

# 過圧密粘土の骨型供試体を用いた三軸伸張試験

京都大学大学院(学) 清水正喜

京都大学工学部(学) 井上 健

序 負の有効応力状態を通常の三軸試験で発生させて、過圧密粘土の三軸引張り強度を求める方法として骨型供試体を用いた三軸伸張試験が Bishop et Garga (1) により報告されている。骨型供試体を使用することの利便は、断面積の小さいくびれ部に負の有効応力を発生させることができることその他に、三軸伸張試験の適用応力域を拡張、過圧密粘土 ( $c' > 0$ ) の低応力域での破壊を詳しく調べることができるという実がある。ところが一方で、骨型供試体を用いれば供試体内の応力分布、従ってひずみの分布が一樣でなくなり、試験はエレメント試験と考えられず、応力とひずみの関係を調べるのが非常に困難である。本報告は、そのような応力・ひずみの非一様性を考慮して実験結果を補正する方法を提案し、三軸伸張状態での過圧密粘性土の引張り応力とひずみの特性をしらべたものである。

骨型供試体内の応力の分布 図1を参考にして、端面Eと任意の面Fとの間の部分に作用する力のつり合いから、F面上の垂直応力の平均値 $\sigma$ と端面での垂直応力 $\sigma_E$ の比は、式(1)で与えられる。同式中 $r$ は断面積比 $A/A_E$ であり、 $B_1, B_2$ が直線の場合に細い部分 $B_2$ 間の断面積比 $r_2 = A_2/A_E$ を用いて(2)式で表現される。同式中 $x$ は、図2(a)を参考にしてE $B_1$ 間で1、 $B_1, B_2$ 間で $0 \leq x \leq 1$ 、 $B_2, B_2$ 間で0の値をとる変数である。 $r$ の供試体軸方向の変化と、それに対応する $\sigma/\sigma_E$ の変化の様子をそれぞれ図2(a), (c)に示した。

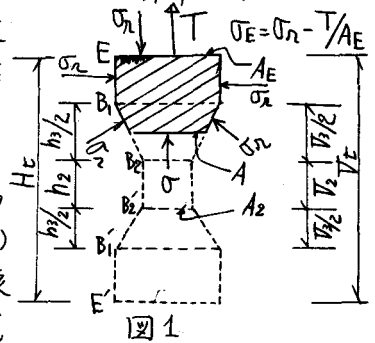


図1

$$\frac{\sigma}{\sigma_E} = \frac{1}{r} \left( 1 - \frac{\sigma_n}{\sigma_E} \right) + \frac{\sigma_n}{\sigma_E} \quad (1)$$

$$r = \{ r_2 + (1 - r_2)x \}^2 \quad (2)$$

$$r = A/A_E, \quad r_2 = A_2/A_E$$

実験 試料は通称藤の森粘土であり、高含水比で練り返し後、0.5 kg/cm<sup>2</sup>まで予備K圧密し、その後膨潤させたものである。(物性その他詳細は2)参照) 予め定められた断面積比 $r_1$ をもつように特製トリマー<sup>2)</sup>で整形後、NG工型三軸セル内で4 kg/cm<sup>2</sup>まで等方圧密し、その後0.35 kg/cm<sup>2</sup>まで等方膨潤させた。つづいて、ひずみ制御で側圧一定で伸張せん断した。ひずみ制御台の下降速度は、 $1.389 \times 10^{-3}$  mm/分であり、排水条件が十分満足されていると思われる。測定された値は、供試体全体の軸方向変位 $\Delta H$ 、

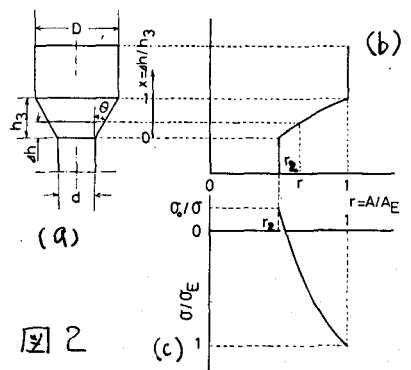


図2

体積変化量 $\Delta V$ 、および軸方向力 $P$ (図1)である。これらの値から供試体内のひずみの分布が一樣であると仮定して計算された結果を図3に示した。この供試体の形状に関する諸量は表1に示した。図3から、応力とひずみの関係が、供試体各部で異なっていて、応力ひずみ関係が一意的でないことになり、ひずみ一様分布の仮定が不自然であることがわかる。従って、何らかの方法で応力、ひずみの非一様性を考慮した補正をする必要がある。

結果の補正について 同じ圧密履歴と側圧で  
円柱供試体を用いて得られる応力・ひずみ関係  
が、その最大の応力の範囲内で、骨型供試体の  
EB<sub>2</sub>間に適用されると仮定する。EB<sub>2</sub>周リカ  
つり合いとひずみの定義から(3)式が得られる。  
赤字1はEB<sub>2</sub>間のもを意味する。仮定に基  
て、 $\sigma_E$ ,  $\epsilon_{a1}$ , および  $\epsilon_{v1}$  と、円柱試験の  $\sigma_a$ ,  $\epsilon_a$ , お

