

部分排水三軸伸張せん断試験結果の逆解析

鹿児島大学工学部 学 若松俊英
同 上 正 三隅浩二
鹿児島大学大学院 学 前田吾朗

1. はじめに

繰返して再圧密した藤の森粘土の部分排水三軸伸張せん断試験を実施して、降伏曲線、弾塑性パラメータを逆算したので報告する。本報告で用いた応力パラメータならびにひずみパラメータの定義は以下の通り。 $p' = (\sigma_a' + 2\sigma_r')/3$, $q = \sigma_a' - \sigma_r'$, $\varepsilon_v = \varepsilon_a + 2\varepsilon_r$, $\varepsilon_s = 2(\varepsilon_a - \varepsilon_r)/3$. なお、本報告における図は、三軸圧縮せん断試験結果の存在を意識して描かれているので注意。

2. 平均主応力一定伸張せん断挙動の逆解析

図1は、部分排水三軸伸張せん断試験のタイムスケジュールと応力経路を示している。今回は、7段階の等方圧密とそれに続く5段階の平均主応力一定部分排水三軸伸張せん断を行った。タイムスケジュール中の黒丸は各載荷段階の測定最終時点(24時間後)を表しており、時系列に従ってaからkまでの記号を付している。なお、三軸供試体の破壊は、部分排水せん断の最終段階の荷重放置期間中に生じた。

図2のプロットは、伸張せん断の各段階の圧密完了時点を予測して得られたダイレイタンス ε_v^d とせん断ひずみ ε_s の挙動を、応力比 $\eta' = q/p'$ で整理したものである。これらのプロットを走るラインは、実験公式 $\varepsilon_v^d = a(\eta')^b \exp(c\eta')$, $\eta' = a_0 + a_1 \exp(b_1 \varepsilon_s) + a_2 \exp(b_2 \varepsilon_s)$ のフィッティングによって得たものである。但し、 ε_v^d の挙動に関しては、降伏曲線に凹部を生じさせないためにやむを得ず $b=1$, $c=0$ としてフィッティングを実施している。すなわち、 $a=-0.0294$, $a_0=-0.914$, $a_1=0.467$, $b_1=76.2$, $a_2=0.467$, $b_2=76.2$ が得られている。

さて、フィッティングの結果を用いて、限界状態パラメータ $M_{s,1} = \eta' \text{ at } \varepsilon_s \rightarrow \infty = a_0$, ならびに、 $D_{s,1} = d\varepsilon_v^d/d\eta' \text{ at } \eta' = M_{s,1} = a$ を決めることができる。図1には、式(1)より得られた降伏曲線を示している。

$$p' / p_v' = \exp(-\varepsilon_v^d / D_{s,1} \cdot M_{s,1}), \quad q / p_v' = p' / p_v' \cdot \eta' \cdots (1)$$

小さいものから順に、試料作成時に形成された初期降伏曲線、せん断開始時の降伏曲線、限界状態時の降伏曲線(限界状態付近のみ)を示している。これらはカムクレイモデルの降伏曲線と同じ形をしている($\because b=1, c=0$)。また、図3は、式(2)より得られた塑性ひずみ増分比 ϕ を示している。塑性挙動はカムクレイモデルと同等なので $\phi \sim \eta'$ 関係は直線となっている。

$$\phi = D_{s,1} \cdot M_{s,1} / (d\varepsilon_v^d / d\eta') - \eta' \cdots (2)$$

図4は、平均有効主応力 p' で正規化された体積弾性係数 K' / p' ならびにせん断弾性係数 $3G' / p'$ の挙動を示して。式(3)に示すように、 $K' / p' = 39.7$ は、上記の $D_{s,1}$, $M_{s,1}$ に加えて、 $\Lambda = 0.677$ すなわち圧縮指数 $\lambda = 0.162$, 膨潤指数 $\kappa = 0.0524$ (κ は $p_c = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ として決定) より求められる。一方、 $3G' / p'$ は、せん断中に次第に劣化していき、最終的に限界状態でゼロに到達している。 $3G' / p'$ は軸差応力増分 dq の発生に対する弾性せん断ひずみ増分 $d\varepsilon_s$ の発生のしにくさを意味している。

$$K' / p' = (D_{s,1} \cdot M_{s,1})^{-1} \cdot (\Lambda^{-1} - 1)^{-1}, \quad \Lambda = 1 - \kappa / \lambda \cdots (3)$$

$$3G' / p' = \{d\varepsilon_s / d\eta' - D_{s,1} \cdot M_{s,1} / (\phi + \eta') / \phi\}^{-1} \cdots (4)$$

図5は、せん断中の弾性ポアソン比 ν' の変化である。 ν' の非線形性は、弾性ひずみ増分ベクトル方向が ν' に依存して変化することを意味している。

$$\nu' = (1.5K' - G') / (3K' + G') \cdots (5)$$

3. おわりに

部分排水三軸せん断試験結果の解析は、標準圧密試験と同様に、圧密完了時点で得られる全段階データ(応力ひずみ曲線)の解析と、圧密挙動中の各段階データの解析からなるが、今回は前者のみを示した。次回は、有限要素法を利用した透水係数の逆解析を行って、透水性変化特性を考察したい。

参考文献

- 1) K. Misumi: Analysis of Elastio-Plastic Behavior of the Weald Clay, International Symposium on Deformation and Progressive Failure in Geomechanics, IS-Nagoya'97, pp.365-370, 1997.
- 2) 深田宏, 三隅浩二, 前田吾朗: 等方圧密, 部分排水せん断を被る三軸供試体の透水係数変化の考察, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集, 第3部(A), pp.330-331, 1997.

