



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Vane Testerによる泥炭の剪断試験
Author(s)	真井, 耕象; Manai, Kōzō; 北郷, 繁 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 16, 69-87
Issue Date	1957-06-05
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/40604">https://hdl.handle.net/2115/40604</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	16_69-88.pdf



# Vane Tester による泥炭の剪断試験

真 井 耕 象

北 郷 繁

(昭和32年2月28日 受理)

## On the Shearing Test of Peat Soil by Vane Tester

Kôzô MANAI

Shigeru KITAGÔ

### Abstract

For the purpose of measuring the shearing resistances of peat soil, separating into two directions, horizontal and vertical, the authors have designed the vane shear tester with different ratio of height  $H$  to diameter  $D$  of the vane. The method of determining simultaneously the separated two resistances is to solve graphically the next equations, held for each different diameter and  $n$  of vane,

$$3nC_1 + C_2 = m$$

where  $C_1$  = shearing resistance in the vertical plane of peat layer

$C_2$  = shearing resistance in the horizontal plane

$n = H/D$  of vane

$$m = 6M/\pi D^3$$

$M$  = torque measured in the field.

The measurements by this tester were carried out in the wellknown field of peat soil in the District of Ishikari, Sept. & Oct. 1956. At the same time, the tests of statical cone penetration and direct shearing were undergone to find mechanical relationships between cone resistance and vane shear strength by the former test, and to compare the results of two different shearing methods by the latter.

The main results of our investigations are

1. The coincidence of two observed values by above mentioned shearing methods of different kinds, is good enough for the heterogenous structure of peat soil.

2. The ratio of  $C_1/C_2$  is more or less than 2. This value is conveniently used for determining approximately the smallest resisting value  $C_2$  of peat soil, by measuring single value of  $C_0$  with ordinal vane tester, because it is theoretically proved that  $C_1$  becomes nearly equal to  $C_0$ , which is the shearing strength of clay soil, generally calculated under the assumption of  $C_1 = C_2$ , when  $n$  has a value more than 2.

3. To obtain independently the accurate value of  $C_2$ , it is necessary that  $n$  must be chosen properly and the devices to observe torque  $M$  have to be sufficiently precise.

4. It may be roughly concluded that the resistance of peat soil to statical cone penetration is related almost linearly to the vane shearing resistance of that soil.

## I. 要 旨

泥炭は土の一種とみなされてはいるが、一般の土のように鉱物質の粒子によつてほぼ均質に構成されているのとは、その生成構造が根本的に異なつてゐる。すなわちその構成物質は殆んど植物のセン維であり、これが層をなして堆積しているために、甚だしい異方性を有し、地下水位は多くの場合、地表に近い。しかもこの泥炭は、セン維が分解しないで生のまま残つてゐるような未分解のものから、非常によく分解して一見均質とみなせるようなものまであり、更にこれらに無機質（主として粘土）を含んだり、あるいはその薄層をかんでゐるものもある。

このように泥炭は、その構成物質が特殊である上に、非常な異方性を持つてゐるから、その物理、力学的特性の測定にあつては、従来の、土に対する考え方をそのままではあてはめるわけに行かない場合が殆んどである。剪断試験もその一つである。

泥炭が剪断力を受けた場合に、いかに抵抗するか剪断機構については、今の所殆んど不明といつてよい。それで、さしあつてこの未解の剪断理論はそのままにして、一応、従来の試験方法によつて得られる値を剪断抵抗として論を進めることにする。

本研究において我々は次の項目を研究対象とした。

1. Vane Tester を用いて泥炭の水平、垂直両方向の剪断抵抗を測定する方法を確立し、夫々の方向の剪断抵抗の比率を求めること及びこれに関連する諸事項

2. Vane Test による剪断抵抗とコーンによる静的貫入抵抗との相関々係

この目的のために我々は、1956 年末に次の地域の 13 地点について現場試験を行なつた。

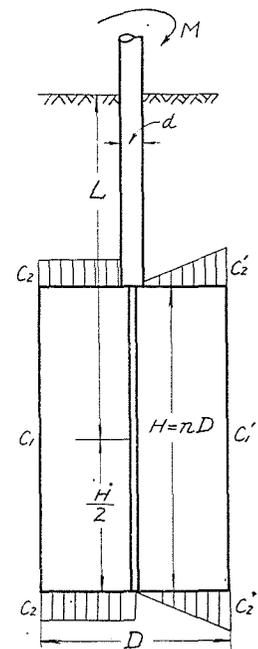
1. 雁木地区 札幌市東苗穂町札幌土地改良区内 (3 地点)
2. 北村地区 空知郡北村北村土地改良区内 (5 地点)
3. 豊幌地区 江別市豊幌町北海道開発局水路工事附近 (5 地点)

## II. 剪断抵抗を分離測定する方法

図—1 において垂直円筒面に働く剪断応力を  $C_1$  とし、水平面に働く剪断応力は、等分布の場合 ( $C_2$ ) と、vane の回転中心で  $O$  で、端である値になるように直線的に変化する場合 ( $C_2'$ ) の 2 つに分ける。

今地上でトルクを加え、 $M$  を得たとすると

1. 等分布の場合 (図—1 の左半部)



図—1 Vane による剪断抵抗の測定

$$C_1 \cdot \frac{\pi}{2} D^2 H + C_2 \cdot \frac{\pi}{6} D^3 = M \quad \dots\dots\dots (1)$$

2. 直線的变化の場合 (図-1 の右半部)

$$C'_1 \cdot \frac{\pi}{2} D^2 H + C'_2 \cdot \frac{\pi}{8} D^3 = M \quad \dots\dots\dots (2)$$

である。一般の粘土では  $C_1 = C_2$  とするから上の2式は、このときの  $C$  を  $C_0$ ,  $C'_0$  とすると

$$C_0 = M / (\pi D^2 H / 2 + \pi D^3 / 6) \quad \dots\dots\dots (1')$$

$$C'_0 = M / (\pi D^2 H / 2 + \pi D^3 / 8) \quad \dots\dots\dots (2')$$

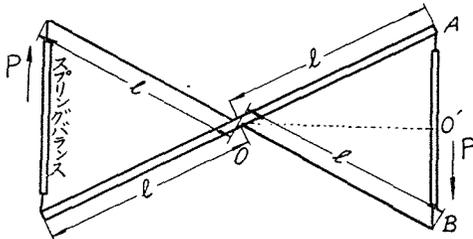


図-2 P の測定装置

となる。今  $H/D = n$  として (1) 式をかきかえ  
ると

$$3nC_1 + C_2 = 6M / \pi D^3 = m \quad \dots (3)$$

(2) 式も同様にして

$$4nC'_1 + C'_2 = 8M / \pi D^3 = m' \quad \dots (4)$$

(3), (4) のいずれの場合も、未知量は  $C_1, C_2$  の

2つであるから、vane の直径  $D$  をきめ、 $n$  を2つ以上与えれば  $C_1, C_2$  は何等かの方法によつて求められるわけである。

$m, m'$  は次のようにして、あらかじめ数表にできるものである。図-2において  $OA$  は vane に直結するレバー、 $OB$  は  $OA$  を引張る棒であつて  $O$  点で摩擦のないような構造にしてある。 $AB$  の中点を  $O'$  とすると

$$M = 2P \times OO' = P \sqrt{(2l)^2 - (aP + \beta)^2}$$

で、 $(aP + \beta)$  は  $P$  によつてきまり  $l$  は設計上きまつているから、 $D$  を与えれば、現場で観測する  $P$  に応じた  $m, m'$  を計算できる。