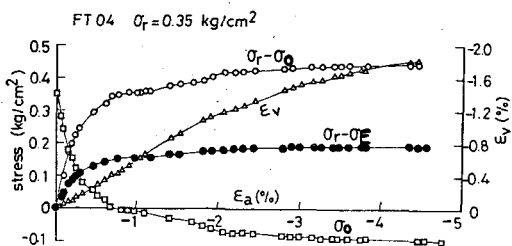


図 3

|                | 圧密前                   | せん断開始時                |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Ht             | 8.025 <sub>cm</sub>   | 7.890 <sub>cm</sub>   |
| h <sub>2</sub> | 2.900                 | 2.855                 |
| D              | 3.670                 | 3.575                 |
| d              | 2.430                 | 2.367                 |
| $\theta$       | 30°                   |                       |
| r              | 0.4384                | 0.4384                |
| V <sub>E</sub> | 61.090 <sub>cm³</sub> | 57.000 <sub>cm³</sub> |
| V <sub>2</sub> | 13.477                | 12.575                |
| V <sub>3</sub> | 15.888                | 14.824                |

よび  $\epsilon_v$  でおきかえれば、(3)式右辺は対応する  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_v$ ,  $\theta_a$  を与えること  
により決まり、結局  $T/A_{E0}$  は EB<sub>2</sub> 間の応力状態を規定できる量である。  
円柱試験のある応力・ひずみ状態に対して定まる  $T/A_{E0}$  の値を骨型試験結  
果中に内そうにより求め、そのときの  $\Delta H_t$ ,  $\Delta V_t$  から(4)式を用いて B<sub>2</sub>  
B<sub>2</sub>間のひずみ  $\epsilon_{a2}$ ,  $\epsilon_{v2}$  が計算される。赤字0は、せん断開始時を表わし、  
等方圧密中のひずみが一樣であると仮定して求めることができる量で  
ある。そのときの B<sub>2</sub>B<sub>2</sub>間の断面積比  $r_2$  が(5)式から計算され、それを  
用いて(1)式から応力が計算される。図3に示した試験結果に上述の補正  
を適用した結果を図4に(1)aとして示した。同図中(1)bは円柱試験応  
力・ひずみの適用範囲を EB<sub>1</sub> 間とした場合である。また同図には補正に

用いた円柱試験結果 (FE03) も併せて示した。図3  
の  $\sigma_r - \sigma_e$  曲線からも想像できるように、骨型供試体  
の  $T/A_{E0}$  の値には上限があり、ある一定値で変位  
が増大し続ける。この一定値で変位はすべて B<sub>2</sub>  
B<sub>2</sub> (または B<sub>1</sub>B<sub>1</sub>) のみであるとして計算してある。

考察 図4からわかることは、境界部分 B<sub>1</sub>B<sub>2</sub> の解

釈の仕方により補正の結果に違いが生  
じるが、 $\sigma_0 > 0$  の部分では、円柱の応  
力・ひずみ関係と類似していること、ま  
た、負応力の最大値は、軸ひずみ 8~12  
%, 体積ひずみ 9~15% で生じているが  
引張り応力発生以前のせん断によるひ  
ずみが大きいためであることである。  
ここで提案した補正法は、便宜的なも  
のではあるが、一応納得のいく結果が  
得られていると思われる。

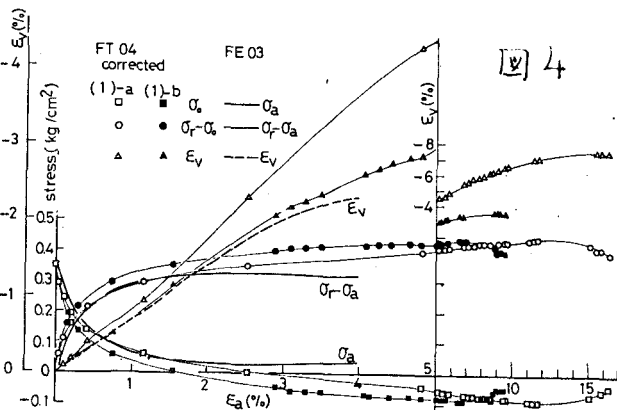


図 4

謝辞 本研究を行うにあたり、終始御指導下さった京都大学防災研究所柴田教授、実験  
に際し計測をお世話になった清水技官、装置部品作製でお世話になった京都大学宇治川水  
理実験所工作室今井氏に、深く感謝いたします。

参考文献 1) Geotechnique, Vol.19, pp39-313, 1969 2) 井上健, 京都大学工学部卒業研究論文, 昭和53年3月。