

2/15

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

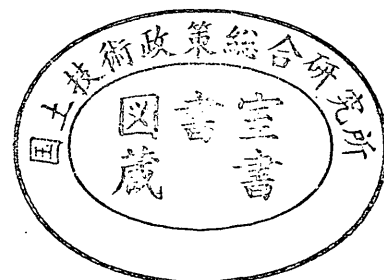
---

VOL. 8

NO. 1

MAR. 1969

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8巻 第1号 (Vol. 8, No. 1), 1969年3月 (March 1969)

## 目 次 (CONTENTS)

1. Measurement of Wind Velocity Fluctuations over Waves in a  
Wind-Wave Tunnel .....Hajime KATO and Kikuo SANO..... 3  
(風洞水路における波の上の風速変動の性質について.....加藤 始・佐野喜久雄)
2. 沖積粘土層におけるサウンディング (数種の方法による試験結果について)  
..... 柳瀬重靖..... 37  
(Soundings in the Alluvial Clay Stratum (On the results of several methods)  
..... Shigeyasu YANASE)
3. 粘土試料の攪乱に関する研究 (第1報)  
——繰り返し三軸圧縮試験による攪乱実験—— .....奥村樹郎..... 59  
(Studies on the Disturbance of Clay Samples (1st Report)——Remolding Tests  
by the Repeated Triaxial Compression—— .....Tatsuro OKUMURA)
4. 飽和砂層の振動性状 .....荒井秀夫・梅原靖文..... 85  
(Vibration of Saturated Sand Layers .....Hideo ARAI and Yasuhumi UMEHARA)
5. 音響測深機に関する研究 .....木原純孝.....123  
(Study on Echo-Sounder.....Sumitaka KIHARA)
6. 砂, 砂利混合時の浚渫ポンプの特性  
..... 八木得次・宮崎昭児・奥出 律.....165  
(Characteristic of the Dredging Pump in Case of Mixed with Sand and Gravel  
..... Tokuji YAGI, Shoji MIYAZAKI and Tadasu OKUDE)

## 2. 沖積粘土層におけるサウンディング (数種の方法による試験結果について)

柳瀬重靖\*

### 要 旨

港湾工事に關する沖積粘土層の土質調査において、サンプリングによる  $q_u$  の測定に代る迅速簡便な方法として各種サウンディングの適用性の検討、およびその測定結果の設計資料としての精度ある実用化を目的として、スキメーター、静的円錐貫入試験について現地測定および実測資料により、使用法、 $q_u$  との関連性などについて検討し、測定方式に關係なく単位抵抗断面積あたりの抵抗値がほぼ  $5q_u$  に相當することが認められた。また、標準貫入試験についても現地測定、既往資料の検討により、 $q_u$  が  $1 \text{ kg/cm}^2$  程度にならないと測定が不能であり、従来提案されている關係が  $q_u$  に対して過小評価である場合の多いことを確認した。

---

\* 土質部 地盤改良研究室長

## 2. Soundings in the Alluvial Clay Stratum

(On the results of several methods)

Shigeyasu YANASE\*

### Synopsis

The suitability of sounding methods and the relations between the recordings of soundings and the unconfined compressive strengths  $q_u$  were investigated for the alluvial clay stratum in the harbour districts.

In this work, conventional sounding methods such as standard penetration test, iskyrometer test and several static cone penetration tests were used.

These results suggest that;

- 1) There are many cases that the standard penetration test is not applicable if  $q_u$  is under than 1 kg/cm<sup>2</sup>, and the old proposals of  $N/q_u$  is underestimation for  $q_u$ .
- 2) The static sounding resistances roughly equal to 5  $q_u$  irrespective of the testing methods.

---

\* Chief of Soil Stabilization Laboratory, Soils Division.

## 目 次

要 旨	37
1. ま え が き	41
2. 検討を行なったサウンディングの種類および試験箇所	41
2-1 サウンディングの種類	41
2-2 試験箇所	41
3. 測定結果	43
3-1 標準貫入試験	43
3-2 イスキメーター	47
3-3 WES 型静的円スイ貫入試験機	54
3-4 貫入抵抗先端測定式静的円スイ貫入試験機	54
4. ま と め	55
参考文献	58

1. まえがき

サウンディングは、円錐・翼など種々の型の抵抗体を地中に挿入し、打込、圧入、引抜、回転などに対する地盤の抵抗力を測定し、原位置のセン断強度、密度などを推定する土質調査法で、直接原位置において測定が行なわれることと、比較的操作が簡単なことから、地盤条件に対して適切な方法を選択すれば、乱れの影響を避けることのできないサンプリングに比べて、精度的にも調査密度においても非常に有力な調査手段となる。しかし、地中から試料を採取できる形式のものは非常に少なく、これだけでは土質の判定、圧密や透水性などに関する資料は得られず、サンプリングとの併用が必要であり、また、サウンディングによる測定結果を設計に使用するには、現在のところ、サンプリングによる乱さない試料の試験結果と比較検討を行なわねばならない。従来、わが国の港湾工事においては、粘性土地盤におけるサウンディングの実施例が少なく、サウンディングの結果を精度良く設計へ使用するには資料が不足である。このため設計への実用化の精度向上を目的として、数種のサウンディング方法について現地試験あるいは測定結果の検討を実施中であるが、現在までに得られた結果についてここ

に報告する。なお、ベーン試験に関しては今回は省略する。

2. 検討を行なったサウンディングの種類および試験箇所

2-1 サウンディングの種類

これまでに行なったサウンディングの種類は表-1のごとくである。

2-2 試験箇所

港研で直接現地試験を行ない、あるいは立合測定を行なった箇所は次の3箇所である。

港研野外実験場（久里浜）

錦海湾干拓地

羽田地下道調査工事施工箇所

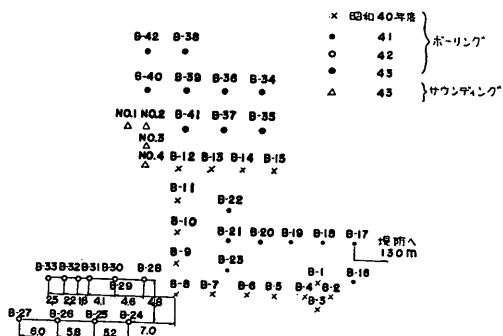
各所における試験位置および地盤の代表的土性は図-1, 2に示す。

港研久里浜野外実験場は、内湾に堆積した沖積粘土地盤で、現在は湿地帯となっており、地表面付近に水位がある。43年度に使用した場所は表層付近に50cm厚の砂層が存在し、41年度の使用場所と地盤の強度はいくぶん異なる。両箇所共、貝片の混入が多く試験の精度にいくぶんかの影響を与えているものと思われる。

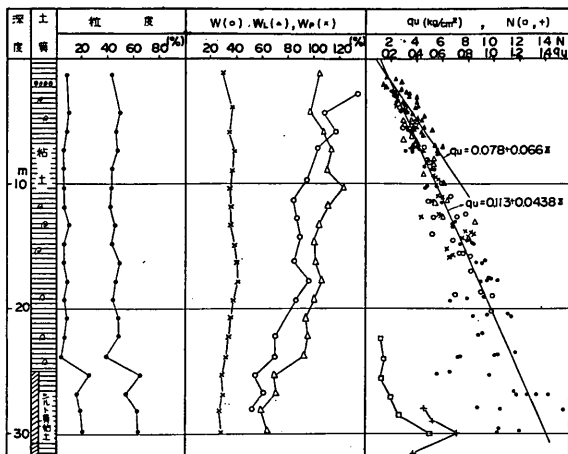
表-1 検討を行なったサウンディング一覧表

種類	抵抗体	使用ロッド	測定法	備考
標準貫入試験	スプリットサンプラー 外径 5.1 cm 内径 3.5 cm 全長 81 cm	40.5 mm または 42.0 mm	重錘 63.5 kg } に対する 落下高 75 cm } 打撃数 $N$ 貫入量 30 cm } を測定	ボーリング孔必要 本打前に15 cmの予 備打を行なう。
イスキメーター SGI型	抵抗翼平型 抵抗断面積 104 cm <sup>2</sup>	押込用 40.5 mm	ワイヤによる連続引抜に 対する抵抗を測定、 $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )を求める 引抜速度 1 cm/sec	最大深度までロッド により圧入、ロッド 引上後ワイヤにより 引抜
鉄研A型	抵抗翼断面二等辺三 角形 抵抗断面積 40 cm <sup>2</sup>	40.5 mm または 33.5 mm	ワイヤ直径 6 mm また は 8 mm	
静的貫入試験 WES型二重管式	コーン 先端角度 30° 抵抗断面積 6.6 cm <sup>2</sup>	外管 27 mm 内管 16 mm	静的圧入に対する貫入抵 抗を測定、 $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )を 求める。 押込速度 1 cm/sec	小型軽量可搬式
“(抵抗先端測定式) 興亜式コーン	コーン 先端角度 60° 抵抗断面積 33 cm <sup>2</sup>	50 mm	”	コーンに隣接して抵 抗測定用リングを取 付。
“( ” ) 鹿島式コーン	コーン 先端角度 60° 抵抗断面積 10 cm <sup>2</sup>	33.5 mm	” 押込速度 1 cm/sec	コーンに隣接して、 ロードセルを設置

