

加させる工法であるが、図 27—1 のようにサンドパイルを打込んで扇形部の塑性域の地盤の強固を図るのも一つの工法である。米国の例では、深さ 30 m のサンドパイルは珍しくないから、将来我々もこの工法を行ないうものと思う。サンド・ドレーンを行えば rigid zone の圧密沈下も促進され、井筒周辺の土質の改善によつて、周辺摩擦力の増加、変動土圧の増加による井筒沈下時の傾斜に対する抵抗の増加等の利点も考えられる。軟弱地盤の摩擦杭の群杭は負周辺摩擦によつて、長期に亘る沈下の憂いがあるから、サンドドレーンの工法の方が推奨されるわけである。

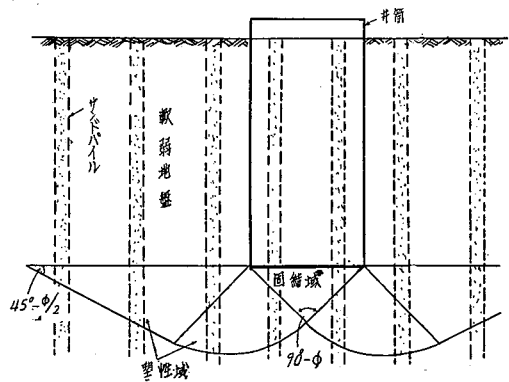


図 27—1 橋基礎にサンド・ドレーンを利用する

最後に本文を草するに当たり、御指導を賜つた室蘭開発建設部長猪瀬寧雄氏に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

1. 土木研究所報告：猪瀬・安部“杭の耐荷方に関する実験的研究”
2. 開発局，土木試験所彙報：堰堤研究室“構造物の土質工学的研究”

28. 泥炭地における既存道路の調査例と貫入試験器の取扱について

土木試験所 大平至徳

は し が き

本報告は、昭和 30 年度北海道開発計画費による“泥炭地の土質工学的調査”の一細目“泥炭地における既存道路の調査”と、昭和 28 年度以降現場調査に使用してきた携帯用貫入試験器の取扱上の注意について、いわば中間的に発表したものである。

なお、後者についてはすでに 2~3 の文献に報告されているところでもあり、これの詳述は避け主題から離れて測定結果の整理方法特に貫入指数と剪断抵抗との相関関係を追求している。

1. 既存道路の調査例

(1) 泥炭地道路築造法

泥炭地に道路を造る場合、その泥炭の性質・深さ・範囲・泥炭の下層土の性質とか、道路の等級・舗装の有無・舗装の種類・施工期限・盛土材料などの条件に適した工法を採らなければならない。一般に用いられる方法としては、表 28—1 のようなものであるが、これらは単独で、あるいは二つ以上の組合せで応用される。この他橋梁による方法もあるが、泥炭地の有害な酸類の腐蝕に耐えうる基礎を造らなければならないことと、泥炭地では一般に大きな支持力が期待できない上かなりの圧密沈下量があることなどによつて経費が高むといわれてい

表28—1 泥炭地道路築造法

路盤材料が土砂類の場合	浮道路	急速圧密法	1 予圧密法
			2 サンド・ドレーン法
路盤底が基盤まで達しているもの	完全除去置換法	緩速圧密法	3 一部除去置換法
			4 在来工法
路盤材料が木材等の場合	完全除去置換法	緩速圧密法	5 木杭等による地盤の増強工法
			6 抑え盛土による増強工法
			7 基盤までの掘削置換法
			8 水圧除去法
			9 爆破除去法
			10 木造および束柴造り法

る。しかし広範囲の泥炭地ではかえって安くつくこともあるという。

表28—1は路盤材料を土と木に分けて、泥炭地に道路を築造する場合の工法を分類したものであり、このうちの代表的なものについて若干の説明を附加えた。

予圧密法とは泥炭の限界荷重以下で設計荷重(動的静的)に等しいかあるいはそれ以上の荷重によつて、泥炭層を施工中に急速に圧密させ、所要の沈下を得たのち余分の荷重をとり去る方法で、工事中に予め沈下を起させることによつて将来の有害な沈下を妨げ地盤強度を増大させることができる。

サンド・ドレーン工法とは、砂をつめた縦の排水工を泥炭地盤内に設置し層内での横方向の排水によつて圧密を促進させるもので、圧密沈下に要する時間が排水距離の2乗に比例するという考えを応用したものである。

盛土を浮かせる工法では、盛土材料としてなるべく砂質土を用いた方がよい。しかし実際にはそうもいかないので少くとも盛土の基底部には粘質土・粘土・シルト質土を用いないようにすれば地下水位上には任意の土を使用してもよいと考えられる。この際材質の異なる境の部分には、毛管水を遮断する層を設けた方がよいと思う。

基盤までの掘削除去法は、泥炭深が大体3mまでのところでしかも掘削法面が崩れないような場合に採られる方法である。

水圧除去法とは、泥炭表面を深さ1.5~3m程度に掘つて砂質の盛土を置き、沈下をみながら嵩上し、盛土がなお基層に達しないときは、盛土底面の泥炭を圧力水で噴射しながら落着かせる工法である。

