

1. まえがき: 飽和粘土の応力ひずみ関係について多数の研究がなされてきたが、その前提は、単純体力学に於けるように、応力・ひずみテンソル成分を一意的に関係づける式が存在するということである。しかし、一様であるはずの三軸圧縮試験供試体の間隙水圧分布が、ひずみ速度の速い場合に異なってくるなど、上述の前提では説明できない現象もある。ここでは、単一の応力ひずみ関係式を前提とせず、応力とひずみは種々の制約条件を満たした状態で、ある汎関数を最小にするように挙動すると考えた場合の結果を示す。試験に用いた試料は、練土した陶器用細粒粘土であり、 $G_s = 2.67$, $w_L = 53.2\%$, $w_p = 25.4\%$ である。

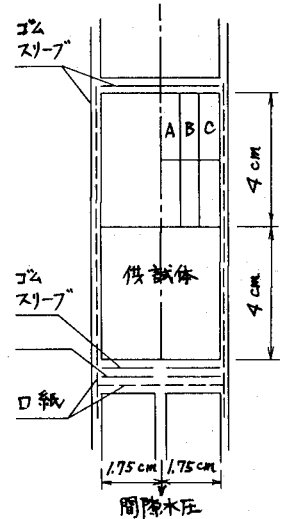


図-1 三軸圧縮試験供試体

2. 定式化の準備: 定式化の方針は応力変形挙動を次の最汎化問題として表わすことである。制約条件: $g(x) \leq 0$, $h(x) = 0$, 目的関数: $J = f(x) \rightarrow \text{minimum} \dots (1)$ ここで、決定変数 x として、応力、ひずみ (変位)、間隙水圧を選定、これらを相互変数として扱う。これらの変数に FEM の変分法に於けるように必要節離散化する。図-1 に示すように、三軸圧縮試験供試体の対称部分を軸対称長方形要素に分割し、応力・ひずみ・間隙水圧は各要素内一様とする。次に、弾性・塑性・限界状態を定義する。通常のひずみ速度の非排水せん断応力経路は、図-3 に模式的に示すように右に凸の形となり、応力経路のある点を越すと間隙水圧が急激に増大する。一方、柴田²⁾ は通常のひずみ速度におけるダイレイタンスと応力比 q/σ'_m の関係が図-2 中の線①ではなく②であること、そして、図-2 中の点 A に相当する $(q/\sigma'_m)^*$ がひずみ速度とともに増大すると述べている。ここでは図-2 中の実線の応力経路を破線のよう近似し、図-2 中の A 点が図-3 中の A' 点に対応すると仮定する。図-3 中の A' 点まではダイレイタンスが生じた領域と考え、便宜的に弾性状態と呼ぶ。この操作を実験結果に基づいて行なうと、図-4 に示すように $(q/\sigma'_m)^*$ の数値は圧縮圧力 p より、ひずみ速度により決められるようである。限界状態の考え方は Cam Clay Model³⁾ におけるのと同一であり、図-3 の A' から限界状態までを弾塑性状態とする。

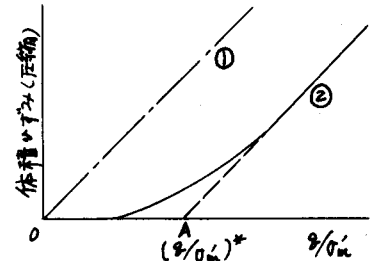


図-2 ダイレイタンスと応力比

3. 定式化: 制約条件は、応力-体積ひずみ関係として、木田 Model の基本式である、体積ひずみの正負成分とダイレイタンス成分の和であるとする式の増成形を利用する。連続条件式は多次元圧縮数値解法に於けるのと同様であり、具体的には赤井・田村の方法³⁾を利用する。載荷状態を表わす式は、外力仕事 $dW \geq 0$ とする。ここで $q = (\frac{2}{3} s_{ij} s_{ij})^{1/2}$, s_{ij} : 偏差応力である。熱力学的条件としては Cam Clay Model のエネルギー式を形を変えて用いる。塑性仕事 $M d\epsilon^p$ (2) ここで M : 限界状態線の勾配, σ'_m : 平均有効主応力, 塑性せん断ひずみ $d\epsilon^p = d\epsilon - d\epsilon^e$, $d\epsilon = (\frac{2}{3} e_{ij} e_{ij})^{1/2}$, e_{ij} : 偏差ひずみ, 弾性せん断ひずみ $d\epsilon^e = q/G$ (この式は応力成分とひずみ成分の間

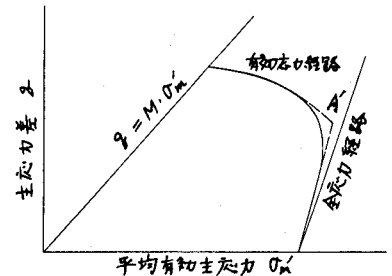


図-3 応力経路のモデル (非排水)

