

III-158

異方圧密粘土における時間効果の表現

○ 福井大学工学部 正会員 荒井 克孝
東大阪市 羽柴 章司
石黒建設(株) 北川 賢一

1. まえがき: 土のような粒状体において, 一意的な応力-ひずみ関係式が存在するかどうかは現時点では明確ではない。着者は先K, 応力-ひずみ関係式を規定せずK, 飽和粘土の応力変形挙動を表現する1つの方法を提案した。¹⁾ 基本的仮定は, 粘土の応力-ひずみ挙動, フリ合条件や連続条件などの種々の制約条件を満足したうえで, 全体の消散エネルギーを最小にするように挙動するということである。この方法と, ダイレイタンシーの時間依存性に関する簡単な仮定を用いることにより, 飽和等方正規圧密粘土の非排水三軸圧縮試験を対象として, 定ひずみ速度試験, 応力緩和試験, クリープ試験における時間効果を, ほぼ統一的に表現できることを示した。²⁾ 本報では, 飽和異方(K₀)正規圧密粘土の三軸圧縮試験に対して, この方法を適用した結果を報告する。実験に用いた試料は, 先の報告^{1), 2)}と同じく, 陶器用福井県御田粘土を練返したものである(G_s=2.67, w_L=53.2%, w_p=25.4%, 粘土分60%, シルト分36.7%, 細砂分3.3%)。

2. 定式化: 1) 供試体の離散化: 図-1に示すように, FEM変位法と同じ要領で三軸試験供試体を軸対称要素に分割する。節点変位, 要素有効応力, 要素間隙水圧をそれぞれ独立な未知変数として扱う。2) 時間効果の表現: ダイレイタンシー-体積ひずみ v_d^n のみが時間依存性と仮定し, 次式で表す。²⁾

$$\Delta v_d^n = (D \cdot \delta^n / \sigma_m^n - v_d^{n-1}) \ln \Delta t^n / \ln T: \text{応力比が増加する場合} \quad (1)$$

$$= (D \cdot \delta^n / \sigma_m^n - v_d^{n-1}) \ln \Delta t^n / (\ln T - \ln t_i^n): \text{応力比が減少する場合} \quad (2)$$

D: ダイレイタンシー係数, $\delta^n = (3/2 \cdot s_{ij} s_{ij})^{1/2}$, s_{ij} : 偏差応力, σ_m^n : 平均有効主応力, Δt^n : 時間ステップ幅, T: ダイレイタンシーが完全に生じるまでにかかる時間, t_i^n : 応力比の増加が止った時点からの経過時間, 応力比 = δ^n / σ_m^n , n: 時間ステップ。式(1), (2)が差分形のため Δt^n を, あまり小さくTせず, 図-2線②に示すように, せん断初期にダイレイタンシーが生じる現象を十分に表現できている。そこで, 式(1)に従って生じるはずの体積ひずみが, ある値 v_d^* を越すとダイレイタンシーが生じると仮定する。等方圧密土の場合, 間隙水圧の発生が顕著になる図-3 A点を, K₀圧密土では, 図-6, 7 A点を図-2のA'点と考虑して v_d^* を求めた結果を図-4に示す。

K₀圧密土では, 図-6 A点より少し前Kダイレイタンシーが生じ始めるようであり, このことが等方圧密土に比べて v_d^* をやや過大に評価するようである。この点については, K₀圧密中に生じるダイレイタンシー量の推定と併せて更に検討する必要がある。3) 定式化: 次の制約条件を満たすように, 塑性仕事増分を最小にする変位, 有

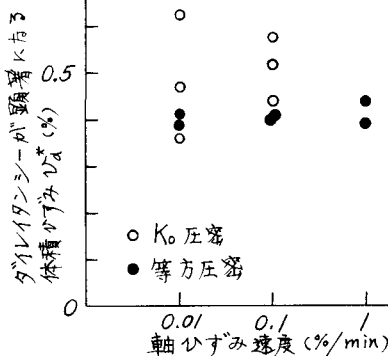
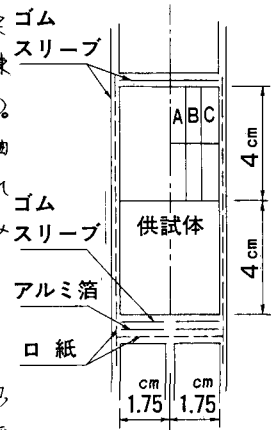


図-4 ダイレイタンシーが生じ始める体積ひずみ



間隙水圧測定
図-1 供試体の離散化

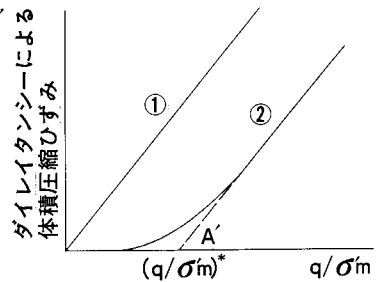


図-2 ダイレイタンシー特性

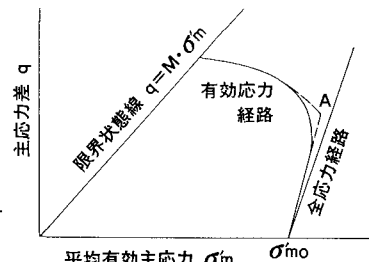


図-3 等方圧密土の応力経路

初応力，間隙水圧を決定する。

- a) 体積ひずみ = 等方圧縮成分 +
ダイレイタンシー成分。b) 連続
条件。c) 応力のフリの条件。
d) Cam Clayモデルのエネルギー
式，などである。