爆破法は、附近に水の供給地がなく水圧除去法が採れないところで、予め排水してあるとか相当強度のある泥炭上に盛土材料を2~4mの高さにおいて爆破する。また泥炭を一部除去置換した後爆破することもある。いずれにしても下層の泥炭が外へ跳出し、爆破と同時に持上つた盛土材がその跡へ陥没し堅固な下層に落着く方法であり、盛土材料としては砂質土の方がよいといわれている。水圧除去法でもそうであるが、この方法には泥炭を完全に除かなければ後で局部的沈下をおこす心配があり、泥炭の性質によつて爆破孔の距離や装薬量を変えなければならないし、さらにまた爆破した後搦固める必要があるなど種々の難点がある。しかしドイツのある例ではボーリングの結果、完全に泥炭が除かれ、しかも盛土がかなり密であつたといわれている。また米国などでも盛んに本法が採用されているようである。

(2) 既存道路の調査例

以上泥炭地に道路を造る場合の一般的工法を述べたが、いざ実際に道路を築造するとなれば、その基となる設計なり施工上の資料がほとんどない現状である。そこで筆者らは、必要な交通荷重を通すために要する支持力と泥炭地処理の必要条件を見出すための一つの有力な手段として既存道路を土質工学的に解析することとし、次に述べるように石狩川水系周辺の道路について試験地を選定し、それぞれの道路の条件とともに道路構成部ならびに隣接素地について、(イ)道路構造ならびに構成材料、(ロ)土層分布、(ハ)不攪乱試料による密度・含水比・

一軸圧縮強度など、(ニ) ベーンシャテスト、(ホ) 貫入試験、(ヘ) 平板載荷試験(表層附近の主な構成層毎に)、(ト) 標準貫入試験、(チ) 地下水位 などの全部または一部について調査した。

試験地選定要領は

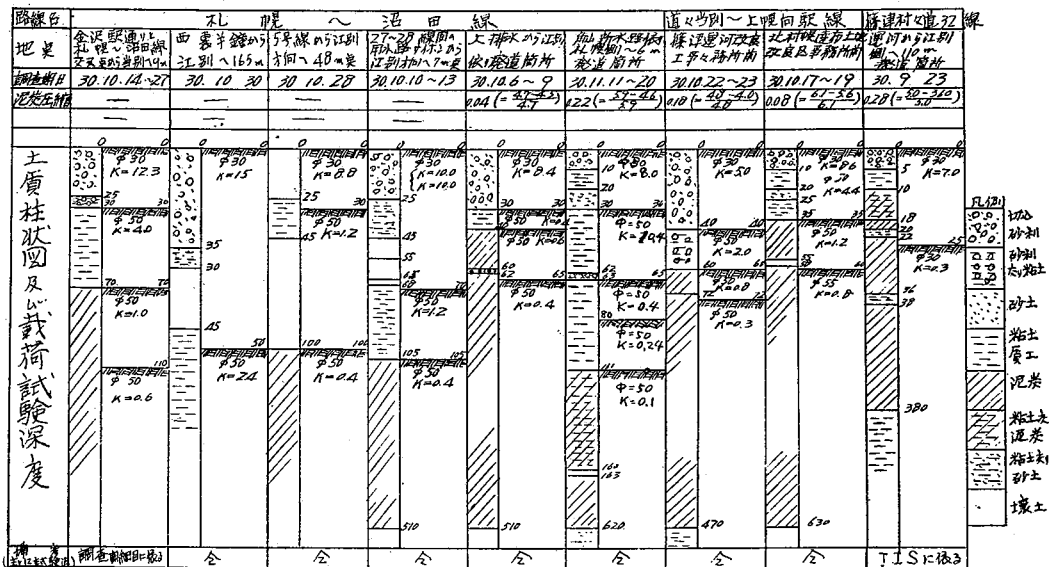
- A 極めて脆弱なトラック道路
- B 脆弱なトラック道路
- C やや堅固なトラック道路
- D 堅固なトラック道路
- E 特に厚い泥炭を有する道路

の5種に大別して、それぞれについて昭和30年度はBに対して新篠津村32号線、Cには道道当別～上幌向駅線、Dに対しては札幌～沼田線を選んだ。

個々の調査結果資料と、これらの資料と交通の質と量・経年・基層条件等との相関性については後日詳細に発表する予定であり、ここには泥炭地砂利道のK値の1例を表28-2として示したにすぎない。

本表の泥炭圧縮とは、路盤下の泥炭層が素地に比較してどの程度に圧縮されているかということであり、剪断強度の増加とあるのは、路盤下の泥炭層が素地と比べてベーンシャ値でどの程度増加しているかを概略算定したものである。摩擦角が零るとき、表面載荷の場合の支持力値は粘着力値によつて一義的に定められるので、剪断強度の増加はすなわち支持力の増加といえる。

表28-2 泥炭地砂利道のK値(但し沈下量0.125cmに対するもの)



2. 貫入試験器の取扱上の注意

(1) 軟弱地盤の支持力試験法

軟弱基礎地盤の支持力試験にはいくとおりもの方法があるが、現場でよく行なわれている平板載荷試験もその一つであり、試験杭の打込み・杭載荷試験などもまたそうである。また地盤の圧密沈下量あるいは静力学的公式から支持力を算定するなどのためには、乱されない状態の土を採取し実験しなければならない。いまのところ乱されない砂を採取することは困難であるが、粘土質土に対しては薄肉円筒を用いたピストン・サンプラーとか、

ように本体に附属せしめたものである。

単桿式コンペネは昭和27年に筆者が試作し、その後数次にわたって改良してきたものである。そしてその改良点は主として重量の軽減にあつた。二重管式ものは昭和30年に堰堤研究室で先端部分を試作した。しかし本体は単桿式ものをそのまま利用している。この二重管式を作つたいわれは、周辺摩擦を求めると同時に、単桿式ものが深さによつてロッドと周辺との間に摩擦が生ずるおそれがあつたからである。