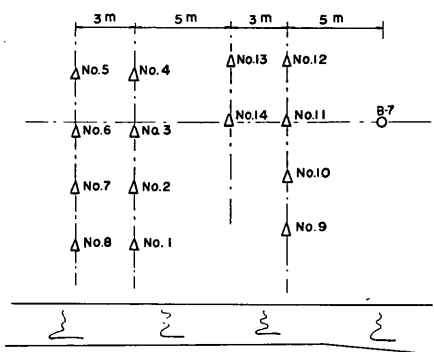
錦海



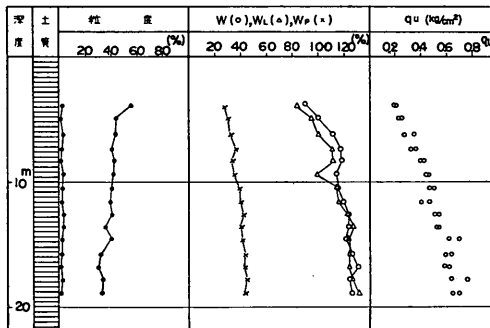
港野野外実験場



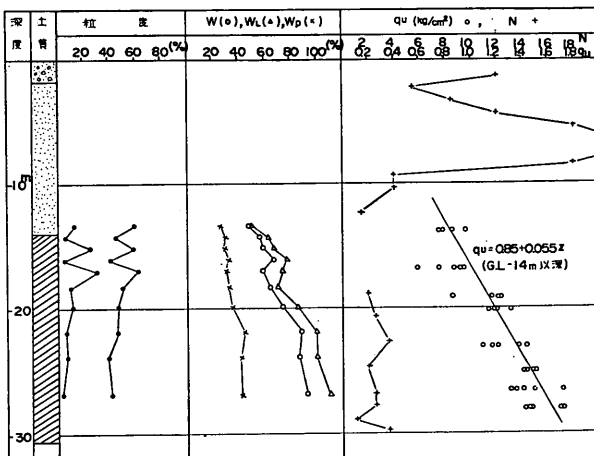
一港石野野外実験場



錦海 No. 3



羽田空港地下道 No. 5



羽田空港

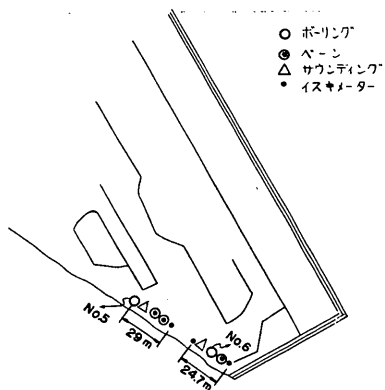


図-1 サウンディング実施位置

図-2 試験箇所土性図



沖積粘土層におけるサウンディング

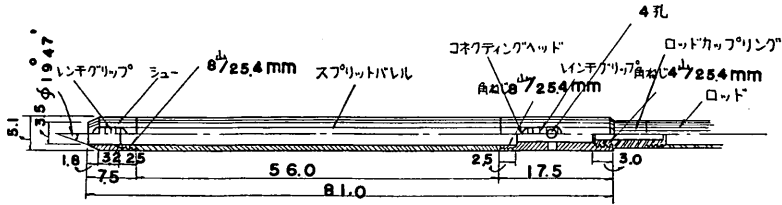


図-3 標準貫入試験用サンプラー

錦海湾干拓地は昭和33年に干拓されたもので、試験箇所は締切堤防より約 200 m 内側で水位はほぼ地表付近にあり、-30 m 付近まで沖積粘土が堆積している。

羽田地下道調査工事施工箇所は地表より -14 m 付近まで砂層、以下粘土層となる沖積地盤である。

3. 測定結果

3-1 標準貫入試験

標準貫入試験は、ボーリング孔底において 図-3 に示すスプリットサンプラーをあらかじめ 15 cm 地中に打込んだ後、63.5 kg の重錘を 75 cm の高さから自由落下させて 30 cm 貫入させるに要する打撃数  $N$  値を測定するもので、乱れの程度は大きいと同時に試料が採取されるので土質の観察、簡単な分類試験などを行なうことができる利点がある。しかしながら、先端の抵抗断面積に比べて貫入体の重量が大きいため、軟弱粘性土ではその自重のみ、あるいはさらに重錘の静的载荷のみで規定量以上の貫入を生じ、打撃試験を実施できない場合が多く、従来の実施例から見れば一軸圧縮強度  $qu$  が  $1 \text{ kg/cm}^2$  程度となって漸く測定が可能となることが認められている。この場合も自重による貫入量が予備打貫入規定量の 15 cm を超えることが多い。したがって、従来使用されることの多かった  $N=qu/8$  なる関係は（それ自体非常にばらつきの大きいものの平均値であり、また、 $qu$  が如何なる状態の試料について測定されたものか不明であり、この使用に際しては多くの問題点がある。）一般の粘性土においても最近認められてきた所であるが、通常の沖積粘土においても  $qu$  に対してはあまりに過少評価であり、成立しないことは明瞭である。港湾工事においては設計基準その他で通常の沖積粘土に対して標準貫入試験は実施しないことに規定されており、この試験に関する資料は多くない。ここでは野外実験場で行なった試験機自重貫入量と  $qu$ 、および  $qu$  と  $N$ 、また主として第二港湾建設局管内の資料について  $qu$  と  $N$  に関する資料を得るために検討を行なった。

野外実験場におけるボーリング No. 7 はドリルパイプ方式、ボーリング No. 8 はコアチューブ方式によるもので、両者の孔径はそれぞれ 11 cm 以上および 8.5 cm 以上で、試験結果には孔径の相異による影響が含まれていると思われる。

(1) 試験機の自重貫入量と  $qu$

試験機、接続ロッド、locking head およびガイドロッドの自重による貫入量と、この状態で貫入停止後衝撃を与えぬよう打撃用重錘を载荷した時の全貫入量と、それぞれの場合の貫入体重量との比、すなわち、重錘载荷前後の単位荷重あたりの貫入量と  $qu$  との関係を 図-4 に示す。ボーリング No. 7 に比べて No. 8 ではばらつきが大きいが一応の相対関係を示しており、重錘载荷時の荷重に対する貫入量がいくぶん大きい。静荷重、貫入量および  $qu$  の関係が次式で表わされるものとすれば以下の関係が得られる。

$$W = (\alpha P_A + \beta S_A S) qu$$

ここに  $W$ : 貫入体全重量

$P_A$ : 試験機先端断面積

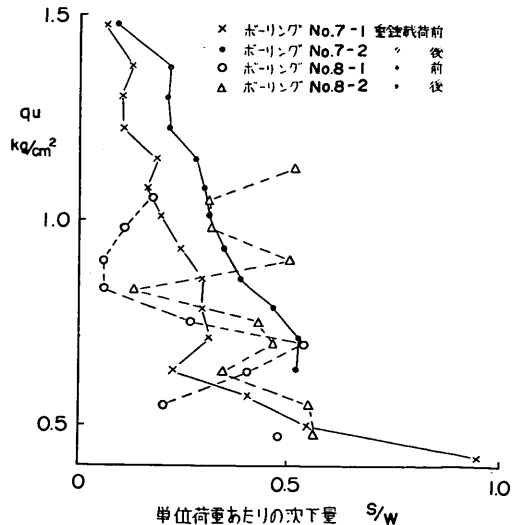


図-4 標準貫入試験機単位荷重あたりの貫入量と  $qu$

- $S_A$ : 試験機単位長さあたりの周面積
- $S$ : 試験機の貫入量
- $q_u$ : 測定位置における一軸圧縮強度
- $\alpha$ : 先端抵抗の  $q_u$  に関する係数
- $\beta$ : 周辺抵抗の  $q_u$  に関する係数

ボーリング No. 7

重錘载荷前  $W=(4.97A_p+0.028A_s)q_u$

" 後  $W=(5.45A_p+0.079A_s)q_u$

ボーリング No. 8

重錘载荷前  $W=(5.74A_p+0.046A_s)q_u$

" 後  $W=(9.80A_p+0.030A_s)q_u$

これらの結果を使用すれば、測定地盤の深度と  $q_u$  および貫入体の自重沈下量の関係を推定することができ

る。図-5 にこれらの関係を示す。図-5 は貫入体の自重沈下が予備打規定量に相当する 15cm で停止し、正規の試験が可能となる場合の貫入体重量と  $q_u$  の関係を示す。支持力公式で求めた関係も参考として示した。ボーリング No. 7 の結果を使用すると、 $q_u$  が  $1 \text{ kg/cm}^2$  であった場合の極限荷重は約 130 kg であり、重錘を含めた貫入体重量がこれに等しくなるのはノッキングヘッド以下の深度が約 7m の場合であるから、これ以下の深度では貫入体重量が極限荷重を超えるので測定ができないことになる。打撃試験前の貫入体の自重沈下を 50cm 程度まで許容したとしても、 $q_u$  が  $1 \text{ kg/cm}^2$  である場合は約 15m 以上の深度では測定できないこととなる。

