

III-30 粘土のヤング率の歪レベルによる変化

大阪市立大学工学部 正 員 西 垣 好 彦

1. ま え が き

筆者は粘土の弾性係数を求めるため、静的および動的試験を行なってきたが、その結果洗積粘土のように弱い粘合力をもった物質と考えられるものについては、微小ヒスミにおいて静的弾性係数と動的弾性係数が等しいことを多くの試料について実験的に言えることを述べてきた¹⁾。静的にこのような弾性係数を求めるためには細心の注意をはらって試験を実施しなければならない。このことから従来の一軸あるいは三軸試験から求める変形係数はかなりの問題があるといえる。また細心の注意をはらって行なう静的圧縮試験により破壊まで試験を行なった結果、ヤング率とヒスミとの関係は注目すべき結果を得たので、ここに報告する。

2. 現行圧縮試験の一問題点

現行の土質試験法²⁾によるときの変形係数 E_{50} は一軸破壊強さの $\frac{1}{2}$ に相当するヒスミにおける応力～ヒスミ曲線の割線勾配をもって定義されている。これは一般に結晶性物質において同一方法で求めた変形係数はその物質のヤング率に等しいことが認められているから、土の場合も同じように定義したものと思われるが、土の場合はヤング率 E と変形係数 E_{50} との間には大きな違いがある。

なぜならば、結晶性物質における弾性ヒスミの正常な範囲はめったに $\pm 1\%$ を超えることはないといわれているが、土のように線型弾性領域の小さい物質においては、弾性ヒスミの範囲はさらに小さいといえる。ところが一般に行なわれる土の一軸試験は $\phi 3.5\text{cm} \times 7.0\text{cm}$ を用いる場合が多く、圧縮試験の圧縮量は 0.25mm ごとに読むことになっているから、最初の測定ヒスミは 0.36% となる。したがって結晶性物質の弾性ヒスミ範囲が 0.5% から考えて、土の場合はすでに弾性ヒスミの範囲を超えていると推定される。

第2点として載荷面において試料は横方向の変形が拘束されるため Fig-1 (載荷面完全拘束の例) のように周辺部に応力集中がおこり、試料内の応力は中央近辺でないと均一でない。このような応力状態に対し試料全長にわたっての変位測定を行なっているため、得られた応力～ヒスミ曲線は正確なものではない。

第3点は小田・篠木³⁾が指摘しているように、載荷板と試料の接触面におけるヒスミがかなり生じており、見掛け上ヤング率が小さくなる。

第4点として球座の問題がある。球座は載荷面の応力分布を一様にするために用いられるのであるが、そのためには球座の回転中心と載荷面が一致するように球座の球面を作らなければならない。岩石の圧縮試験においてはこのような球座が一般に用いられているが、この種の球座は非常に大きいものとなり、粘土の強度が小さい場合は球座の自重によって、粘土供

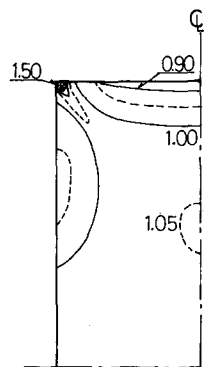


Fig-1 一軸試験の鉛直方向応力分布(単位荷重)

試体に作用する応力は弾性限界を超えることもありうるので、現在はほとんど用いられていない。

以上のように、現行の土質試験法ではヒズミ測定に問題があり、特に接触面でのヒズミの影響が大きいと思われる。したがって求められた変形係数は土の弾性領域の弾性係数よりかなり小さな値となり、かつ不確定のものも含まれているので、変形係数は地盤の変形性状を推定するときの手がかりとはなり得ない。

3. 試験方法

応力～ヒズミ関係を正確に知るためには、ヒズミ測定に細心の注意をはらわねばならない。その一つの方法として試料の大きさを大きくするが、ヒズミ測定を別の方法で精度を上げねばならない。そこで筆者はFig-2のように載荷面近辺の影響をさけるため、載荷面より試料半径の長さをさけた中央部分で変位測定を行なうようにしている。また赤積粘土の場合は試料中央部にストレンゲージをはってヒズミ測定を行なっている。球座については理想的な球座では重量が大きくなるので、この使用はやめ偏心荷重がかからないように特に注意をはらって試験を行なっている。