いずれを使うにしても静的貫入試験では、機器を地盤内へ静的に貫入させるときの限界状態の力をコーンの断面積で割つた、いわゆるコーン支持力係数をもつて貫入指数としている。

動的静的を問わず貫入試験からその指数が得られたとしても、それだけでは土の強度あるいは支持力を求めることができないことは、いわば土中にステッキを突込んで地盤の強度や支持力を判断するのとなんら変りなく一般的な試験法とはなりえない。この意味で現在一番推奨されている方法は前述の標準打込試験である。これは貫入指数と土のコンシステンシーとか支持力との関係にある程度まで関係づけているからであるが、その信頼性については2~3の文献に発表されているから、ここでは触れないことにする。

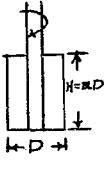
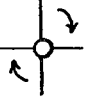
土木試験所堰堤研究室では、ここ2~3年来石狩泥炭地域で前述のペーンテスターあるいはそのたの試験機器を使って各種の土質調査を行なつてきたが、現場調査結果を整理して貫入指数と剪断抵抗との関係にある程度求めることができた。

(2) ペーン剪断試験

貫入試験との比較の基準としたペーン剪断試験とは、地盤中に十文字の翼を穿入させてそれを廻転させたときの抵抗モーメントからその場所の剪断強度を求めるものである。したがつていまかりにペーンの寸法が地盤にたいして深さ方向にもそれと直角な方向にも微小なものとし、かつそれらの方向の自重による応力がすべて等しいと仮定するならば、剪断抵抗は表28-3に示したように端面の剪断応力の分布をどう考えるかによつてのみ定められる。また沖積層あるいは泥炭のように縦横の強度が違う推積層のペーンテストからは、縦横の合成されたものが剪断抵抗として求められるから、同一径で高さの違う二つの翼で試験すれば縦横の剪断抵抗を分離しうる。

筆者らの使用したペーンは径5.5 cm、高さ11 cmであるから、表28-3の式で $m=2$ となり、したがつて剪断抵抗は端面の剪断応力が一様に分布すると考えた場合、円周と端面の抵抗比が6対1の割合で合成されたものとなる。

表28-3 ペーン剪断試験

	均質な場合	沖積層特に泥炭のごとく縦(S_V)と横(S_h)のshearが異るとき	
		S_V と S_h を分けたとき	S_V と S_h を共に求めるとき
 <p>端面の shear が軸からの距離に比例するとしたとき</p>	$M = \frac{\pi}{2} \left(m + \frac{1}{4} \right) D^3 S$ <p>(円周と端面の抵抗比は $m : \frac{1}{4}$)</p>	$M = \frac{\pi}{2} D^3 \left(m S_V + \frac{1}{4} S_h \right)$	$\begin{cases} S_V = \frac{2}{\pi D^3} \cdot \frac{M_1 - M_2}{m_1 - m_2} \\ S_h = \frac{8}{\pi D^3} \cdot \frac{m_1 M_2 - m_2 M_1}{m_1 - m_2} \end{cases}$
 <p>端面が shear が uniform と仮定したとき</p>	$M = \frac{\pi}{2} \left(m + \frac{1}{3} \right) D^3 S$ <p>(円周と端面の抵抗比は $m : \frac{1}{3}$)</p>	$M = \frac{\pi}{2} D^3 \left(m S_V + \frac{1}{3} S_h \right)$	$\begin{cases} S_V = \frac{2}{\pi D^3} \cdot \frac{M_1 - M_2}{m_1 - m_2} \\ S_h = \frac{6}{\pi D^3} \cdot \frac{m_1 M_2 - m_2 M_1}{m_1 - m_2} \end{cases}$

(3) ペーンシヤと貫入指数との関係

さて筆者らは石狩泥炭地域においてこれまで前述のような土質調査を行なつてきたが、これらの調査資料からペーンシヤと貫入指数との関係を取り出して整理した。

すなわち、両者が同一地点で行なわれた調査結果を取出し、さらに同一深度に対応する両者の値を選び出した。

現場調査の實際上、泥炭中にベーンを穿入させたときの材料の攪乱度合の相異とか、ガイドとベーンロッド間の摩擦、ベーンロッドの傾き、翼の廻転角速度の遅速、あるいはまたコンベネについていうならば、貫入速度の相異、ロッドの傾きと撓み、ロッドとその周辺材料との摩擦、スリーブとロッド間の摩擦、ベーンとその穿入箇所組織の相異などが実験者によつても場所的にも生ずる可能性が大きく、これらの原因による誤差が剪断抵抗値にも貫入指数にも入ってくる恐れがある。さらにまた本質的に両者の破壊機構が異なるからこの両者の間にはあまり厳密な函数関係がないものと想像される。

函数関係でない共変関係を函数関係に引直すためには、一般に数学線の当嵌めを行なえばよい。

すなわち、不規則ながら大雑把にいつてある傾向を持つている散在座標点の間に、最少自乗法によつて数学線を引き平均的関係を求め、これによつて二系列間に函数関係があるものとしての形を表わすことができる。

この数学線を回帰線といつているが、本問題の場合解析の結果回帰線はほぼ直線となるから、直線回帰の問題として両者の相関々係を追求している。

いま貫入抵抗値 X とベーン剪断抵抗値 Y との二つの性質を観察して、次のような相関表が得られたとする。表中 X_i , Y_k はそれぞれの級の代表値を示し $X_{i+1} - X_i$, $Y_{k+1} - Y_k$ はそれぞれ相等しい級間 h_x , h_y であり $f_{i,k}$ は X において第 i 級に Y においての第 k 級に属する観察の個数を示している。

