

# 標準打込試験の実用性拡張の問題

福 岡 保\*

標準打込試験とはテルツァギとベックが行った Standard Penetration Test のことで、標準貫入試験\*\*とも呼ばれているが、簡単のために筆者は SP 試験と呼んでもおり、本文中にもこの呼名を使つたので始めにお断りしておく。

## 1. 要 旨

テルツァギとベックは  $N$  値 (30.5 cm 貫入に要する打撃回数) と土の剪断抵抗値との関係について、粘土の場合の平均値として

$$q_u(\text{kg/cm}^2) = 0.122 N \dots \dots \dots (1)$$

但し  $q_u$ : 一軸圧縮強度

であり、砂の場合は内部マサツ角  $\phi$  (deg) を図-8 のように示している。このことは参考文献 (1), (2) を初め数種の邦訳文中に記され、よく知られていることである。

しかし上記の (1) 式と図-8 だけの実験値では、SP 試験の実用性は少ない。土を現場観察で、粘土・シルト質粘土・シルト・ローム・砂質ローム・砂及び砂礫に分けるとすると、砂と砂礫を除けば実際の土質調査に際して、出てくる土には粘土と名付けられる土が非常に少なく、シルト質粘土・砂質ローム・シルト・ローム等の「粘土でない粘性土」が多い。このような土に対して無差別に (1) 式を適用することの不合理は言うまでもない。

$N$  値から土の剪断抵抗を判定し、SP 試験を充分に実用計算に用いるには、あらゆる種類の土に対する実験結果を用意しておかねばならない。筆者は SP 試験の実用性をできるだけ高度なものにするために、機会あるごとに時間と費用の許される限り、この実験を続けてきた。ここに発表する  $N$  値と剪断抵抗との関係に関する実験結果は、量的に決して十分なデータに基づくものとは言えないが、土質調査の実務にたずさわる人のために参考になれば幸いと思ひ、中間発表する次第である。

参考文献 (3) に記載された筆者の SP 試験に関する実験結果は、次の理由で補正すべき点が多い。すなわち当時 (昭和 27 年 4 月~28 年 7 月) は筆者の研究所には三軸圧縮試験機が無かつたので、剪断試験は一軸圧縮試験或は直接剪断試験を行つた。またそのテストサンプルは一軸圧縮試験用には SP 試験器 (断面比 112%) に入つてきたものを、直接剪断試験用には内径 60 mm のドライサンプラー (断面比 36.0%) で採取されたものを用いた。ヴォシュレフ (Hvorslev) の研究によれば不攪

乱試料は断面比が 10% 以下のシンウォールサンプラーでなければ採取されない。ここに発表する実験値はすべて内径 75 mm 或は 60 mm のシンウォールチューブ (断面比 6.5% 或は 6.8%) で採取されたテストサンプルを三軸圧縮試験によつて測定したものである

## 2. シルト質粘土の場合

この項では、現場観察で砂質ローム或いは砂質粘土と呼ばれるような砂粒子の混合を肉眼で観察できる土を除き、普通に一般の人が「粘土と呼ぶような土」に対する実験結果について述べる。アメリカの土壌局 (U.S. Bureau of Soils) の三角座標による土の分類で、粘土に該当する土はわが国ではあまり見られない。この項で取扱う「シルト質粘土」は上記の U.S.B.S. の分類では粘土質ローム・シルト質粘土ローム・シルト質ローム及びロームに該当する土が包含されている。即ち現場観察ではこれら 4 種類の区別は一般には難しいので、筆者はこれらの土を総称して「シルト質粘土」と呼び、これらの中から特にシルトを区別している。

この項の実験は主として東京湾周辺の沖積層の土を取扱つたものであるが、北陸 (新潟・富山・石川の 3 県) の沖積層でもこの項の実験結果は適用できる。東京湾周辺の沖積層では暗青灰色のシルト質粘土が大部分を占める。層序としては通常上部には黒色系のシルト (厚さ 1~5 m) が、下部には黒褐色の有機質のローム (厚さ 2~4 m) が見られるが、これらの層の全くない所も多い。また場所によつては砂質ロームがシルト質粘土と置き替わつた成層状態の所もある。この沖積粘土層は非常に軟かく、その深さは筆者の経験したところの代表的な一例を挙げれば、次のとおりである。

横須賀市上町 3 丁目	深さ 10~12 m	$N=0\sim4$
鎌倉市大船	22~24	$=0\sim6$
横浜市神奈川区恵比須町	30~35	
川崎市大師河原	21 m 以上	$=3\sim7$
東京都千代田区日比谷公園	18~19 m	$=0.5\sim2$
東京都墨田区横網町	29~30	$=9\sim10$

図-1 はこの種の土の  $N$  と  $c$  (粘着力) との関係を示す。その平均値は次式で示される。

$$c(\text{kg/cm}^2) = 0.05 + 0.075 N \dots \dots \dots (2)$$

但し  $N < 10$

平均値からの偏差は  $\pm 0.15 \text{ kg/cm}^2$  位である。 $N > 10$  の場合は実験値が 3 個しかないので、(2) 式の関係は適用することはできない。 $\phi$  は 20 deg 以下で大部分は