上記の貫入体重量および  $q_u$  に関する関係式を使用す

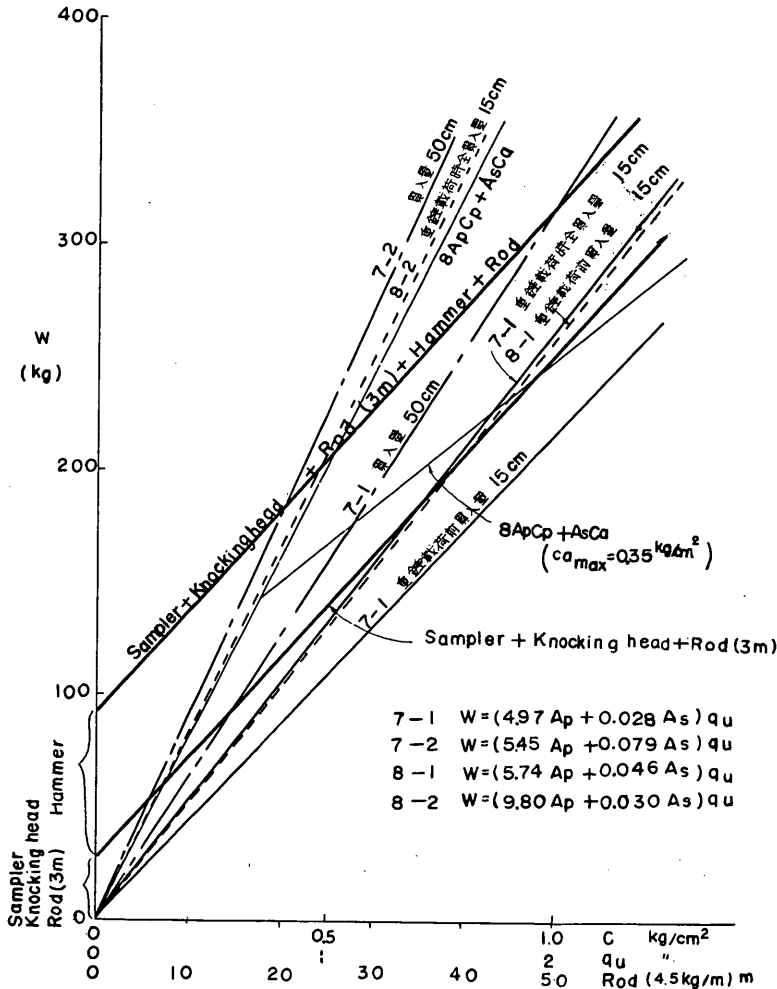


図-5 標準貫入試験が可能となる場合の地盤の  $q_u$  と貫入体重量

れば、試験機貫入量から  $q_u$  を推定することができるが、これらの関係は粘土の鋭敏比、砂の混入量、貝片の存在などの他に人為的なものも含めて測定条件によって異なると思われるので精度は期待できない。

参考までにボーリング No. 7 の結果を使用して  $q_u$  を推定してみると、重錘载荷時のノッキングヘッド以下のロッド長が 20 m であった場合の  $q_u$  は  $1.34 \text{ kg/cm}^2$  となり、また、ノッキングヘッドに直接スプリットサンプラーを取付けた場合の貫入量 15 cm に対する  $q_u$  は  $0.72 \text{ kg/cm}^2$  となり、これ以上の  $q_u$  でなければ  $N$  値の測定はできないことになる。

以上のことから少なくとも  $q_u$  が  $1 \text{ kg/cm}^2$  程度以上の場合でないと  $N$  値の正規な測定を行なう前提条件が完全に満足されないであろうことが推察される。

(2)  $N$  値と  $q_u$

図-2 に示したごとく、この粘土層においても  $N$  値は  $q_u$  が  $1 \text{ kg/cm}^2$  程度となる付近までは測定が不可能であった。スプリットサンプラーは断面積比が大きく衝撃も大きいのでこれで採取された試料の乱れの程度は大きい。その程度は土質や採取条件によっても異なると思われるが、参考例として 図-6 に野外実験場の場合の  $q_u$

の測定結果を、乱さない試料の  $q_u$  の平均勾配と比較して示した。この場合は深度の大きい方ではほぼ 1/2 程度以下にまで強度が低下している。

図-7 に  $N$  値と  $q_u$  の両者が測定されている地盤の実測値を示す。港研野外実験場以外の資料はすべて同一ボーリング孔内において接近した位置で測定されたものである。 $q_u$  はすべてシンウォールサンプラーにより採取された試料につき測定されたもので、一本のサンプリングチューブについて数個(最大 8 個程度)の試験が行なわれている。港研以外の資料では供試体の状態についての詳細な資料がないので、 $q_u$  測定値の最大値\*をとり、圧縮歪が 7% 以上のもの\*および  $q_u$  が深度方向に増加するものとしてこの傾向から大きく外れているものを乱れのために過少な値を示すものとし、これら以外のは乱れが少なくほぼ正当な値を示すものとして取扱った。図において、乱れたと思われる試料の  $q_u$  を使用した場合の  $N/q_u$  は明らかに大きく、また、 $N < 5$  の範囲で  $q_u < 1 \text{ kg/cm}^2$  の場合が多いことも  $q_u$  の実測値が過少であることを示していると思われる。過少と思われる  $q_u$ 、正当であると思われる  $q_u$  いずれの値を使用した場合でも  $N$  と  $q_u$  の関係のばらつきが大きいことは、ボーリングや  $N$  値測定の技術、粘土の鋭敏比、砂や貝片などの混入程度、サンプリングの技術や深度増大によるサンプリングの困難性、粘土が硬くなるとサンプリングから試験までの段階で試料にクラックの生ずる機会が多くなることなどの影響により、 $N$  値と  $q_u$  両者の実測値の精度が低下することによるものと考えられる。図-8 に示した  $N/q_u$  のヒストグラムによっても乱れにより過少となったと思われる  $q_u$  を使用した場合の  $N/q_u$  が大きいことがわかる。しかしながら、この場合でもその平均値は 4 以下であり従来使用されることの多かった  $q_u = N/8$  に比べれば遙かに小さい。また、図-7 より沖積粘土層においては、 $q_u = 1 \text{ kg/cm}^2$  程度とならないと  $N$  値の測定の不可能な場合の多いことも明瞭である。

図-9 に粘性土の  $q_u$  と  $N$  値に対して提案されている種々の関係と比較するために、図-7 の乱れの少ないと思われる試料の実測値を示したが、従来の関係が  $q_u$  に

\* サンプリングチューブ内で乱れの少ないと思われる部分の  $q_u$  の平均値は最大値の 90% 程度であり、圧縮歪 7% を乱れの限界としたことはかなり安全側であると思われ、また、深度方向の傾向から外れた  $q_u$  でも圧縮歪が 7% 以下のものを乱れが少ないとして取扱った場合のヒストグラムは 図-8 の場合とほとんど傾向は変わらないので、この考え方で危険はないと思われる。

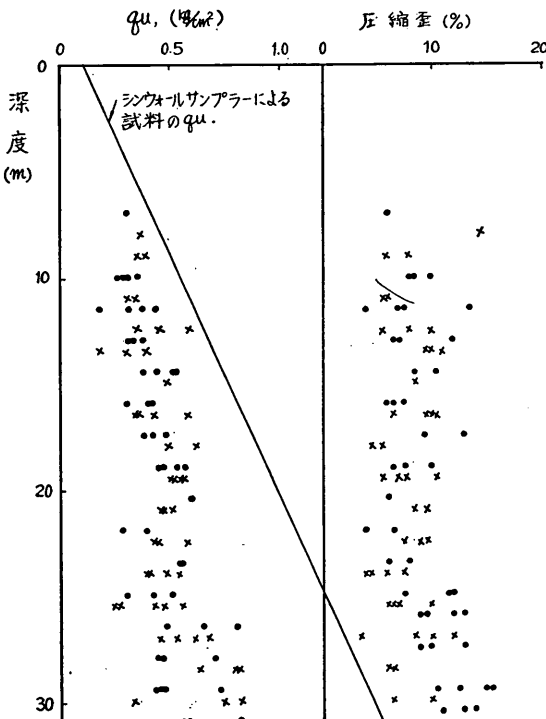


図-6 標準貫入試験用サンプラー採取試料の  $q_u$

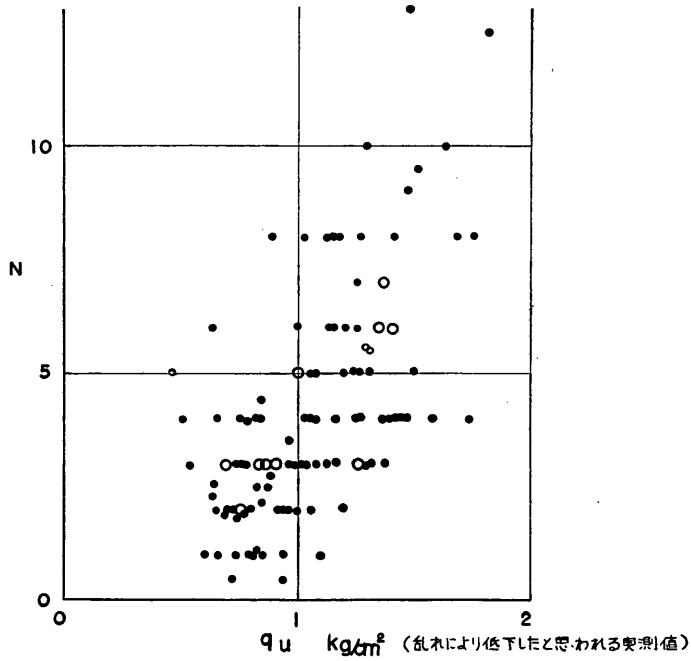
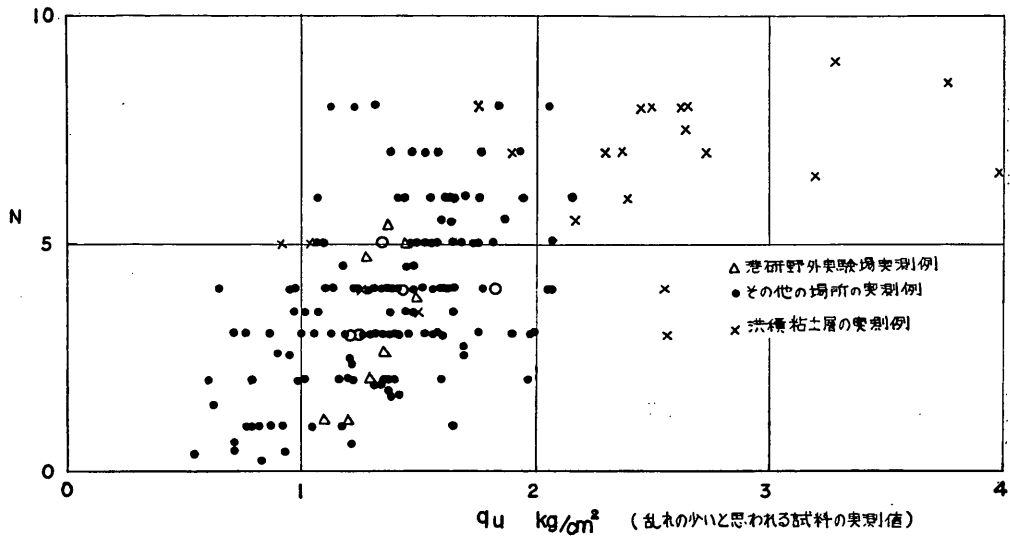