ただし

$$\left. \begin{aligned} N &= \sum_{i,k} f_{i,k} = \sum_1^n f_k (= \sum f) = \sum_1^m f'_i (= \sum f') \\ f_k &= f_{1,k} + f_{2,k} + \dots + f_{m,k} = \sum_k f_{i,k}, \quad f'_i = f_{i,1} + f_{i,2} + \dots + f_{i,n} = \sum_i f_{i,k} \\ M_k &= \frac{1}{f_k} \sum_k X_i f_{i,k}, \quad M'_i = \frac{1}{f'_i} \sum_i Y_k f_{i,k} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

しからばピアソンの相係数は

$$r = \frac{P}{\sigma_X \cdot \sigma_Y} \quad (2)$$

ここに

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{1}{N} \sum_{i,k} f_{i,k} (X_i - M_x) (Y_k - M_y) \\ \sigma_X^2 &= \frac{1}{N} \sum_{i,k} f_{i,k} (X_i - M_x)^2 \\ \sigma_Y^2 &= \frac{1}{N} \sum_{i,k} f_{i,k} (Y_k - M_y)^2 \\ M_x &= \frac{1}{N} \sum_{i,k} X_i f_{i,k} \\ M_y &= \frac{1}{N} \sum_{i,k} Y_k f_{i,k} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

である。

さて計算の便に資するために X_i , X_k のかわりに、簡約数 x_i , y_i を置換えれば、 X_1 , X_2 , \dots , X_i , \dots , X_m のある値、たとえば X_a に数値 0 を対応させ、 h_x を単位として X_i の他の値を表わすなら、 X_a より大きなものには正整数、小さなものには負整数の簡約数を対応せしめうる。 Y についてもまた同様である。

表 28-4

		X					f	M	
		X ₁	X ₂	⋯	X _i	⋯			X _m
Y	Y ₁	f _{1,1}	f _{2,1}	⋯	f _{i,1}	⋯	f _{m,1}	f ₁	M ₁
	Y ₂	f _{1,2}	f _{2,2}	⋯	f _{i,2}	⋯	f _{m,2}	f ₂	M ₂
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	Y _k	f _{1,k}	f _{2,k}	⋯	f _{i,k}	⋯	f _{m,k}	f _k	M _k
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	Y _n	f _{1,n}	f _{2,n}	⋯	f _{i,n}	⋯	f _{m,n}	f _n	M _n
f'		f' ₁ f' ₂ ⋯ f' _i ⋯ f' _m					N		
M'		M' ₁ M' ₂ ⋯ M' _i ⋯ M' _m							

すなわち

$$\left. \begin{aligned} X_i &= h_x \cdot x_i + X_a \\ Y_k &= h_y \cdot y_k + Y_a \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

(4) 式を (3) 式に代入すれば, (3) 式は次のように書改められる。

$$\left. \begin{aligned} M_X &= X_a + h_x \bar{M}_x \\ M_Y &= Y_a + h_y \bar{M}_y \\ \text{ただし} \quad \bar{M}_x &= \frac{1}{N} \sum_{i,k} x_i f_{i,k} \\ \bar{M}_y &= \frac{1}{N} \sum_{i,k} y_k f_{i,k} \\ \sigma_X &= h_x \sqrt{\bar{\sigma}_x^2 - \bar{M}_x^2} \\ \sigma_Y &= h_y \sqrt{\bar{\sigma}_y^2 - \bar{M}_y^2} \\ \text{ただし} \quad \bar{\sigma}_x^2 &= \frac{1}{N} \sum_{i,k} f_{i,k} x_i^2 \\ \bar{\sigma}_y^2 &= \frac{1}{N} \sum_{i,k} f_{i,k} y_k^2 \\ P &= h_x \cdot h_y \left(\frac{1}{N} \sum_{i,k} f_{i,k} x_i y_k - \bar{M}_x \bar{M}_y \right) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

したがって相関図表上で、 $N\bar{M}_x$ 、 $N\bar{M}_y$ 、 $N\bar{\sigma}_x^2$ 、 $N\bar{\sigma}_y^2$ と $\sum_{i,k} f_{i,k} x_i y_k$ を算出すれば (5) 式からそれぞれの値を求めることができるから (2) 式で相関係数がわかる。

また二つの回帰直線の勾配はそれぞれ

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{P}{\sigma_Y^2} Y \\ Y &= \frac{P}{\sigma_X^2} X \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

で表わされるから、回帰直線の式は

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{P}{\sigma_Y^2} Y + \left(M_X - \frac{P}{\sigma_X^2} M_Y \right) \\ Y &= \frac{P}{\sigma_X^2} X + \left(M_Y - \frac{P}{\sigma_Y^2} M_X \right) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

で表わされる。

$$S = \sum_{i,k} (a + bX_i - Y_k)^2 (1 + b^2)^{-1}$$

このSを最少ならしめるa, bを決定するには

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 0 \quad \frac{\partial S}{\partial b} = 0$$

と置けばよい。したがって

$$\frac{1}{2} \frac{\partial S}{\partial a} = \sum_{i,k} (a + bX_i - Y_k) (1 + b^2)^{-1} = 0$$

$$\frac{1}{2} \frac{\partial S}{\partial b} = \sum_{i,k} [X_i(a + bX_i - Y_k) (1 + b^2)^{-1} - b(a + bX_i - Y_k)^2 (1 + b^2)] = 0$$