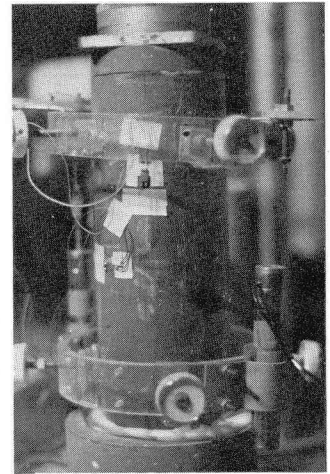


Fig-2 実験装置

4. ヤング率Eと粘着力Cの関係

前述の方法により各種の試料について圧縮試験を行なった。試験に用いた試料はTable-1のもので、赤積粘土はすべてハンドトリミングにより採取した。用いた試料の土質試験結果をTable-2に示した。

上記赤積粘土およびいままでの多くの赤積粘土の微小ヒズミでのヤング率と圧縮強さ q_u との関係を示すとFig-3 のようになり、

$$E = 240 q_u = 480 C \quad \text{----- (1)}$$

$$\left(\text{ただし } C = \frac{q_u}{2} \text{ とした} \right)$$

なる関係を得た。

竹中⁴⁾が提案したヤング率と粘着力の関係は

$$E = 210 C \quad \text{----- (2)}$$

である。このEは三軸試験の初期接線をとっている。Fig-3 に三軸試験の初期接線より求めたEを認めたが、(2)式をほぼ満足している。

(1)式と(2)式の違いは、三軸試験にも前述の問題点が含まれているため、(2)式のEが小さくなっている。しかしこれらの試験はハンドトリミング等により採取

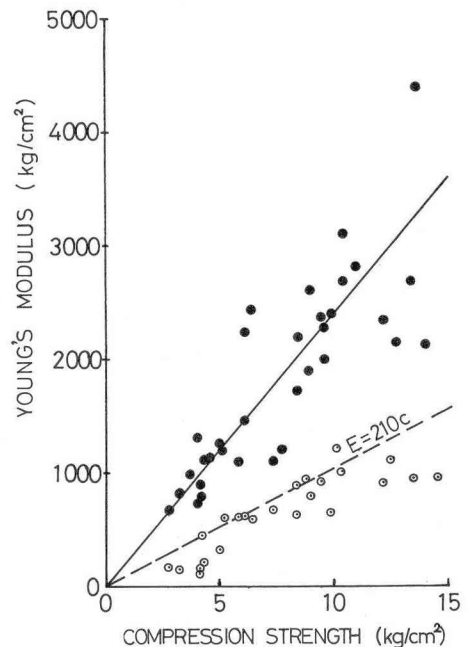


Fig-3 粒のヤング率と圧縮強さとの関係

した乱されない試料についての試験であるが、一般には試料の乱れの影響が含まれるため、さらに小さいヤング率を示す。

Table -1 用いた試料の採取場所

試料番号	地 層		試 料 採 取 場 所	深 さ	水 位
C - 1	沖 積 層		住吉区南港	GL - 21.0 ^m	GL - 2.7 ^m
2				-14.4	- 2.7
3	上 部 洪 積 層	Ma 12	住吉区南加賀屋町	-100	- 1.95
4		Ma 11	浪速区元町	-200	-6.2
5	大阪層群	上 部	狭山ニュータウン	-100	
6		Ma 3	泉北ニュータウン	-100	
7		下 部	泉北ニュータウン	-200	

Table -2 土質試験結果

試料番号	自然含水比 W %	液性限界 WL %	塑性限界 Wp %	単 重 γ t/m ³	比 重 Gs	間クマ比 e	飽和度 Sr %	一軸強さ qu kg/cm ²	圧密時破壊 Py kg/cm ²
C - 1	74.5	93.2	35.2	1.58	2.68	1.96	100	0.88	1.03
2	58.5	95.2	40.4	1.57	2.65	1.89	100	1.91	2.13
3	66.2	89.5	35.3	1.60	2.66	1.76	100	3.94	6.0
4	82.5	121.0	45.0	1.51	2.62	2.17	100	5.04	7.5
5	49.0			1.77				13.66	
6	45.8	70.5	28.9	1.72	2.62	1.22	98.4	10.96	18.0
7	43.4	121.5	48.7	1.66	2.65	1.29	89.2	10.45	12.2

試験結果の応力～ヒスミ曲線の例をFig-4に示した。今回の試験結果によれば、破壊ヒスミは高々1%であるが、洪積粘土の一般の土質試験結果をみると、2～3%のものが多く、1%以下の結果はみられない。Fig-3の三軸試験でも破壊ヒスミは2～3%であった。このことから考えても現行の土質試験ではヒスミが大きく出る傾向があり、応力～ヒスミの信頼できるデータは得られないといえる。