\*中央ボーリング株式会社 \*\*用語委員会制定呼称

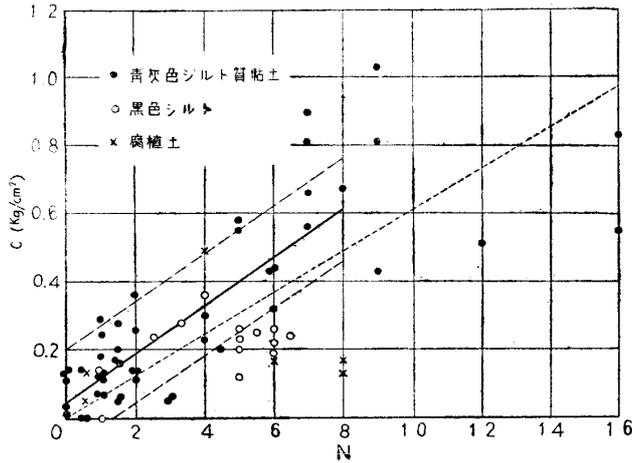


図-1. シルト質粘土の  $N$  値と粘着力  $c$  との関係

4~9 deg であつた。図中の点線はテルツァギとベックの(1)式の関係である。(1)式は  $N=0\sim30$  までの広範囲に対して与えられ、 $c$  は  $N$  に一次比例して増大するように示されている。

しかし主として東京湾周辺の沖積層中のシルト質粘土では  $N$  値は 10 以下で、 $N=0\sim10$  に対する  $c$  の平均値はテルツァギとベックが示す平均値より  $0.05\sim0.15$   $\text{kg}/\text{cm}^2$  大きい。且つ  $c$  は  $N$  の一次関係で増大するものでなく、実験データが量的に充実すれば  $c=a+bN-dN^2$  のような関係で増大することが推定される。

黒色のシルトや黒褐色の腐植土に対してはデータが少ないので  $N-c$  の関係について統計的平均値を求めることはできないが、粘着力が非常に小さく、図示されているように  $N=0\sim8$  で  $c=0\sim0.3$   $\text{kg}/\text{cm}^2$  であつた。

### 3. 粘土の場合

筆者は粘土に対する実験をあまり行っていないので、参考文献(4)の図-3に示された粘土に対する実験データとテルツァギとベックの(1)式とを比較し考察することとする。

図-2は参考文献(4)の図-3から粘土の実験値だけを抜き出したものである。図中の影線は実験値の分布範囲で、実線は筆者が求めた平均値である。実験は  $q_u$  について行われているが、 $c=q_u/2$  とすると粘着力の平均値からの偏差は原図によれば  $\pm 0.20$   $\text{kg}/\text{cm}^2$  位である。図-2は大阪湾周辺の沖積層に於ける実験結果である。東京湾周辺の沖積層中のシルト質粘土では、 $N$  値は最大

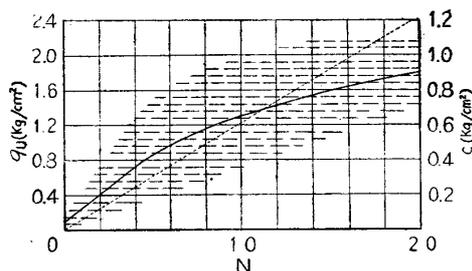


図-2. 粘土の  $N$  値と粘着力  $c$  との関係

10 位であるが、大阪湾周辺の沖積粘土層では  $N$  の最大値は 20 である。前項で述べたように図-2では  $N-c$  の関係は二次式で示されねばならない。図中の点線はテルツァギとベックの(1)式の関係である。前項でも言及したように、(1)式は  $N$  値の小さい範囲では設計上不経済な値を与え、 $N$  値が大きくなると設計上危険な値を与える。そして図-2では  $N < 10$  の場合の平均値は

$$c(\text{kg}/\text{cm}^2) = 0.10 + 0.075N \quad \dots\dots (3)$$

但し  $N < 10$

であつて、(2)式と殆んど一致している。しかし  $N < 3$  の場合は、軟かい粘土は軟かいシルト質粘土より粘着力が約  $0.05$   $\text{kg}/\text{cm}^2$  大きいことが、図-1と図-2との比較から言える。

### 4. 関東ロームの場合

関東ロームは特定の地域に分布し、特殊の性質をもつ土で、本誌にこの土の実験結果を発表しても、その結果を実務上活用して戴く点ではマツはずれかも知れないが、特定の地域の土はそれぞれ独特の性質をもつから、それぞれ特有の研究成果が必要であり、この論文の標題の目的を果たすためには日本各地でこのような実験研究を必要とするから、その意味でここで関東ロームを取り上げることとする。

