

三軸供試体の寸法比の違いによる端面拘束の影響

鹿児島大学工学部 学 篠原浩司 正 三隅浩二 学 佐藤 清

1. はじめに 三軸試験の数値シミュレーション結果を解析の対象にした逆解析により、粘土供試体の端面拘束の影響を考察する。文献1では端面拘束の影響を取り除いた形で弾塑性パラメータを決定する厳密な方法を提案しているが、ここでは、大ざっぱではあるがもっと簡単に端面拘束を評価することができる方法を提案する。

2. 寸法比の異なる三軸試験の数値シミュレーション まず有限要素法プログラム²⁾による順解析の概要を示す。図1は三軸円筒供試体の縦断面の1/4を示している。供試体の直径はいずれも5cmであるが、高さは12cm, 10cm, 8cm, 6cmの4種類に選んでいる。Dマトリックスにはモディファイドカムクレイモデルに等価な構成則が組み込まれている。圧密排水せん断を想定しているの、土要素とキャップの透水係数は非常に大きな値を入力している。キャップは剛性の大きな弾性体を仮定している。したがって、供試体の端面は側方に全く変位しない。想定した三軸試験は応力制御であり、2Kgf/cm²まで等方圧縮した後、拘束圧一定条件でせん断する極普通のCD試験としている。

逆解析は式(1)を三軸試験のシミュレーション結果にあてはめて行う。すなわち三軸試験をエレメント試験と見なして逆解析を実行する。今回の有限要素解析は微小変形理論に従うのでせん断ひずみにして12%までのデータを解析の対象としている。この制約をモディファイドカムクレイモデルの理論解に適用してみてもうまくゆくことを別途確かめている。表1は逆解析結果を整理したもので、端面拘束有りの結果だけでなく、順解析を行うための弾塑性パラメータの入力値と端面拘束していない場合(高さ12cm)の逆解析結果も記している。表中「入力値」と「12cm拘束なし」の弾塑性パラメータ値のギャップは、有限要素解析と逆解析手法の両者の誤差が組み合わされて生じたものと考えられる。図2は、端面拘束有り「12cm」、「10cm」、「8cm」、「6cm」のパラメータを「12cm拘束なし」のパラメータで割ったものを寸法比(高さH/直径D)で整理したものである。すなわち、「12cm拘束なし」のパラメータが正解値であると見なして端面拘束の影響を調べたものである。ここで、*の付いたパラメータは端面拘束有りを意味する。これより、Mと Λ は寸法比が小さくなればなるほど大きく見積られることがわかる。一方、DM/ Λ はほとんど端面拘束が影響していないことがわかる。D、M/ Λ は若干影響を受けているが寸法比には依存していないことがわかる。 $1/N' \cdot (M/\Lambda - M)$ はせん断ひずみの弾性成分の発生に関わるパラメータであるが、影響が大きくても寸法比に依存していないことがわかる。図3はダイレイタンシー挙動 $\varepsilon_v^d = a(\eta')^b \exp(c\eta')$ 、図4は降伏曲線の形(D、M、a、b、cより計算される)である。いずれも端面拘束の影響がそれほどでもないことがわかる。

以上の考察から、端面拘束有りの12cmより短いときのパラメータから端面拘束有りの12cmのパラメータを見つけるための方法を提案することができる。すなわち端面拘束有りの12cmのパラメータを * をつけて表せば、 $M^*/M' = \Lambda^*/\Lambda' = \alpha$ とおけて、 $M' = M^*/\alpha$ 、 $\Lambda' = \Lambda^*/\alpha$ 、 $D' = D^*$ 、 $N' = (M^*/\Lambda^* - M^*/\alpha) / (M^*/\Lambda^* - M^*) * N^*$ 、 $a^* = a^*$ 、 $b^* = b^*$ 、 $c^* = c^*$ 。

3. おわりに 端面拘束の影響パラメータが1パラメータ α で表せ、しかも物性に関わらず寸法比だけによって α のおおよその値が決まるとしたら、話は簡単である。数値シミュレーションを行って α と寸法比の関係を予め決めておけばよいのである。

参考文献

- 1) 佐藤清, 三隅浩二: 三軸圧縮試験をモデル試験と見なして行う逆方向解析, 平成4年度土木学会西部支部研究発表会講演要集, 1993. 2) H. Ohta, A. Iizuka: DACSAR FEM program Manual Dept. of Civil Engineering Kyoto University, 1983

