

大阪市立大学理学部 正員 竹中準之介  
 工学部 " 〇西垣 好彦  
 大学院 学生員 柳 大 夏

### 1. まえがき

本報告では前述の「大阪洪積粘土の静的弾性係数」と共に大阪地盤の洪積層の工学的特性についての一連の研究のうち、洪積粘土の動的性質に関するもの。従来、土の動的弾性係数は弾性波の伝播速度より求められてきたが、今回の実験においては洪積粘土の大型供試体を low frequency で自由振動させて、固有振動周期を測定し、その結果より動的弾性係数を計算した。

### 2. 実験方法

振動実験の供試体は図-1 に示したように粘土を円筒形に成型し、その上部に荷重  $W_0$  を載せた。荷重としては 200 貫の重錘を 3 個使用した。写真-1 は供試体整形後の状態を示す。実験はまず供試体をピアノ線で水平方向に荷重  $P$  で引張り、その時の水平変位をダイヤルゲージで測定する。その後ピアノ線を切断し供試体を自由振動させる。この振動を測定するため供試体の上に換振器を置き、オシログラフに記録させる。次に自由振動の固有振動周期を次第に大きくし、できるだけ地震周期に近づけるため、上記円筒供試体の両側面を削り、矩形断面(図-2)にして同様の実験を繰返した。矩形幅  $b=33\text{cm}$  の供試体を写真-2 に、また振動測定状態を写真-3 に示した。

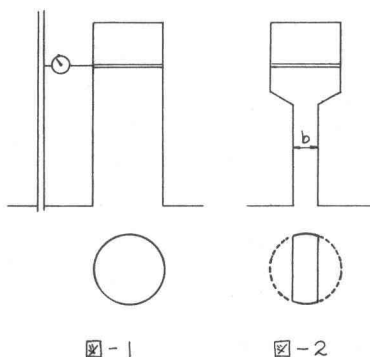


図-1

図-2

### 3. 片持梁の自由振動

図-1 の供試体の自由振動は梁の上部に  $W_0$  なる重錘が載った質量のある深の一自由度系の振動である。この振動系を理論的に解く方法もあるが、重錘の重心位置が梁自由端よりかなり離れており、供試体長さ  $l$  に比べ無視することができないので Rayleigh の近似法を用いて計算を行なう。また深のためは曲げモーメントによるもののみでなく、せん断変形によるものも考慮する。

自由端に  $W$  なる荷重の載った場合の一自由度系振動の固有振動周期は次式で求められる。

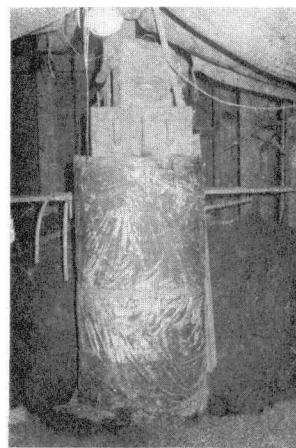


写真-1 振動試験供試体

$$T = 2\pi \sqrt{d_{st}/g} \quad \text{----- (1)}$$

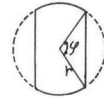
$d_{st}$ : 深自由端の変位       $g$ : 重力加速度

深の自重がある場合は Rayleigh の近似解によれば深自重  $wL$  の  $\beta$  倍を付加荷重として、深の自由端に載荷されたものとして計算できる。

深の自由端の変位  $d_{st}$  を(1)式に代入すると動的弾性係数  $E_d$  は次式で求められる。

$$E_d = \frac{4}{3} \frac{\pi^2 W l^3}{9 I T^2} \left\{ 1 + 2(1+\nu) \left( 1 - \sin^2 \frac{\varphi}{2} \right) \left( \frac{r}{l} \right)^2 \right\} \text{--- (2)}$$

$r$ : 半径       $\varphi$ : 右図に示す角



また重錘  $W_0$  の重心での変位を  $d_g$  とすると深自由端での換算荷重  $W'$  は次式により求められる。

$$W' = \left( \frac{d_g}{d_{st}} \right)^2 W_0 \quad \text{----- (3)}$$

したがって(2)式の  $W$  は深自重および重錘の重心位置を補正したもので計算する。

#### 4. 実験結果と考察

ピアノ線で供試体を引張った時の静たわみ測定結果の一例を示すと図-3 のようになる。セン断変形を考慮した理論たわみ方程式に静たわみ量を代入して静的弾性係数  $E_s$  を求めると平均  $823 \text{ kg/cm}^2$  となった(ただし  $\nu = 0.4$  とした)。ポアソン比  $\nu$  が  $\pm 0.1$  変化しても弾性係数は  $\pm 2\%$  程度の変化である。したがって自由振動の解析の場合も同一の静たわみ曲線を用いるわけであるから、今回の実験のようなセン断弾性による振動においてはポアソン比の影響は少ないといえる。