関東ロームの分布していない土地で、関東ロームと同じ粒子配合の土(粘土質ローム或いはローム)を観たとき、しかもその土が褐色でなく白色か青灰色の系統の色を呈していたら、現場観察でその土をロームと呼ぶことは一般に行われていない。すなわちロームという土は現場観察で分類することは難しく、粘土或はシルト質粘土等と呼ばれ勝ちな種類の土である。従つて関東ロームに SP 試験を行つた場合、一般に関東ロームを粘土として取扱い  $N$  値をテルツァギとベックの実験式(1)に代入して、剪断抵抗として  $c$  だけを取扱う傾向がある。しかしそうすることは関東ロームの剪断抵抗を判定する上に適当でないことは、誰でも認めながら実験データをたくさんもっていないのでやむを得ずそうしているものとする。ここで発表する関東ロームに対する実験結果も未完成であるが、その結果は実用上支障の少ないものとする。

図-3は  $N-c$  の関係である。関東ロームは粘性土であるから、 $N$  値の大きい程  $c$  が大きいことは普通に考えられる通りであるが、上限値と下限値とは平均値からの偏差が非常に大きく、この図が示すように  $N$  値から  $c$  の統計的平均値を求めることは実用上適当でない。

図-4は  $N-\phi$  の関係である。 $\phi$  に関しては実験値が広範囲に分散しているので、 $N-\phi$  の相関性を見出すことは、 $N-c$  の関係より遙かに可能性が少ない。

図-3及び4に於ける実験値の符号の形は各実験現場

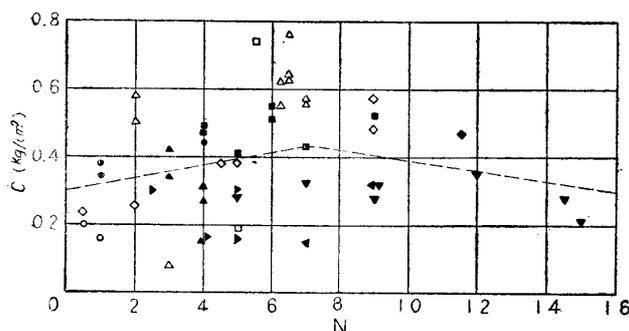


図-3. 関東ロームの N 値と粘着力 c との関係

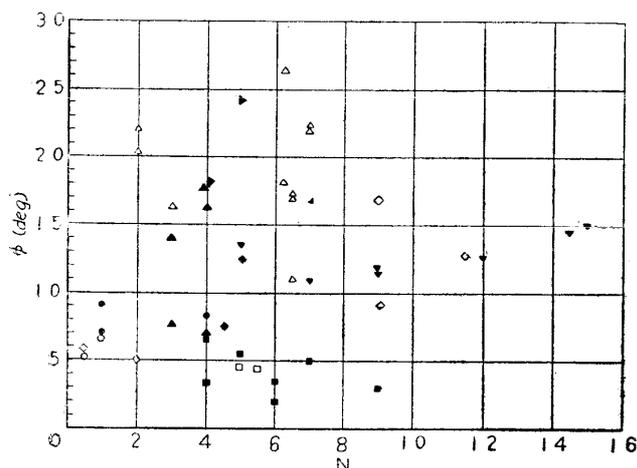


図-4. 関東ロームの N 値と内部まさつ角 phi との関係

の区別である。すなわち一様に関東ロームと言っても、各現場で N 値の大小が著しく異なると共に、N-c 及び N-phi の関係も著しく異なることがよく解る。共通する傾向として c 或は phi の大きい程 N 値が大きく出ている。このことは当然のことであるが、ある現場では剪断抵抗の大部分が c により決定され、他の現場では tan phi が大きな影響を及ぼしていることが解る。

このことは外観がそれ程異ならない関東ロームが、地域によつて粒子配合・稠度特性等が相当異なることを暗示する。いづれにしても N 値は剪断抵抗 s を示すものであろうから、次に N-s の関係を調べてみた。

図-5 は N-s の関係である。図中の符号の白と黒との区別 (図-3 及び 4 も同じ) は後で述べるとして、この図から N-s の関係は、平均値として

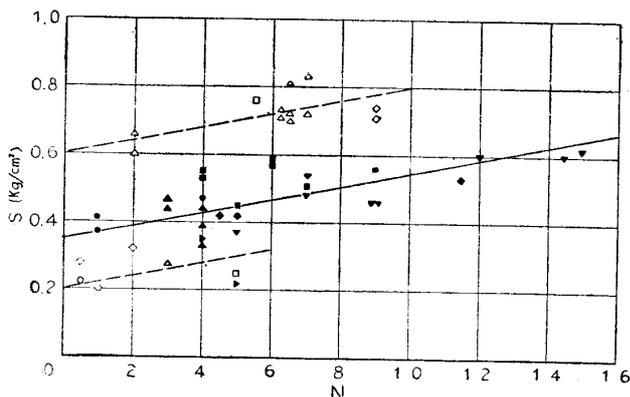


図-5. 関東ロームの N 値とせん断抵抗 s との関係

$$s = A + N \tan \alpha \dots\dots\dots (4)$$

の一次式で示すことができる。但し  $A = 0.2 \sim 0.6 \text{ kg/cm}^2$  であつて、やはり平均値からの偏差が大き過ぎるから、関東ロームの場合は N-s の関係を平均値で示すことは実用上支障を生ずる。

