

# 地盤改良工法(2)

## 地盤調査法

室 町 忠 彦\*

### 1. ま え が き

地盤改良が必要かどうか、必要だとするといかなる工法を採用すべきか、また採用した工法の効果が実際にあらわれたかどうかなど一連のことがらを判定するためには、地盤の状態を何らかの方法により定量的に把握することが必要である。地盤改良工法は土質工学の全分野に関連性があり、その原理も多種多様ではあるが、究極のねらいは対象となる土層の強度、密度ひいては支持力の増加にあることは総説の表-1(46巻4号 p. 42~43)によっても明らかである。すなわち改良の前後における土層の強度なり、密度なりをいかにすれば正確に測定しうるかは、採用した工法の価値の判定資料に直接つながる問題でもあるので、非常に重要な意義を有するものといえる。このためには調査法自体の地盤に対する適応性はもちろんのこと、測定値の信頼度なども考えなければならない。

以上のような観点から、本章においてはこれらの目的に十分沿うと思われる原位置試験としての代表的な地盤調査法を紹介し、その適性と利用に重点を置いて話を進めたいと思う。

### 2. ボーリング、サンプリング、サウンディング

一昔前まではロータリー式コア ボーリングは、地盤調査法としてかなりのウェイトがあるものと考えられていた。しかしそれは地盤を構成する土層の判別にしか役に立たず、採取試料は分類試験には使えらるとしても、状態および強度に関する土質試験にはほとんど用をなさないことがわかってきた。このため乱されない試料の採取法としてのサンプリングが実施されるようになり、せん断、圧縮および圧密などの試験の成績は、もっぱらこの採取精度いかによるものと考えられている。同一地点における採取試料でありながら、不良なものは正常なものにくらべて1/3程度に一軸圧縮強さが低下したという例も報告されている。もっとも、現在一番よく使われている固定ピストン式 シンウォール サンプリングにしてもいろいろと欠陥があり、試験試料のサンプラー内位置まで

問題にされる時代となったが、この不安を一掃するかのようになり面的な試料採取法として「フォイル サンプリング」が登場してきた。この方法によれば15~30mの連続試料を、ただ一回の操作により採取しうるだけでなく、試料と採取管の間に16枚の鋼製テープ(いわゆる「フォイル」)がはさまって試料を保護し、採取時の管内摩擦が全くないので、ほぼ完全な状態でのサンプリングといえることができる。強度や圧密特性の試験の場合、このように完全な試料によりはじめて十分な精度を期待しうるものであらうと思われる。

一方、地盤から試料を採取して試験室まで運搬し、これからサンプルを成型して強度試験を実施するのではかなり面倒でもあるし、ゆるい砂の密度や強度の数値はこのやり方では求められない。現地の地盤のままの位置でこれらの測定値が得られるものであれば、それが最上の方法であらうと思われる。サウンディングはあくまでこの目的にそって発達したものであり、迅速かつ経済的で、原位置試験の最先端を行くものとして急速に普及するに至った。このようなサウンディングの代表的なものとして標準貫入試験があげられるが、このほかに静的および動的の各種の円錐貫入試験、ベーン試験、イスキメーターによる引拔抵抗試験などがあり、適切なサンプリングと併用すれば粗漏のない地盤調査を行なうことができるわけである。これらのうち、標準貫入試験はボーリングとサンプリング(乱されてはいるが代表的試料)とサウンディングを巧みに組合わせたものでもあり、適用範囲も広く結果の利用法も完備しており、貴重な地盤調査手段であると考えられる。

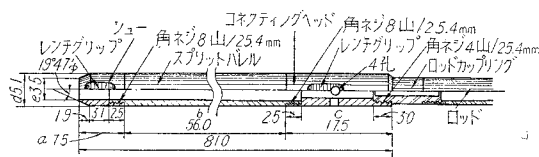
このようにみえてみると、従来の単なるボーリングは、端的にいえばサンプリングあるいはサウンディング(ボーリング孔を利用する種類の)のためのせん孔手段にすぎず、設計計画に必要な地盤のデータをこれに求めることはできないということになる。近頃では、テストボーリングを行なうといえ、必ず標準貫入試験がふくまれると解釈されるのは、この辺の事情によるものであらうと思われる。表-1にはおもなるサウンディングの試験方法、特徴ならびに適用範囲を示した。