これから

$$\left. \begin{aligned} \sum_k Y_k &= na + b \sum_i X_i (1 - b^2) (a \sum_i X_i - \sum_{i,k} X_i Y_k) \\ &+ b [\sum_i X_i^2 + a (2 \sum_k Y_k - na) - \sum_k Y_k^2] \end{aligned} \right\} \text{ただし } n; \text{ 観測総数} \quad (8)$$

(8)式から最適線は

$$Y = a + bX$$

ただし

$$a = \frac{\sum_k Y_k - b \sum_i X_i}{n} \quad (\text{ただし } n; \text{ 観測総数})$$

$$b = \frac{K \pm \sqrt{K^2 + 4}}{2} \quad (\text{ただし極小値をとる})$$

$$K = \frac{(\sum_i X_i + \sum_k Y_k)(\sum_i X_i - \sum_k Y_k) - n(\sum_i X_i^2 - \sum_k Y_k^2)}{n \sum_{i,k} X_i Y_k - \sum_i X_i \sum_k Y_k}$$

(9)

いま、 X_i と Y_k の観測度数が表28-4のように $f_{i,k}$ で表わされ、しかも X_i, Y_k のかわりに、(4)式の簡約数が使われるならば、(9)式はつぎのように書改められる。

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{N} h_y \sum_{i,k} y_k f_{i,k} + Y_a - b \left\{ \frac{1}{N} h_x \sum_{i,k} x_i f_{i,k} + X_a \right\} = M_Y - b M_X \\ K &= \frac{\{h_x \sum_{i,k} x_i f_{i,k} + N X_a + h_y \sum_{i,k} y_k f_{i,k} + N Y_a\} \{h_x \sum_{i,k} x_i f_{i,k} + N X_a\} \quad *1}{N \{h_x h_y \sum_{i,k} y_k x_i f_{i,k} + X_a h_y \sum_{i,k} y_k f_{i,k} + h_x Y_a \sum_{i,k} x_i f_{i,k} + X_a Y_a N\} \quad *2} \\ &\quad \frac{*1}{-h_y \sum_{i,k} y_k f_{i,k} - N Y_a} - N \{h_x^2 \sum_{i,k} x_i^2 f_{i,k} + 2 X_a h_x \sum_{i,k} x_i f_{i,k} \quad *3} \\ &\quad \frac{*2}{-(h_x h_y \sum_{i,k} y_k f_{i,k} \sum_{i,k} x_i f_{i,k} + N X_a h_y \sum_{i,k} y_k f_{i,k} \quad *4} \\ &\quad \frac{*3}{+ N X_a^2 - h_y^2 \sum_{i,k} y_k^2 f_{i,k} - 2 Y_a h_y \sum_{i,k} y_k f_{i,k} - N Y_a^2} \\ &\quad \frac{*4}{+ N Y_a h_x \sum_{i,k} x_i f_{i,k} + X_a Y_a N^2} \\ &= \frac{N^2 (M_X + M_Y) (M_X - M_Y) - N \{ \sum_{i,k} X_i^2 f_{i,k} - \sum_{i,k} Y_k^2 f_{i,k} \}}{N \sum_{i,k} X_i Y_k f_{i,k} - N^2 M_X M_Y} = \frac{\sigma_Y^2 - \sigma_X^2}{P} \end{aligned}$$

これを整理すれば、最適線は相関図表を使つてつぎの簡単な式から求められる。

$$Y = a + bX$$

ここに

$$a = M_Y - b M_X$$

$$b = \frac{K \pm \sqrt{K^2 + 4}}{2}$$

$$K = \frac{1}{P} (\sigma_Y^2 - \sigma_X^2)$$

(10)

また最適線の標準偏差は相関図表を利用してつぎの算式から容易に求められる。

$$\begin{aligned}
 (\sigma')^2 &= \frac{1}{N(1+b^2)} [Na^2 + 2ab\{h_x \sum_{i,k} x_i f_{i,k} + X_a N\} + b^2\{h_x^2 \sum_{i,k} x_i^2 f_{i,k} \\
 &\quad + 2X_a h_x \sum_{i,k} x_i f_{i,k} + X_a^2 N\} - 2a\{h_y \sum_{i,k} y_k f_{i,k} + Y_a N\} \\
 &\quad - 2b\{h_x h_y \sum_{i,k} x_i y_k f_{i,k} + X_a h_y \sum_{i,k} y_k f_{i,k} + h_x Y_a \sum_{i,k} x_i f_{i,k} + X_a Y_a N\} \\
 &\quad + \{h_y^2 \sum_{i,k} y_k^2 f_{i,k} + 2Y_a h_y \sum_{i,k} y_k f_{i,k} + Y_a^2 N\}] \\
 &= \frac{1}{N(1+b^2)} [Na^2 + 2abNM_X + b^2N\{\sigma_x^2 + h_x^2 \bar{M}_x^2 + 2X_a h_x \bar{M}_x + X_a^2\} \\
 &\quad - 2aN M_Y - 2b\{NP + N h_x h_y \bar{M}_x \bar{M}_y + X_a h_y N \bar{M}_y + N h_x \bar{M}_x + X_a Y_a N\} \\
 &\quad + N\{\sigma_Y^2 + h_y^2 \bar{M}_y^2 + 2Y_a h_y \bar{M}_y + Y_a^2\}] \\
 \therefore (\sigma')^2 &= \frac{1}{1+b^2} [(a+bM_X)^2 + (b^2\sigma_x^2 + \sigma_Y^2) + M_Y(M_Y - 2a) - 2b(P + M_X M_Y)] \\
 &= \frac{1}{1+b^2} [b^2\sigma_x^2 + \sigma_Y^2 - 2bP] \tag{11}
 \end{aligned}$$