しかし図-5 でも図-3, 4 と同様に各現場の実験値はすべて集団となつて図中にプロットされ、かつその集団内では N の増大に対する s の増大率がすべての現場が殆んど同じ勾配で示されることが解つた。

そこで次のような表示を試みる。同一のサンプルが有つ c (kg/cm²) と phi (deg) との数値を、タテ軸に c をヨコ軸に phi を採る。この図から実験値はほぼ

$$c (\text{kg/cm}^2) = B - \phi \tan \beta \dots\dots\dots (5)$$

のような一次式の関係で配列され、更に現在のところ (5) 式の関係は 3 類に大きく分かれてみるとみることができる。この 3 類の区別を図-3~5 で符号を黒と白で区別したのである。すなわち図-6 の c-phi 曲線の 3 類

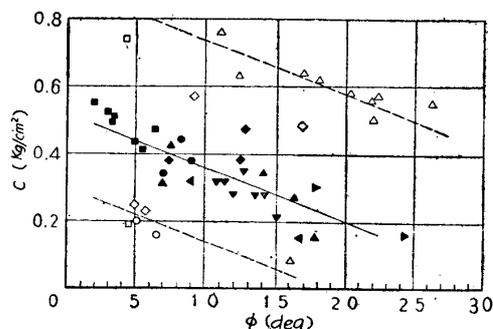


図-6. 関東ロームの粘着力 c と内部まさつ角 phi との関係

の分離は図-5 の N-s の関係にそのまま現われていることが見出された。そして係数 A と B との関係は、ほぼ

$$B = 1.5 A \dots\dots\dots (5-1)$$

である。従つて c-phi の関係を知ることによつて、図-5 或は (4) 式の N-s の関係は実用上の価値を生ずる。但し (5) 式の関係は  $c > 0.8 \text{ kg/cm}^2$  或は  $\phi > 30 \text{ deg}$  に対し適用できるかどうかは、今後の実験にまたねばならない。

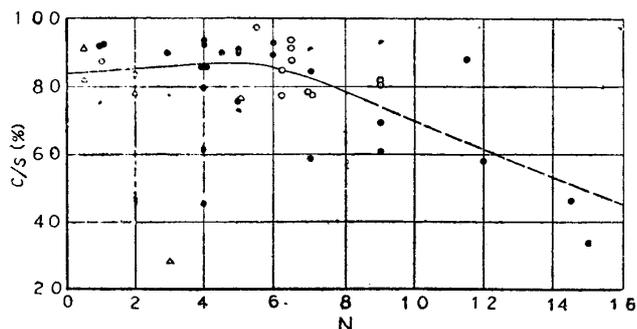


図-7. 関東ロームの N 値と c/s との関係

次に  $N$  値から  $c$  及び  $\phi$  の量を分離して知るために、次のようなことを試みた。即ち同一サンプルに於ける  $c$  と  $s$  との比を計算し、図-7 のような  $N$ - $c/s$  の関係を調べた。

すなわち  $N=0\sim6$  の範囲では  $c/s$  は  $N$  値の大小に係らずほぼ一定 ( $c/s \approx 0.85$ ) で、 $N > 6$  になると  $c/s$  は  $N$  にほぼ一次比例して減少しているようである。すなわち

$$\left. \begin{array}{l} N=0\sim6 \text{ の場合の } c \approx 0.85s \\ N > 6 \text{ 場合 } c = 0.85s - \tan \theta \end{array} \right\} \dots (6)$$

で  $c$  の量を算定できる。上式中  $\tan \theta$  は図-7 で破線で示したように、現在のところデータが少ないのではつきり示すことはできない。図-7 の  $c/s$  の平均値を図-5 の  $s$  の平均縦距上に採り、その点を結べば  $N$ - $c$  の平均値曲線が求められるわけである。図-3 の破線は統計的に一番多く出てきた「普通の関東ローム」の  $N$ - $c$  の関係である。

以上のことを要約すると

(1) 関東ロームの剪断抵抗は

$$s(\text{kg/cm}^2) = A + 0.02N \dots (4-1)$$

但し  $c = 0.2 \sim 0.6 \text{ kg/cm}^2$

で算定できる。「普通の関東ローム」では、 $A = 0.35 \text{ kg/cm}^2$  である。

(2) 1箇所の現場から少なくとも3個以上の不攪乱試験料を採取し、三軸圧縮試験によつて  $c$ - $\phi$  の関係を知れば、係数  $A$  の値を求めることができる。

(3) 関東ロームの剪断抵抗は  $\phi$  の大小に関係なく、その 20~60% はマサツ抵抗  $\sigma \tan \phi$  ( $\sigma$ —垂直応力) によるものであり、 $N$  値は  $c$  の大小にあまり関係がなく、剪断抵抗  $c + \sigma \tan \phi$  の大小によつて増減する。

