

大阪市立大学工学部 正員 ○ 西垣 好孝
 “ “ 岡 島 洋 一

1. ま え が き

基礎構造物の支持特性を推定するのに変形係数は非常に重要な定数である。その代表的なものとして圧縮試験から求める E_{50} があるが、土質試験法にも記されているように多くの問題を残している。また他の試験で求めた変形係数も試験法が異なれば違った値となることは良く知られている。本報告は筆者らが行なってきた粘性土のヤング率を求める試験法の結果と各種試験法より求めた変形係数の比較を行ない、粘性土の変形係数について検討したものである。

2. 圧縮試験から求めた変形係数

通常の圧縮試験は変形係数を求めるためにはいくつかの問題点がある²⁾ので、今回は次のような試験を行なった。供試体中央部におけるヒズミは洪積粘土はストレーンゲージで、沖積粘土は差動トランス型変位計で測定した。試験に用いた試料の諸性質および変形係数を表-1に、応力～ヒズミ曲線を図-1, 2に示した。なお表中の動変形係数は自由振動試験で求めたもので、静的に求めた微小ヒズミにおける変形係数とほとんど一致している。また洪積粘土の現場S波測定結果と微小ヒズミで求めた変形係数から求めたS波速とは一致すること³⁾から、供試体中央部で測定した変形係数は土固有

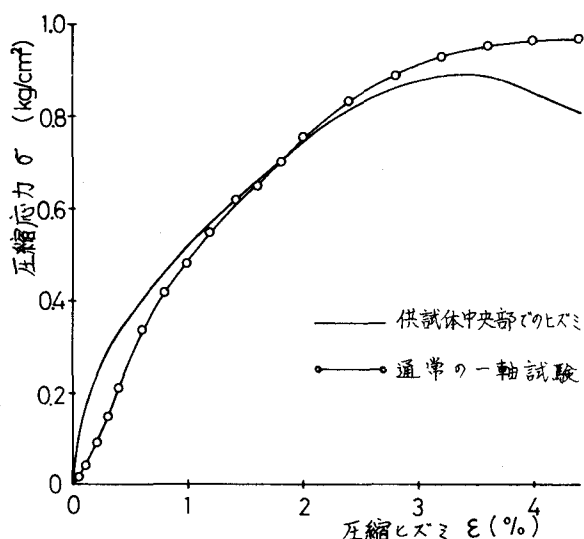


図-1 沖積粘土一軸試験結果

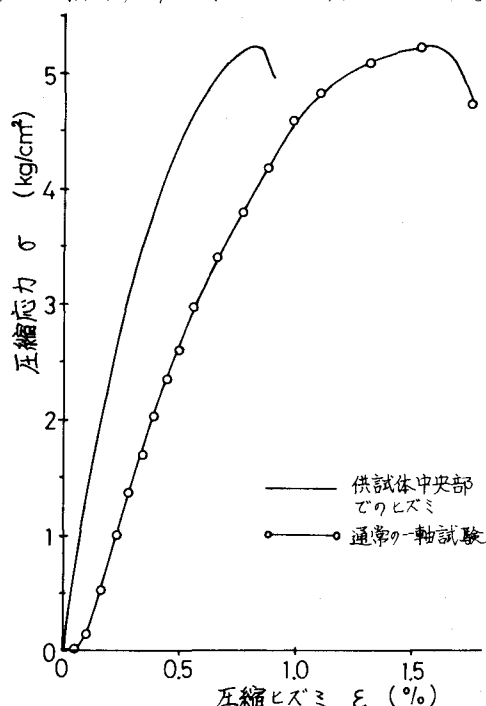


図-2 洪積粘土一軸試験結果

表-1

試料	試験	採取深度 m	$\bar{\epsilon}$ t/m	W %	W ₁ %	W _p %	ρ_y t/m	q_{μ} t/m	変形係数			自由振動 E _d kg/cm	E/E ₅₀
									E ₅₀	E _i	E		
南港沖積粘土	一軸	21	1.58	73.3	99.1	37.2	12.3	8.8 9.2	53.8	63.5	211	184	3.92
洪積粘土 (Ma11)	一軸	20	1.51	80.0	121	45	75	52.2	59.8	64.6	1170	1100	1.96
	三軸 = 三軸	20	1.51	79.6				44.4	77.6	87.8	1070	1022	1.32

の性質——ヤング率——と考えられるので、これをEとする。また表中のE_iは応力～ヒズミ曲線の初期接線より求めた変形係数である。

図-1, 2をみるとσ～ε曲線の初期で非常に異なっている。すなわち初期接線E_iとEを比べると沖積粘土で3.5倍、洪積粘土で1.9倍となる。通常の試験では曲線の立上りを詳しく調べるため変位測定も試験法の定めるものより細かくとっているので、一般の場合E_iはさらに小さくなってくる。洪積粘土は同一供試体で同時測定を行なったが、破壊ヒズミは異なり、中央部ヒズミで測定したものは0.83%、通常の試験では2.62%となり、通常試験の方がはるかにヒズミ量が多い。沖積粘土の場合も同じ傾向がみられる。