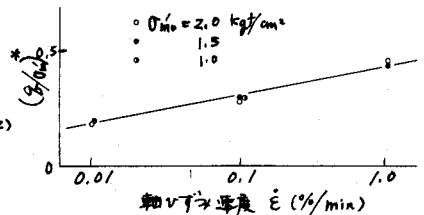


図-4

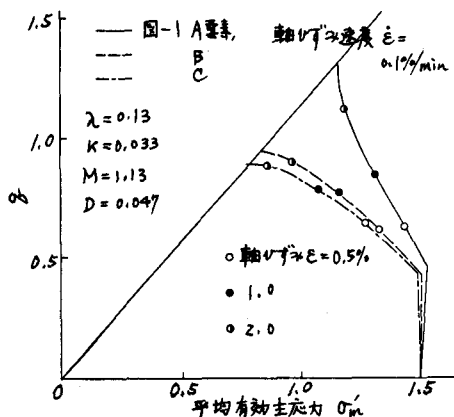


図-5 各要素の応力経路

角を意味しない)、 G : せん断剛性係数。なお、前述の弾性状態では $d\epsilon = 0$ とする。塑性降下による Flow-Rule を用いる場合は、降伏関数を通じてある値以上の塑性仕事を発生するが、本報のモデルでは降伏関数を用いていないので、式(2)のようにある値以上の塑性仕事を生じるとする条件式が必要になる。目的関数に塑性仕事(消散エネルギー)最小とする。

4. あとがき: 定式化された最適化問題をペナルティ関数法、共役勾配法により数値解析した結果を図5~8に示す。図-6に示すように周辺部ほど側方変位が大きくなるため、中心部が圧縮し、周辺部が膨張し、間隙水压が低くなる。図-1の口紙の設置からみて、供試体底部より、周辺部の間隙水压が顕明とれていゝとみて、実験値との比較を行なった結果を図-9、10に示す。数値計算と実験値との間に、偏方向的には一定の傾向が得られている。モデル化や物性値の問題より、間隙水压の測定に関する問題がかなり大きいように思われる。

参考文献: 1) 荒井(1980), 第16回土質工学研究発表会, 2) 柴田他(1976), 土と基礎, 24-8, 3) 赤井・田村, 林学会論文叢集, No. 269, 4) Roscoe et al, (1963) Geotechnique, 13-2 京都大学・名古屋大学大型計算機で9-7を用いた。

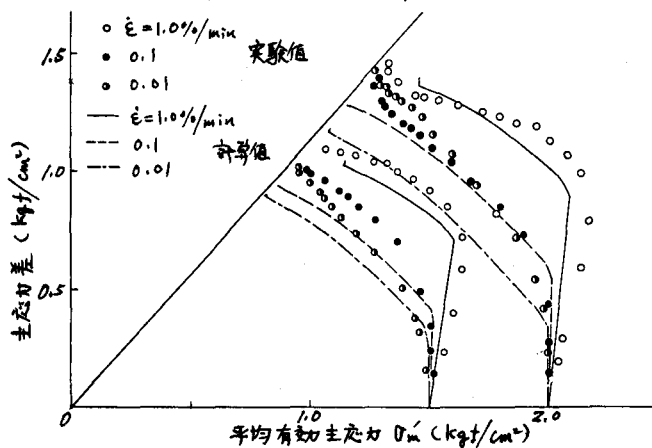


図-10 応力経路

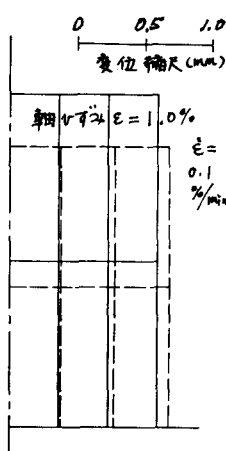


図-6 変位図

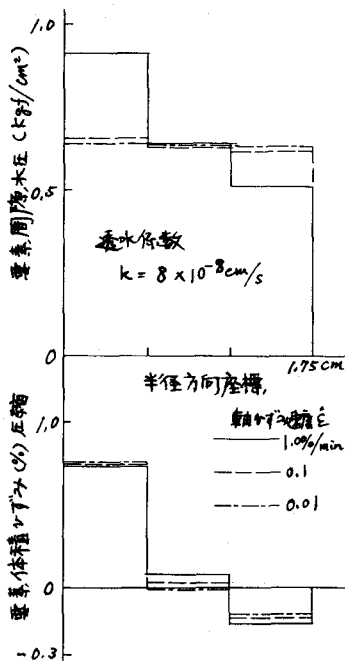


図-7 間隙圧・体積ひずみ分布

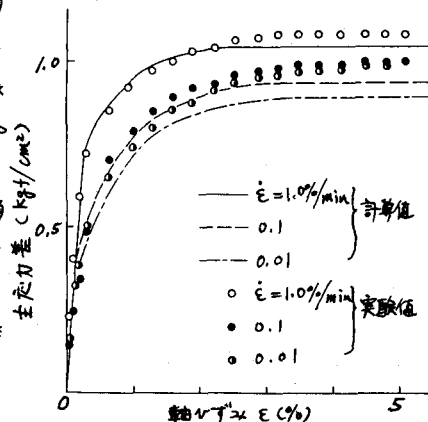


図-8 応力ひずみ関係

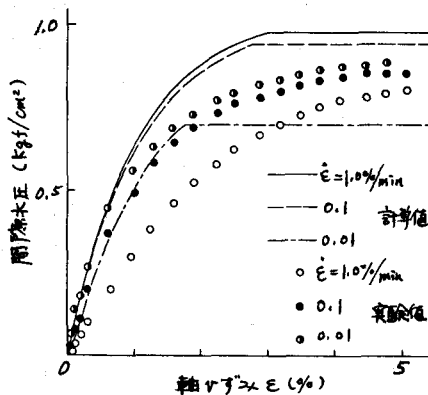


図-9 間隙水压-ひずみ関係