### 3. 標準貫入試験

#### 3.1 試験方法

図-1に示すような標準貫入試験用サンプラーをボー

図-1 標準貫入試験用サンプラー JIS 案



\* 正員 国鉄鉄道技術研究所土質研究室

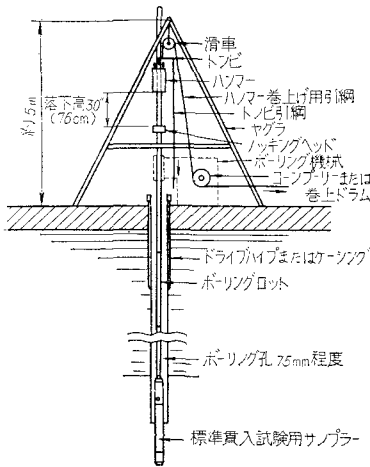
表-1 おもなるサウンディング方法

方式	名 称	先 端	ロッド	せん孔	連続性	測定すべき量	測定値から求められるもの	適応土質
チューブ型動貫入	標準貫入試験 (Standard Penetration)	レイモンド サンプラー 内径 35 mm 外径 51 mm 全長 81 cm	単 管 ボーリング用 ロッド φ 40.5 mm ~42.0 mm	測定深さ までのボ ーリング が必要	測定は不 連続、深 さ方向の 最小測定 間隔は 50 cm	63.5 kg のハンマーを 75 cm 自由落下させ、30 cm 打込むのに要する打撃回数 を求めこれを $N$ 値とする	砂の相対密度 砂の内部摩擦角 ( $\phi$ ) 砂地盤の沈下に対する許容 支持力 粘土のコンシステンシー 粘土の一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) または粘着力 ( $C$ ) 粘土地盤の破壊に対する許 容支持力	玉石をのぞく あらゆる土 たたききわ めた軟弱な粘土 ピート質土 では $N=0$ となり 明確な判定 ができない
コーン型動貫入	動的円錐貫入 試験 (Dynamic Cone-)	60° コーン 断面積はレイモ ンド サンプラ ーに同じ	ボーリング用 ロッド(単管) φ 40.5 mm	不 要	連 続	標準貫入試験と全く同様打 撃回数を $N_d$ とする	標準貫入試験の $N$ 値に換 算する $N_d \approx 1 \sim 2 N$	同 上
		60° コーン 面積 20 cm <sup>2</sup>	ボーリング用 ロッド(単管) φ 33.5 mm	不 要	連 続	30 kg のハンマーを 35 cm 自由落下させ 10 cm 打込 むに要する打撃回数 $N_d 35/10$	標準貫入試験の $N$ 値に換 算する $N_d \approx 10 N$	玉石密な砂礫 をのぞくあ ゆる土
静 貫 入	ポータブル・コ ーン貫入試験 (W.E.S. Cone-)	30° コーン 面積 6.45 cm <sup>2</sup>	単 管 φ 16 mm	不 要	連 続	コーンを人力により圧入す るときの面積当りの抵抗値 (コーン支持力) $q_c$ kg/cm <sup>2</sup>	粘土の一軸圧縮強さ $q_c = 5 q_u$ 粘土の粘着力 $q_c = 10 C$	ごく軟弱な粘 土、ピート 質土
	オランダ式貫入 試験 (Dutch Cone)	60° コーン 面積 10 cm <sup>2</sup> 新型フリクシ ョンスリーブ付	二重管 単管 φ 18 mm	不 要	連 続	同 上 (ギヤ式貫入もあり)	粘土の粘着力 $q_c = 10 \cdot 75 C$ 標準貫入試験の $N$ 値に換 算 $q_c = 4 N$ (砂)	粘土、ロー ム 中以下のゆる い砂
入 力 式	スウェーデン貫 入試験 (Swedish Sounding)	スクリュウ ポ イント φ max = 33 mm	単 管 φ 18 mm	不 要	連 続	(1) 5, 15, 25, 50, 75, 100 kg 載荷による沈下量 (2) 100 kg 載荷により 1 m または 50 cm 貫入に要 する半回転数を求め、 これを $N_{sw}$ とする	標準貫入試験の $N$ 値に換 算、非常に多くの実験式が 提案されている	玉石をのぞく あらゆる土
	ベ ー ン 試 験	ベ ー ン ( $D = 5$ cm $H = 10$ cm 標準)	単 管 φ 16 mm	不 要	測定は不 連続	緩速なる回転モーメントに よりせん断する際の最大抵 抗モーメント $M_{max}$ を求 める	軟かい粘性土のせん断強さ $S$	軟弱な粘土 シルト、ピ ート質土
引 抜 き	ベ ー ン 試 験 (Vane-)	ベ ー ン $H = 2 D$ (標準) $D = 5 \sim 10$ 各種	回転ロッドは ボーリング用 ロッドシヤ ット φ 16 mm	測定深さ までボ ーリング が必要	測定は不 連続	同 上	同 上	同 上
	イスキメーター 試験 (Iskymeter-)	抵抗翼(折たみ 式)面積各種	ワイヤロー プφ 6 mm 以 上の引抜き	不 要	連 続	引抜き時における抵抗翼面 積当りの引抜き抵抗 $q_t$ を 求める	ベ ー ン の せん断強さに換算	同 上

(註) 1. 本表には路床、路盤試験法に属する表層試験 (C.B.R.,  $K$  値,  $I$  値,  $D$  値) をのぞいてある。  
2. ボーリング孔を利用しない単管測定方式では深さが大になればロッド フリクションの修正を必要とする。

リング用ロッドの下端につけ、ロッド上端のノッキング  
ヘッドを重量 63.5 kg のハンマーを 75 cm 自由落下さ  
せて打込み、先端のサンプラーが 30 cm 貫入するに要  
する打撃回数  $N$  を測定する試験であり、通常 図-2 の  
ような装置で実施される。以下、JIS 原案に従って試験