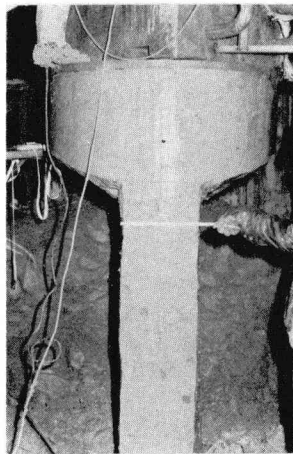


写真-2.  $b = 33 \text{ cm}$  供試体

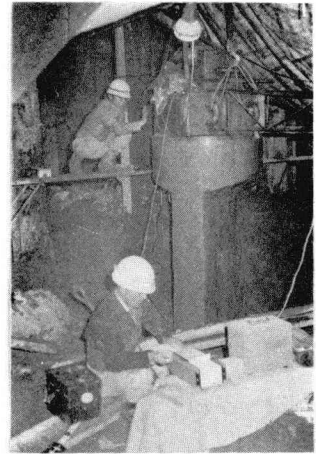


写真-3 振動測定 ( $b = 33 \text{ cm}$ )

静たわみ測定後の供試体自由振動の変位測定結果の例を図-4 に示した。この測定結果より各実験の固有振動周期  $T$  (sec) を求め、(2)式に代入して  $E_d$  を計算した。その結果を表-1 に示す。なお表には前記の簡易三軸試験用供試体についても試験前に振動試験を行なったので、その結果も記した。

以上の実験結果を図示すると図-5 のようになり、振動試験結果はほぼ同一の  $E_d$  を示し、その平均値は  $E_d = 884 \text{ kg/cm}^2$  となる。図-5 には静たわみより求めた  $E_s$  および簡易三軸試験結果より求めた  $E_s$  をもあわせて記したが、それらの値はほとんどかわらない値を示している。振動試験結果による供試体の形状の変化により多少動的弾性係数が異なる値を示しているようである。すなわち円筒形による試験結果の方が矩形断面によるものより  $E_d$  が小さいが、この原因が試験誤差によるものか、

あるいは形状変化によるものかは  
今後検討して行く必要がある。

### 5. 結論

今回行った実験で明らかとな  
ったことは次のような点である。

測定周期 0.167~1.20 sec の範囲  
では動的弾性係数はほとんど変り  
なく、その平均値は  $E_d = 884 \text{ kg/cm}^2$   
であった。この  $E_d$  の値は振動試  
験前の静たわみ曲線より求めた静  
的弾性係数  $E_s = 823 \text{ kg/cm}^2$  と比較  
すると極めてよく近似した値とな  
り、その差はせいぜい 10% 以内  
であることを示している。また以  
上の値は前記の三軸試験結果より  
求めた静的弾性係数ともそれ程大

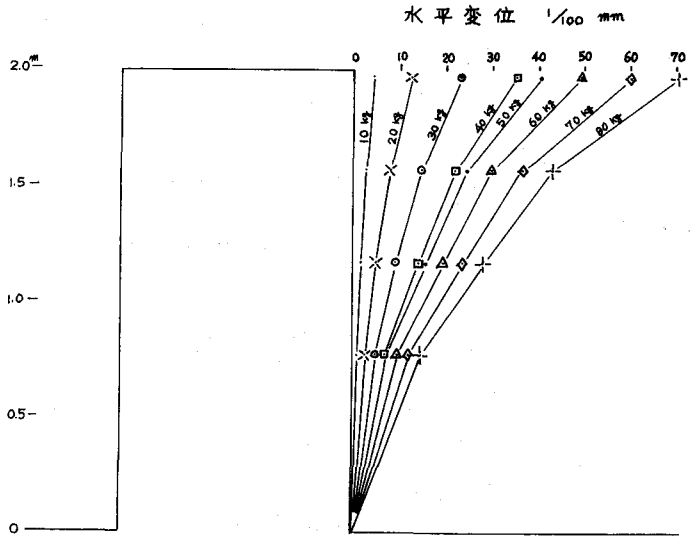


図-3 粘土供試体の静たわみ

表-1 振動試験の条件とその結果

	A	B	C	D	b=70	b=50	b=40	b=30	簡易三軸
$d$ or $b$ (cm)	1.00	1.00	1.00	1.00	0.70	0.50	0.40	0.30	1.00
A (cm <sup>2</sup> )	0.7854	0.7854	0.7854	0.7854	0.6377	0.4783	0.3889	0.2954	0.7854
I (cm <sup>4</sup> )	0.049075	0.049075	0.049075	0.049075	0.02393	0.009607	0.005067	0.002187	0.049075
l (cm)	2.00	2.00	2.00	2.00	1.64	1.59	1.54	1.49	1.96
$\omega$ (Min)	1.233	1.233	1.233	1.233	1.001	0.751	0.611	0.464	1.233
$\beta \omega l$ (t)	0.613	0.613	0.613	0.613	0.405	0.293	0.228	0.166	0.613
$W_0$ (t)	2.447	2.447	2.447	2.447	2.891	2.891	2.891	2.891	0.296
W (t)	4.001	4.001	4.001	4.001	6.185	6.201	6.251	6.343	0.951
T (sec)	0.335 ~ 0.340	0.351 ~ 0.357	0.351 ~ 0.360	0.357 ~ 0.361	0.484 ~ 0.501	0.703 ~ 0.707	0.899 ~ 0.900	1.203 ~ 1.213	0.165 ~ 0.168
E (kg/cm <sup>2</sup> )	889 ~ 915	807 ~ 835	793 ~ 835	789 ~ 807	915 ~ 980	1004 ~ 1016	1065 ~ 1066	1225 ~ 1229	822 ~ 851