我々の用いた vane の  $D, n$  その他の寸法は図-3、表-1

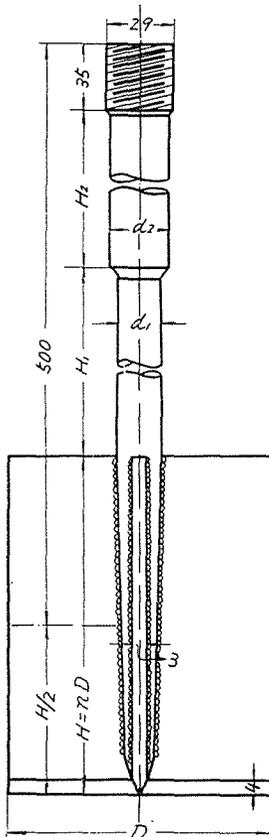


図-3 Vane の寸法図  
(単位 mm)

表-1 Vane の寸法 (単位 mm)

型 式	D	H	n	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>
8・1	80	80	1	20	26	200	225
8・2	80	120	1.5	20	26	180	225
8・3	80	160	2	20	26	160	225
10・1	100	100	1	21	26	100	315
10・2	100	150	1.5	—	26	90	300
10・3	100	200	2	—	26	—	365
12・1	120	120	1	—	26	120	285
12・2	120	180	1.5	—	26	60	315
12・3	120	240	2	—	26	—	345

のようである。

したがって8型の vane について(3)式に相当する式は3つできて

$$3C_1 + C_2 = m_{s,1} \dots\dots\dots (5.1)$$

$$4.5C_1 + C_2 = m_{s,2} \dots\dots\dots (5.2)$$

$$6C_1 + C_2 = m_{s,3} \dots\dots\dots (5.3)$$

となり、(4)式に相当する8型 vane の式は

$$\left. \begin{aligned} 4C_1 + C_2 &= m'_{s,1} \\ 6C_1 + C_2 &= m'_{s,2} \\ 8C_1 + C_2 &= m'_{s,3} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

となる。同型の式が10型、12型についても成立するから、夫々の場合で都合9つの式ができるわけである。

9つの式から  $C_1$ 、 $C_2$  の2つの未知数を求めるには解析的に最小二乗法の示す所によつて正常方程式を作れば可能なことは勿論であるが、これでは操作がやつかいであるし、観測値一

つをすてても算式がかわつて来て面倒である上に、前述のように、泥炭そのものが非常に不均質なために個々の観測値が、ある場合には相当に分散することがあるので、このような観測値群に対して最小二乗法的解析を施すことは労力の割合に効果の少ない方法となる。それで我々は次のような図式解法によつた。すなわち(5)式の定数3, 4.5, 6を直線式  $y = ax + b$  の  $x$  に相当するものと考え、図-4の横軸にこれを目盛る。(5.1)式では3の所に  $m_{s,1}$  をとり、(5.2)式では4.5の所に  $m_{s,2}$  をとり、以下同様にして10型、12型についても3, 4.5, 6の所に夫々の  $m$  を目盛る。この平均を図のようにA, B, Cとし、この3点を通る直線を引いて、 $C_1$ は勾配、 $C_2$ は切長として図上から求められる。一般に3点A, B, Cは直線にのらないから、所期の直線を引くためには  $BM/MA = BN/NC = 2$

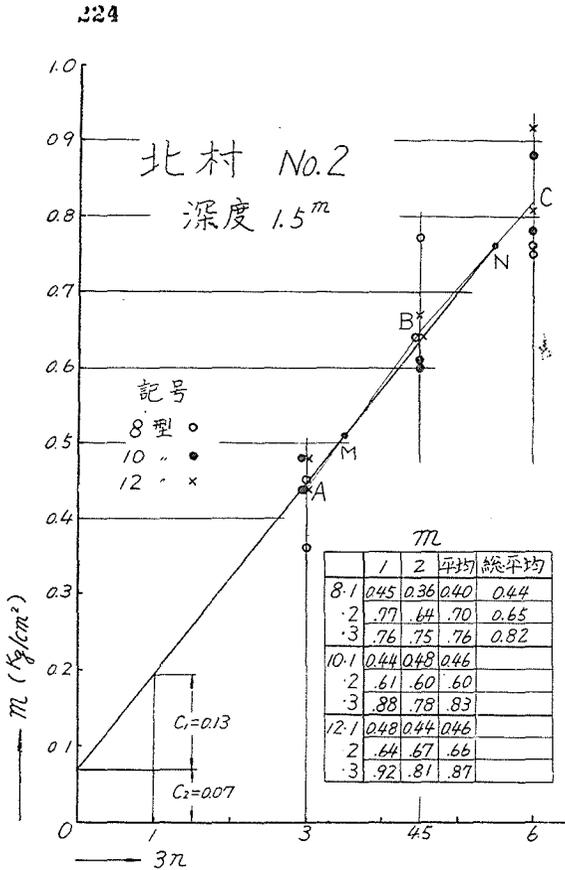


図-4  $C_1$ 、 $C_2$  の図式解法

になるような点  $M, N$  を結べばよい。このことはすべての観測値を算精度として最小二乗法的に証明できる。(6) 式の場合も横軸の位置が異なるだけで方法としては全く同じである。

尚斎藤氏<sup>2)</sup>によると Vane Test による土の剪断強さを、水平、垂直の面で区別しない場合に次式で与えている。

$$C_0 = M \left\{ \pi D^2 H / 2 + \pi D^3 / 8 - \frac{\pi}{2} \left( \frac{d}{2} \right)^3 + \pi d \cdot \frac{d}{D} \cdot \frac{d}{2} \left( L - \frac{H}{2} \right) \right\} \dots\dots\dots (7)$$

この式の分母の第3項以下を無視すると、前出の(2)式が得られる。したがって分母の第3, 4項は前の2項の補正項となるが、まず第3項は 図—1 で、水平の上端面において、回転棒(直径  $d$ )があるために、土は vane の直径  $D$  なる円の面で剪断されなくて、 $d$  を差し引いた面積で剪断されることによるものであり、第4項は、回転棒の上に接する部分の長さ  $(L-H/2)$  のまわりの回転抵抗を附加したもので、 $d/D$  は、直線変化の仮定にしたがつて直径  $d$  の面に働く剪断抵抗の大きさをきめる比例部分である。

泥炭の場合についてこの補正項を検討してみると、一般に泥炭の剪断強さは、水平面の方が垂直面のそれより相当に小さいことと、 $d/D$  も亦相当に小さいことから、この項によつて補正される量は非常に小さく、我々の使つた vane について計算すると、 $C_2$  の場合、最大で  $C_2$  の 2% 弱、 $C_1$  の場合で同じく 0.5% 弱に相当するにすぎない。次に第4項であるが、第一にその大きさを計算してみると、 $d$  の棒の表面に  $C_1$  の剪断力が働くことと仮定すると、その補正量は、最大で第1項の 15%、 $C_2$  の場合で同じく 3% で前者は小さい値でない。第二に  $d$  に働く抵抗は、土と金属棒との間に働く附着力にもとづくものであつて、土そのものを剪断することによる抵抗ではない筈であるから、この項に剪断強さ  $C_0$  そのものを持つて来ることは妥当でないと思われる。しかし、土と金属の附着力が土の剪断力より大きい場合には、 $d$  より幾分大きい円筒面で土の剪断応力が働くことが考えられる。しかし泥炭の場合には、含水量が非常に大きいため、泥炭と金属の附着などは問題にならないものと考えられる。

以上のような理由から本研究での  $C_1, C_2$  の計算には、上記二項の何れも無視して計算を進めた。

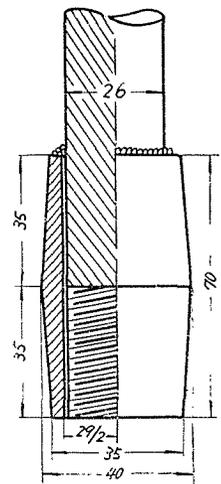
### III. 試験装置及び野外実験

#### 1. Vane Shear Test

##### (1) 構造

本実験に使用した vane の構造、寸法は、図—3、表—1 のようであつて、4 枚の羽根は硬質の鋼材を用い、その先端は泥炭を切り進む関係から鋭利に仕上げてある。

回転棒は 1 m ごとにつぎたし、図—2 のトルク装置とのとりつけ



図—5 回転棒のつき手

は、棒の上端に四角な金属ブロックをネジ込み、これにぬきさしできるようにした。又回転棒は vane の上部の約 50 cm をのぞいては、1 m 長のケーシングに保護され、直接土と接触しないようにした。回転棒の接合部は図-5 のようであつてケーシングの内径 (42 mm) より僅かに小さくしてあり、両者が接触しても、それは点あるいは僅かの長さの線であるから、このための摩擦抵抗は無視できるほど小さいものと考えた。