図-2 標準貫入試験装置

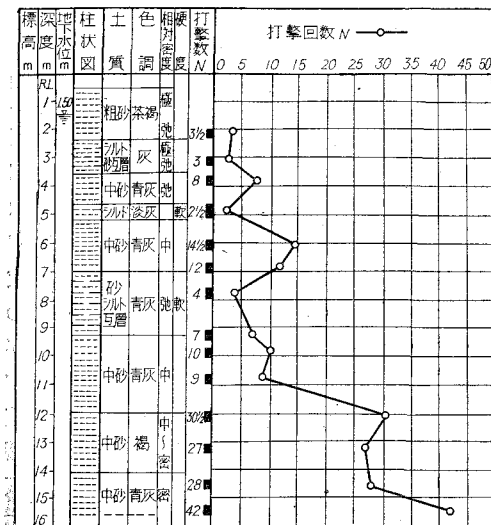


の操作を列記してみる。この試験はボーリング孔底で実  
施するので、前準備として所要深さまで直径 6.5~15  
cm のボーリング孔を掘削しなければならない。孔底下  
の土層を乱さないように注意し、孔底にたまったスライ  
ムを取り除けば試験にうつる。まずサンプラーをロッド  
に接続し、静かに孔底に下す。ロッド上部に、ノッキ  
ングヘッドおよびガイド用のロッドをつける。以上で試  
験準備が完了し、これからが貫入試験となる。最初ハン  
マーの打撃により、15 cm の予備打ちを行ない、つづい  
て本試験である 30 cm の本打ちを行なう。その後約 5  
cm のあと打ちを行なうが、これは省略してもかまわな  
い。本打ちは  $N$  値を求めるための試験であるので、落  
下高さは正確に 75 cm とし、ハンマーは自由落下させ  
る。本打ちの際には、打撃 1 回ごとの累計貫入量を測定  
するが 1 回の貫入量が 2 cm 未満の場合、貫入量 10 cm  
ごとに打撃数を記録してもよい。これは貫入途中で土質  
が変化した場合、その打撃数~貫入量曲線から、土質  
の変化点および各層のそれぞれの  $N$  値を推定するた  
めのものである。なお、打撃数の限度は特に必要のないか  
ぎり 50 回とし、50/18 のようにその場合の貫入量をあ

有効(可能)深	調査法の性格	備考
15~20 m (50 m) 深い場合打撃効率低下の修正が必要	すべての意味でのテストボーリング、支持層の深さおよび支持力の判定特に砂層の密度、強度の変化の測定に適す粘土の場合中以上硬質粘土に適性あり	JIS 原案ができ上り、現在工業技術院で審議中、原案および解説については土と基礎 Vol. 8 No. 6, pp. 49~56 参照
15 m (30 m)	標準貫入試験の補間法として有効、迅速	同種の試験法は非常に多いが標準方法は決っていない
10 m (20 m)	同上 (簡易試験としてより迅速)	同上
5 m (10 m)	軟弱なる粘性土の粘着力測定専用 (簡易試験きわめて迅速)	米国水路局 (W.E.S.) の Trafficability Tester の改良型
10 m (20 m)	粘性土の粘着力測定、基礎の砂盤の支持能力判定	フリクションス リープを有するものは先端抵抗値と周囲摩擦を分離測定しうる
15 m (30 m)	標準貫入試験の補間法として有効	装置は一種類に決っているが測定すべき量は一定でない、近く統一される気運にある
5 m (10 m)	軟弱なる粘性土のせん断強さ測定専用 (簡易試験、迅速)	「現地せん断試験」ともいわれる
15 m (30 m)	軟弱なる粘性土のせん断強さの精密測定専用	同 上 回転モーメントの測定機構は非常に多く、それぞれ特徴がある
10 m (15 m)	軟弱なる粘性土のせん断強さの変化の測定に適す	ペーンにくらべて連続データが得られる

せて示せばよい。1回の打撃で 30 cm 以上貫入する場合も同様なあらわし方をすればよい。試験が終わったら地表にサンプラーを上げ、試料の観察を行なうとともに、

図-3 標準貫入試験による土質柱状図  
(新潟駅新構内)



代表的な試料を透明容器に密封し、試料箱に整理する。このときの観察事項はすべてその場で野帳にまとめておき、最終的には 図-3 に示すような柱状図にまとめる。

### 3.2 N 値から推定される事項

N 値から求められる事項は 表-2 に示すようになり多い。以下、グラフを中心として簡単に述べる。

表-2 N 値から求められる事項

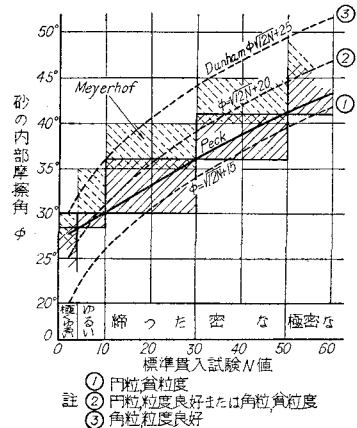
	直接推定される事項	推定値から計算される事項
砂地盤	相対密度 $D_r$ 内部摩擦角 $\phi$ 沈下に対する許容支持力 $q_a$	砂盤に対する極限支持力 $q_u$ および許容支持力 $q_a$
粘土土盤	コンシステンシー 一軸圧縮強さ $q_u$ 粘着力 $C$	破壊に対する極限支持力 $q_u$ および許容支持力 $q_a$

3.2.1 砂の相対密度と内部摩擦角 砂の相対密度は N 値によってよく表わされ、内部摩擦角もおおよその判定がつく。これらの関係はテルツァギー、ベック、マイヤーホフおよびダンナムなどによって求められており、表-3 および 図-4 のとおりである。

表-3 砂の相対密度、内部摩擦角と N 値との関係

N 値	相対密度 Relative density $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$	内部摩擦角 $\phi$	
		ベックによる	マイヤーホフによる
0~4	きわめてゆるい (very loose)	0 ~ 0.2	28.5° 以下
4~10	ゆるい (loose)	0.2~0.4	30~35
10~30	締った (compact)	0.4~0.6	30~36
30~50	密な (dense)	0.6~0.8	36~41
50以上	きわめて密な (very dense)	0.8~1	41° 以上

