

中央開発株式会社 加藤祐之  
 東京大学生産技術研究所 Ling, Hoe-Inn、龍岡文夫  
 (財)鉄道総合技術研究所 村田修・館山勝

はじめに： 図1は、異方圧密供試体と等方圧密供試体の応力～ひずみ関係 ( $g_0(\gamma)$ と $g_1(\gamma)$ ) の比較の模式図である。豊浦砂の平面ひずみ圧縮試験では、異方圧密供試体の載荷直後の応力～ひずみ関係 $g_1(\gamma)$ での剛性は、等方圧密供試体の同一応力レベルでの応力～ひずみ関係における剛性よりも大きい、せん断が進むと両者は同一の関係になる<sup>1)</sup>。今回、載荷破壊試験を行った実物大の関東ロームのジオテキスタイルで補強した試験盛土<sup>2)</sup>から採取した不攪乱試料での一連の平面ひずみ圧縮試験を行った。その結果も、上記の特徴を示した。

試料と試験方法：

表1に試験条件と試験に用いた供試体の物性値を示す。平面ひずみ圧縮試験の供試体の大きさは、16cm×11cm×6cmである。供試体の上下端面は乾燥したポーラスストーン、ろ紙を用い、また奥行き ( $\sigma_3$ ) 方向の面には短冊状のろ紙をセットし、排水速度を速めた。供試体が圧密によって拘束板から離れるのを防ぐため、予め負圧によって所定の拘束圧の80%まで段階的に圧密した。圧密終了後、拘束板をセットした。このとき拘束板に取り付けてあるロードセルの出力が100gf程度となる様に供試体を拘束した。供試体の飽和化に二重負圧法を用いた。0.95kg/cm<sup>2</sup>の負圧を供試体かけると同時に三軸セル内に有効応力が80%圧密圧力になる負圧をかけて一晩放置し、その後有効応力を一定に保ったまま背圧を加えた。この方法で飽和化した供試体の実測B値は、0.97以上と十分大きかった。B値を確認した後に所定の圧密圧力で圧密を行った。

異方圧密は一定の軸ひずみ速度 0.01%/minのもとで、主応力比 $K = \sigma'_3 / \sigma'_1 = 0.5$ が一定になるように、側圧だけを「マイコン→D/A convertor →電・空変換器 (E/P TRANSDUCER) →側圧」の様に調節した。この方法は、人が行うよりも遙かに正確で安定した応力経路の制御ができ、しかもシステムは簡単な構造で非常に安価である。異方圧密で所定の圧力に達してから、約1時間クリープ変形させた状態からせん断を始めた。排水・非排水 (C D・C U) 試験共に軸ひずみ速度 0.07%/minで行った。

試験結果：

間隙比 $\sim \log(p')$ 、 $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_3$ 、 $\varepsilon_v \sim p'$ および有効応力径路 $q - p'$ を図2, 3, 4に示す。初期間隙比が大きいほど、有効応力の増加による間隙比の減少が大きい傾向が見られるが、異方圧密による影響は明確ではない(図2参照)。図3に示すように、異方圧密中の $\varepsilon_3$ は正であり、 $K_0$ は0.5より小さい様だ。一方、原点を通過しないほぼ共通した破壊包絡線が得られ、過圧密粘性土の特徴が現れている。また異方圧密した供試体の非排水載荷直後は、等方圧密した供試体に比べて $\Delta p'$ が小さい(図4のxの部分)。これは、以下に述べるように載荷直後は剛性が非常に高く小さなひずみしか生じてしないことに対応する。

せん断中の応力～ひずみ関係を図5に示す。排水・非排水試験共通して、異方圧密供試体の載荷初期の剛性は大きい(図5でのc-eとf-gの部分)。異方圧密終了点(圧密時間、約60分)で生じたクリープのためだけで上記の現象が生じたとは考えにくい。なぜなら、せん断載荷初期の応力～ひずみ関係c-eは、異方圧密中の応力～ひずみ関係a-bを延長したa-b-dを越えて大きな剛性のもとで応力が増加しているからである。これは、異方圧密によってせん断に対して抵抗力を持つ何らかの構造が形成された、とも考えられる。

$G_{...} \sim \log(\gamma)$ 関係 ( $G_{...} = \Delta \tau / \Delta \gamma$ 、 $\gamma = \varepsilon_1 - \varepsilon_3$ )を図6に示す。等方圧密供試体の等方圧密終了点から定義した $G_{...}$ と異方圧密供試体の異方圧密終了点から定義した $G_{...}$ は類似している(図6のyの曲線群)。しかし、等方圧密供試体の異方圧密終了点から再定義した $G_{...}$ は異方圧密供試体の異方圧密終了点から定義した $G_{...}$ よりも遙かに小さい(図6に示すzの曲線)。

まとめ： 水平地盤や盛土内の土は、異方圧密されている。この場合の地盤面での載荷重に対する沈下量を正確に推定するためには、載荷重が比較的小さい場合ほど、異方圧密した供試体の試験結果を用いる必要がある。