3. 計算結果：1) 定ひずみ速

度試験：使用した物性定数は先
の報告^(1,2)とほぼ同一である。図

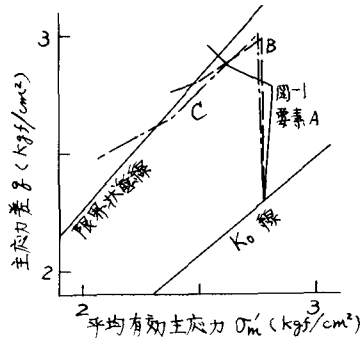


図-5 応力経路の計算値

5に図-1各要素の応力経路を示す。図-1要素Cの間隙水圧が観測と
れてゐるため，実験値との比較を行った結果を図-6,7に示す。図-
6,7のA点を過ぎてひずみ軟化が生じるかどうかを決定するのは式
(1)である。ダイレイタンシーが生じないA点まで，最大ひずみ
達している場合に軟化が生じる。ただし，軟化中にも応力比 σ'_v/σ'_m

は増加し続けている。2) 応力緩和試験：実験値との比較を図-8~10
に示す。K₀圧密終了点を図-6,7と同一としたための誤差が含まれて
いる。先に指摘したように⁽²⁾，応力緩和過程の終了を決めるのは，平
衡時有効応力経路ではなく，式(2)の $4\sigma'_v$

が0になることであることが図-10に明確
に示されている。

4. あとがき：K₀圧密粘土に対しては，
初期応力状態の異質性を考慮するだけで，
せん断時の応力変形挙動をかなりの程度
表現できると示した。本報の方法を
三軸伸展試験に対しては拡張する方針で
ある。この研究を行うに当たり，文部省科
学研究費補助金（一般研究C）の援助を
得た。

参考文献：1) 荒井（1983）土質工学会論文
報告集，Vol. 23, No. 3, pp. 147-154.

2) 荒井（
1984）土
質工学会
論文報告
集，Vol. 24,
No. 4, pp.
183~193.

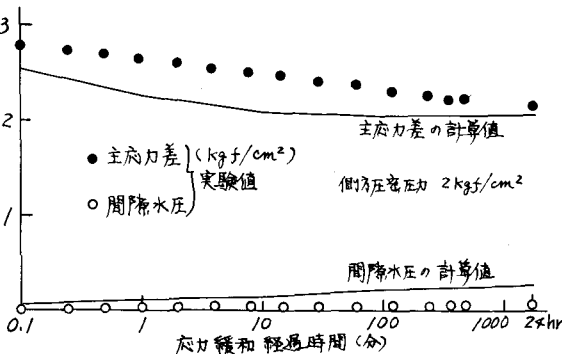


図-9 応力，間隙水圧の経時変化

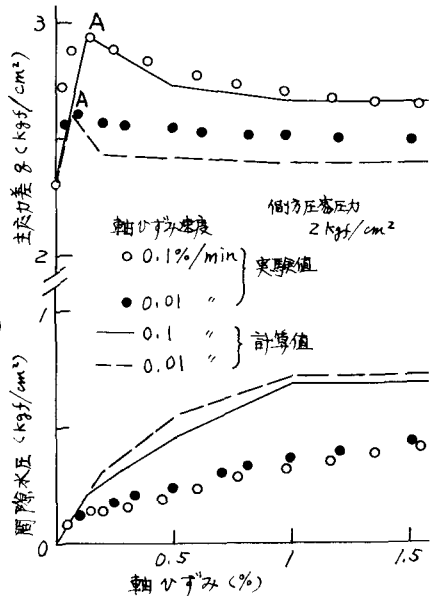


図-6 応力，間隙水圧-ひずみ関係

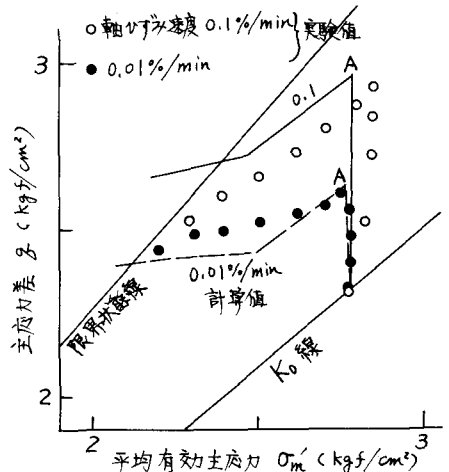


図-7 応力経路

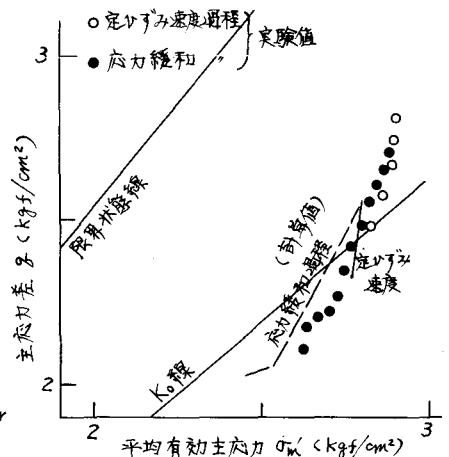


図-8 応力-ひずみ関係