図-4 砂の内部摩擦角  $\phi$  と N 値との関係  
(ベック、マイヤーホフ、ダンナムなどの資料より作成)



3.2.2 砂地盤の破壊に対する支持力 N 値より推定される内部摩擦角  $\phi$  の値を使って、テルツァギー式などから計算される (総説 3.3 参照)。

3.2.3 砂地盤の沈下に対する支持力 フーチング下フーチングの巾に等しい深さの間における平均の N 値と沈下に対する許容支持力の関係は 図-4 により示される。ただし地下水で飽和した砂地盤の場合、浅いフーチ

図-5 砂地盤における  $N$  値と 沈下に対する許容支持力  
(地下水位がフーチング底面下  $B$  以深にあるとき)  
(文献 6) による)

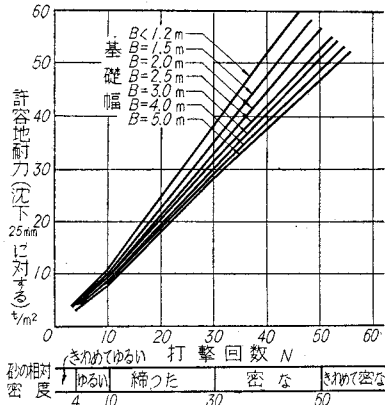


表-4 粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さと  $N$  値との関係

$N$ 値	0~2	2~4	4~8	8~15	15~30	30以上
コンシステンシー	非常に軟らかい (very soft)	やわらかい (soft)	中位の (medium)	堅い (stiff)	非常に堅い (very stiff)	固結した (hard)
一軸圧縮強さ $q_u$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	0~0.25	0.25~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0以上

ングに対しては 図-5 に示される許容支持力の  $1/2$  をとるのが妥当である。

**3.2.4 粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さ、粘着力および破壊に対する支持力** 粘土のコンシステンシーおよび一軸圧縮強さと  $N$  値との関係は表-4 により示される。この一軸圧縮強さ  $q_u$  をもととして  $\phi=0$  として粘着力  $C$  を求め、この  $C$  の値をテルツァギーの支持力公式にを使えば、破壊に対する極限支持力および許容支持力などが算出される。

これらの関係はまとめて図-6 に示した。

### 3.3 $N$ 値の修正

標準貫入試験の実用深度は一般に 15 m 程度とされているが、30 m くらいまでは通常実施されることが多い。調査深度が増加するほど、ロッド重量の増加による打撃効率の低下、ロッドの弾性圧縮やバックリング、振動などによる打撃エネルギーの損失で測定される  $N$  値は過大となる。この修正のためには、

図-6 粘土の強度、支持力と  $N$  値との関係  
(文献 5) による)

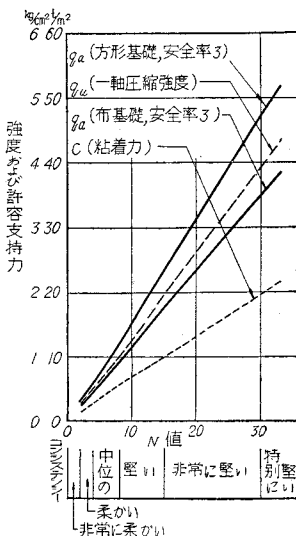


図-7 深さに応じた  $N$  値の換算  
(福岡、池田)

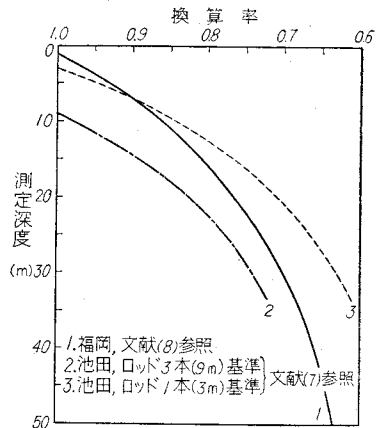
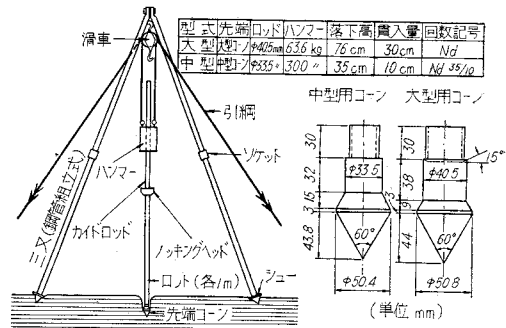


図-8 動的円錐貫入試験機 (鉄研型)



前記諸要素を加味し、深さに応じた換算率が必要である。図-7 はこの関係を示したものである。

## 4. 動的円錐貫入試験

動的円錐貫入試験は 図-8 に示すように、比較的簡易な装置により実施しうる試験であり、その種類は非常に多い。いずれも先端コーンをつけたロッドをハンマーの自由落下により打込み、一定長貫入に要する打撃回数を求め、この値から地盤の強さを推定するものである。この場合の打撃回数は標準貫入試験との比較実験を通して  $N$  値に換算することができるので、標準貫入試験の補助的手段として使用すれば非常に有効である。この試験法を標準貫入試験とくらべた場合、次のような利点と欠点がある。まず第一にこの種の試験法の特徴として、連続的に貫入が可能であり、一連の打込み操作で測定最終深度までの連続データがとれることがあげられる。このため当然のことながら探査速度が非常に速く、したがって経費がいちじるしく安価であるという大きな利点がある。この反面、特に砂地盤の場合、ロッドの周面摩擦が深さとともに増大すること、先端がコーンなので土層の観察ができないこと、打撃回数が多いので継手部の損耗が多いなどの欠点がある。図-9 は 図-8 の試験機に大