図-7 港湾地帯の粘性土における  $N$  値と  $q_u$

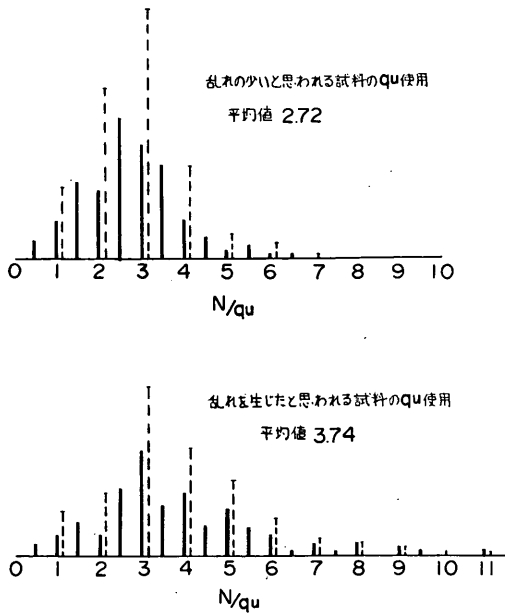
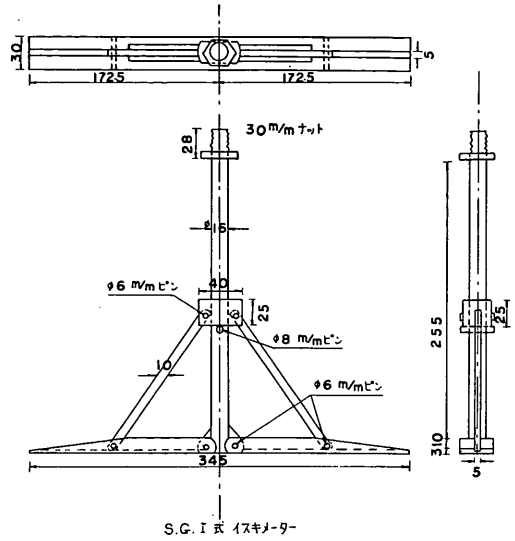


図-8 港湾地帯の粘性土の  $N/q_u$  のヒストグラム

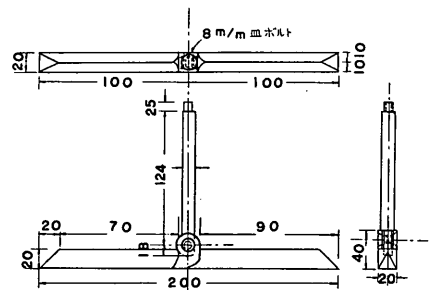
対して過少評価となる場合の多いことがわかる。

### 3.2 イスキメーター

イスキメーターはワイヤロープを取付けた折たたみ式の抵抗翼を調査を行なう地盤の最大深度までロッドにより押し込み、ロッドのみを引上げた後ワイヤロープを捲上げて連続的に引抜抵抗を測定するものである。引抜抵抗は抵抗断面単位面積あたりの値を  $q_i$  で表わして使用する。抵抗翼の形式は種々のものが使用されており、従来



S.G.I 式 イスキメーター



鉄杆式 イスキメーター

図-10 使用したイスキメーター

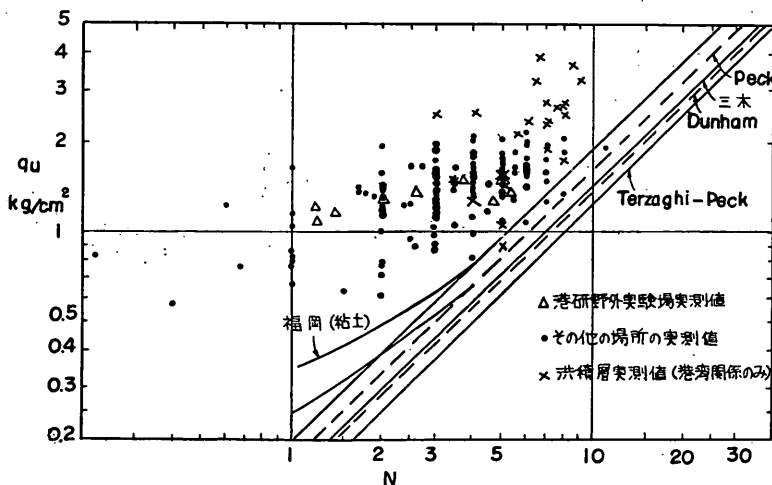


図-9 粘性土の  $q_u$  と  $N$  の関係

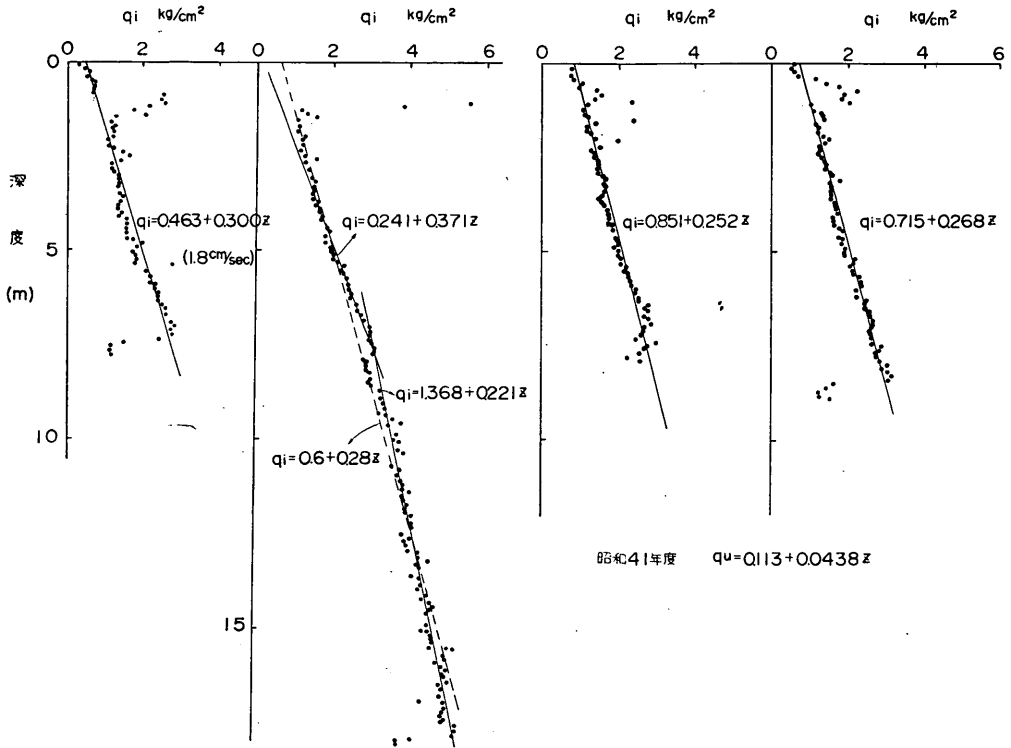


図-11.1 港研野外実験場  $q_i$  測定結果 (SGI 型, 40.5 mm ロッド, 引抜速度 1 cm/sec)

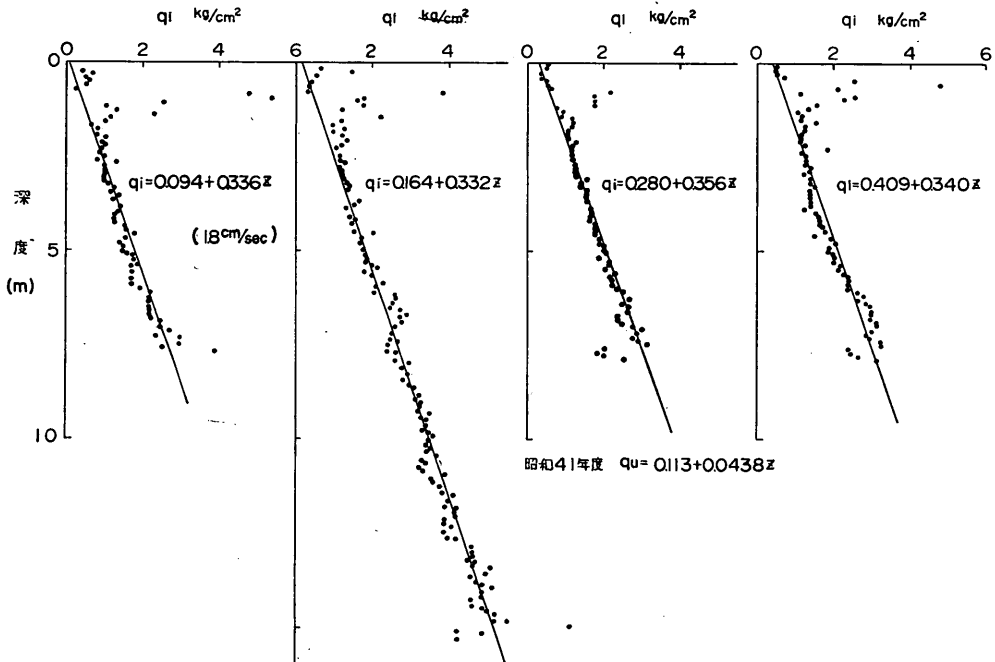
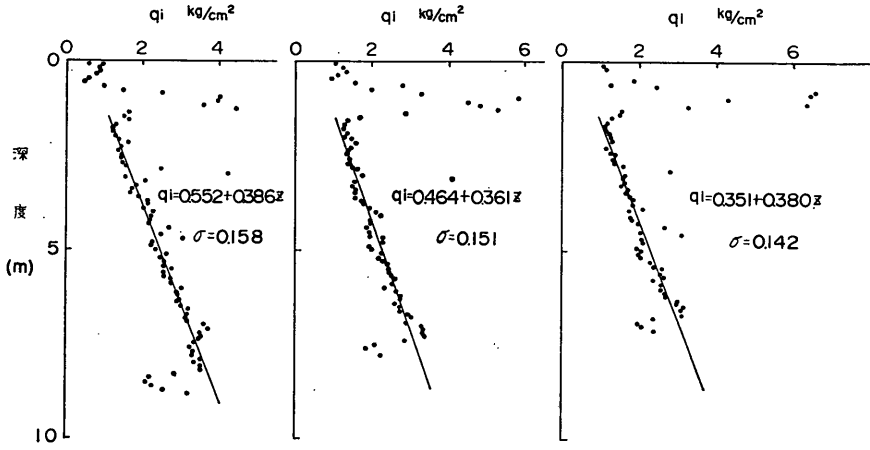