したがってそれぞれの軸に対する標準偏差は

$$\left. \begin{aligned}
 \sigma'_Y &= \sigma' \sec \tan^{-1} b \\
 \sigma'_X &= \sigma' \operatorname{cosec} \tan^{-1} b
 \end{aligned} \right\} \tag{12}$$

[計算例]

表28-5の問題についてその最適線を求めれば、(10)式から

$$K = \frac{1}{0.0740} (0.115 \times 0.115 - 0.839 \times 0.839) = -9.34$$

i. e. $b = 0.106$

$\therefore a = 0.216 - 0.106 \times 1.85 = 0.02$

ゆえに最適線は

$$Y = 0.02 + 0.106X$$

また(11), (12)式から

$$\sigma' = 0.072, \quad \sigma'_Y = 0.072, \quad \sigma'_X = 0.68$$

したがってA 20 cm 二重管式コンペネトローメータを使用した場合の泥炭中における貫入指数とペーンシャとの関係は

図28-2のようになる。

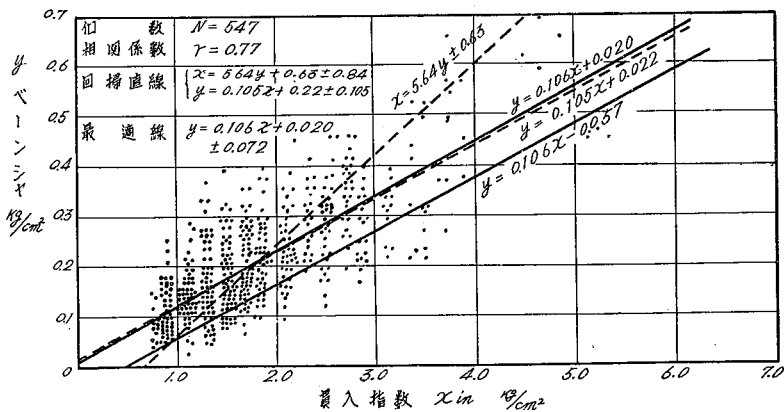


図28-2 二重管式コンペネトローメータ (A=20 cm²)

また $A 10 \text{ cm}^2$ 二重管式コンペネと $A 10 \text{ cm}^2$ 単桿式コンペネとの関係は、それぞれ 図 28—3, 4 として示した。

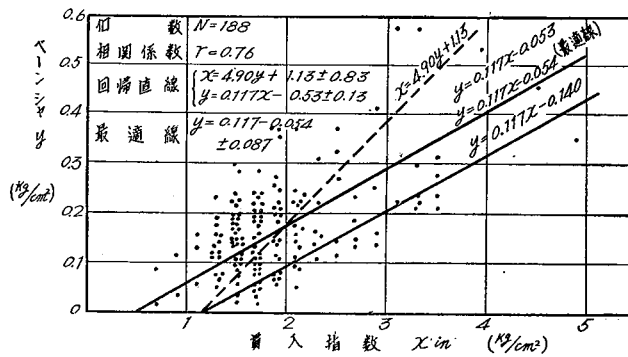


図 28—3 二重管式貫入試験器 ($A=10 \text{ cm}^2$)

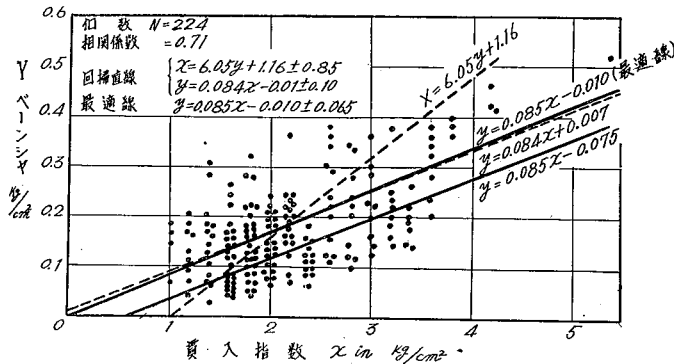


図 28—4 泥炭用普通型コンペネトロメーター ($A=10 \text{ cm}^2$)

$A 10 \text{ cm}^2$ 二重管式コンペネを使用した場合の周辺抵抗とペーンシャとの関係は 図 28—5 のようになり、かなりよい対比を示している。

単桿式を使用する際深さが大になるにしたがつて、ロッドと周辺泥炭との摩擦が心配になつてくる。そこで深さとペーンシャ対貫入指数(この二変数のとりかたには問題があるが)との関係を解析してみると、図 28—6 のように幾分その心配はあるが殆んど関係がないといえそうである。試みに $A 20 \text{ cm}^2$ 二重管式コンペネを使用した場合のそれは 図 28—7 であり当然のことではあるがこれまた摩擦の影響はみられない。