トルク  $M$  は図-2 の  $P$  を測定して得られるが、 $P$  は 25 kg (0.2 kg 目盛) のスプリングバランスによつた。

## (2) 野外実験

vane の測定深度は 50 cm 毎とし、深さはケーシング外面につけた目印により、泥炭の深さは簡易なサンプラーによつた。vane は、人力で所定の深度までおし込み、2 人の観測者が一様な速さでレバーを回転してスプリングバランスの最大値をよみ、これを  $P$  とした。

vane の配列は図-6 のようであつて、一種の vane は互いにできるだけはなれるようにおいて 2 回測定し、都合 18 回観測した。したがつて測定は点でなくて  $1.2 \times 1.6 \text{ m}^2$  の面である。このような測定方法によつて得られる泥炭の剪断抵抗は、この面での各深度における平均値である。このように、一つの vane での 2 回の測定位置をできるだけ遠くしたのは、どの直径の vane の測定値がより平均値に近い値を示すか、つまり各型の vane の優劣を比較することが一つの目的であつたからである。しかし、他方この測定位置の配列は、ある場合には、泥炭の不均質性にわざわざいさされて観測値の分散を生ずる原因となつたように思われる。

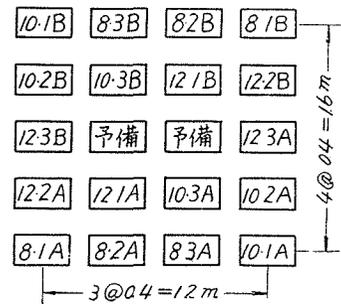


図-6 Vane の配置

## 2. 泥炭の直接剪断及び引張試験

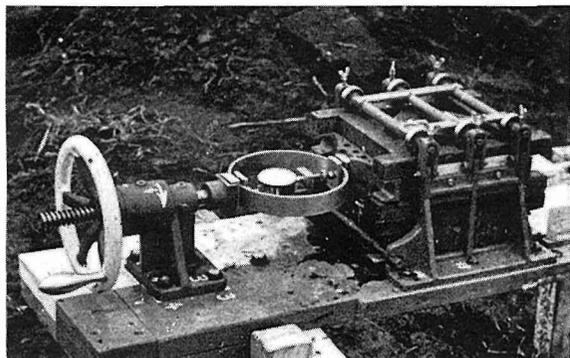
### (1) 試験装置

#### (a) 直接剪断試験 (写真-1)

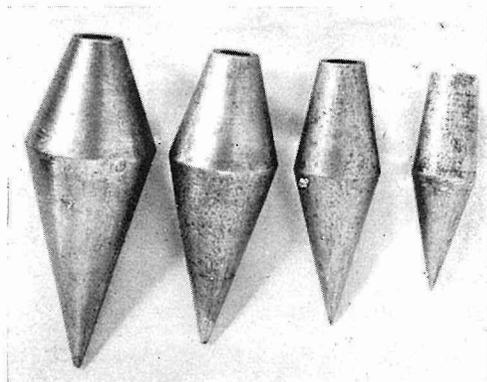
筆者らの考案によるものであつて、原理的には一般の方法と異なるところはないが、次の 2 点で非常に違う。すなわち、第一に、垂直荷重をかけないこと。第二に、試料を剪断箱に碇着させるために多数の釘を使うことである。泥炭は多量の水を含むために、これに垂直荷重をかけると自然状態と甚だしく異なる結果を与えるからであり、剪断面の上下に釘をさして試料を碇着させないと、少しく未分解の泥炭では試料がずつてしまつて、一様に剪断されないからである。

#### (b) 引張試験 (写真-2, 3)

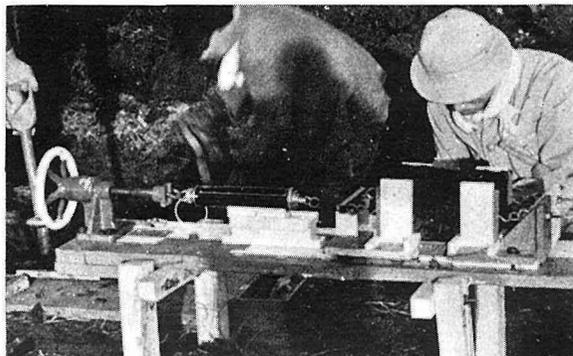
一般の土ではこの試験は殆んど行なわれないが、泥炭はセン維が発達しているためにこれが可能である。原理は金属の場合と同じで、つかみの部分に前者と同様に釘を用い、試料の上



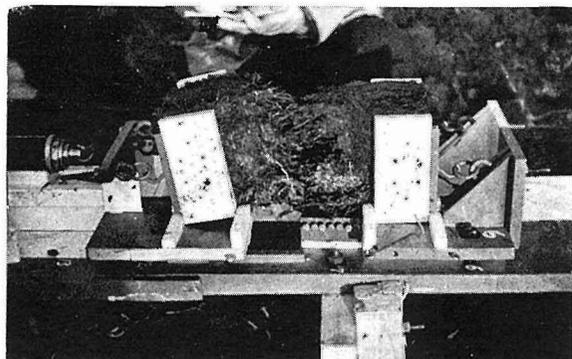
写真—1 泥炭の直接剪断試験



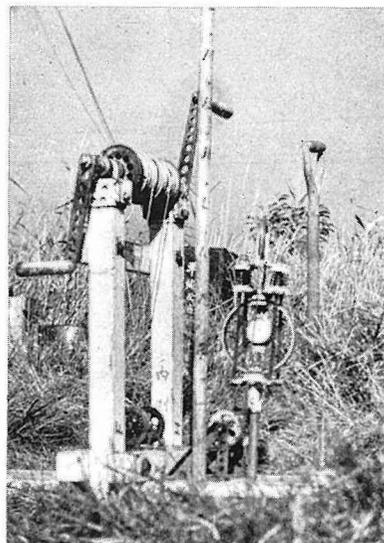
写真—4 貫入用コーン



写真—2 泥炭の引張試験 (A)



写真—3 泥炭の引張試験 (B)



写真—5 貫入試験装置

下面は平行で、両側面は中央でしぼつてある。

## (2) 現場試験

### (a) 直接剪断試験

vane 試験の位置にできるだけ近接してピットを掘り、50 cm の深さ毎の試料 ( $15 \times 15 \times 10$  cm<sup>3</sup>) を切り出し、試験に供する。剪断の方向は地表に垂直と水平の二つの場合に区別して、vane 試験の目的に合致させ、一方向につき4個を原則としたが、泥炭の状態によつて試験が困難であつた場合もある。

### (b) 引張試験

現場作業は前項の試験と並行し、試料の大きさは、くびれた所で  $14 \times 10$  cm<sup>2</sup> であつて、引張力はスプリングバランスによつて測定した。

## (3) 泥炭の貫入試験

### (a) 試験装置 (写真—4, 5)

先端角  $30^\circ$ 、最大径 3, 4, 5, 6 cm、鋼製のコーンを、静的に圧入するに要する抵抗をプルーピングリングで測定するもので、圧力を伝えるロッドは外径 22 mm、長さ 1.5 m の鋼管である。加圧は2人でドラムを回転し、これにまかされている 4 mm のワイヤロープをプルーピングリングにかけて行なうもので、反力は、主として作業員の体重による。