### 5. 深い位置の $N$ 値の修正

図-10 は SP 試験記録の実例の一つである。砂地盤では一般に貫入抵抗が大きく、深くなるとハンマーの重量とロッドの重量との比の関係で貫入の効率が落ち、緊密度の同一の地層内でも  $N$  値は深さに伴つて増大する傾向が見られる。これに対して筆者は次のような修正方法を行つている。

貫入抵抗の相対値は杭打公式で算定できる。杭打公式には数種あるが、一番合理的と考えられているハイリー (Hiley) の公式を採用した。

$$R = \frac{W_h \cdot H_e}{s+k} \times \frac{W_h + n^2 W_r}{W_h + W_r} \dots (7)$$

- 但し  $R$  (kg) : 貫入抵抗力
- $W_h$  (kg) : ハンマーの重量
- $W_r$  (kg) : ロッドと試験器の総重量
- $H_e$  (cm) : ハンマーの有効落下高
- $n$  : 反撥係数

$s$  (cm) : 1回の打撃による貫入量

$k$  はロッドの弾性変形による貫入量の戻りで、次の関係で変化する。

$$k = \frac{R \cdot l}{2AE} + C \dots (7-a)$$

但し  $l$  (cm) : ロッドの総長

$A$  (cm<sup>2</sup>) : ロッドの断面積

$E$  (kg/cm<sup>2</sup>) : ロッドの弾性係数

$C$  は杭の支持算定に対して 0.15 cm とされている。この  $k$  の量を無視すれば、 $s = 30.5/N$  cm であるから

$$R = W_h \cdot H_e \cdot \frac{N}{30.5} \cdot C_N \dots (7-1)$$

$$\text{但し } C_N = \frac{W_h + n^2 \cdot W_r}{W_h + W_r} \dots (7-b)$$

と書き換えられる。 $C_N$  は杭打試験では一定値となるが、サウンディングロッドテストや SP 試験では函数となる。 $e$ ,  $W_h$ ,  $H_e$  は常数であるから

$$R \propto N \cdot C_N \dots (7-2)$$

という関係が成立する。 $R$  はその土質固有の抵抗力であり、剪断抵抗に影響される。従つて打撃回数と剪断抵抗との関係を求めるには

$$aN' = N \cdot C_N \dots (8)$$

なる  $N$  の修正値  $N'$  を用いなければならない。 $a$  は剪断抵抗に関する係数である。 $r = W_h/W_r$  とおけば

$$C_N = \frac{r+n^2}{r+1} \dots (8-a)$$

と書き換えられる。深さ 1m に対しては、 $C_N = 0.857$  であるが、 $N$  の換算率 (表-1) に各深さの  $C_N$  の値と深さ 1m の  $C_N$  の値との比を採り、係数  $a$  による区別をしない。表-1 は外径 41 mm の通常のドリルロッドを用い、地下水面が深さ 2m であるとして計算したものである。

この  $N$  の換算率 (表-1) は  $k$  の量を無視したことと無理があり、更に係数  $a$  による修正値の相異を計算しないことが不合理であるが、この試験方法の簡単さを考えればそれ程問題にならない。要するに  $N$  の換算率は深くなる程低下する貫入の効率だけを修正し、 $k$  及び  $a$  の値は剪断抵抗によるものであるから、その影響は  $N$  値そのものによつて測定せられると考えたものである。

測定位置が深くなつて、ロッドの重量が増すとハンマーがバウンドして正確な  $N$  値を示さなくなる。その限

表-1.  $N$  値の換算率

深さ	換算率	深さ	換算率
~ 1mまで	1.00	~22mまで	0.75
~ 4	0.95	~30	0.70
~ 7	0.90	~43	0.65
~11	0.85	~64	0.60
~16	0.80		

界深さは土の剪断抵抗によつて異なるが、杭打公式の誘導過程から

$$W_h - nW_r > 0 \dots\dots\dots (9)$$

を満足する深さでは、非常に締つた砂或いは硬い粘性土でない限りハンマーはバウンドせず、 $N$  値は不正確ではない。SP 試験で(9)式を満足する深さは、径 41 mm のドリルロッドを用いた場合は 25 m 前後である。表一1で深さ 60 m 以上まで計算したのは適当ではないが、往々深さ 50 m に及ぶ調査依頼があるので、便宜上計算しておいた。