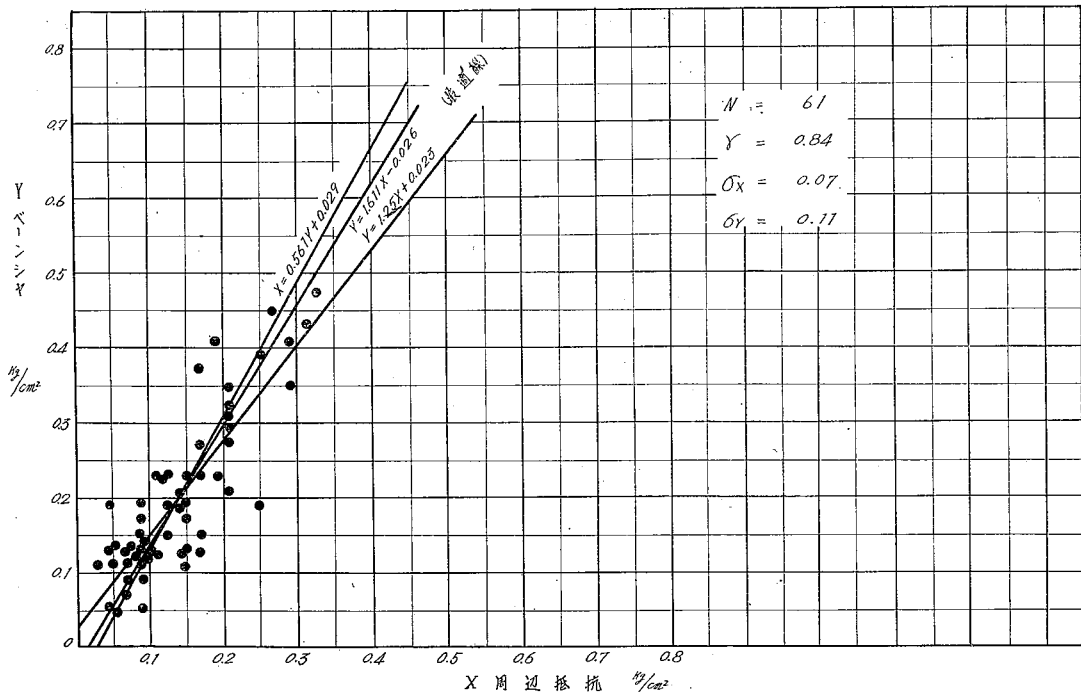


図 28-5

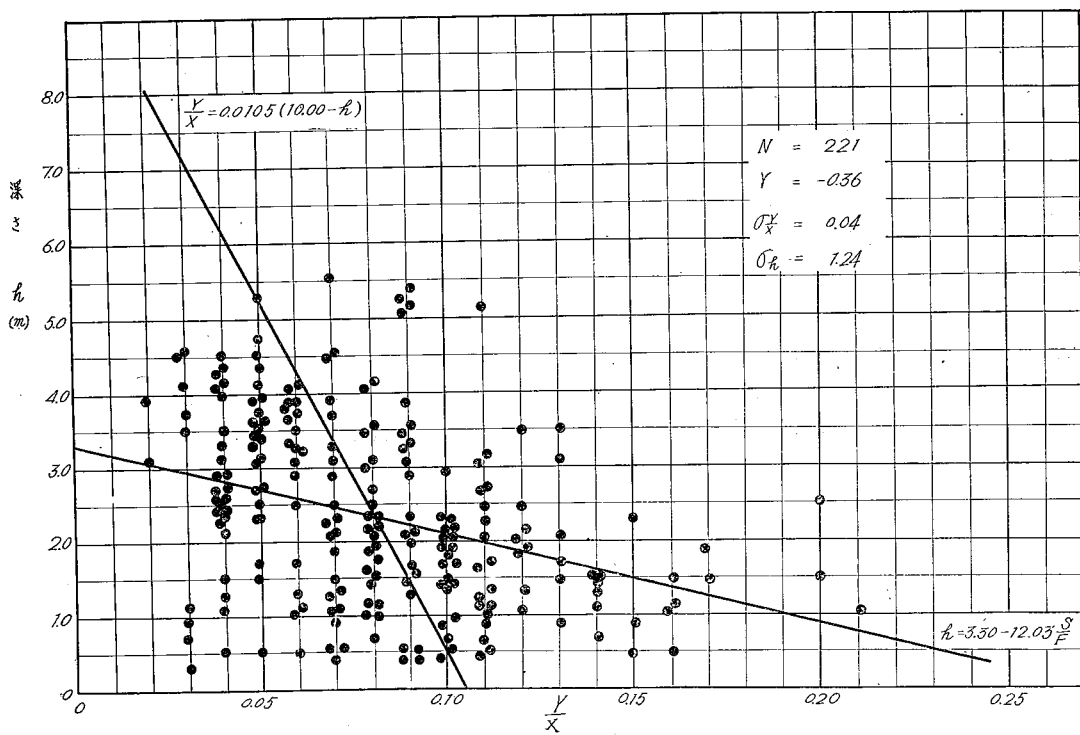


図 28-6

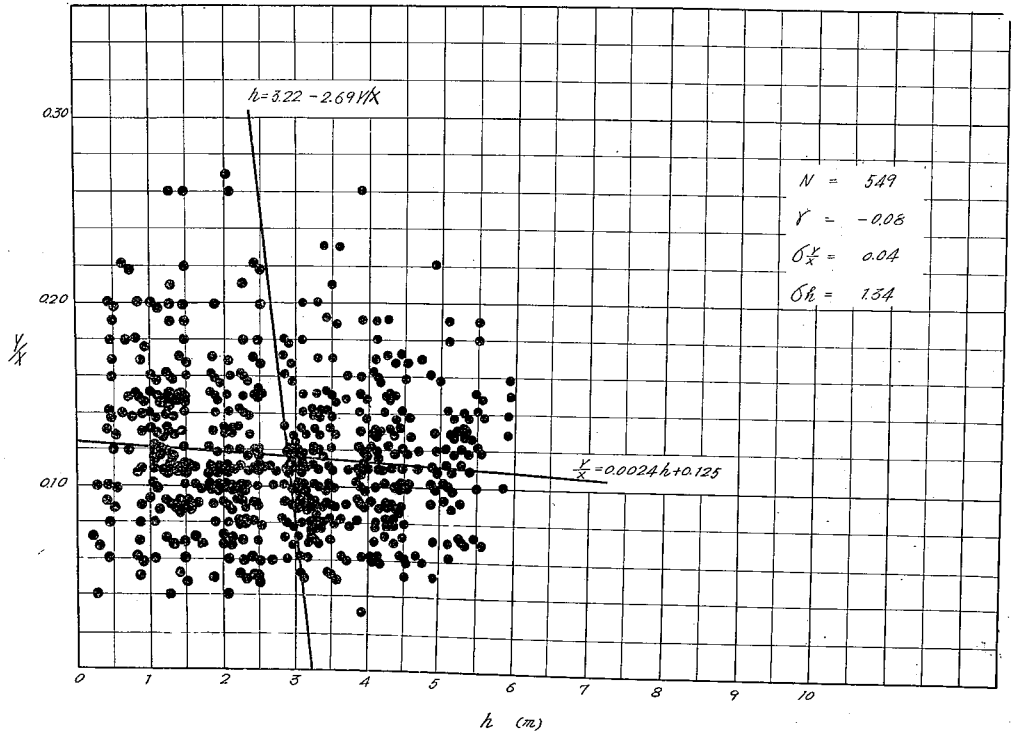


図 28-7

(4) 貫入指数と極限支持力強度との関係

表面載荷で帯状荷重の場合、内部摩擦角が零と見なされるような粘性土の極限支持力 q_u については、多くの先覚者が発表している。すなわち剪断抵抗を Y とすれば

- $q_u = 6.28 Y$; チェボタリオフ
- $= 5.7 Y$; テルツアギー (全般剪断)
- $= 5.52 Y$; フェレニユース
- $= 5.14 Y$; プラントル
- $= 3.8 Y$; テルツアギー (局所剪断)
- $= 2.5 Y$; 星 棊

などである。このように破壊機構をどう考えるかによつて多くの結果がでていますが、一般には剪断抵抗値の 4~5 倍をもつて極限支持力としている。

しかしながら泥炭地盤の極限支持力が筆者らの求めたベーンシャ値の何倍になるかということは、まだ未解決の問題である。

もちろん貫入指数からベーンシャ値をパラメーターとして極限支持力値を求めることもできない。

もしかりに極限支持力と剪断抵抗の間になんらかの関係があつたとして、そしてまた貫入指数と剪断抵抗値との間に前述のような共変関係があつたとしても、貫入指数から極限支持力を求めることには問題がある。なんとなれば前項から求められたものは、相関係数回帰線最適線などの統計量であつて、これらの値を応用することとは別な問題であるからである。そのうえこの統計量の応用の問題については筆者はいまだに不明だからである。

例をあげて説明するならば、 $A 10 \text{ cm}^2$ 単桿式コンパネの観測値についての最適線が $Y=0.085 X - 0.010$ に

なるからといって、この関係を $A 10 \text{ cm}^2$ 単樁式使用の際の一般的関係なりとすること、 $q_u = 4 Y$ と置くようなこと、さらに $q_u = 4 Y = 0.32 X - 0.04$ なりとするようなことは、今後の研究にまたなければならぬ。

参考文献および図書

1. (1) について
1. ホゲントグラール、宇都宮寿夫訳：“土の工学的性質”，p.195-207，コロナ社，昭和19年版。
2. H. M. S. O.：“Soil Mechanics for Road Engineers”，Chapter 25.