### (b) 現場試験

直接剪断の場合と同様に、vane 試験に近接した位置で実施し、よみは 5 cm ごと、貫入速度は約 2 cm/sec であつた。作業の都合からこれを全然しない所や一部しかやらない所があつた。

## IV. 実験結果

実験結果を一括すると表—2, 表—3 のようである。

この表中の記号を説明すると、

$C_1$  = (1) 式による垂直面での剪断抵抗

$C_2$  = (1) 式による水平面での剪断抵抗

$C_0$  = (1) 式による剪断抵抗

$C_1, C_2, C_0$  は前項の式番号を 2 とする

$p_4$  = 直径 4 cm のコーンによる貫入抵抗でコーン直径についての圧力強度。試験装置の自重、地下水による浮力を補正したものである。

$p_5, p_6$  = 夫々直径 5, 6 cm についてのもの。

$D_1$  = 直接剪断試験による垂直面での剪断抵抗

$D_2$  = 直接剪断試験による水平面での剪断抵抗

$T$  = 引張強さ

で、これらの測定値を整理する際の観測値の棄却は筆者の主観によつた。

表-2 Vane 及び貫入試験結果

地区名及び No.	(1) 雁						地						(2) 北						村	地	区				
	No. 7		No. 14		No. 19		No. 14		No. 19		No. 19		No. 19		No. 19		No. 1								
項目及び単位	0.5	1	1.5	2	2.5	0.5	1	1.5	2	2.5	3	0.5	1	1.5	2	2.5	3	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
$C_1$	0.24	0.22	0.14	0.15	0.17	0.22	0.16	0.11	0.16	0.17	0.16	0.17	0.16	0.09	0.19	0.12	0.17	0.15	0.13	0.16	0.14	0.18	0.15	0.18	0.17
$C_2$	0.14	0.05	0.18	0.35	0.16	-0.06	0.05	0.14	0.14	0.10	0.01	0.10	0.07	0.37	0.03	0.19	0.07	0.13	0.13	0.14	0.12	0.07	0.24	0.19	0.11
$C_3$	0.23	0.19	0.15	0.19	0.16	0.16	0.14	0.12	0.16	0.18	0.13	0.16	0.15	0.14	0.16	0.14	0.16	0.16	0.14	0.16	0.15	0.17	0.17	0.18	0.18
$C_1'$	0.24	0.23	0.14	0.15	0.17	0.21	0.17	0.10	0.17	0.17	0.17	0.17	0.15	0.08	0.20	0.12	0.17	0.15	0.12	0.16	0.14	0.18	0.15	0.17	0.17
$C_2'$	0.15	0.07	0.24	0.47	0.20	-0.09	0.04	0.18	0.18	0.10	-0.03	0.15	0.15	0.53	0.04	0.23	0.08	0.14	0.19	0.18	0.18	0.10	0.32	0.29	0.16
$C_3'$	0.24	0.20	0.16	0.20	0.17	0.17	0.15	0.13	0.17	0.19	0.14	0.17	0.16	0.15	0.17	0.15	0.17	0.17	0.15	0.17	0.16	0.18	0.18	0.19	0.19
$p_4$	2.97	1.53	1.84	1.73	1.88	1.70	1.35	1.74	1.53	2.78	1.85	1.47	1.53	1.97	2.33	2.13	1.89	1.57	1.69	1.74	1.89	2.13	2.04	2.42	2.01
$p_5$	2.70	1.91	1.52	1.09	1.67	1.39	1.21	1.39	1.81	1.33	1.50	1.29	1.41	1.73	1.59	1.33	1.10	1.33	1.61	1.63	1.45	1.38	1.33	1.97	1.90
$p_6$	2.27	1.51	1.21	1.27	1.53	1.54	1.29	1.35	1.30	1.97	1.43	1.35	1.40	1.61	1.51	1.86	0.92	1.32	1.39	1.30	1.09	1.38	1.33	1.46	1.88

地区名及び No.	(2) 北						村						地						区					
	No. 2		No. 3		No. 4		No. 3		No. 4		No. 4		No. 4		No. 4									
項目及び単位	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
$C_1$	0.17	0.15	0.13	0.14	0.20	0.17	0.18	0.23	0.16	0.17	0.18	0.20	0.22	0.20	0.19	0.22	0.28	0.20	0.20	0.20	0.25	0.17	0.20	0.20
$C_2$	0.09	0.04	0.07	0.08	0.12	0.18	0.14	0.17	0.03	0.14	0.14	0.12	0.05	0.08	0.12	0.16	0.03	0.06	0.04	-0.11	0.13	0.01	0.13	0.01
$C_3$	0.16	0.12	0.12	0.13	0.18	0.17	0.17	0.22	0.14	0.16	0.18	0.17	0.18	0.17	0.17	0.23	0.23	0.17	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16
$C_1'$	0.17	0.15	0.12	0.15	0.20	0.17	0.19	0.23	0.15	0.16	0.18	0.19	0.22	0.19	0.18	0.24	0.28	0.20	0.20	0.20	0.23	0.17	0.18	0.18
$C_2'$	0.15	0.05	0.12	0.08	0.18	0.23	0.14	0.22	0.05	0.21	0.21	0.18	0.06	0.12	0.18	0.23	0.04	0.09	0.06	-0.08	0.15	0.02	0.15	0.02
$C_3'$	0.17	0.13	0.13	0.14	0.19	0.18	0.18	0.23	0.15	0.17	0.19	0.18	0.19	0.18	0.18	0.24	0.24	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17
$p_1$	1.21	1.85	1.56	1.81	2.25	2.02	1.86	2.89	1.72	1.63	2.26	1.89	2.75	3.33	2.55	3.18	1.64	1.81	2.49	2.64	1.75	2.69	1.75	2.69
$p_2$	1.19	1.34	1.08	1.46	1.54	1.47	1.68	2.02	1.15	1.41	2.39	1.82	2.24	2.67	2.33	2.47	1.79	1.29	2.04	2.07	1.68	1.66	1.66	1.66
$p_3$	1.07	1.30	1.17	1.52	1.59	1.28	1.32	1.75	1.02	1.28	1.76	2.06	1.42	1.86	1.56	2.07	1.33	1.22	1.43	1.74	1.45	1.65	1.45	1.65

表-2 (続き)