6. 砂 の 場 合

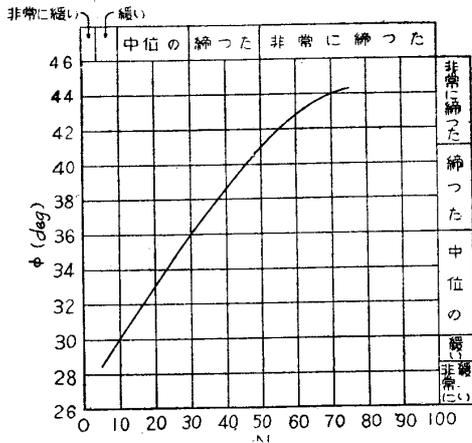
砂の剪断抵抗は

$$s(\text{kg/cm}^2) = (\sigma - u) \tan \phi \dots\dots\dots (10)$$

但し  $\sigma$  (kg/cm<sup>2</sup>) : 垂直応力

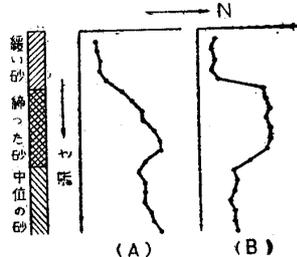
$u$  (kg/cm<sup>2</sup>) : 間隙水圧

であることが定説であり、 $N$  値が剪断抵抗を示すものであれば、 $N$  値は単に  $\phi$  の函数でなく  $(\sigma - u)$  の函数でもある。そして  $(\sigma - u)$  は深さに比例して増大する。しかるに参考文献(2)では図一8のように  $N$  値と  $\phi$  との関係を、深さの条件を与えずに示していることに疑問を生ずる。



図一8. 砂の  $N$  値と内部まさつ角  $\phi$  との関係

例えば図一9のように相対密度の異なつた3層の砂地盤を考える。「 $N$  値は剪断抵抗を示すものである」場合は、同一の相対密度を有する地盤内では  $N$  値は深さ即ち  $(\sigma - u)$  に比例して大きくなり、その測定結果は(A)のようにな



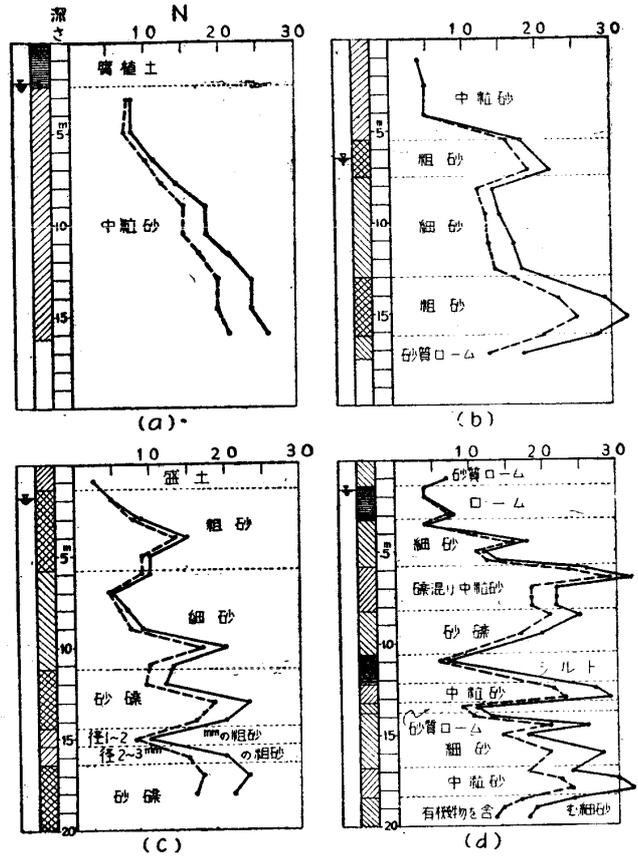
図一9.  $N$  値曲線の型

ければならない。「 $N$  値は相対密度だけを示すものである」場合は、(B)のようになければならない。

筆者はこれまでに 53 箇所 164 地点の現場で、延 3,222 m の SP 試験を直接担当してきた。その中砂地盤に属する現場は 25 箇所 90 地点あつた。いまそれらの  $N$  値の測定記録を調べると、(A)の傾向は 69%、(B)の

傾向は 17%、はつきりしないのが 14% あつた。はつきりしないのは成層状態の複雑な所で測定間隔を大きく取つた場合である。この 14% を資料から除外すれば、(A)は 80%、(B)は 20% である。また(B)は緩い砂地盤に多い。従つて上記の実測記録から、 $N$  値は剪断抵抗を示すもので、深さの条件を与えずに  $N$  値と相対密度を直接結びつけて考えるのは誤りであるというヒントが得られる。

図一10は SP 試験記録の実例である。破線は表一1の



図一10. 標準打込試験記録の実例

換算率で修正した  $N$  値の変化を示す。(a)は均等な粒子配合の砂地盤である。(b)は細砂と粗砂の単純な成層状態を示し、且つ各層は均等な組成の地盤である。(c)及び(d)は組成が著しく均等でない細粗の砂層が複雑に重なり合つた地盤である。因みに