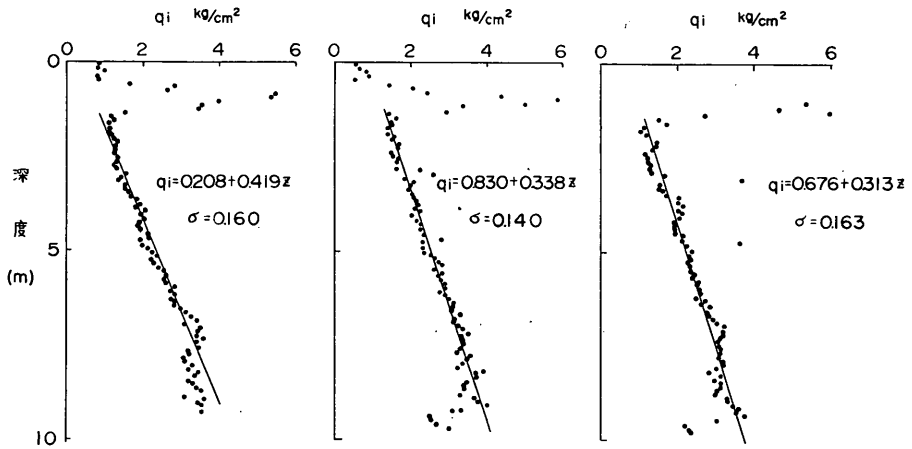
図-11.2 港研野外実験場  $q_i$  測定結果 (鉄研A型, 33.5 mm ロッド, 引抜速度 1cm/sec) —

沖積粘土層におけるサウンディング



昭和43年度  $q_u = 0.078 + 0.066z$

図-11.3 港研野外実験場  $q_i$  測定結果 (鉄研A型, 40.5 mm ロッド, 引抜速度 1 cm/sec)



昭和43年度  $q_u = 0.078 + 0.066z$

図-11.4 港研野外実験場  $q_i$  測定結果 (鉄研A型, 33.5 mm ロッド, 引抜速度 1 cm/sec)

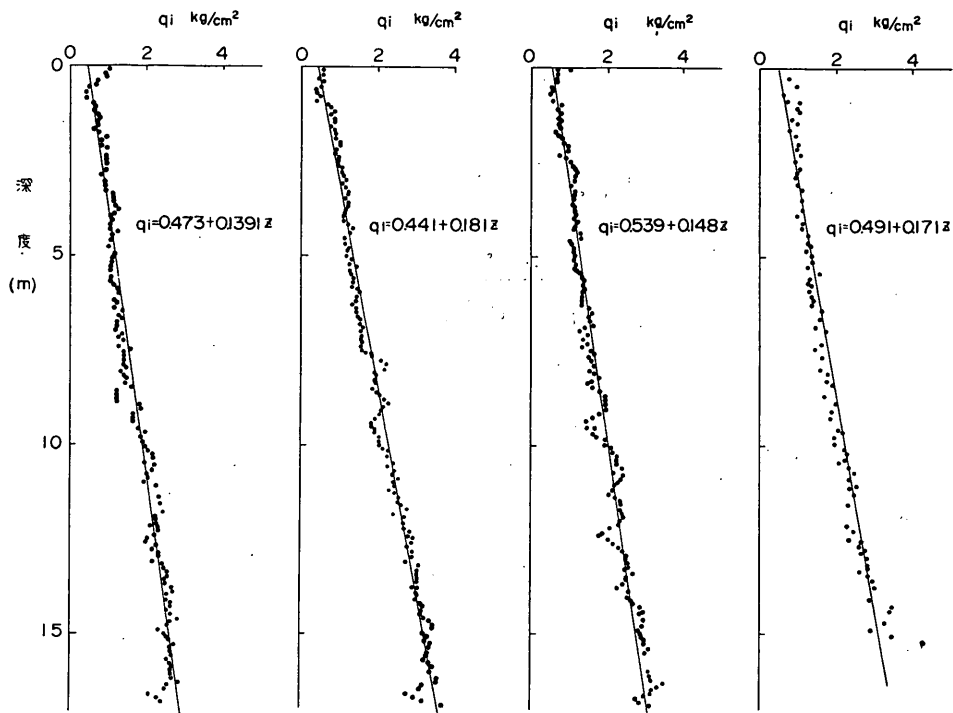


図-11.5 錦海湾  $q_u$  測定結果 (鉄研A型, 40.5 mm ロッド, 引抜速度 1 cm/sec)

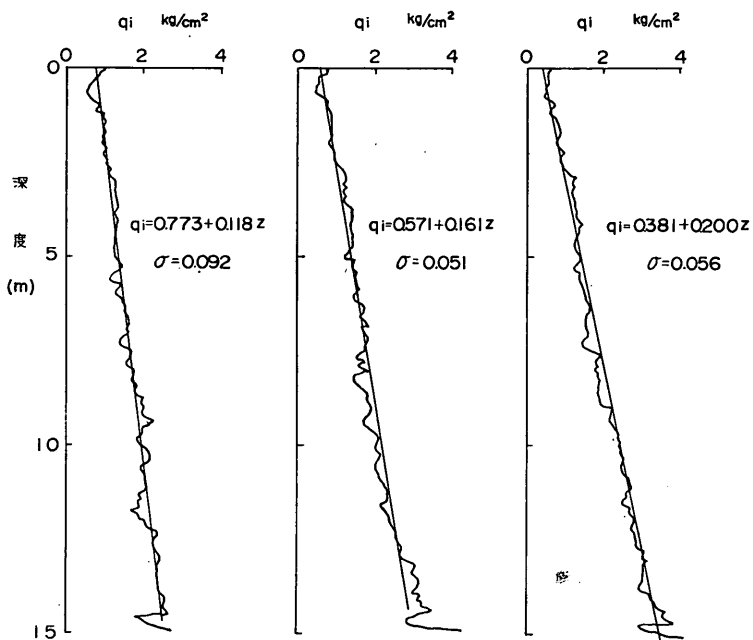


図-11.6 錦海湾  $q_t$  測定結果 (鉄研A型, 33.5 mm ロッド, 引抜速度 1 cm/sec)



沖積粘土層におけるサウンディング

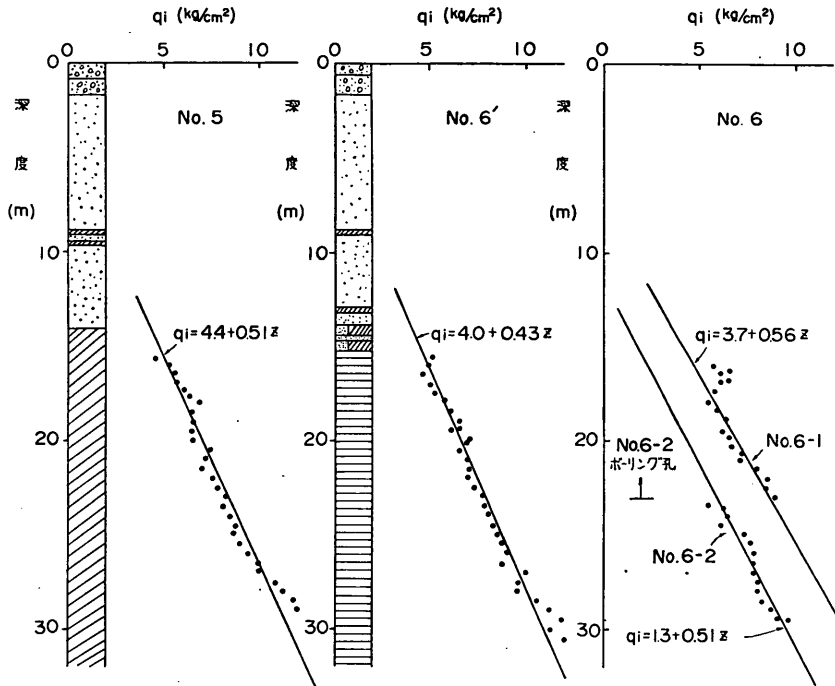


図-11-7 羽田  $q_i$  測定結果 (鉄研A型, 40.5mm ロッド, 引抜速度 1 cm/sec)