図-9 動的円錐貫入試験（大型コーン）と標準貫入試験の比較実験例

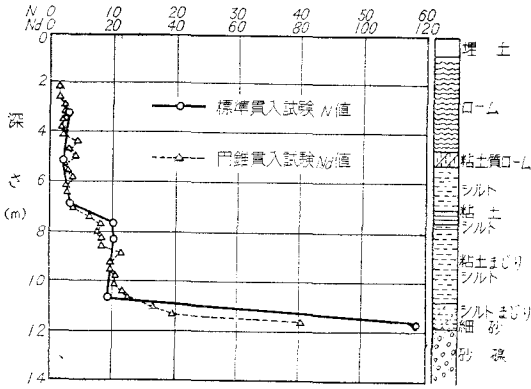


図-10 ポータブル コーンペネトロメーター（鉄研改良型）

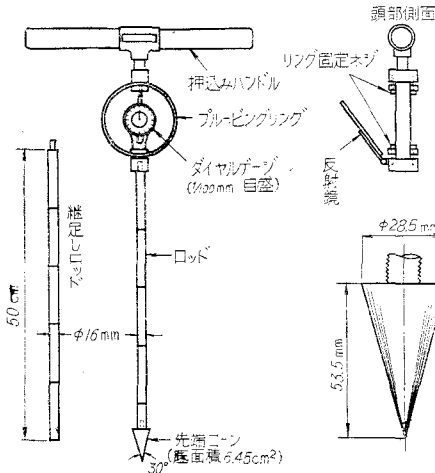
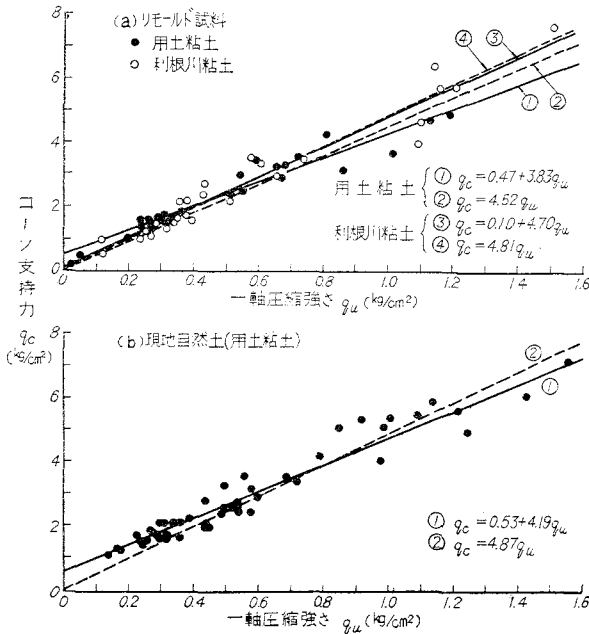


図-11 コーン支持力と一軸圧縮強さとの比較実験例



型コーンをつけた場合の比較実験例であるが、標準貫入試験の  $N$  値との間にはほぼ次の関係が認められる。

大型……  $\begin{cases} N_d = 1.0 \sim 1.5 N & (\text{砂}) \\ N_d = 2.0 N & (\text{粘性土}) \end{cases}$

中型……  $3 N_d / 35 / 10 = 10 N$

$N_d, N_d / 35 / 10$  は 図-9 右上の貫入条件に対する打撃回数を示す。

## 5. 静的円錐貫入試験

### 5.1 簡単な静的円錐貫入試験

静貫入試験機と称されるものの中で、最も操作が容易で応用範囲の広いのが 図-10 に示すポータブル コーンペネトロメーターである。この原型は米国陸軍技術本部水路局 (W.E.S.) の Trafficability Tester (車両通過容量試験機) で、軟弱地盤地帯における軍用車通過可否を判定する目的で使用されたものである。図-10 の試験機の操作は非常に簡単で、人力により 1 cm/sec 程度の速度で連続圧入し、そのときの貫入抵抗をプルーピングリングから求めればよい。先端のコーンの底面積あたりの貫入抵抗をコーン支持力と呼び、 $q_c$  なる記号であらわす。図-11 はこのようなコーン支持力と一軸圧縮強さとの比較実験例であって、粘性土の種類による差はあっても、ほぼ  $q_c = 5 q_u$  (kg/cm<sup>2</sup>) の関係が成り立つ。

この試験機の一つの問題点はロッドの周面摩擦であって、測定深さが 5 m をこえるような場合、これが補正のための試験を行なう方がよい。修正手段として考えられるものに、オーガーボーリング孔内で実施し、同時にロッド重量も初荷重として補正する方法がある。ペーン試験やイスキメーターの引抜試験 (後述) などの周面摩擦の影響のない測定値と比較するのも一法と思われる。この試験機による貫入記録については 図-21 を参照されたい。