地区名及び No.	(2) 北村地区										(3) 豊 畷 地区																									
	No. 5					No. 1					No. 4					No. 2																				
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4										
項目及び 単 位	(m)																																			
C <sub>1</sub>	0.18	0.15	0.16	0.19	0.13	0.11	0.16	0.12	0.16	0.12	0.07	0.06	0.12	0.05	0.04	0.08	0.12	0.14	0.10	0.13	0.09	0.11	0.11	0.11	0.05	0.08	0.10	0.10	0.13	0.09	0.11	0.11	0.11	0.05	0.08	0.10
C <sub>2</sub>	0.11	0.01	0.14	0.10	0.17	0.04	0.03	0.05	0.04	0.02	-0.01	0.01	0.02	0.01	-0.01	0.01	-0.02	0.07	0.01	-0.12	-0.06	-0.06	-0.13	-0.03	-0.05	0.22	0.01	-0.12	-0.06	-0.06	-0.13	-0.03	-0.05	0.22		
C <sub>3</sub>	0.17	0.13	0.16	0.17	0.14	0.10	0.14	0.11	0.15	0.10	0.06	0.06	0.09	0.04	0.04	0.07	0.10	0.14	0.09	0.08	0.06	0.08	0.07	0.04	0.06	0.13	0.09	0.08	0.06	0.08	0.07	0.04	0.06	0.13		
C <sub>1</sub> '	0.18	0.15	0.16	0.19	0.14	0.11	0.16	0.13	0.17	0.12	0.08	0.07	0.10	0.05	0.05	0.09	0.12	0.14	0.10	0.12	0.08	0.11	0.10	0.10	0.05	0.08	0.10	0.10	0.12	0.08	0.11	0.10	0.05	0.08	0.10	
C <sub>2</sub> '	0.17	0.02	0.18	0.14	0.24	0.08	0.08	0.04	0.06	0.02	-0.01	0.01	0.07	0.01	-0.01	0.01	0.01	0.11	0.01	-0.13	-0.07	-0.07	-0.08	-0.06	-0.05	0.32	0.01	-0.13	-0.07	-0.07	-0.08	-0.06	-0.05	0.32		
C <sub>3</sub> '	0.18	0.14	0.17	0.18	0.15	0.11	0.15	0.12	0.16	0.11	0.06	0.06	0.09	0.04	0.04	0.07	0.11	0.15	0.09	0.08	0.06	0.08	0.07	0.04	0.06	0.14	0.09	0.08	0.06	0.08	0.07	0.04	0.06	0.14		
p <sub>1</sub>	1.22	1.61	1.80	1.43	1.85	1.86	2.51	2.51	1.11	0.95	0.96	1.53	1.13	1.19	2.44	2.49	4.69	5.82	1.05	0.99	1.06	1.62	1.35	1.25	1.25	2.20	1.05	0.99	1.06	1.62	1.35	1.25	1.25	2.20		
p <sub>2</sub>	1.17	1.20	1.63	1.40	1.54	1.38	1.46	1.51	1.17	1.20	1.63	1.40	1.54	1.38	1.46	1.51	0.72	0.68	0.67	1.05	1.03	0.55	0.73	1.61	0.72	0.68	0.67	1.05	1.03	0.55	0.73	1.61				
p <sub>3</sub>	1.08	1.05	1.46	1.23	1.31	1.17	1.27	1.37	1.08	1.05	1.46	1.23	1.31	1.17	1.27	1.37	0.82	0.49	0.86	1.18	0.85	0.44	0.88	1.22	0.82	0.49	0.86	1.18	0.85	0.44	0.88	1.22				

地区名及び No.	(3) 豊 畷 地区										(3) 豊 畷 地区																						
	No. 3					No. 4					No. 5					No. 5																	
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	
項目及び 単 位	(m)																																
C <sub>1</sub>	0.12	0.14	0.07	0.14	0.12	0.08	0.05	0.05	0.32	0.27	0.18	0.25	0.25	0.25	0.14	0.09	0.07	0.24	0.14	0.14	0.10	0.11	0.14	0.05	0.12	0.24	0.14	0.14	0.10	0.11	0.14	0.05	0.12
C <sub>2</sub>	-0.02	0.02	-0.05	-0.17	-0.15	-0.08	-0.03	-0.02	0.26	0.05	0.25	0.31	-0.03	0.01	-0.04	0.01	-0.14	-0.03	-0.06	0.22	0.19	-0.01	0.45	0.11	-0.14	-0.03	-0.06	0.22	0.19	-0.01	0.45	0.11	
C <sub>3</sub>	0.10	0.11	0.06	0.08	0.07	0.06	0.04	0.05	0.32	0.22	0.20	0.28	0.20	0.12	0.07	0.07	0.18	0.12	0.11	0.12	0.13	0.12	0.13	0.12	0.18	0.12	0.11	0.12	0.13	0.12	0.13	0.12	
C <sub>1</sub> '	0.12	0.14	0.08	0.14	0.11	0.08	0.05	0.05	0.31	0.29	0.19	0.30	0.26	0.14	0.08	0.07	0.24	0.12	0.14	0.10	0.11	0.14	0.04	0.11	0.24	0.12	0.14	0.10	0.11	0.14	0.04	0.11	
C <sub>2</sub> '	0.04	0.04	-0.07	-0.22	-0.18	-0.10	-0.03	-0.03	0.34	0.02	0.30	0.14	-0.05	0.04	-0.02	0.03	-0.15	0.11	-0.05	0.30	0.25	-0.01	0.63	0.18	-0.15	0.11	-0.05	0.30	0.25	-0.01	0.63	0.18	
C <sub>3</sub> '	0.11	0.12	0.06	0.08	0.07	0.06	0.04	0.05	0.34	0.23	0.21	0.29	0.21	0.13	0.07	0.07	0.19	0.13	0.12	0.13	0.14	0.13	0.14	0.13	0.19	0.13	0.12	0.13	0.14	0.13	0.14	0.13	
p <sub>1</sub>	2.62	2.78	2.54	2.34	2.20	2.01	1.94	2.28	2.62	2.78	2.54	2.34	2.20	2.01	1.94	2.28	1.81	1.22	1.24	1.86	1.93	1.56	2.01	1.38	1.81	1.22	1.24	1.86	1.93	1.56	2.01	1.38	
p <sub>2</sub>	2.42	2.65	2.04	1.48	1.03	1.21	0.90	1.07	2.42	2.65	2.04	1.48	1.03	1.21	0.90	1.07	1.80	1.17	1.71	1.25	1.44	1.44	2.03	2.14	1.80	1.17	1.71	1.25	1.44	1.44	2.03	2.14	
p <sub>3</sub>	2.68	2.38	1.88	1.32	1.14	1.18	0.91	0.88	2.68	2.38	1.88	1.32	1.14	1.18	0.91	0.88	1.53	1.03	1.28	1.31	1.17	1.03	1.23	1.16	1.53	1.03	1.28	1.31	1.17	1.03	1.23	1.16	

表-3 直接剪断試験結果

地区名及び No.	北 村 地 区								豊 幌 地 区					
	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 1	No. 2	No. 4	No. 5		
項目及び 単 位	深 度 (m)													
	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	1
$D_1$ kg/cm <sup>2</sup>	0.21	0.16	0.18	0.17	0.23	0.18	0.24	0.18	/	/	/	0.24	/	0.12
$D_2$ kg/cm <sup>2</sup>	0.11	0.08	0.10	0.11	0.12	0.11	0.13	0.14	0.08	0.06	/	0.11	0.10	/
$T$ kg/cm <sup>2</sup>	0.12	0.09	0.12	0.12	0.09	0.05			0.01	0.09	0.06	0.10	0.16	0.09

/ は測定不能

## V. 実験結果に対する考察

## 1. 直接剪断試験と vane 試験との対比

直接剪断試験は、分解の良好な泥炭に対しては、相当正しい結果を与えるものと考えてよい。ただこの試験方法は試料採取の都合上深い部分に対して適用できない難点がある。しかし vane 試験は少なくとも 10 m 位までは可能であるとされている。

それで、vane の試験結果の正当性を知るために、夫々の方向の測定値の比をとつてみると表-4 のようになる。この表の室蘭とあるのは 1956 年 9 月上旬室蘭市内泥炭地において実施したものである。又垂直面で  $C_1/D_1$  を示していないのは  $C_1=C_1'$  だからである。

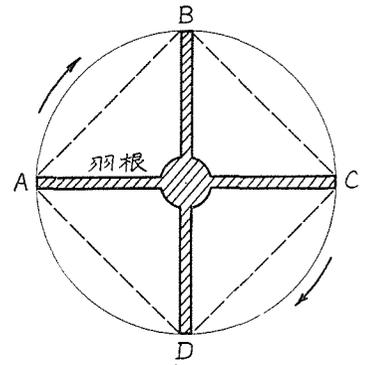
$C/D$  は、もし vane による値が正しいならば 100 前後の値をとるべきである。この表をみると、垂直面での  $C_1/D_1$  は相当によく合っており、二つの試験方法はほぼ相等しい結果を与え

表-4  $C/D$ 

地区名	No.	深 度 (m)	垂 直 面	水 平 面	
			$C_1/D_1$ (%)	$C_2/D_2$ (%)	$C_2'/D_2$ (%)
北 村	1	0.5	72	118	127
		1	81	163	238
	2	0.5	94	90	150
		1	88	36	45
	3	0.5	70	25	42
		1	94	127	191
	4	0.5	117	23	31
		1	111	43	64
室 蘭	E	0.5	86	22	24
		1	131	71	86
平 均			93	75	105