の実験結果より、 $q_i$  は翼の形状、粘土の鋭敏比、引抜速度により影響を受けるとされている。野外実験場では図-10 に示した SGI 式と鉄研式 A 型の二種を使用した。後者は抵抗翼の抵抗断面積も  $40\text{ cm}^2$  で比較的小さく垂直断面が二等辺三角形であり、あまり大きい引抜力を要せず取扱いが容易であるので、主としてこれについての検討を行なった。引抜速度は一般に使用されている  $1\text{ cm/sec}$  とし、引抜力は  $1\text{ ton}$  あるいは  $2\text{ ton}$  のブルーピングリングを使用、連続自記記録と  $10\text{ cm}$  ごとの読取測定を行なった。

(1)  $q_i$  の深度分布

図-11-1~7 に深度方向の  $q_i$  の測定結果を示す。 $q_i$  が連続的に自記された場合、深度方向の  $q_i$  の比較的小さな変動は各位置での最大せん断強度に対応する値を示すものではなく、応力~歪曲線の合成されたものを表わすと考えられる。ただし、局部的にある大きな変化は薄い土質の異なる層、貝片あるいはレキなどの存在によるものである。図-11 の  $q_i$  は深度  $10\text{ cm}$  ごとの測定値で、完全な連続記録ではなく、これから地盤のせん断特性を決定するにはいくつかの方法があると思われるが、ここではサンプリングによる試料について一軸圧縮強度  $q_u$  を求める変わりの簡便法として使用することを前提とし

て、 $q_u$  の深度分布に対すると同様に深度方向の平均勾配と、各深度ごとに対応する  $q_i$  と  $q_u$  の実測値の関係について考えることとする。

表-2 は各試験箇所の測定結果をまとめて示したものである。SGI 式イスキメーターは抵抗翼の形状が鉄研式 A 型のものとは全く異なるが、両者の  $q_i$  は近似した値を示していると思われる。また、両者共引抜速度を  $1.9\text{ cm/sec}$  程度にした場合の影響は明瞭には認められない。

$q_i$  の深度方向の勾配は土質によって当然異なるが、 $q_i$  の深度方向の勾配と  $q_u$  の深度方向の勾配との比および同一土質における  $q_i$  の勾配は実用的に同程度であると考えられる。表中の値は局部的にかけ離れた測定値を除外してあるので、測定値の処理法により多少の変化を生ずる筈である。標準偏差はあまり小さくはないが、原位置の強度にもばらつきがあると考えられるので、平均的な強度変化を考える場合実用上問題はないと思われる。

図-11 の羽田での測定結果は、上部砂層部分はボーリング孔を掘削して粘土層のみの  $q_i$  が測定されたものである。No. 6 では  $-23.5\text{ m}$  付近でイスキメーターの押込が不能となったので、これ以後の測定終了後この深度までボーリング孔を掘削して以下の深度の測定を行なっ

柳瀬重靖

表-2 サウンディング測定結果

試験箇所	サウンディング種類	測定値平均深度分布	標準偏差	$q_u$ 平均深度分布	測定値勾配 $q_u$ 勾配
錦海湾干拓地	イスキメーター鉄研A型 (40.5mm ロッド使用)	$q_i=0.473+0.139Z$	0.178	$q_u=0.069+0.030Z$	5.3
		0.441+0.181Z	0.113		
	0.539+0.148Z	0.247	"		
	0.491+0.171Z	0.151			
	平均 0.486+0.160Z	0.173	"		
	" (33.5mm 使用)	0.773+0.118Z		0.092	
0.571+0.161Z		0.051			
0.381+0.200Z	0.056	"			
平均 0.575+0.160Z	0.066		5.3		
興亜式コーン		$q_c=0.4 +0.163Z$		"	5.4
港研野外実験場	イスキメーターSGI型 (40.5mm ロッド使用)	$q_i=0.851+0.252Z$		$q_u=0.113+0.044Z$	6.27
		0.715+0.268Z			
	0.6 +0.28 Z		"		
	0.463+0.300Z				
	平均 0.657+0.275Z		"		
	" 鉄研A型 (40.5mm ロッド使用)	$q_i=0.552+0.386Z$		0.158	$q_u=0.078+0.066Z$
		0.464+0.361Z	0.151		
	0.351+0.380Z	0.142	"		
	平均 0.456+0.376Z	0.150		5.7	
	" " (33.5mm ロッド使用)	$q_i=0.208+0.419Z$	0.160	"	
0.830+0.338Z		0.140			
0.676+0.313Z	0.163	"			
平均 0.571+0.357Z	0.154		5.4		
( " " )	$q_i=0.094+0.336Z$	0.202	$q_u=0.113+0.044Z$		
	0.164+0.332Z	0.255			
0.280+0.356Z	0.291	"			
0.409+0.340Z	0.257				
平均 0.237+0.341Z	0.251	7.8			
WES型コーン (二重管式)		$q_c=0.450+0.351Z$		"	8.0
羽田地下道工事	イスキメーター鉄研A型 (40.5mm ロッド使用)	(G.L. -14m 以深)		(G.L. -14mm 以深) $q_u=0.85+0.055Z$	9.1
		$q_i=4.4 +0.51 Z$			
	4.0 +0.43 Z				
	3.7 +0.56 Z				
1.3 +0.51 Z		"			
平均 3.4 +0.50 Z			5.8		
鹿島式コーン (10cm <sup>2</sup> )	(G.L. -14m 以深)		( " )		
	$q_c=9.7 +0.27 Z$				
9.2 +0.36 Z		"			
平均 9.5 +0.32 Z			5.8		

沖積粘土層におけるサウンディング

ため、この深度で上下の  $q_i$  が不連続となっている。これは引抜ワイヤの周面摩擦の影響がかなり大きいことを示すもので、調査深度が大きい場合は抵抗翼の垂直な押込が困難となり測定精度が低下することに注意せねばならない。したがって、 $q_i$  の設計への使用に際しては常

に同一条件で測定を行ない、対象地盤についてサンプリングによる  $q_u$  などの関連性を検討する必要がある。

押込ロッドは直径 33.5 mm のものと通常のボーリングに使用される 40.5 mm のものを使用したが、直径が細い場合は押込時に曲がりが生じやすく、引抜時にワ

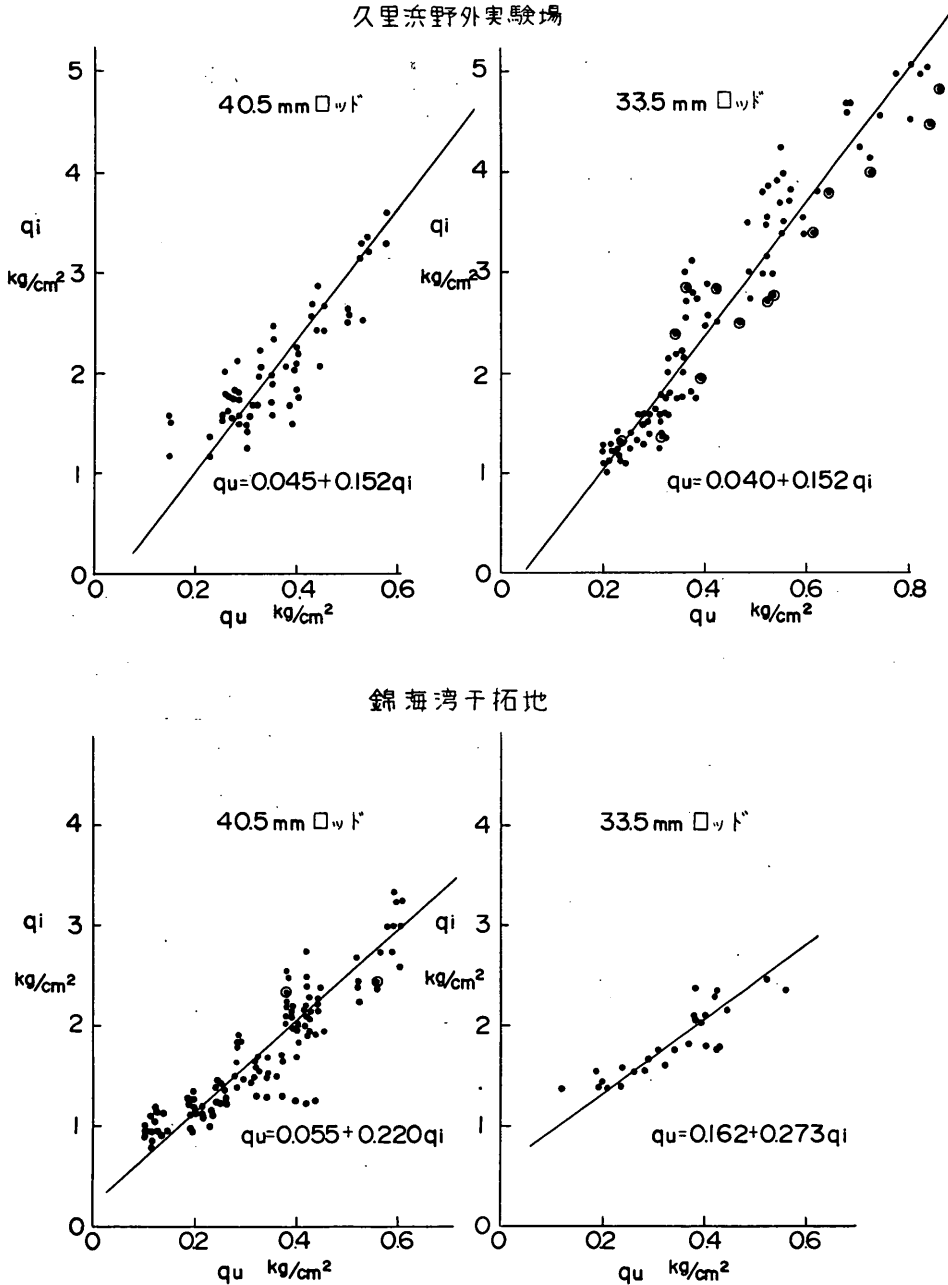


図-12.1  $q_i$  と  $q_u$  の関係 (鉄研A型)