### 5.2 オランダ式貫入試験

オランダでは早くから二重管式の貫入試験が使われてきているが、図-12 に示す先端は最近の型のマントルコーンで、これにより外管内部への土の浸入を防止し、完全に先端コーンだけの貫入抵抗を求めている。この試験法は粘土だけでなく砂地盤にも適応性があり、標準貫入試験との相関性としてはマイヤーホフが提案しているように、

$$q_c = 4 N \text{ (砂地盤)}$$

$q_c$  : コーン支持力 (kg/cm<sup>2</sup>)

の関係が成り立つ。また粘土については粘着力  $C$  (kg/cm<sup>2</sup>) と

$$q_c = 10.7 C$$

の関係がある。本邦における比較実験例として、東大 三木助教

図-12 オランダ式貫入試験におけるマントルコーン

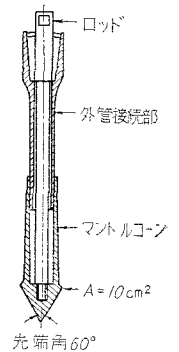


図-13 赤土における標準貫入試験の  $N$  値とオランダ式貫入試験によるコーン支持力  $q_c$  (kg/cm<sup>2</sup>) との相関関係 (三木 文献 10) による)

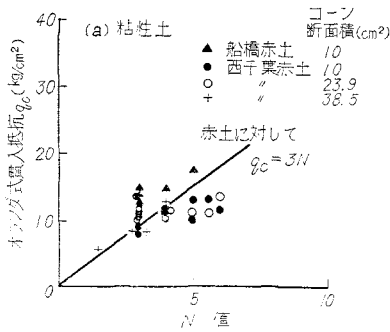
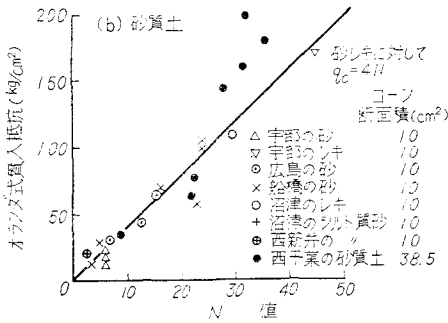


図-14 砂質地盤における標準貫入試験の  $N$  値とオランダ式貫入試験によるコーン支持力  $q_c$  (kg/cm<sup>2</sup>) との相関関係 (三木 文献 10) による)



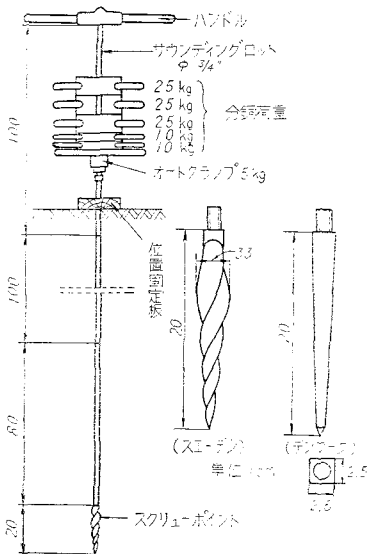
授のデータを 図-13 および 図-14 に示しておく。

## 6. スウェーデン式貫入試験

スウェーデン国有鉄道土質委員会が 1917 年頃に如めで使用し、その後広くスカンジナビア諸国で行なわれている錐もみ式の静貫入試験である。その装置は 図-15 に示すような

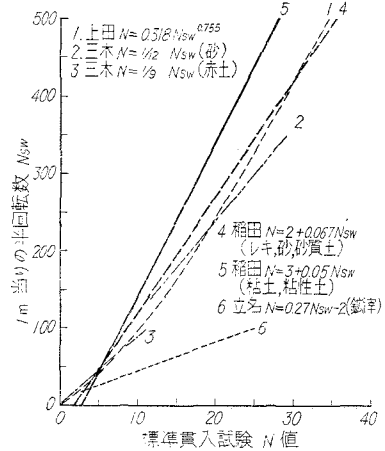
もので、試験は次の順序で行なう。先端にスクリーポイントをつけたロッドを地盤に立て、分銅荷重が 5, 15, 25, 50, 75, 100 kg のときの沈下量を測定する。ある荷重による貫入途中で、地盤が軟らかくなって沈下速度が大

図-15 スウェーデン式貫入試験機 単にサウンディングロッドともいわれる



きくなる場合、順次荷重を減らし自然にロッドが回転して貫入する限界の荷重を求めることが必要である。全荷重重荷 (100 kg) による沈下が終わったら、次に回転貫入を行なう。回転貫入は 100 kg を載荷したまま人力で行なう。この場合の貫入指数としては、半回転 (180°) 25 回に対する貫入量を採用する規定になっている。ただしこの記録方式によると、一般の貫入試験による貫入記録と逆に、地盤の強い所は低い値に、弱い所は高い値となって表わされるので不自然である。貫入記録方式としては、むしろ一定長貫入に要する半回転数を採用した方が優れていると思われるが、貫入長の単位をいくらにとるかは未決定の問題なので、近々のうちに統一する必要があると痛感される。1 m 当りの半回転数を  $N_{sw}$  とした場合、標準貫入試験の  $N$  値との相関は、上田、三木、稲田、立元の諸氏によれば 図-16 のようになる。図-17 にはこの貫入試験による貫入記録の一例を示した。

図-16 スウェーデン式貫入試験における 1 m 当りの半回転数  $N_{sw}$  と標準貫入試験の  $N$  値との相関 (上田<sup>11)</sup>、三木<sup>10)</sup>、稲田<sup>12)</sup>、立元<sup>13)</sup>による)