るものとしてよいようである。

$C_1/D_1$  の値は、概して 100 より小さい。すなわち、vane による値は、直接剪断のそれより小さくするというので、もし、このことが泥炭の状態、深度に無関係に成立するならば、一般の土についていわれていることに反する。しかし一般の土で直接剪断又は単純圧縮試験の値が vane より小さくするのは、試料成形時の攪乱、含水の変化等が鋭敏に結果を左右すること及び試料を地中から引き出すために、外圧から自由になるからであつて、この点を泥炭について考えてみると、試料が十分に大きいために攪乱の影響が少ないこと、及び泥炭の含水量は一般に非常に大きく、地中にある泥炭の受ける圧力は殆んど静水圧に近いものであり、採取した試料の含水状態をはなはだしく変えない限り、剪断に抵抗する泥炭のセン維の状態には殆んど変化がないものと考えられる。したがつて、粘土にあてはまるのが直ちに泥炭にもあてはまると考えるわけに行かないようである。 $C_1$  が  $D_1$  より小さくなる原因の一つに考えられることは 図—7 において計算上の剪断面である円で切れないで、vane の円筒縁  $ABCD$  を結ぶ線に近い形で剪断されるのではないかということである。正方形と円の周長の比は約 90% で、 $C_1/D_1$  の平均に近い所からみて、この推定は正しいかも知れない。



図—7 泥炭の推定剪断面

次に  $C_2$  あるいは  $C'_2$  と  $D_2$  の比率であるが、これも前者同様 100 に近い値をとるべきである。しかるに、平均値こそそれに近い値をとっているが、夫々の値の分散は  $C_1/D_1$  の比でない。この原因は当然  $C_2$  及び  $C'_2$  に求めるべきで、このことについては後で詳しく論ずることとする。

## 2. $C_1, C_0, C'_1, C'_0$ について

表—2 をみると分るようにこの 4 者の間にはわずかの差しかない。この理由を  $C_2$  の等分布の場合について考えてみる。(1), (3) から  $C_1=2C_2$  (次項で説明) と仮定して  $C_1/C_0$  を求めると

$$\frac{C_1}{C_0} = \frac{6n+2}{6n+1} \dots\dots\dots (8)$$

で  $C'_2$  の場合は同様にして

$$\frac{C'_1}{C'_0} = \frac{8n+2}{8n+1} \dots\dots\dots (9)$$

であり、また  $C_0, C'_0$  についてみると

$$\frac{C_0}{C'_0} = \frac{3(4n+1)}{4(3n+1)} \dots\dots\dots (10)$$

で  $n$  の夫々の値についてみると表—5 のよう

表—5  $C_1/C_0, C'_1/C'_0, C_0/C'_0$  の理論値

$n$	1	1.5	2	平均
$C_1/C_0$	1.14	1.10	1.08	1.11
$C'_1/C'_0$	1.11	1.08	1.06	1.08
$C_0/C'_0$	0.94	0.95	0.96	0.95

表一六  $C_1/C_0$ ,  $C_1'/C_0'$ ,  $C_0/C_0'$  の実測値

地区名	地点番号	$C_1/C_0$		$C_1'/C_0'$		$C_0/C_0'$	
		地点の平均	地区の平均	地点の平均	地区の平均	地点の平均	地区の平均
雁木	7	1.00		0.96		0.95	
	14	1.10		1.04		0.93	
	19	1.05	1.05	0.96	0.99	0.94	0.94
北村	1	1.09		0.90		0.94	
	2	1.09		1.02		0.94	
	3	1.11		1.02		0.95	
	4	1.19		1.09		0.96	
	5	1.07	1.09	1.02	1.01	0.93	0.94
豊幌	1	1.14		1.16		0.97	
	2	1.32		1.25		0.99	
	3	1.33		1.34		0.98	
	4	1.09		1.07		0.96	
	5	1.00	1.18	0.90	1.14	0.93	0.97
総平均		1.11		1.05		0.95	

になる。3者とも殆んど1に近い値であつて、これを実際の測定値についてみると表一六のようである。これをみると両表の値は非常によく合つており、 $C_1$  や  $C_1'$  を求める関式解法は相当に正しい値を与えることが分る。 $C_0$  と  $C_1$  は、同一のトルクから前者は(1)により、後者は(3)式を関式化して、夫々異なる方法で算出されるのであるから、 $C_1$  をきめる方法に間違いがあれば、上記のような結果は得られない筈のものである。

今(8)式で  $n$  を次第に大きくして、高さが直径に比べて非常に大きく、水平面での剪断抵抗が全く無視できるような vane を使うと

$$C_1 = C_0$$

で、このときの  $C_0$  は垂直面での剪断強さに一致し、逆に  $n$  を 0 に近づけると

$$C_1 = 2C_0$$

で、前述の  $C_1 = 2C_2$  の仮定から  $C_0 = C_2$  となる。つまり、この時の  $C_0$  は水平面の剪断強さを示すものである。そして、 $n$  の任意の値については、 $C_0$  は  $C_1$  と  $C_2$  の間を変化するものである。

又別の見方からすると(3)式左辺の第1項と第2項との比は、 $C_1 = 2C_2$  と仮定すると  $1/6n$  で、 $n$  を 1.5 とするとこの比は % で約 10 である。この値は、つまり水平面に働く剪断抵抗と垂直面でのそれとの比を表わすものであるが、このことは vane tester に加える力  $P$  の 90% は垂直面に働くことを意味し、したがつて  $C_1 \doteq C_0$ ,  $C_1' \doteq C_0'$  をも意味することになる。そして又、これが後でのべるように  $P$  の小さい時に  $C_2$  の測定が不確実になる原因をなすのである。

これを要するに一般に用いられる  $n=2$  程度の vane によれば  $C_1 \doteq C_0$ ,  $C_1' \doteq C_0'$  として差支

えなく、更に概算的には  $C_0 \approx C'_0$  として  $C_2$  の二様の分布状態を区分して仮定する必要がないと言えるわけである。

### 3. $C_1/C_2$ について

これをきめるために、まず直接剪断による  $D_1/D_2$  を調べてみると表—7 のようであり、vane による値は表—8 のようである。後者の計算では後でのべるように  $C_2$  の測定が不確実で  $C_1/C_2$  が負号をとつたり、二桁になつたりしたものがあるが、これをすべてすてた。このような値は大半が豊幌地区のものである。又北村 No. 4 は少しく異常なので ( ) をつけ、これをすてた場合の平均も示した。

表—7  $D_1/D_2$

地区名	No.	深度 (m)	$D_1/D_2$	試験個数
北 村	1	0.5	1.91	5
		1	2.00	4
	2	0.5	1.80	4
		1	1.55	4
	3	0.5	1.92	4
		1	1.64	4
	4	0.5	1.85	4
		1	1.29	4
豊 幌	4	0.5	2.18	1
加 重 平 均			1.76	34

表—8  $C_1/C_2, C'_1/C'_2$

地区名	地 点 No.	試験個数	$C_1/C_2$ 地点の 平均	$C'_1/C'_2$ 地点の 平均
雁 木	7	5	1.68	1.33
	14	4	1.71	1.86
	19	6	2.27	1.64
北 村	1	8	1.27	0.91
	2	8	1.81	1.41
	3	8	2.32	1.61
	4	4	(4.74)	(3.55)
	5	7	2.27	2.25
加 重 平 均			2.14	2.00
			(1.91)	(1.56)

過去における真井<sup>9)</sup>の実測によると  $D_1/D_2$  は 2.5 となつているが、この中で変化の異常なもの (幌向 60 cm) をすてると、2 前後の値となり、本実験の  $D_1/D_2$  及び  $C_1/C_2, C'_1/C'_2$  と割合よく一致する。それで、 $C_1/C_2$  は一応 2 であることにする。不均質な泥炭のことだから、 $D_1/D_2$  や  $C_1/C_2$  がこの程度に一致すれば、 $C_2$  の値に不安があつても、 $C_1/C_2=2$  として大きな間違いはないものと思われる。

