

Ko 圧密・平面ひずみ試験における供試体形状の影響

信州大学大学院 ○福永志奈乃
 信州大学工学部 正会員 梅崎 健夫
 信州大学工学部 正会員 棚橋 秀行

1. はじめに

平面状態における土要素の強度・変形特性を調べるものに平面ひずみ試験が行われる。この試験では基準外の直方形の供試体がいられ、通常、地盤状態を再現した Ko 圧密状態で行われる。この試験結果と基準化された等方圧密軸対称圧縮試験結果を比較する上で、供試体形状や圧密方法の違いが強度特性に与える影響について検討し、Ko 圧密・平面ひずみ圧縮試験結果を考察した。

2. 試験の概要

試料は NSF 粘土 ($G_s=2.756$, $W_L=61.1\%$, $I_p=27.4$) を使い、表-1 に示す 7 つの条件下で試験を行った。98kPa で一次的に予圧密した試料を、直径 5cm、高さ 10cm の円柱形と、断面 5×6cm、高さ 15cm の直方体の 2 種類に成形した。セット時にペダスタルおよびキャップ、平面ひずみ試験では拘束板にもルブリケーションを施した。二重負圧法により脱気した後、背圧 196kPa を負荷した。圧密過程は、①等方圧密 (3t 法) を圧密圧力 196kPa と 298kPa で行ったもの、②軸圧縮力を漸増載荷しセル圧を制御する方法により、載荷速度 1.46×10^{-4} mm/sec で平均有効主応力 196kPa まで Ko 圧密を行ったものの 2 通りである。軸圧縮過程は、軸ひずみ速度 0.074%/min で非排水条件の軸対称圧縮試験および平面ひずみ圧縮試験を行った。主応力差最大時またはせん断ひずみ ($\gamma = \epsilon_a$; ϵ_a : 軸ひずみ) が 15% の時を破壊として、せん断強度 ($q_f = (\sigma_1 - \sigma_3)_f$) を定義した。

3. 試験結果および考察

(1) 圧密過程 図-1(a)~(d) は Ko 圧密における体積ひずみ (ϵ_v) および軸ひずみ (ϵ_a)、側方ひずみ (ϵ_s)、過剰間隙水圧 (Δu)、Ko 値-時間 (t) 関係を示したものである。図-1(a) より、体積ひずみ (ϵ_v) は Ko 圧密であるため軸ひずみ (ϵ_a) とほぼ等しく、圧密終了時の平均有効主応力 196kPa (No. 3, No. 4, No. 5) では約 11%、294kPa (No. 7) では 14% であった。軸載荷速度が一定であるため、供試体高さの小さい円柱供試体の方が直方供試体より軸ひずみ速度が大きくなり、それが直線の違いである。

側方ひずみは $\epsilon_r = (\Delta V - A_0 \times \Delta H) / 2V_0 \times 100$ で表される。ここで、 ΔV : 体積変化量、 A_0 : 初期断面積、 ΔH : 軸方向変位量、 V_0 : 初期体積である。図-1(b) に示すように、側方ひずみは基準値の $\pm 0.05\%$ 内に収まっている。なお、一方所だけ測定ノイズ等の影響により基準値を若干超えている。

表-1 試験条件および試験結果一覧

Test No. (記号)	圧密過程		圧縮過程	供試体形状	Ko値	q_f (kPa)	応力比	
	圧密方法	圧密圧力					M	ϕ'
1(●)	等方圧密	196kPa	軸対称	円柱形	—	117	1.01	25.7°
2(■)				直方形		108	1.04	26.4°
3(○)	Ko圧密			円柱形	0.61	126	1.15	28.9°
4(□)				直方形	0.57	123	1.04	26.3°
5(◇)			平面ひずみ	直方形	0.59	155	1.10	27.6°
		151*			1.24*	31.0°*		
6(▲)	等方圧密	294kPa	軸対称	円柱形	—	164	1.00	25.3°
7(▽)	Ko圧密					0.62	178	1.04

注) *印は、せん断ひずみ $\gamma = 15\%$ 時

過剰間隙水圧(Δu)は、若干の上昇がみられた。途中、過剰間隙水圧が消散している箇所もあるが、これはビューレットの測定範囲のオーバーを避けるための排水作業によるものである。軸ひずみ速度の違いから、円柱供試体(最大値はNo. 3で5.2kPa, No. 7で7.6kPa)の方が直方供試体(最大値はNo. 4で3.3kPa, No. 5で3.8kPa)よりも大きくでる傾向にある(図-1(c)参照)。