5. E_{gu} とヒスミの関係

Table-1の試料について、応力～ヒスミ曲線の接線コウ配をヤング率Eとし、 E_{gu} とヒスミの関係を図示するとFig-5のようになった。洪積粘土はヒスミが0.04～0.12%となるまでは E_{gu} の値はほぼ一定となり明らかに弾性領域のあることがわかる。この弾性領域において E_{gu} の値が粘土により異なっているが、これは圧縮強さによ

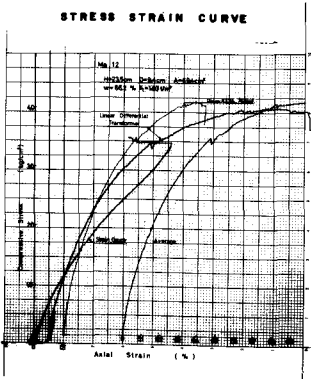


Fig-4 応力～ヒスミ曲線(C-3)

らつきがあるためと思われる。またヒスミが増すと片対数グラフ上で直線関係となり、かつ E/g_u の値は粘土の種類に関係なくなっていることは注目すべきことである。

一方、沖積粘土は洪積粘土とは異なった傾向を示し、はっきりとした弾性領域は認められない。この傾向はH. B. Seed³⁾が示したものと類似しているが、 E/g_u の値はかなり違っており、大阪の沖積粘土の方がはるかに小さい値である。

大阪地盤の洪積粘土のうち、海成粘土は高塑性であり、弱い結合力をもった粘土であるが、このような粘土は外国であまり例を見ない。したがって一般にシルト分を多く含んだ粘土ではSeedの結果に類似しているものと思われる。

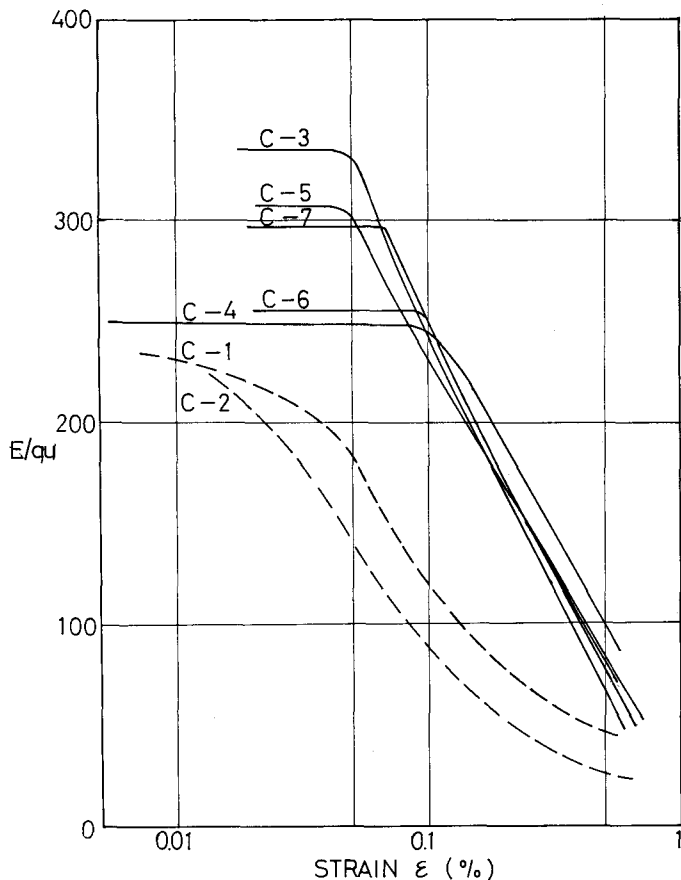


Fig-5 E/g_u とヒスミとの関係

6. あとがき

現在の土質試験では正確な応力～ヒスミ関係が得られないので、ヒスミ測定に特に注意をはらって圧縮試験を行なった結果について述べたが、粘土のヤング率はヒスミレベルにより大きく変えることが明らかになった。洪積粘土ではほぼ0.05%までは弾性的性質を示すといえるが、沖積粘土については弾性領域は明確でない。

最後に、この実験にあたり御指導下さった理学部竹中助教授、および実験に協力して下さった土質工学研究室の諸氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 竹中・西垣(1970):「大阪における基礎地盤の動的特性(I)」第25回土木学会年次学術講演会
- 2) 土質工学会:土質試験法——軸試験——P.336
- 3) 小田・篠木(1970):「土の供試体接触面に生ずるヒスミ量」昭和45年度土木学会関西支部講演会
- 4) 竹中準之介(1970):「粘土のサンプリングとその信頼度」土質材料の力学と試験法における最近の問題点、日本材料試験協会関西支部
- 5) H. Bolton Seed & I. M. Idriss: The influence of soil conditions on ground motions during earthquakes. University of California, Berkeley.