- (a) は新潟県西蒲原郡内野町
- (b) は新潟県中頸城郡瀧町村
- (c) は津市丸ノ内本町
- (d) は和歌山市番町

の土質断面で、(a)と(b)ははつきり(A)型の変化を示しており、(c)と(d)はあまりはつきりしないが全体的には(A)型を示していると観られる。

次に  $N$  値と相対密度との関係について調べてみる。砂の相対密度は

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \dots\dots\dots (11)$$

但し  $e$  : 自然状態の間隙比

$e_{max}$  : その砂が一番緩いときの間隙比

$e_{min}$  : その砂が一番締つたときの間隙比

で定義されているから、 $N$  値が相対密度を示す場合は、図-11 のように  $e$  は  $N$  値に反比例し、 $D_r$  は比例する。図中影線の  $D_r$  の変化は参考文献 (1) の定量的定義 (例えば  $N=10\sim30$  の砂の  $D_r$  は中位である) を図示したものである。

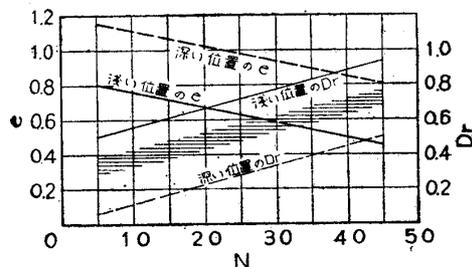


図-11. 砂の  $N$  値と間隙比  $e$  及び相対密度  $D_r$  との関係

$D_r$  の測定は通常の基礎地盤調査ではあまり要求されないため、筆者の手もとには  $N$  値と対比検討するに足るだけの  $D_r$  の測定資料がないので、 $N$  値と  $e$  そのものの関係を調べてみた。図-12 は深さに関係なく  $N$  値と  $e$  とを対比したものである。但し  $N$  値は表-1 の換算率で修正したものであり、この図では  $e$  の上限値と下限値との差は約 0.35 であるが、修正しない  $N$  値を用いるとその差は約 0.45 となる。

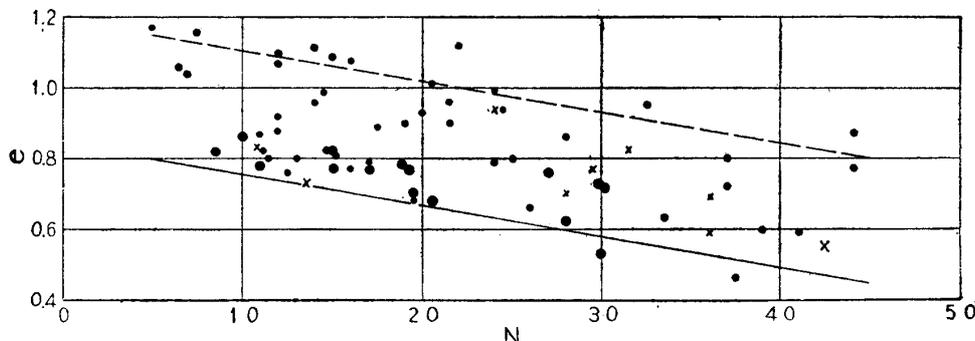


図-12. 砂の  $N$  値と間隙比  $e$  との関係

図-12 の結果は普通に考えられる通りで、 $e$  の小さい締つた砂は  $e$  の大きい緩い砂より貫入抵抗が強く、従つて  $N$  値は大きく出るといふことであつて、 $N$  値は  $D_r$  を示すとともに図-8 の  $N-\phi$  の関係を与えるといふ論拠にはならない。

すなわち図-12 の実験結果に基づいて、その上限値と下限値について  $e_{max}=1.15$ ,  $e_{min}=0.40$  として  $D_r$  を計算すると図-11 のような  $N$  値に対する  $D_r$  の広い範囲が与えられる。この結果を参考文献 (1) のこのことに関する記事と比較すると、 $e$  の下限値 (図では浅い位置の  $e$  と記されている) は文献 (1) の実験値とよく一致し、定量的定義に基づく  $D_r$  の平均値 (影線) の勾配は上記の仮定計算による勾配とよく一致する。しかし図-11 を観れば解るように、締つた砂と緩い砂を比較す

るとき、 $N=30$  及び 10 の場合に  $e$  或は  $D_r$  の上限値と下限値とは約 50% 重複する。そして図-12 或は 11 の  $e$  の実験値の上極値と下限値との開きは、粘土や関東ロームに於ける  $N-c$  或は  $N-s$  の関係のような平均値に対する偏差ではなく、深さの影響による開きであることが注意すべき問題である。

図-12 の実験は深いウエル基礎及びトンネル掘さく部の土質調査で行つたもので、深さ 0~5 m までの浅い部分の実験値はないが、図中の大きい符号は深さ 5~10 m の間の実験値で、その他は 10~35 m のものである。すなわち同等の  $N$  値に対しては浅い所程  $e$  は低い値を示し、同等の  $e$  を有つ砂でも深くなる程、 $N$  値は大きく測定された。そしてこのことは、図-10 に挙げた  $N$  値の測定記録の実例や図-9 の (A) の考え方と一致する。