洪積粘土の三軸試験においても同様の比較を行ない、表-1に記したヤング率はE×1070と一軸の場合とほとんど同じであるが、E/E₅₀=1.38となり一軸試験よりはるかに小さく、E₅₀はEにかなり近い値となっている。これは等方圧縮により供試体端面の粗雑さがかなりなくなり、かつ載荷面近辺の応力集中が緩和されるためと考えられる。

上述の傾向を確かめるために南港永路橋土質試験で同様の試験を行なった。ただし供試体の中央部での測定は試験準備にかなりの時間を要し、かつ細心の注意を払わねばならないので、これと同等のEを求める自由振動試験⁴⁾を行なった。その結果E/E₅₀の平均値は沖積粘土で4.75、洪積粘土では2.97となりかなりの差がある。これはE₅₀を求める一軸試験の供試体端面の粗雑による影響と思われる。したがってこのような不安定な要因が影響するE₅₀に一定の補正係数も乗じて設計のための変形係数も求めることは疑問である。

3. 載荷試験から求める変形係数

大阪難波の地下鉄現場において、洪積粘土(Ma11)上で各種寸法の載荷試験を行なった。そのうちφ30cmの急速載荷試験、φ100cmの緩速繰返し載荷およびその後の急速載荷試験結果を図-3に示した。緩速載荷試験時において、かなり小さな載荷重で載荷板周辺部で圧密が生じている。⁵⁾しかし圧密を考慮した場合としない場合の計算結果では、沈下曲線に大きな差が生じない事⁶⁾、Ma11の弾性限界はたかだか500μである事をどうも考えて、緩速載荷時にかなりの塑性変形が生じている。載荷試験結果より変形係数も算出するには、剛な円形載荷板の条件(等変位載荷)で弾性論より求めた次式を用いた。

$$E = \frac{\pi D}{4} (1-\nu^2) \frac{p}{\delta} \quad \text{----- (1)}$$

D: 載荷板直径 ν: ポアソン比

p: 載荷重 δ: 載荷板変位

表-2

直径(cm)	変形係数 (kg/cm ²)
30	E _R = 1144
100	E ₀ = 674 E _R = 1076

急速載荷による変形係数E_R、緩速載荷による処女荷重曲線における変形係数E₀を(1)式より求めると表-2のようになった。ただしポアソン比は三軸試験結果より求めたν=0.42を用いた。その結果