K_0 値は軸ひずみ速度の大きい円柱供試体の方が、直方供試体より若干大きく表れている(表-1, 図-1(d))。

また、等方圧密においては、排水経路(最長 25mm)が短い円柱供試体(No. 1)が直方供試体(No. 2)(排水経路最長 39mm)に比べて圧密に要した時間は短かった。

(2)軸圧縮過程 図-2は有効応力経路、図-3は主応力差、過剰間隙水圧-軸ひずみ関係を示す。 K_0 圧密で行ったNo. 3とNo. 4の比較でもせん断強度(q_f)はほとんど等しく、有効応力経路および主応力差-軸ひずみ曲線もほぼ重なり、供試体形状が強度特性にほとんど影響を与えないと考えられる。等方圧密で行ったNo. 1とNo. 2の比較にも同様のことがいえる。

図-2, 3から、等しい平均有効主応力で圧密した場合において、 K_0 圧密状態は等方圧密状態と比較して、有効応力経路が異なりせん断強度(q_f)も大きく過剰間隙水圧(Δu)が小さくなるが、破壊線はほぼ等しくなる。

K_0 圧密・平面ひずみ試験では上記の軸対称試験と異なり、従来から報告されている¹⁾ようにせん断ひずみ $\gamma=15\%$ 以下の $\gamma=5.9\%$ で主応力差が最大になった。なお、せん断ひずみ $\gamma=15\%$ における中間主応力比($b=(\sigma_2'-\sigma_3')/(\sigma_1'-\sigma_3')$)は $b=0.29$ であった。

4. まとめ

等方圧密および K_0 圧密軸対称圧縮試験の結果から、供試体形状の違いがせん断強度、主応力差-軸ひずみ関係および有効応力経路に影響を与えないことが確認された。また、今回の試験においては、圧密方法が違うと有効応力経路は異なるが、同一破壊線に到達する。

K_0 圧密・平面ひずみ圧縮試験では、試験後の供試体にすべり面が確認された。すべり面が確認される状況においては供試体の局所的な変形が卓越しており、供試体形状や圧密方法の違いがより明確に表れるとも考えられる。今後、圧縮過程における供試体内部の変形状態の写真撮影を行い、この点についても検討していく。

【参考文献】1) 龍岡, 福島, 山田; 土質せん断試験機の設計と製作, 地質と調査第3号, PP218-223, 1984

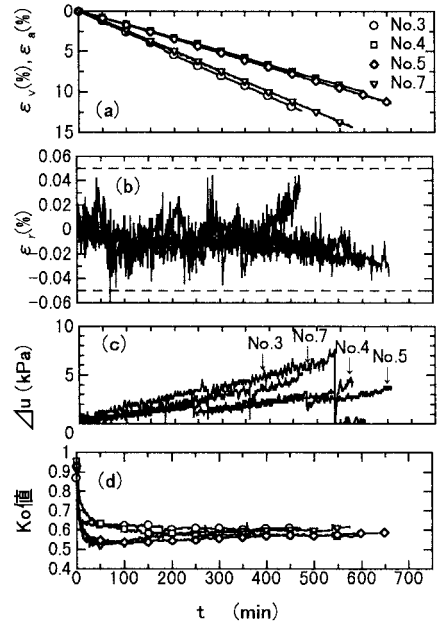


図-1 ϵ_v および ϵ_h , Δu , K_0 値-t関係

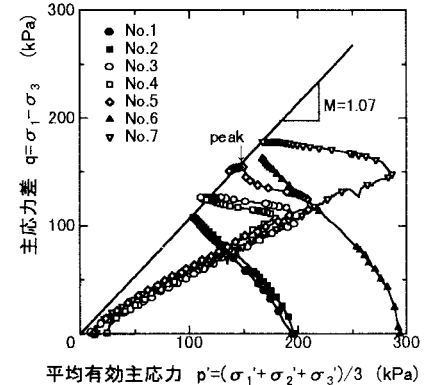


図-2 有効応力経路

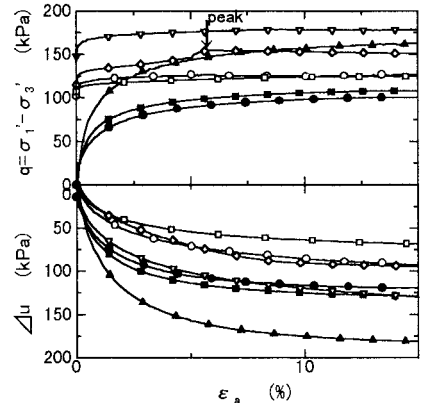


図-3 主応力差, 過剰間隙水圧-軸ひずみ関係