以上のことを要約すると

(1) 表-1 のような換算率を用いて  $N$  の測定値を修正すれば、 $N-e$  或は  $N-D_r$  の関係を整理するのに都合がよい。

(2)  $N-e$  或は  $N-D_r$  の関係を見出すためには、深さを区別して実験値を整理検討しなければ意味がない。

そしてベックが示す  $N-\phi$  の関係 (図-8) は極めて浅い位置 (深さ 2~3 m) 以外には適用できないであろう。

(3) 深さを区別して  $N-e$  或は  $N-D_r$  の関係を見出せば、 $e-\phi$  或は  $D_r-\phi$  の相関性に基づいて各深さに対する  $N-\phi$  の関係を求めることができるであろう。

## 7. 結 論

各種の土に関する考察は各項の終りに要約して述べた通りである。テルツァギヤベックが示す実験結果はこの試験の紹介であり、実用への指針を与えたものと考えべきである。従つてそれを無考察・無差別に適用することは避けねばならない。

実験式 (2)~(6) はデータの増加に伴つて多少変更・補正せられるであろう。従つて土質調査にたずさわる人は常に充分実用性の高い実験式のできるまで、データの集積に努力せねばならない。

この実験には中央開発株式会社の瀬古新助氏の援助と福田保昌君の協力を得ております。写図は三好 博君がやつてくれました。また地盤調査を依頼され筆者に研究の機会をもたらした諸官庁・諸会社の関係者各位に感謝の意を表します。

(昭和 30 年 11 月)

## Ablert Edward Cummings 氏逝去。



基礎工学について豊富な経験を持つ専門家として知られた、A. E. カミング氏は 1955 年 7 月 20 日、ニューヨークにて急逝された。30 年以上も前に、始めて土木工法に土質工学を導入して以来、その発展と基礎工学への応用に努めて多くの貢献あつた氏の逝去に対し、茲に謹んで哀悼の意を表する次第である。

氏は 1915 年ウイスコンシン大学土木科を卒業、直ちにレイモンドコンクリート杭会社に入社し、永くシカゴ支部長を勤めた後、本部研究主任を経て 47 年には同会社理事に進んだ。この間、主に基礎関係のコンサルタントとして、国内はもとより世界各地の仕事に従事すると共に、各地の研究所を訪れ知識経験を深めた。

1940 年よりハーヴァード大学、イリノイ大学の基礎工学の講師となり、53 年にはコーネル大学の土木科の特別講師に任命され、その他にも多くの学校、学会関係団体の講師をも勤めたがその永年の経験に基く講義は常に歓迎された。氏は国際土質基礎工学会の北米支部の副会長であり、又米国土質基礎工学会議の議長でもあつた。

氏の書かれた基礎工学関係の土質工学の論文、討議は約 30 に上るが、我国には“基礎工学”(共立全書。松尾新一郎訳)が紹介されている。

## 沖積粘土の工学的性質に関する研究

〔土木学会論文学 第 30 号〕

運輸技研港湾物象部 石井 靖丸・倉田 進・藤下 利男の 3 氏によつて書かれた同書は、土木学会論文集 30 号として去る 2 月末日刊行され、非常な好評を博しております。龐大なデータを 92 ページに圧縮して (図版約 150 個)、ここに発表された著者各位のなみなみならぬ御努力に敬意を表するとともに、現場土質技術者各位の一読をおすすめする次第です。

定価 300 円 (〒 20 円) を土木学会 (千代田区大手町 2-4・振替東京 16828 番) までお送り下されば、申込順に発送いたします。

### 内 容

第 1 章は Index Properties (類別指数) の実用性の範囲についてのべ、土の物理試験の持つ意義を明らかにし、第 2 章では、圧密試験による圧密諸係数の決定方法に主眼をおいて説明した。しかして圧密性の変化等について、手持資料によりできうるかぎり説明した。もちろんこれら個々の問題をはつきりきめつけることは現在の段階ではできないので、かかる現象の存在を強調し、今後の問題を提示するにとどめた。第 3 章では粘土のセン断抵抗に関し、主として直接セン断試験機による透水セン断試験結果を用い、セン断にもなう圧密、したがって中立応力の発生について説明し、現在行われている各種のセン断試験の批判を行い、現段階としては粘土のセン断抵抗としては圧縮強度  $q_u$  の半分をとりこれを粘着力として用い、 $\phi=0$  (内部摩擦角) として計算することが最も実用的であり、かなり信頼性の高いことを示した。なお付録として筆者等の取扱つた沖積層の土層断面を参考としてかかげてある。

### 参 考 文 献

- |   |  |
|---|--|
| (1) Terzaghi and Peck — Soil Mechanics in Engineering Practice (1948 年) | (1953 年「土木技術」8 卷 12 号)   |
| (2) Peck, Hanson and Thornburn — Foundation Engineering (1953 年)        | (4) 村山湖郎・森田紀元・赤井浩一・能城正治——標準貫入試験と地盤の支持力について (1954 年「土と基礎」2 卷 5 号) |
| (3) 福岡 保 —— 標準打込試験による基礎の設計  | (5) 原口忠次郎・米田正文——土と杭の工学 (1951 年版)                                 |