$C_1/C_2=2$  は勿論、泥炭の状態や深さに関係なく、全体をひつくるめた平均の話である。それで  $C_1/C_2$  と深さの関係をみると両者の間には一定した傾向が見られない。したがつて、我々の実験結果からすれば  $C_1/C_2$  の値は深さに無関係であると結論してよいように思われる。

$C_1/C_2=2$  の関係は、次のような場合に非常に有利に使える。すなわち、本研究のように多数の vane による、手数のかかる方法によらないで、 $n=2$  程度の vane で、原理的にはただ 1 回の測定によつて  $C_2$  を求める場合である。つまり、1 回の測定によつて  $C_0$  が計算されるが、

これは前論から  $C_0 \doteq C_1$  であり、したがって  $C_2 \doteq C_1/2$  として泥炭の最小の剪断抵抗の概数を求めることができるわけである。

#### 4. vane の寸法, 特にその直径について

本研究では,  $n$  を 1, 1.5, 2 にとり, vane の直径として 8, 10, 12 cm を用いた。 $n$  の値については, しばらくおくとして, 3 種の直径のいずれがよく泥炭の vane 試験に適するか, より平均した値を得るために, 更に大きい直径を用いるべきかどうかを検討する。すなわち 3 型の vane の比較である。

この比較のために, 8, 10, 12 型の vane の個々の測定値が, 3 者の平均からどの程度に分散し, 又 3 者の相互のウェイトはどの程度になるかを計算してみる。すなわち表—9 である。この計算では観測値を全然すてていない。こうしないと相互の観測精度の比較にならないからである。

ウェイトは推差の二乗に逆比例するとして 3 つの直径のウェイトをみると

$$8 \text{ 型} : 10 \text{ 型} : 12 \text{ 型} = 10 : 13 : 14$$

になる。

以上の計算結果からみると, 観測値の分散の程度は, vane の直径の大きいもの程小さくなり, 10 cm と 12 cm との差は僅少で,

10 cm と 8 cm との差より充分に小さい。この結果からみると, 8 型程度の直径の vane では泥炭の不均質をカバーする平均値を与えず, 10 cm 程度でまずこれに近い値が得られ, トルクの許容限度, 操作の便, 不便を度外視すれば vane の直径は大きい程よいといえる。

表—10 観測値の棄却数

	観測個数	棄却数
8 型	194	62
10 型	194	14
12 型	194	12

る筈であるが, それにしても 8 型に棄却数の多いことは間違いなく, それだけ泥炭の不均質性にわざわいされてちぐはぐな値を与えているわけである。

表—9 推 差

地区名	地点 No.	推 差		
		8 型	10 型	12 型
雁 木	7	0.093	0.093	0.059
	14	0.055	0.056	0.031
	19	0.060	0.070	0.050
北 村	1	0.091	0.048	0.056
	2	0.051	0.063	0.046
	3	0.063	0.061	0.061
	4	0.047	0.056	0.069
	5	0.067	0.072	0.069
豊 幌	1	0.045	0.024	0.034
	2	0.044	0.020	0.045
	3	0.059	0.043	0.034
	4	0.146	0.121	0.117
	5	0.048	0.046	0.060
		0.067	0.059	0.056

上述のように, 推差の計算では,  $C_1, C_2$  の図式算定に際して棄却した値も含めているが, この棄却された観測値の数は表—10 にみるように 8 型に圧倒的に多い。8 型の中には, ある深度の値, 全部をすてて 10 型と 12 型だけで  $C_1, C_2$  を計算したものがあつた, これらの棄却値の中にはすてなくてもよいのはいくつかあるから, 純粋にすてらるべき数は同表より少なくな

5.  $C_2$  及び試験装置の改良点について

今まで  $C_2$  の測定は不確実であるといってきた。事実、表-2 をみれば分るように  $C_2$  が負号をとっているものがある。剪断抵抗が負になることはあり得ないことであるから、この原因を究明せねばならない。これは当然、本研究に使った試験装置の改良に通ずる。

まず  $C_2$  が負となつた地点、深度、個数を一括してみると表-11 のようである。この表は負数が豊幌地区に集中的に多いこと (22/42)、及び負数と深度は殆んど無関係にみられることを示している。

それで今度は観測値の分散度を地区毎に計算してみると表-12 のようである。豊幌のところ( )のつけてあるのは No. 4 をすてない場合で、この場所は泥炭を掘りあげて排水工事を行

表-11  $C_2$  の負号となつた位置と個数

地区名	No.	観測総数	負号のつた深度 (m)									その個数
			0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
雁 木	14	6	○									1
北 村	4	8				○						1
豊 幌	1	10			○					○		3
	2	8		○	○	○	○	○	○		○	6
	3	8	○		○	○	○	○	○	○		7
	4	8					○		○			2
	5	8	○	○	○				○			4
深度による個数			3	2	4	3	3	3	4	1	1	24

表-12 地区別の推差

地区名	No.	残差の二乗和	個数	推 差
雁 木	7	0.1830		
	14	0.0795		
	19	0.1197	17	0.065
北 村	1	0.2094		
	2	0.1332		
	3	0.1498		
	4	0.1107		
	5	0.2237	37	0.093
豊 幌	1	0.0734		
	2	0.0630		
	3	0.1000		
	4	(0.7669)	34	0.043
	5	0.1248	(42)	(0.119)

表-13  $C_1$  の大小と  $C_2$  の負号との関係

地区名	No.	$C_1$ の平均	地区の平均	$C_2$ の負号の数
雁 木	7	0.18		
	14	0.16		1
	19	0.15	0.16	
北 村	1	0.16		
	2	0.17		
	3	0.19		
	4	0.22		1
	5	0.15	0.18	
豊 幌	1	0.10		3
	2	0.10		6
	3	0.10		7
	4	(0.20)	0.11	2
	5	0.13	(0.13)	4

なつた所で、組織が相当に乱れているために、このように測定値が分散したものと考えられ、他地点がすべて処女地であるのだからこの地点を除外して比較するのが正しいと思われる。こうしてみると、豊幌地区の測定精度は、他の2地区に比べてむしろ良好である。これからすると、 $C_2$  が負にでる原因は、測定値のばらつきや、測定個数の少ないことによるものとは考えられない。

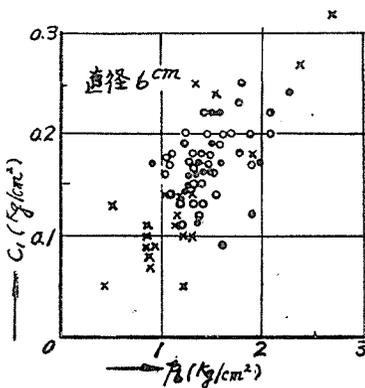
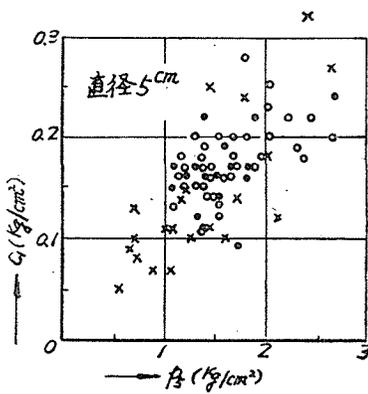
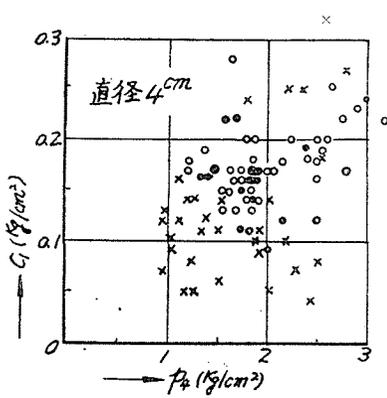
表一2を通覧して分ることは、豊幌の  $C_1$  が小さいということである。これを明瞭にするために、各地点の  $C_1$  の平均と負号の付いた数を比較してみると表一13ようになる。豊幌の平均は他の2地区より小さく、特例である No. 4 の 0.20 を除くと実に 0.11 であつて、極端に軟弱であることが分る。つまり  $C_2$  は、 $C_1$  が小さい時、すなわちトルク  $M$  の小さい時に、負号をとつたものと見られる。トルク  $M$  の小さい事はスプリングバランスでよまれる  $P$  の小さい事で、これは結局、力の測定精度になり、スプリングバランスの容量と最小目盛の問題になる。