きな相異は認められないが、静的弾性係数に較べて動的弾性係数の値はわずかに大きい傾向を示している。

しかし従来考えられていたように動的弾性係数が静的のそれよりも非常に大きく、その相異はオーダーの単位であるという結果<sup>1), 2), 3)</sup>とは明確な違いが見出された。むしろ今回の実験結果は、せん断弾性にもとづく粘土の動的性質は静的性質と本質的に変わらないという重要な結論を提示するものと考えてよいだろう。

すなわち大阪の洪積粘土は応力の小さい範囲内では、結合（化学結合）物質と同様の挙動を示すということ、換言すれば洪積粘土は結合物質であるという基礎的概念は前述の静的実験の結果のみならず動的実験の結果からも認めなければならぬ。

この概念は洪積粘土の土質力学的性質の研究上極めて意義あるものと思われる。

最後に、本実験は大阪市交通局5号線掘さく工事に関する調査研究において、とくに交通局

の御好意により各種の基礎的研究をさせていただいたことを付記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 小川・柳沢 “振動応力を受ける土の力学的性質” 第3回土質工学研究発表会 1968年6月
- 2) 畑野, 渡辺 “粘土, 砂, 碎石の動的, 静的粘弾性定数ならびにポアソン比について” 土木学会論文報告集 No.164, 1969-4
- 3) S.D.Wilson, R.J.Dietrich. “Effect of Consolidation Pressure on Elastic and Strength Properties of Clay” Research on Shear Strength of Cohesive Soils. ASCE. June, 1960.

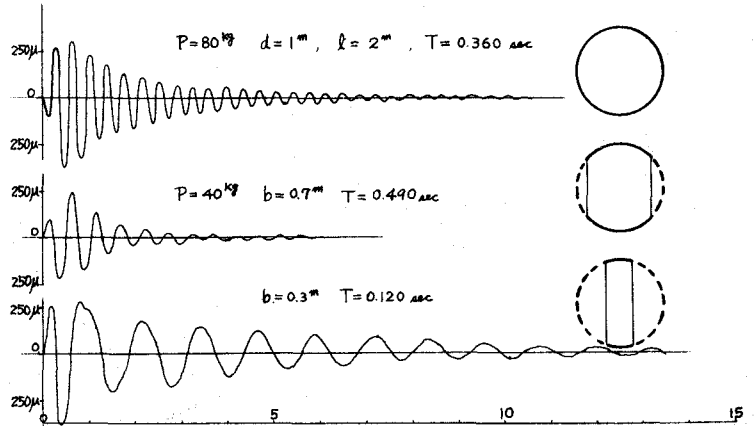


図-4 振動測定結果

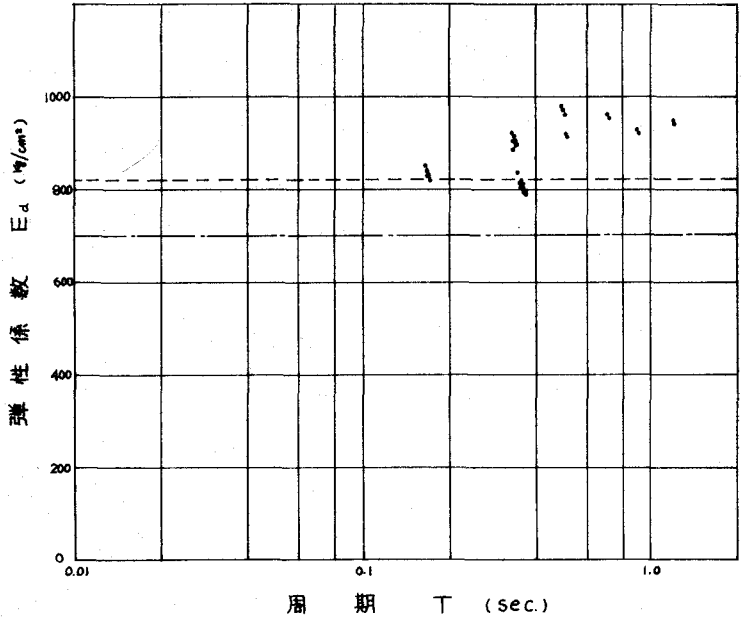


図-5 動的弾性係数