## 7. ベーン試験

原位置のままに粘土のせん断強さを測定する方法で、図-18 に示すような装置が使われる。図-18 はストレーンコントロール型のテンションリングレバー式であるが、この他の型式も数多く実用に供されている。いずれの場合も測定の原理は同じで、先端の十字翼 (これをベーンと呼ぶ) を地中に押し込み、中心軸にゆるやかな回転モーメントを加え、円柱状にせん断させ、そのさいの最大抵抗モーメントから計算式によりせん断強さを求める。このような方法はかなり古くからスウェーデンやドイツなどで実施されたものであるが、スウェーデン土質工学研究所やスケンプトンなどの研究報告により大いに使用価値が認められ、軟弱地盤調査には欠くことのできない試験法となっている。ベーン試験機のうち、回転ロッドが二重管式構造のものはボーリング孔を必要としな

図-17 スウェーデン式貫入試験による貫入記録例  
(幹線相模川地区大神)

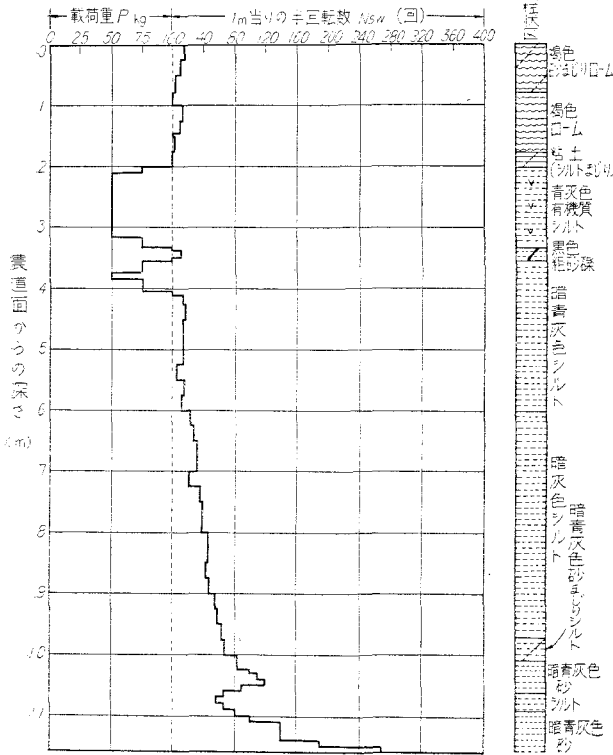
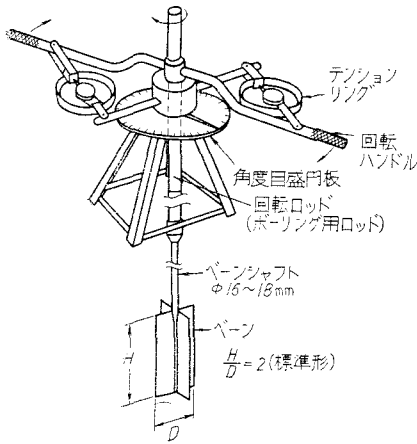


図-18 テンションリングレバー式ベーン



いが、他の大部分はボーリング孔を利用してその孔底で測定が行なわれる。

最大抵抗モーメントからせん断強さを算出するには次式を用いる。

$$\tau = \frac{M}{\pi \left( \frac{D^2 H}{2} + \frac{D^3}{6} \right)}$$

ここに M: 回転モーメント (kg・cm)

$\tau$ : せん断強さ (kg/cm<sup>2</sup>)

$\phi=0$  の場合、粘着力 C に同じ

D: ベーンの巾 (直径) } (cm)  
H: ベーンの長さ

普通の場合、 $H=2D$  の標準型ベーンが用いられるので

$$\tau = \frac{M}{\frac{7}{6} \pi D^3}$$

すなわち、M を表-5 の除数で割れば  $\tau$  が求められる。なお測定の際の回転角速度は 0.1 deg/sec 程度の低速がよいといわれるが、完全なストレインコントロール型でないかぎりむずかしく、普通 0.5 deg/sec 以下で試験すれば大差はないと思われる。

図-19 に示した装置は、モーメントの測定をトルクレンチで行なう簡易型ベーンである。この場合にはベーン ロッドの周面摩擦モーメントを深さごとに測定して修正すれば、ボーリング孔で実施した

図-19 トルクレンチ応用の簡易型ベーン試験機

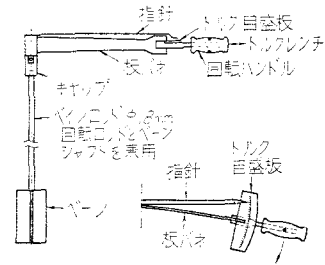
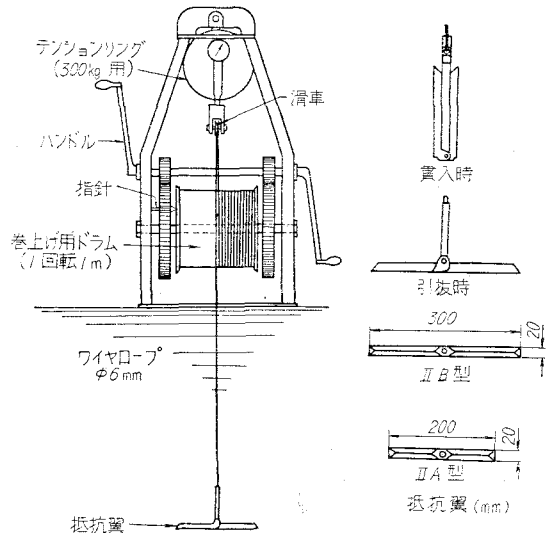