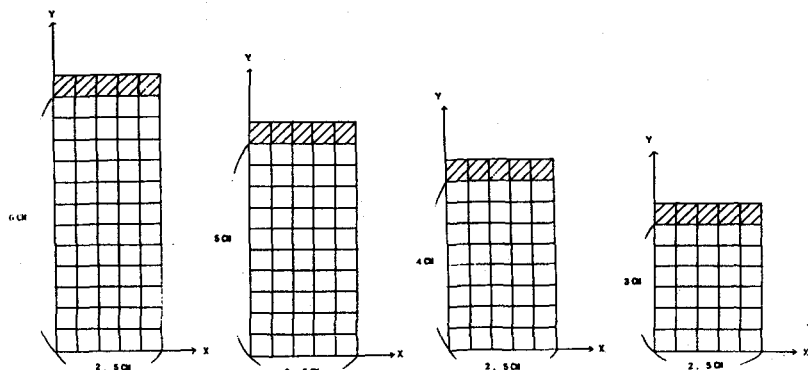


図1 寸法比の異なる三軸供試体モデル

$$\begin{Bmatrix} d\varepsilon_v \\ d\varepsilon_s \end{Bmatrix} = \frac{D}{P'} \begin{bmatrix} \frac{M}{\Lambda} - M & 0 \\ 0 & \frac{2}{3} \frac{1}{N'} \left(\frac{M}{\Lambda} - M \right) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} dp' \\ dq \end{Bmatrix} + \frac{D}{P'} \begin{bmatrix} \frac{M}{\phi + \eta} \cdot \phi & \frac{M}{\phi + \eta} \\ \frac{M}{\phi + \eta} & \frac{1}{\phi} \cdot \frac{M}{\phi + \eta} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} dp' \\ dq \end{Bmatrix} \dots (1)$$

1.3

表1 エレメント試験解析結果

	入力値	12 CM 拘束なし	12 CM 拘束あり	10 CM 拘束あり	8 CM 拘束あり	6 CM 拘束あり
M	1.2	1.18	1.221	1.235	1.27	1.377
D	0.0326	0.0304	0.0316	0.0317	0.0317	0.0317
Λ	0.478	0.436	0.47	0.477	0.491	0.533
N'	1.5	2.0	2.13	2.16	2.19	1.92
a	0.037402	0.05076	0.038686	0.037705	0.03686	0.035732
b	2.1658	2.518	2.0008	1.9291	1.8408	1.7111
c	-0.60123	-0.93868	-0.55684	-0.51046	-0.45831	-0.63
M/Λ	2.09	2.708	2.599	2.589	2.588	2.586
$\frac{1}{N'} \left(\frac{M}{\Lambda} - M \right)$	0.873	0.764	0.646	0.627	0.602	0.63
$\frac{MD}{\Lambda}$	0.0818	0.0824	0.0821	0.0823	0.082	0.0819

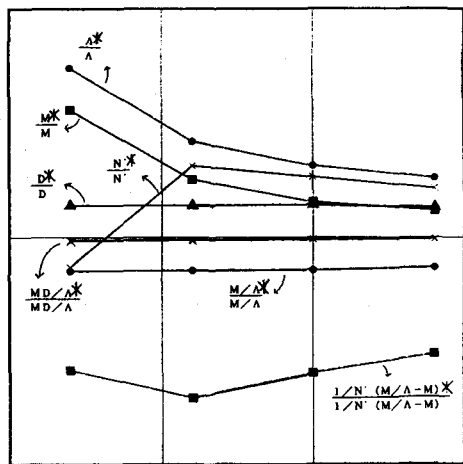


図2 弾塑性パラメータへの端面拘束の影響

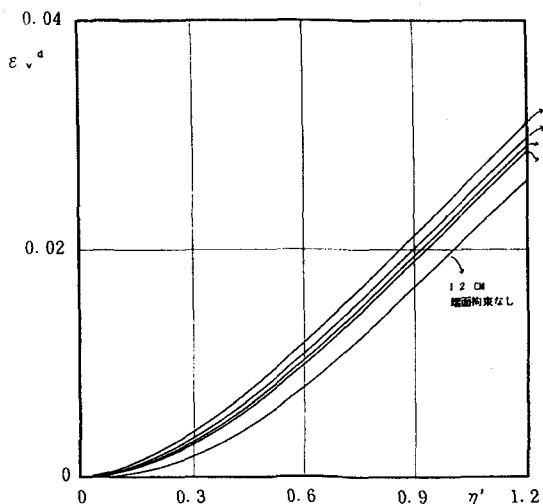


図3 ダイレイタンス挙動への端面拘束の影響

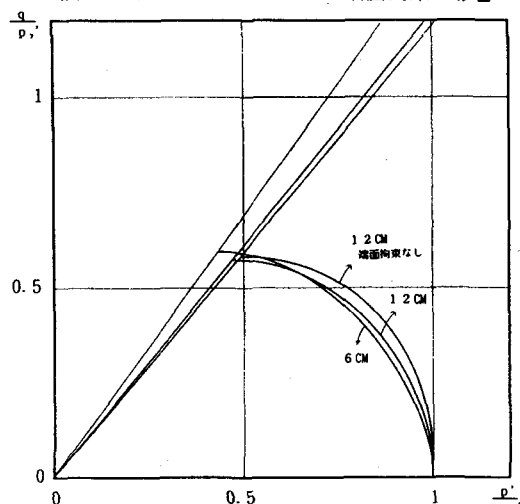


図4 降伏曲線への端面拘束の影響