本実験に使用したスプリングバランスは、前述のように、25 kg, 0.2 kg よみの一般の市販品である。元来この種の計器は垂直にして使用すべきものを、水平にして測定したのであるから計測法としてまずかつたわけである。 $C_2$  が負に付いた事は、図一4の図式解法をみれば分るように、 $m$  が正しい値より小さく計算されたか、すなわち  $P$  を過小によんだか、あるいは、 $C_1$ ,  $C_2$  を求める直線の勾配がもつとゆるいか、すなわち  $n$  の小さい所での補正すべき量が他の大きい所より多くて座標全体が回転しているかのいずれかである。前者によれば  $P$  は過小によまれたことになり、後者によれば  $n$  のとり方が問題になる。それで前者の原因を考えると、スプリングバランスを水平にして使つたために、その内外筒に摩擦が働き、 $P$  の微小な時に案外の大きになつたのではないかということである。測定の際には  $O$  点をよく合わせたのであるから、このための誤差は常に  $C_2$  を小さくする方に出る。事実、豊幌では  $P$  の大半が 1 kg 前後であつて、最小目盛の 0.2 kg ということささくない。このように小さい  $P$  の出るのは剪断面積の小さい、小寸法の vane に多い筈である。逆に、この影響は  $P$  の大きい所では殆んど無視できるものと考えられる。もう一つ考えられることは、スプリングバランスの自重によつて図一2のヒンチの所で、たれさがり、 $AB$  の長さに変化を生ずることであるがこれは実際に計算してみると殆んど問題にならない位の大きさである。

誤差の原因は余り明瞭ではないが、 $C_2$  は  $P$  の小さい時に負号をとるものが多く、 $P$  の小さい時、 $P$  は真実のものより小さくよまれるものようであつて、その程度は、 $n$  の小さいもの程大きいと考えられる。 $P$  の過小読定の誤差は座標軸の平行移動によつて補正され、 $n$  の影響は座標軸の回転を意味して、総体として  $C_2$  の負号の問題は解決されることになる。

これを要するに本実験における  $C_2$  の負号の原因の一つは  $P$  の測定精度にあり、これを改良するためには、 $P$  の測定限度を一段とさげて、上記のような誤差の生じない計器を使うか、あるいは図一2のレバーの作用長  $l$  を適当に小さくするか、いずれかにすればよい。

もう一つの間接的な原因は  $n$  の大きさであつて、本装置の改良点ともなる。図—4 をみれば分るように、 $C_1$ 、 $C_2$  の決定には、横軸の 3, 4.5, 6 の間隔が重要な働きをする。これら相互



図—8  $C_1$  と  $p$

- 雁木地区
- 北村地区
- × 豊幌地区

の間隔がせまきにすぎると、測定値のわずかの誤差が  $C_1$ 、 $C_2$  の決定に大きくひびいてくる。又 V の 2 でのべたように  $n=1.5$  前後の vane に働く応力は殆んどが  $C_1$  であつて、 $C_2$  は問題にならない位小さい。これをさけるためには、 $n$  をなるべく小さくして、横軸上原点から最初にとる点をできるだけ原点に近くおき、 $C_2$  の確定に役立てることである。 $C_1$  の小さい時は  $C_2$  にもしたがつて小さいから、縦軸を切る位置は原点に近づき、勾配のわずかな変化でも、 $C_2$  の符号が逆転するのである。

しかし  $n$  を極端に小さくすると、直径を余程大きくしない限り、 $P$  が小さくなつて、この点で精度がおちるから、結局、結論的には、 $P$  の測定限度及び泥炭に適した直径に見合つて、 $n$  の一つをできるだけ小さくし、その他の  $n$  は、相互の間隔ができるだけ大きくなるようにきめるべきだ、ということになる。 $P$  の測定方法と共にこの点が我々の試験装置の改良点の一つである。

### 6. 剪断抵抗と貫入抵抗との関係

剪断抵抗としては  $C_1$  を、貫入抵抗としてはコーンの最大径についての圧力強度を用いこれを  $p$  とする。この関係をコーンの直径別に図示すると図—8 のようになる。3 cm の直径は除外した。これをみると、両者の間にはほぼ直線的な関係があり、その傾向は直径の大きい程明瞭である。22 mm の貫入ロッドをケーシングなしに使つた時に、コーンの直径と貫入抵抗との関係及び周辺摩擦の有無については、別に発表する予定であるが、22 mm のロッドに対して 4 cm の直径では、まだ周辺摩擦が相当に働くものと考えられる。

$p$  と  $C$  との関係については、すでに北海道開発局土木試験所のものがある。この研究では、コーンの先端角は  $30^\circ$  で同一であるが、直径の面積は  $10 \text{ cm}^2$  と  $20 \text{ cm}^2$  の二種を用い、更に、これを単桿と二重管の二つに分け

ている。vane の寸法は直径 5.5 cm, 高さ 11.0 cm, 計算法は  $C_1 = C_2$  の等分布の仮定にもとづいており結果として次のようなものを与えている。

	面積 (cm <sup>2</sup> )	測定個数	関係式
単 桿	10	224	$C=0.085 p-0.010$
二 重 管	10	138	$C=0.117 p-0.054$
二 重 管	20	547	$C=0.106 p-0.020$

これをみると、 $p$  の係数は大体 0.1 であり、 $b$  は夫々の方式によつて差はあるが、全体の観測値の分散からして  $a=0.1$ ,  $b=0$  としても大差はないものと見られる。

本実験での結果もほぼ、これに一致するとみてよい。泥炭は、前述のように、きわめて不均質のものであり、いかに近接して試験しても、同一地点の vane 試験と貫入試験というものは得られないのであるから、 $C$  と  $p$  との関係は大ざつぱに言つて

$$C = 0.1 p$$

程度とみておくのが妥当なのではないかと思われる。

## VI. む す び

以上をとりまとめると、次のことが言えるように思われる。

1. vane 剪断試験によつて、泥炭の剪断抵抗を水平と垂直に分離して測定することは可能である。
2. 水平面での剪断抵抗は垂直面での剪断抵抗の約半分である。
3. 泥炭は一般に不均質で、その剪断抵抗も小さいから、vane の寸法は大きい方がよい。
4. 水平面での剪断抵抗を確実に分離測定するためには、前項の vane の直径とともに  $H/D=n$  を適当にえらぶ必要がある。
5. コーンによる静的貫入試験結果と vane による剪断抵抗とは、ある直線的な関係にあり、大体貫入抵抗の 1/10 が剪断強さである。

本研究は、文部省科学研究費交付金(各個研究)によつて行われたものである。現場試験は、北海道開発局、北海道土木部、札幌土地改良区及び北村土地改良区の好意により実施し得たものであり、又現地における測定及び本文の作製にあつては当研究室の平尾、高比良、真壁の三氏に負うところが多く、更に又試験装置の試作に当つては当学部機械工学科久野教授、土肥助教授並びに工作実験室の諸氏から多大な御援助を頂いた。記して謝意を表する次第である。

## 文 献

- 1) Carlson: Proc. 2nd Int. Conf. S.M. & F.E. Vol. I p. 265.
- 2) 斎藤迪孝: 最近の土質工学 (昭 30. 3) p. 79.
- 3) 真井耕象: 北大工学部彙報, No. 6 (昭 27. 3) p. 75.