表-5 標準型ベーンの除数 ( $7\pi D^3/6$ )

D (cm)	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
H (cm)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
除数 (cm <sup>3</sup> )	458	610	792	1006	1257	1546	1877	2251	2672	3142	3665

のと変らない結果が得られる。図-21 に示したベーンの測定はこの方法によるものである。

図-20 イスキメーター (鉄研型)



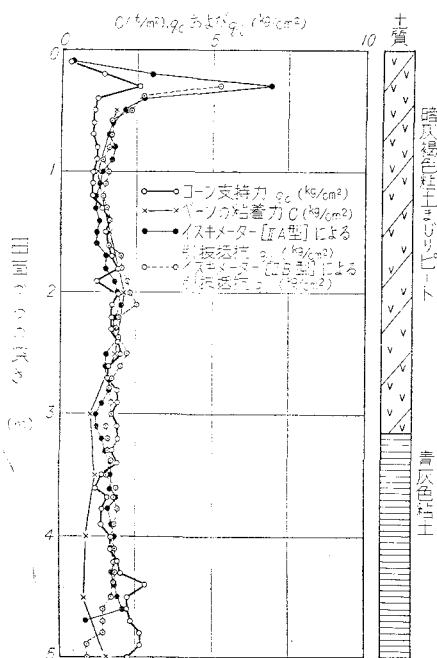
## 8. イスキメーターによる引抜き試験

イスキメーターはポータブルコーンペネトメーターやベーンと同様、軟弱地盤専用の試験機であり、測定値からは原位置の土層の相対的なせん断強さが求められる。

この装置は図-20に示すようなもので、測定に際しては、図の抵抗翼を閉じロッドの先にそう入し、ロープをつけたまま最終深度まで圧入する。この位置でロッドのクランプをはずして翼を水平に開き、ロッドは引上げられる。

開いた抵抗翼はその後、ウィンチによって巻上げ、その際の抵抗値をプルーピングリングにより測定する。こ

図-21 イスキメーター比較実験の一例  
(東北本線浮島軟弱地盤)



のようにして求められた抵抗値を翼の断面積で割った値は相対的なせん断強さを示すものであり、ベーンにくらべてデータが完全に連続的である強みを持っている。図-21にはこのイスキメーターと図-10のコーンペネトメーターおよび図-19の簡易型ベーンとの比較実験の一例を示した。

### 参考文献

サンプリング試料のみだれあるいは強度低下については

- 1) M. Juul Hvorslev: Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes, W.E.S., 1949
- 2) 「基礎地盤のサンプリング」土と基礎特集号 No. 2, 1960, pp. 55~102 の数編
- 3) 福岡正巳: 試料採取法, 土質試験法解説 (第2集), 1959, pp. 1~16
- 4) W. Kjellman, T. Kallstenius & O. Wagar: Soil Sampler with Metal Foils, R.S.G.I. Proc. No. 1, 1950
- 5) K. Terzaghi & R.B. Peck: Soil Mechanics in Engineering Practice, 1948
- 6) R.B. Peck, W.E. Hanson, T.H. Thornburn: Foundation Engineering, 1953
- 7) 池田俊雄: サウンディング (II) (標準貫入試験, 動的円錐貫入試験), 土質試験法解説 (第2集), 1959, pp. 239~256
- 8) 福岡 保: 標準貫入試験の実用性拡張の問題, 土と基礎 Vol. 4, No. 2, pp. 11~17, 1956
- 9) 室町忠彦: サウンディング (I) (概説, 静的貫入試験, ベーン試験, その他), 土質試験法解説 (第2集), 1959, pp. 217~237
- 10) 三木五三郎: 基礎地盤に用いる各種のサウンディング方法について, 生産技研所報 Vol. 11, No. 3, pp. 7~14, 1959
- 11) 上田嘉男: スウェーデン式サウンディングロッドについて, 土と基礎 Vol. 5, No. 5, pp. 9~12, 1957
- 12) 稲田倍穂: スウェーデン式サウンディング試験結果の使用について, 土と基礎 Vol. 8, No. 1 pp. 13~18, 1960
- 13) 立元 勉: 鉸さいダムにおけるスウェーデン式貫入試験と標準貫入試験の実施例, 土と基礎 Vol. 8, No. 4, pp. 17~20, 1960
- 14) 池田俊雄: 地盤調査における貫入試験の適用性について, 鉄道土木 Vol. 2, No. 2, pp. 35~42, 1960

(原稿受付: 1961.4.22)

## 第7回 海岸工学講演会講演集 (1960) 頒布について

第7回海岸工学講演会の教材として、標記の図書が刊行され、目下実費で頒布致しております。1959年から1960年にかけては、伊勢湾台風の未曾有の高潮災害、チリ地震による三陸、北海道の津浪災害などがあって、わが国の海岸工学界にとってはきわめて多事なときでありました。このような時代を反映して、本書には記録的な多数の論文が収められており、本書が防災技術および研究の面にさらに一段の進歩をもたらすものであることを期待しております。

体裁: B5判 303 ページ, 写真・図表多数, 発表論文 28 編, 執筆者 60 名

頒価: 600 円 (送料 50 円) 入金次第送本致します。