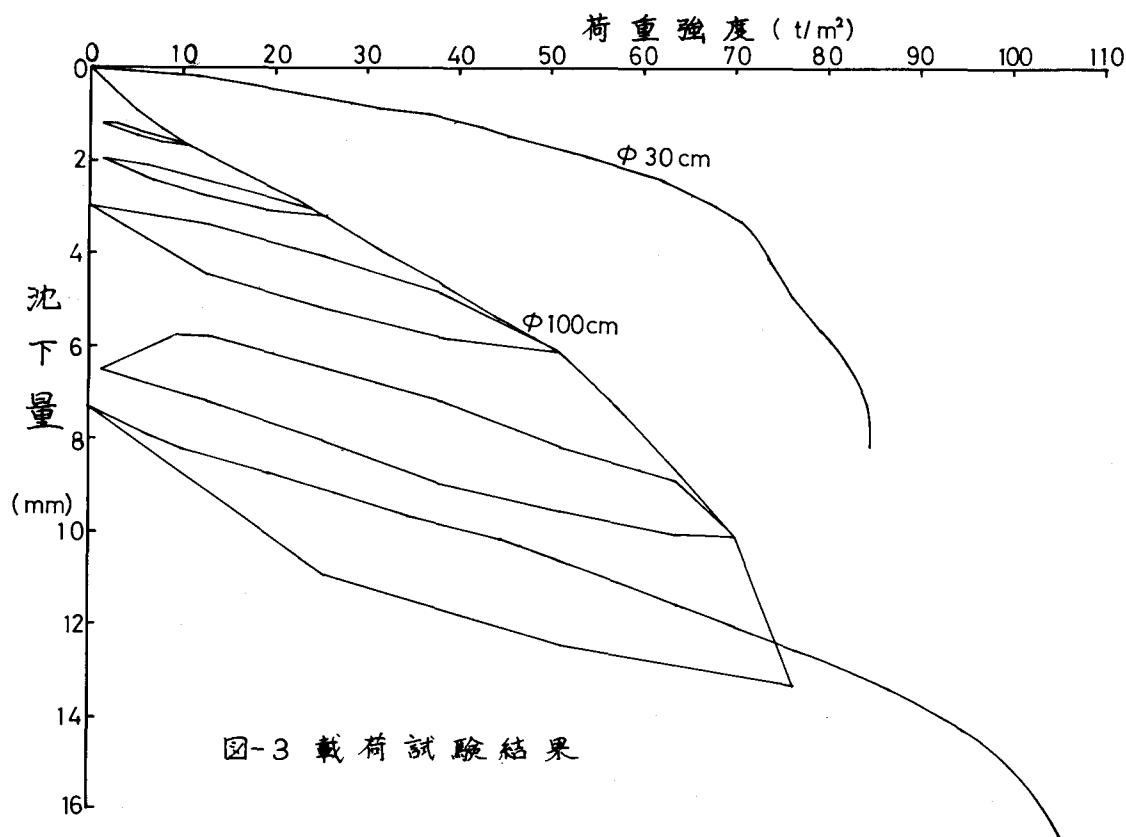


図-3 載荷試験結果

急速載荷試験で求めた E_R は 2. で求めたヤング率 E と等しいといえる。また $\phi 100\text{cm}$ の繰返し部の変形係数もほぼ E に等しいといえるが、繰速載荷による変形係数 E_0 は塑性変形の影響で小さく、地盤反力分布によって異なる。今回の試験結果の処女荷重曲線による E_0 と繰返し曲線による E_R の比を求めると、 $E_R/E_0 = 1.6$ とする。

4. ボーリング孔内載荷試験から求める変形係数

南港水路橋土質調査においてボーリング孔内で、プレシオメータ、KKTによる載荷試験を行なった。プレシオメータ試験による変形係数はラモシェンコの厚肉円筒理論を用いたルイ・メナールの次式を用いた。

$$E_p = 2(1+\nu)(V_0 + V_m) \frac{dp}{dv} \quad \text{----- (2)}$$

V_0 : 膨張させる前の測定部容積 V_m : メインセルに注入した時の水量

KKT試験は剛体載荷板を半無限弾性体に載荷した場合の応力～沈下関係式(3)で求める。

$$E_k = \frac{PB(1-\nu^2)I_p}{\rho} \quad \text{----- (3)}$$

今回用いた載荷板は $60 \times 300\text{mm}$ であるので、形状係数 $I_p = 1.6$ とした。ポアソン比は両試験とも沖積粘土は $\nu = 0.3$ 、洪積粘土は $\nu = 0.42$ を用いた。上記の式から求めた地盤の変形係数を表-3に示した。表-3には同一深度より採取した試料の一軸圧縮試験結果をも併記した。

表 - 3

変形係数の単位は kg/cm^2

試 料	測定深度 m	ボーリング孔内載荷試験		一 軸 試 験		自由振動	E/E_p	E/E_k
		E_p	E_k	E_{50}	E_i	E		
沖積粘土	6.00 - 6.80	9.1	13.4	10.2	11.6	64.6	7.10	4.82
	17.70 - 18.50	78.5	62.9	30.3	65.0	226	2.88	3.59
	24.70 - 25.50	10.9	12.6	32.4	81.5	21.4	1.96	1.70
米積粘土 (Ma11)	53.10 - 53.50	25.7	19.4	15.8	17.7	690	2.68	3.56

表-3をみると E_p , E_k とも通常の一軸試験の初期接線勾配 E_i にかなり近い値となっている。ボーリング孔内で求めた変形係数は試験方法からみると緩速載荷の処女曲線より求めた変形係数 E と同じと考えられるが、それよりかなり小さいことから、これはボーリング孔壁の乱れの影響によるものと思われる。

5. 考 察

各試験方法で測定して得られた変形係数は、試験方法が異なれば求める変形係数が異なる。この原因としては次の三点が考えられる。第一としては載荷接触面の粗雑(乱れ)、第二は試験法により応力分布が異なっている事、第三として変形係数を算出する基準ヒズミの差である。したがって通常の一軸試験から求めた E_{50} はこれらの原因によりかなり小さな値となる。三軸試験においても同様であるが等方圧縮過程があるので、一軸の場合に比べこれらの影響はかなり減少してくる。それゆえ一軸、三軸圧縮試験では、供試体中央部分のヒズミを測定することにより、均一な応力状態で、載荷面の粗雑の影響がない応力～ヒズミ曲線からヒズミに応じた個々の変形係数が求められる。平板載荷において、その機構上応力集中はさげられないが、初期微小応力であれば、弾性的に沈下する。したがって載荷版と地盤との間にセッコー等をつめることにより載荷面における粗雑の影響の入らない変形係数が求められる。ボーリング孔内での載荷試験は載荷面の乱れを取り除くことは不可能であるから、一軸試験と比較したように、応力～ヒズミ曲線の形が変わり乱れの影響をうけた変形係数しか得られない。

最後に南港水路橋土質調査にあたっては大阪市土木局共同溝事務所 浜田圭一郎氏に負う所が多いことをここに記し感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 柳, 西垣: "大阪沖積粘土の微小ヒズミでの静的性質" 第5回土質工学研究発表会
- 2) 西垣: "粘土のヤング率歪レベルによる変化" 第26回土木学会年次学術講演会
- 3) 竹中, 西垣: "地盤の力学的性質とその振動" 第3回日本地震工学シンポジウム(1970)
- 4) 西垣北浦: "土の室内動的試験" 昭和45年度土木学会関西支部年次学術講演会
- 5) J. Takenaka; Y. Nishigaki; D. Yanagi: "On The Load Test In Clay Soils" Fourth Asian Regional Conference, SMFE 1971
- 6) 西垣, 小田: "粘土地盤上の載荷試験に関する一考察" 第6回土質工学研究発表会