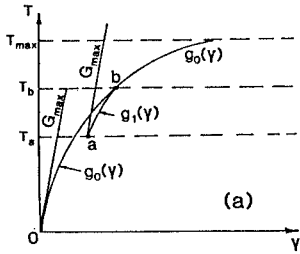


図1 異方・等方圧密供試体の応力～ひずみ関係

表1 試験条件および供試体の物性値

供試体No.	圧密排水条件	有効拘束圧		初期乾燥密度 ( $g/cm^3$ )	初期含水比 (%)	$\phi'$ ( $^{\circ}$ )	$q_{max}$ ( $kgf/cm^2$ )
		$\sigma'_1$ ( $kgf/cm^2$ )	$\sigma'_3$ ( $kgf/cm^2$ )				
UCa01	C U	1.0	1.0	0.685	91.8	46.1	1.65
UCa02	C D	0.5	0.5	0.722	82.8	42.9	2.13
UCb02	C U	0.5	0.5	0.726	85.8	47.3	1.45
UCc01	C D	1.0	1.0	0.684	81.5	40.4	3.69
UCc02	C U	2.0	1.0	0.743	77.2	45.3	2.21
USa01	C D	2.0	1.0	0.653	106.1	39.6	3.51

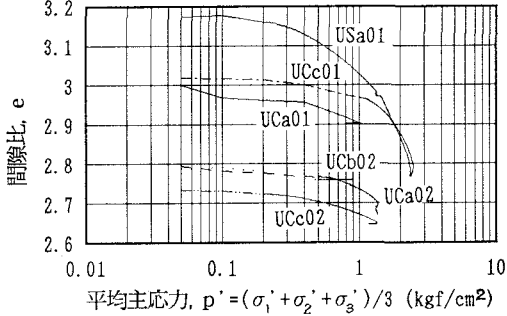


図2 間隙比～ $\log(p')$ 関係

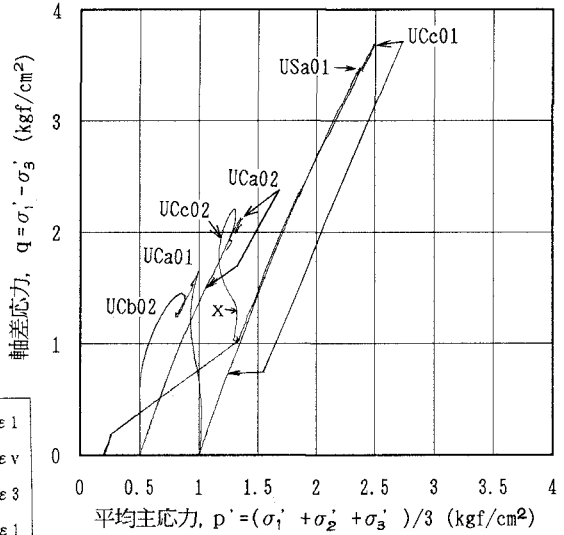


図4 有効応力経路  $q-p'$

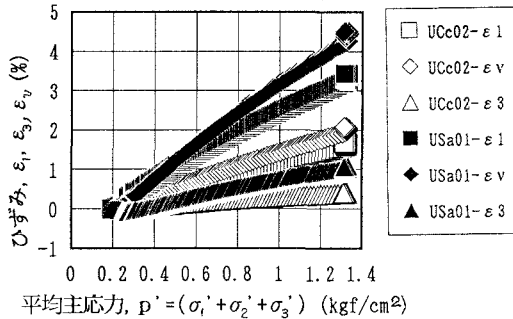


図3 異方圧密時の  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3 \sim p'$  関係

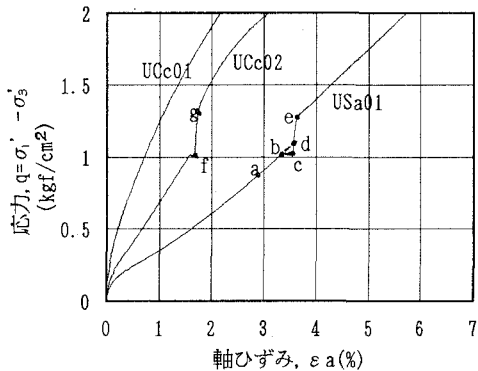


図5 せん断中の応力～ひずみ関係

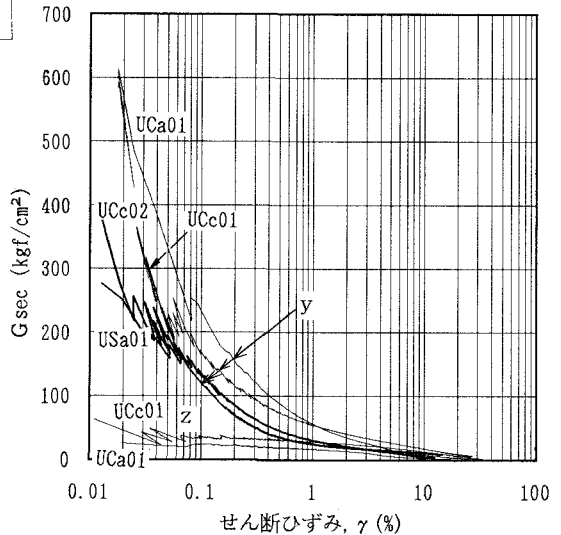


図6  $G_{sec} \sim \log(\gamma)$  関係

謝辞： 本研究は、東京大学生産技術研究所龍岡研究室で行った。実験装置の製作や結果の整理をするに当たり、龍岡研究室の佐藤技官をはじめ研究室の方々には大変お世話になった。末筆ながら感謝の意を表します。

参考文献： 1) 龍岡・澁谷(1991)：初期せん断された砂の応力・ひずみ関係の定式化、本土木学会、 2) 村田・館山ら(1991)：短い補強材と剛な壁面工を有する粘性土盛土の載荷試験(その1, 2)、土質工学会、長野