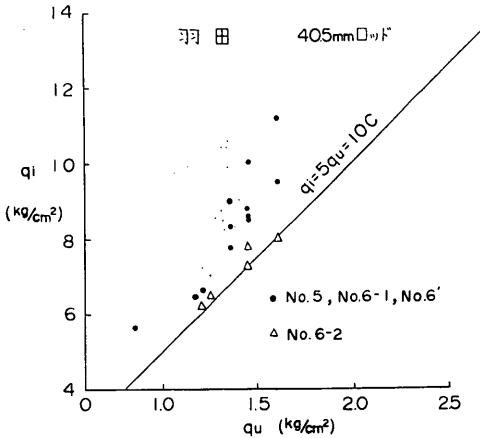


図-12.2  $q_i$  と  $q_u$  の関係 (鉄研A型)

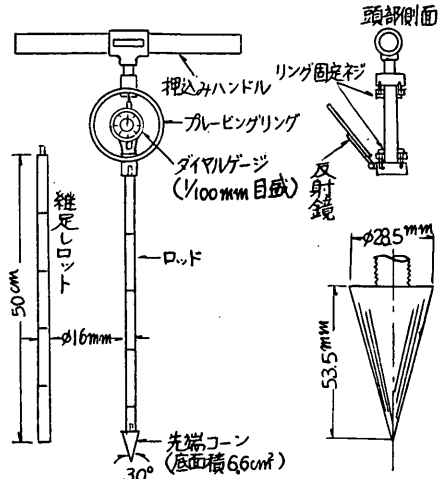


図-13 WES型静的円スライ貫入試験機

ワイヤの周面摩擦の影響が大きくなり、また挿込時のロッド周辺の地盤の乱れの程度は少なく、 $q_i$ が大きくなる傾向があると考えられる。しかしながら、図-9の結果では特別な傾向は見られないようである。実施面からいえば40.5mmロッドの方が挿込上の問題が少ないので有利であろう。

(2)  $q_i$  と  $q_u$  の関係

図-12に同一深度における $q_i$ と $q_u$ の実測値をプロットしたものを示す。3.1に述べたごとく、一般に深度が大となるとサンプリング時に乱れが生じやすく $q_u$ は小さくなる傾向があり、図-12においても $q_u$ の大きい所では $q_i$ との比が小さくなる傾向がある。図中には $q_u$ と $q_i$ の平均的な関係が示してある。野外実験場の場合はロッド径の相異による影響はほとんど認められない。錦海湾の場合はいくぶん相異があるようであるが、資料が少ないので明瞭でない。 $q_i \sim q_u$ の関係は土質により多少の相異はあるが、いずれの場合も良く近似しており、大まかにいえば

$$q_i \approx 5q_u = 10c$$

なる関係があると考えられる。これは表-2の両者の深度勾配の比と一致する。羽田 No. 6 の -23 m 以下の $q_i$ がこの線上にあることは大深度の場合のワイヤの周面摩擦の影響が大きいことを示すものと思われる。

3-3 WES 型静的円スライ貫入試験機

この試験機はポータブルで非常に軽便であるが、小型であるため、あまり硬い地盤や大深度までの測定はできない。貫入抵抗は先端コーンの単位断面あたりの抵抗値を $q_c$ として使用する。外管を使用せず単管で測定を行なう場合はロッドの周面摩擦のため精度は低下する。

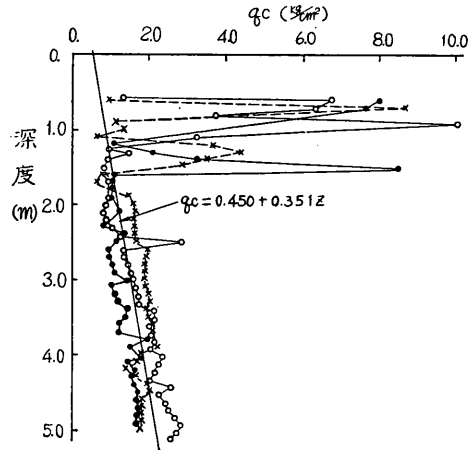


図-14 WES型静的円スライ貫入試験機実測例

先端コーンの角度が小さい場合は貫入抵抗が小さく、二重管の場合は内管が自重で沈下するので、軟弱な沖積粘土の浅い部分の探査には不適当である。図-13に試験機を、図-14に野外実験場における実測例を参考までに示す。実施例が少なく、各点の開きもやや大きいがほぼ $q_c \approx 5q_u$ なる関係が認められる。

3-4 貫入抵抗先端測定式静的円スライ貫入試験機

この試験機は先端コーンに隣接して力計を設置し、測定値に対するロッドの影響を消失させ純粋に先端抵抗 $q_0$ のみを測定するもので、形式は各種あるがここでは羽田の調査で使用した鹿島式コーンと錦海湾その他数カ所における興亜式コーンの資料について検討する。この両者はいずれもストレインゲージを使用したもので、先端

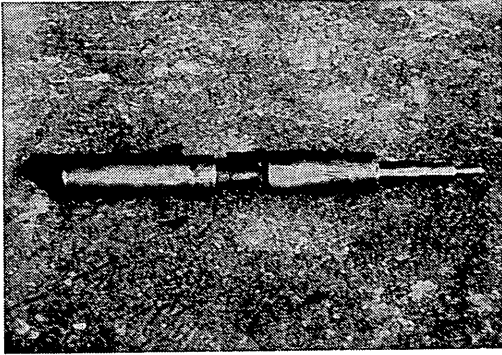


図-15 鹿島式コーン

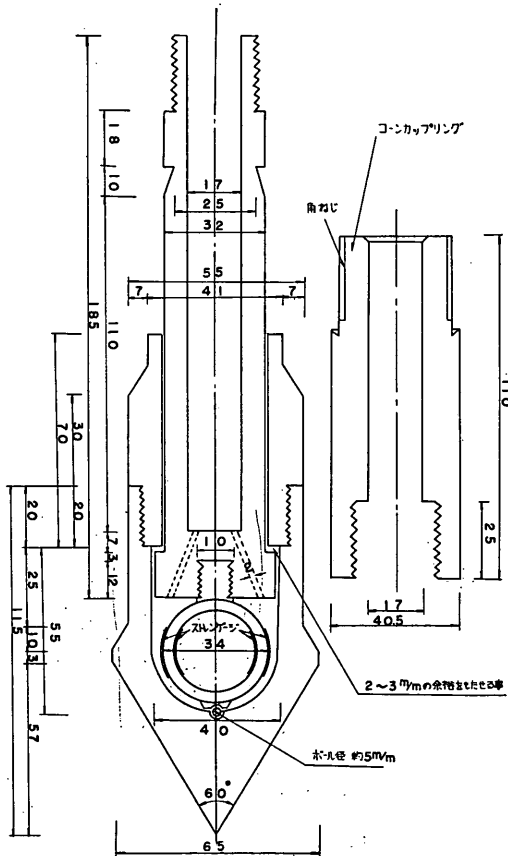


図-16 興亜式コーン

の力計より地上の読取器までの配線を必要とし、使用に際しては測定深度に応じて必要な本数のロッドにあらかじめ接続コードを通して置かねばならない。図-15, 16にそれぞれの形式のコーンを示す。この場合も自記装置を使用すれば完全に連続な先端抵抗の記録をとることが

できるが、これからせん断強度を求めるには  $q_t$  の場合と同様な考え方をとることができる。ただし、ロッドの接続を行なうごとに押込が停止されるので、その点は  $q_t$  とは異なる影響が生ずることも考えられる。また、押込は動力を使用した駆動機構により行なわれるが、貫入抵抗が異なると貫入速度が変化するので測定を厳密に行なうには速度を一定に保持するよう調節を行なう必要がある。

図-17に羽田で測定された鹿島式コーンの  $q_c$  の深度分布および錦海湾での興亜式コーンの  $q_c$  の深度分布を示す。図-18は対応する同一深度の  $q_c$  と  $q_u$  の実測値の関係を示したものである。羽田で使用した鹿島式コーンは図-15に示したごとく先端コーンが棒状でコーンと直径の同じ部分が長く、先端抵抗の他にこの部分の周辺摩擦があるので通常の円錐コーンの  $q_c$  とは異なった関係を示す。 $q_c$  の深度分布は表-2にも示してあるが興亜式コーンの錦海湾での測定結果は  $q_t$  の深度分布と同様な傾向を示している。

図-18においては前述のごとく、 $q_c$  の大きい部分、すなわち深度の大きい部分では  $q_u$  が過少にでる傾向があるので  $q_c \sim q_u$  の関係は図の右の方で直線からやや上側にはずれている。この場合、 $q_c$  には測定方法に原因する深度による影響はない筈であるから、 $q_c \sim q_u$  が直線関係にあるものとすれば、深度の増大あるいは強度の大きい土ではサンプリングから試験までの段階で  $q_u$  に対して種々の乱れの原因あるいはばらつきを生ずる原因が増大することを示すことは明白であると考えられる。興亜式コーンの場合は  $q_c \approx 10q_u$  なる関係にあると認められるが、鹿島式コーンの場合も周辺摩擦を補正すればこの関係にのるものと思われる。