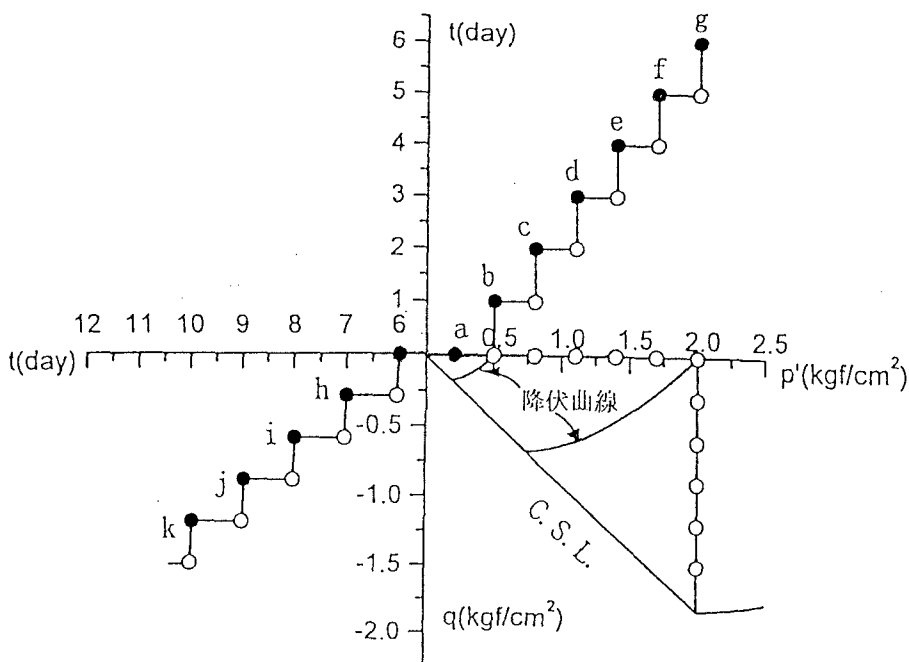


図1 三軸伸張せん断試験の応力経路とタイムスケジュール

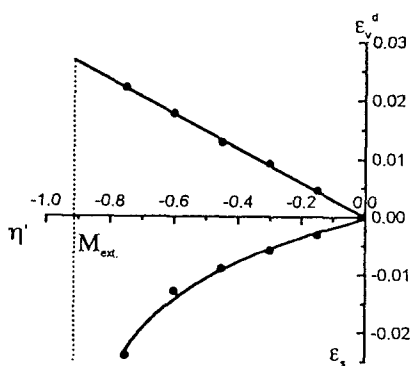


図2 ダイレイタンスーならびにせん断ひずみの挙動

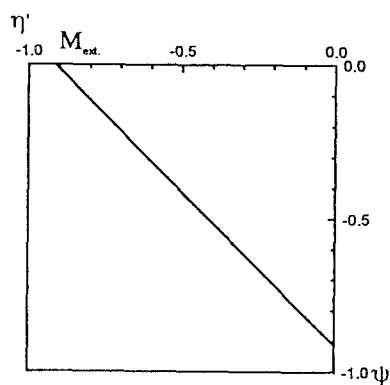


図3 塑性ひずみ増分比の変化

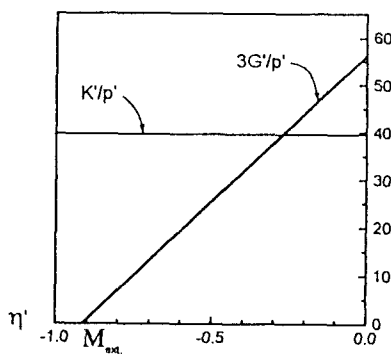


図4 正規化された弾性定数の変化

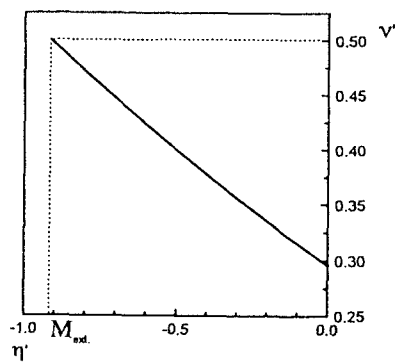


図5 弾性ポアソン比の変化