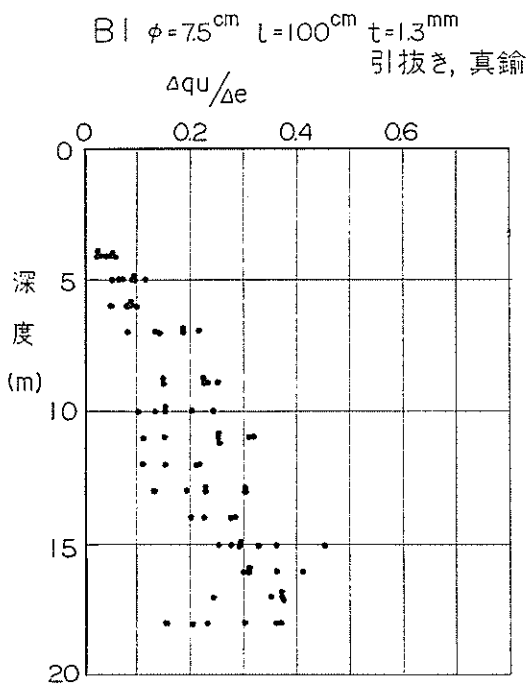


図 12-3 (a) 応力ヒズミ曲線の傾度 ($\Delta qu/\Delta e$) と深度の関係

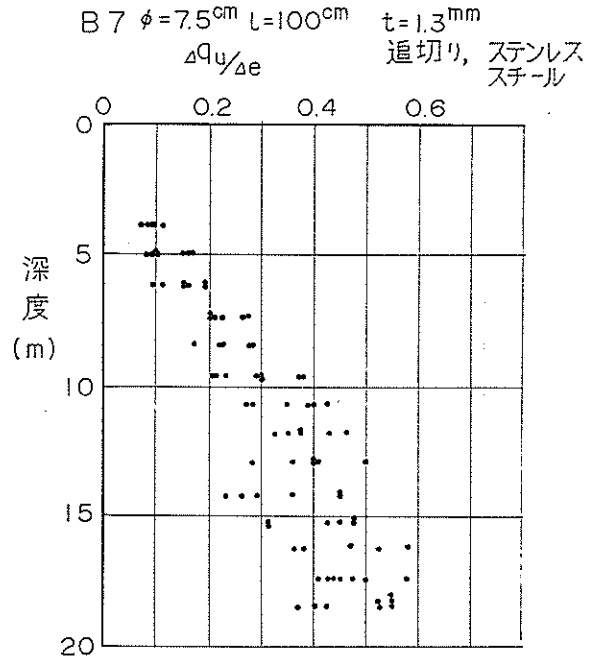
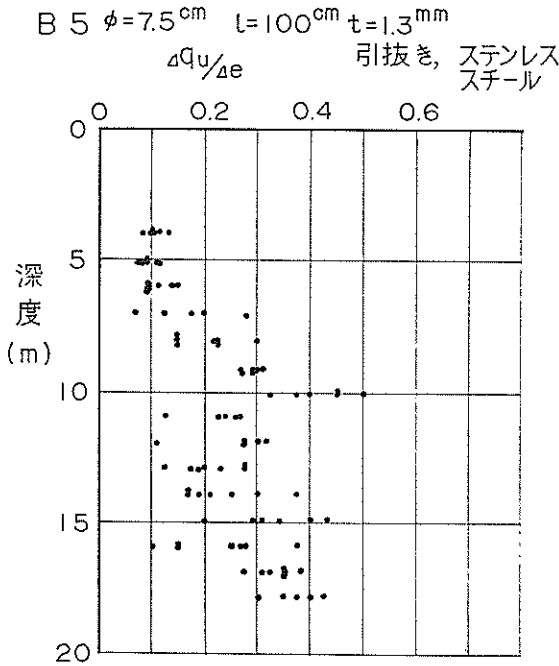


図 12-3 (b) 応力-ひずみ曲線の傾度 ($\Delta q_u/\Delta e$) と深度の関係

14. あとがき

現在、港湾技術研究所の野外実験場においては、今回実施したと同じ目的をもって、同じような実験を、土質を変えて行なっている。現在継続中の実験においては、本報告に示した事項以外に肉厚と刃先の形の関係、直径と肉厚の関係、内径比、シール、押込方法と速度、および、試験時にコアバレルから試料を抽出する方法等について研究をすすめている。これ等の問題については第2報として発表する予定である。

最後に、本野外実験にあたって、終始御協力をいただいた錦海塩業株式会社の各位並びに種々御世話をいただいた長谷川栄博士に深甚なる謝意を表する次第である。

また、報告書作成にあたって多大な御教示をいただいた中瀬土性研究室長に対して深謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) サンプリングに関する 2, 3 の問題
土と基礎特集号 No. 2 柳瀬, 藤下
- 2) 粘土の試料採取法の改良
第21回運研研究発表会 藤下, 柳瀬
- 3) 荷重除去に伴う粘土の膨脹について
港研報告4巻1号 藤下
- 4) 軟弱地盤におけるボーリング
土木ライブラリー (22) 藤下

(昭和41年1月31日 受付)