3. O. J. Porter：“High way fills stabilized on marshes by means of vertical sand drains”，
Western Construction News, Feb. 1937, p. 58-61.
4. “Der Bau von Autobahnen durch Moorgebiete”，Die Bautechnik, 5 Juli 1935.
5. 原田千三：“湿地帯道路盤築造法”，道路，1954年，5，6，7月。
6. 渡辺 隆：“軟弱地盤およびその対策”，土と基礎，pp.56-62，Vol. 9, No. 3, 1955.
7. Taylor：“Fundamentals of Soil Mechanics”，1948，Wiley.
8. O. J. Porter & L. C. Urquhart：“Sand drains expedited stabilization of marsh section”，Civil
Engineering, January, 1952.
2. (2) について
9. 室町忠彦：“簡易地耐力調査の一方法について”，土と基礎，Vol. 2, No. 7, 1954.
10. 室町忠彦：“ベネトロメーターは鉄道路盤調査にも使える”，土と基礎，Vol. 3, No. 12, 1955.
11. 村山朔郎他3氏：“標準貫入と地盤の支持力”，土と基礎，Vol. 2, No. 5, Vol. 3, No. 12.
2. (3) について
12. 佐藤良一郎：“数理統計学”，昭和23年増補版，培風館。
13. 寺尾琢磨：“統計学”，慶応大学教材。
14. “統計工学ハンドブック”，東京工業大学編，技報堂。
15. 寺田一彦：“推測統計法”，昭和27年，朝倉書店。
16. ポール G. ホーエル，田口玄一訳：“数理統計学入門”，1953年2月版，科学新興社。
17. 増山元三郎校訂：“推計学への道”，第4版，東京大学出版会。
18. W. E. デミング，森口繁一訳：“推計学によるデータのまとめ方”，1950年，岩波書店。
19. スネデカ，畑村又他3氏訳：“統計的方法，上下”，昭和27年，岩波書店。
20. 和気幸太郎：“品質管理論”，6版，コロナ社。
2. (4) について
21. Tschebotarioff：“Soil Mechanics, Foundations, and Earth Structures”，McGRAW-HILL.
22. Terzaghi & Peck：“Soil Mechanics in Engineering Practice”，Wiley.
23. 星埜 和：“基礎の支持力論”，コロナ社。