#### 4. まとめ

検討を行なったサウンディングの実測例は多くないが以上の結果をまとめると次のごとくなる。

標準貫入試験は通常の沖積粘土では  $q_u$  が  $1 \text{ kg/cm}^2$  程度にならないと測定はできず、また  $q_u = N/8$  なる関係はもちろん、その他の従来提案されている関係は  $q_u$  に対して過少評価である場合が多い。 $N$  値が測定できる程度に  $q_u$  が大となると、深度の増大などの影響で  $q_u$  のばらつきが多くなり、また、 $N$  値はボーリングや測定の技術の他に粘土の鋭敏比や砂などの混入量により異なると思われ、沖積粘土では対象となる  $q_u$  の範囲がせまいこともあって両者の関係を求めても精度は期待できない。

イスキメーターは全測定深度につき完全に連続的な地

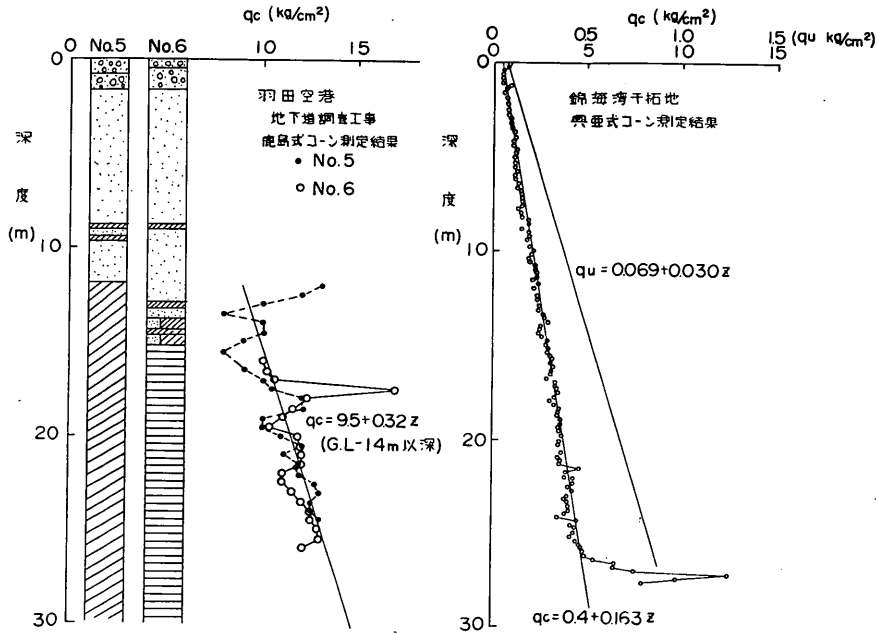


図-17 抵抗先端測定式静的円スイ貫入試験機の  $q_c$  測定結果

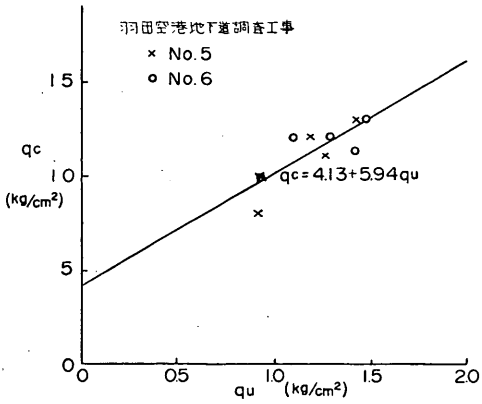


図-18.1 鹿島式コーンの  $q_c$  と  $q_u$  の関係

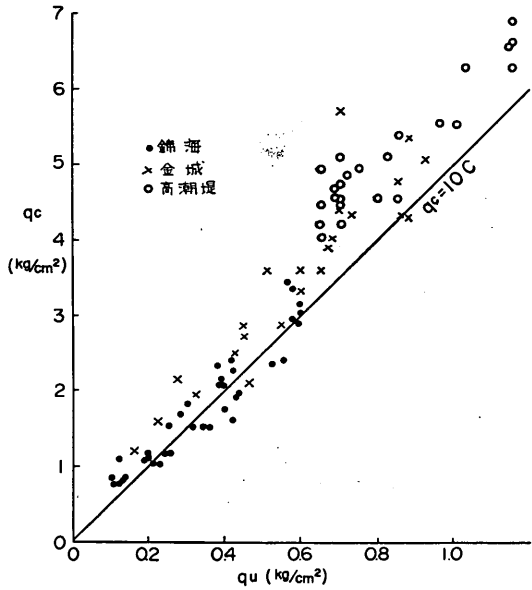


図-18.2 興亜式コーンの  $q_c$  と  $q_u$  の関係

### 沖積粘土層におけるサウンディング

盤状態の探査が可能であるが、ロッドの垂直な押込みができないと精度が低下する。特に測定深度が大きくなると引抜ワイヤの周面摩擦の影響が大きくなるおそれがある。港湾工事においては海上の調査が多いので水深の分だけロッド長の増加が避けられず、陸上の場合に比べ不利な点が多いが、調査する粘土層が比較的浅く、10m内外の層厚の改良工事などの場合には、チェックボーリングに変えて有効に使用することができる。ただし、事前に必ず調査地盤について  $q_u$  との関連性を検討すること、また、載荷盛土などを行なう場合は測定を行なう粘土層まであらかじめパイプなどを埋設して調査を容易にすることが必要である。

サウンディングは原位置における土の状態を直接探査する方法であるから、熟練した技術によっても原位置の状態の変化を避けることのできないサンプリングに比べて有利な点が多いが、抵抗体の作動速度、深度増大に伴うロッドなどの曲り、周面摩擦、ロッド接続時の測定停止の影響など種々の測定条件の影響を受ける。これらの中で、深度の増大に伴うロッドなどの長さの増大による測定値への影響は精度に対して致命的なものとなる場合もある。抵抗先端測定式のものはこの影響がないので非常に有利であり、押込あるいは引抜などの測定動作に対する能力が大きければ、礫、玉石などを除くすべての土質に対して適用でき、また、測定値の支持力などへの換

算も精度良く行なうことができるので、今後この種のサウンディング方法の実用化への検討と活用化が大いに望まれる。

図-19 にここで検討を行なったイスキメーターによる  $q_i$  および各種コーンによる  $q_c$  と  $q_u$  の関係をまとめて示す。前述のごとく深度の大きい部分の  $q_u$  が低目にてしていると考えれば、検討したサウンディング試験機では押込および引抜に対する単位断面積あたりの抵抗は測定方式に関係なくほぼ同一であり、 $q_i \approx q_c \approx 5q_u = 10c$  なる関係にあると看做することができる。これは従来多くの静的円スイ貫入試験機の  $q_c$  に対して与えられている関係と一致するものであり、また、Barentsen がオランダ低地の粘土について与えた  $q_c = 10.75c$  にも近いものである。

サンプリングに代るものとしてのサウンディングの実用化を目的としてその測定結果と土性との関連性については今後も検討を続けて行くが、設計にサウンディングの結果を使用する際は、如何なる場合でも対象地盤について土性との関連性を十分に検討することが必要である。現在の所、原位置の土性を知るには乱さない試料のサンプリングによる場合が多いが、サンプリングに関しては種々の問題点があり、今後は土質調査法として、簡便法としてのサウンディングのみならず、より精度の高い結果の得られる原位置試験として、また、新しい原位置

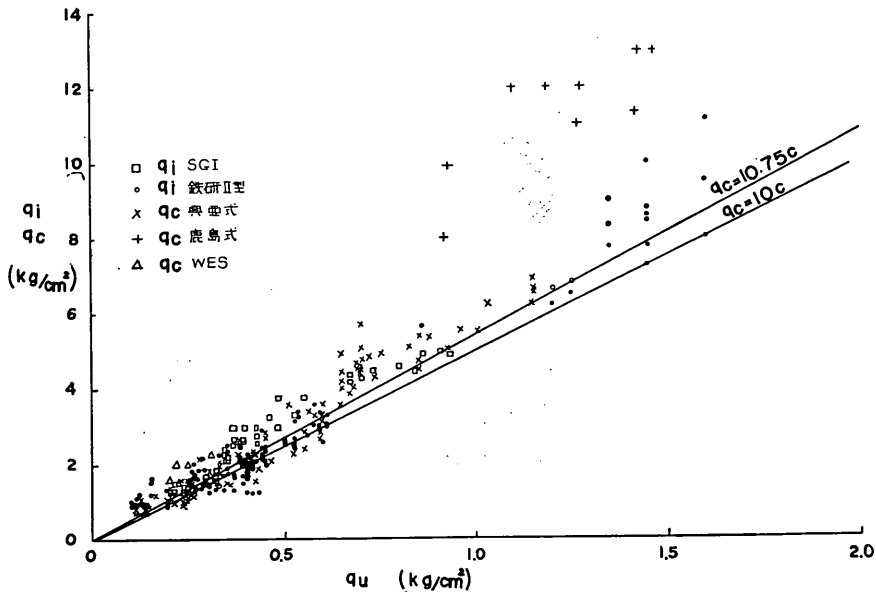


図-19 サウンディング測定結果と  $q_u$  の関係

置試験法の開発，実用化についての研究が必要である。

この研究に関する現地計測およびその資料整理には地盤改良研究室員石塚忠久，酒井正寛両技官および元室員阿部喜代志技官があたり，現地計測に関しては土質試験課の協力を仰いだ。また，資料を提供された関係各位に対し，ここに謝意を表する次第である。

参 考 文 献

1) 柳瀬，石塚，阿部：粘性土のサウンディング測定結

果について，第4回港研発表会講演概要，1966.11，p. 105.

- 2) 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所：土質調査報告書（Y-005, 012, 016, 018, 036, 037, 041, 042, 043, 044）
- 3) 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所：東京国際空港土質調査報告書，1968.
- 4) 土質工学会：土質調査法，1964.
- 5) 興亜開発株式会社：興亜式コーンペネトロメーター

(1969. 1. 10 受付)