附録 一 一軸圧縮試験機の自記々録装置

従来の一軸圧縮試験機では手動により圧縮荷重を加え、その荷重の大きさを検力計（ブルーピングリング）により、また、土の変形量をダイヤルゲージによって測定し、その読みをデータシートに記録して、更にそれを応力と歪に換算した上で、応力-歪曲線を描いていた。これ等一連の作業を正確、且つ能率的に行なうために、圧縮方法を電動化し（シンクロナスマーター使用）応力-歪曲線を直接プロットする装置を製作した。以下これについて述べる。圧縮装置は一軸圧縮強さ 2kg/cm^2 までに対して十分なトルクをもったシンクロナスマーターを使用し減速比 $1/50$ の減速機構によって正規回転を与えている。

なお、この装置の特徴は試験結果に悪影響を及ぼすモーターの振動が手では感じられない程度に小さいことである。一方応力-歪曲線を描かせる装置の構成は付図一1および写真付一1の如く差動トランスのコアに与えられた機械的変位を電気的に変換して増幅しX-Yレコーダーに記録するものである。差動トランスの最大変位量は、応力測定用については3%、歪量測定用は14.4%であり、高感度、高精度に基く充分な直線性をもっている。

増幅器（変位測定器）はパネル面で応力と歪に区別し、差動トランス励磁用の交流電源（周波数 1.2KC/s ）を発生するCR発振器及び電源電圧変動誤差、温度誤差、周波数誤差、導線抵抗誤差、直線性誤差等を消去する自動補償回路と差動トランスの出力（2次コイルに発生する電圧）を整流して、所定の直流を出力端子に導く測定調整回路から成っている。またパネル面では応力と歪に区別し、フルスケールの検定調整を行なうためのスケール調整、ボリュームおよび差動トランスの零点微細調整に零調整ボリュームを設け、応力を測定する 15kg と 20kg のブルーピングリングの変形量1%と3%を、それぞれフルスケールにできる切換ダイヤルが設けられている。

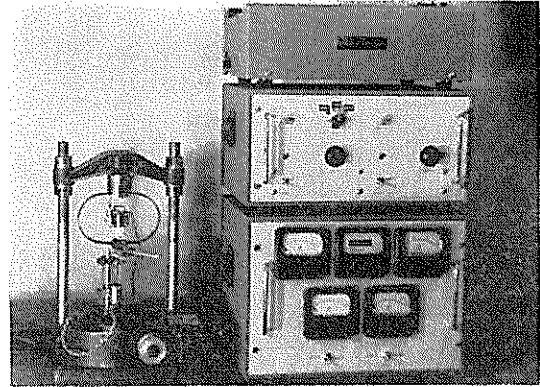
X-Yレコーダーは、他のデータシートの大さき（寸法）やデータ整理の関係から記録紙はA-4判とし、回路は全トランジスター式で完全な温度補償が施されたものであり、性能は次の通りである。

追従速度 Xフルスケール 1秒 } 以内
 Yフルスケール 0.6秒 }

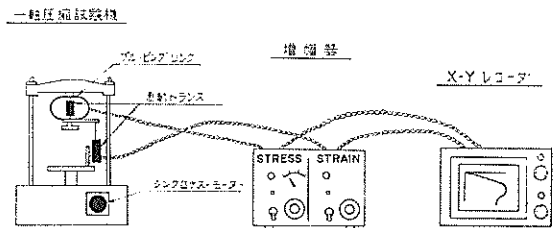
精度 X, Y共 $\pm 0.4\%$ 以内

零点 全域設定可能

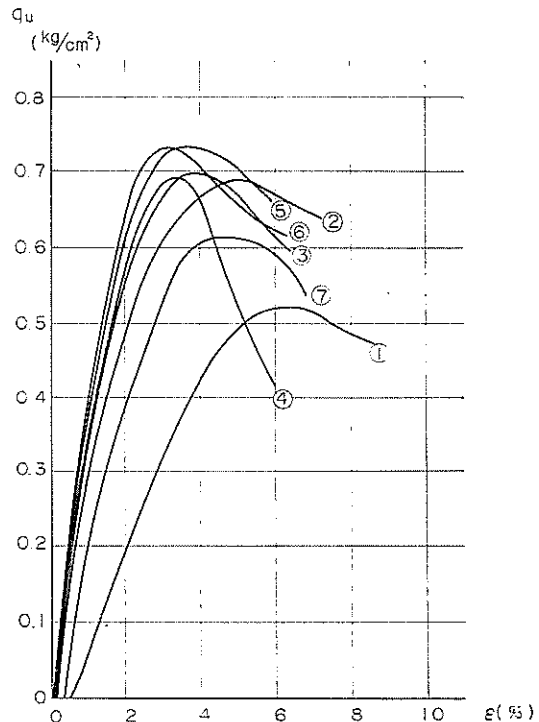
入力抵抗 不平衡時 $15\text{K}\Omega$



写真付一1



図付一1 一軸圧縮試験自記々録装置



図付二 一軸圧縮試験自記々録により画いた応力ヒズミ曲線

測定電圧 X, Y共 0.5, 1, 5, 10, 50, 100,
500^{mV}/m, 1, 5, 10, 20^V/cm, の11レン
ジ切換可能, 但し, 本試験には0.5^{mV}/cm
のみを使用している。

消費電力 20W

電 源 AC, 100V, 50または60^C/s共用
なお, 本装置によって得た応力-歪曲線は付図-2に
示す通りである。

港湾技術研究所報告 第5卷4号

1966年1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 誠文堂印刷工業株式会社
川崎市荻宿531-2