

飽和粘土の応力比一定静的繰返し試験結果について

○ 正 琉球大学 工学部 原 久夫
 正 琉球大学 工学部 上原 方成
 学 琉球大学大学院 呉屋 健一

1 まえがき

繰返し再圧密した飽和粘土に対し応力比一定条件のもとで異方圧密、膨潤、再圧密を行い、その期間中のひずみ応答を調べた結果について報告する。

この実験では、膨潤、再圧密過程の変形から弾性変形量を確定することができ、全体の变形量から弾性変形量を差し引いて塑性変形を求めることができる。求めた塑性変形についての塑性ひずみ増分比と応力比の関係は、修正Cam-Clayモデルから計算されるものになり近い形となることなどがわかった。

2 実験方法

実験に使用した粘土は島尻粘土（液性限界 65%, 塑性限界 29%, 粘土分 52%, シルト分 41%）である。この粘土を含水比約 100%で十分攪拌混合し、再圧密した。圧密方法は鉛直荷重 $\sigma_v = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ の K_0 圧密で、圧密期間は20日である。

応力比一定の異方圧密、膨潤、再圧密は次のように行った。応力比 $\eta = 0, 0.2, 0.4, 0.8$ で、 $p = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ となる時点まで最終の圧密応力点とし、この途中 $p = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ および $p = 0.75 \text{ kgf/cm}^2$ に至った時点で $p = 0 \text{ kgf/cm}^2$ まで除荷する。その後再圧密を行う。これらの繰返し試験の様子を図1に示す。

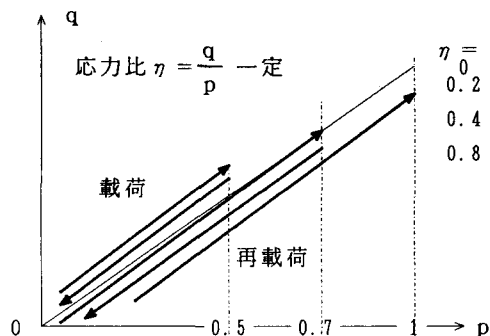


図1 応力比一定の繰返し異方圧密試験の応力経路

異方圧密のための応力制御は漸増荷重方式とし、間隙水圧が十分消散するような応力速度とした。各試験の荷重速度は、 $\dot{p}$ と $\dot{q}$ の合成速度 $\sqrt{(\dot{p}^2 + \dot{q}^2)}$ が一定 ($0.8 \text{ kgf/cm}^2/\text{d}$) となるように設定した。圧密、膨潤、再圧密に要した時間は 6040～7710分である。

異方圧密が終了した後、直ちに軸ひずみ速度約1%/minで非排水せん断試験を行なう。

試験中の全過程を通じ、5秒間隔で軸変位、軸荷重、側圧、排水量、間隙水圧を測定し、代表値を記録した。

3 結果と考察

図2～5に異方圧密、膨潤、再圧密過程における応力経路、ひずみ経路、平均有効応力 p と体積ひずみ ε_v 関係、偏差応力 q とせん断ひずみ γ ($=2(\varepsilon_s - \varepsilon_r)/3$) 関係を示す。図3, 5に K_0 圧密で供試体を作製したことによる初期異方性挙動が見られる。 $\dot{q} = 0$ の時 $\dot{\gamma} = 0$ となることが等方性の材料の条件である。図3, 4の等方圧密のケース(▲印)から、これを満たすためには $p \geq 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ が必要となることがわかる。この応力は供試体作製時の平均応力の約1.8倍である。

表1 異方圧密の応力比 η と体積弾性係数 K 、せん断弾性係数 G との関係

異方圧密 応力比 η	体積弾性 係数 K kgf/cm^2	せん断弾性 係数 G kgf/cm^2	* 7ソソ比 ν
0 (1回目)	20.36	-	0.184*
0 (2回目)	22.25	-	0.206*
0.2 (1回目)	20.03	-	0.180*
0.2 (2回目)	22.98	-	0.214*
0.4 (1回目)	19.81	-	0.178*
0.4 (2回目)	22.66	-	0.210*
0.8 (1回目)	18.63	15.62	0.162
0.8 (2回目)	21.85	16.93	0.202

*: G 値を $\eta = 0.8$ の値として求めた

その他の異方圧密の実験ケースにおいてはどのあたりが初期異方性の影響のない応力点となるかは明確でないが、一応 $p = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ 以降の正規状態での変形に着目して、ひずみ増分比 $(d\gamma/d\varepsilon_v)$ と応力比 η との関係を調べると図6の○点のようになる。これより $K_0 = 0.56$ が得られる。

つぎに膨潤、再圧密中の変形について述べる。一般的にこの過圧密領域での変形は弾性変形と考えてよい。応力ひずみ曲線はヒステリシスループを描いているが、このうち再載荷部分は比較的直線に近いので、ここでは弾性変形をこの直線部分で代表させる場合について考えてみる。図4、5の再載荷部分の直線勾配から粘土の有効応力に関する体積弾性係数 K およびせん断弾性係数 G を求めることができる。求めた結果を表1に示す。この結果から体積弾性係数 K は平均有効応力 p に依存していることが分かる。

このようにして定めた弾性ひずみを全ひずみから差し引けば塑性ひずみを求めることが

できる。正規圧密領域における変形での塑性ひずみに対し、そのひずみ増分比と応力比の関係を求め、図6中の●点で示した。図には修正Cam-Clayモデルから計算される関係も示しており、両者が比較的よく一致していることがわかる。

4 結論

飽和粘土に対する応力比一定繰り返し圧密試験を行ない次のような結論を得た。

- I 繰り返し K_0 再圧密によって作製した供試体には初期異方性がある。
- II 正規領域でのひずみ増分比と異方圧密応力比の関係から K_0 値を求めることができる。島尻粘土の場合には $K_0 = 0.56$ となる。
- III 過圧密領域の変形から K 、 G を求めることができる。 K は p に依存し、 p が大きいほど K も大きくなる。
- IV 塑性ひずみ増分比と応力比の関係は下に凸の関係となり、曲線形は修正Cam-Clayモデルに近い。

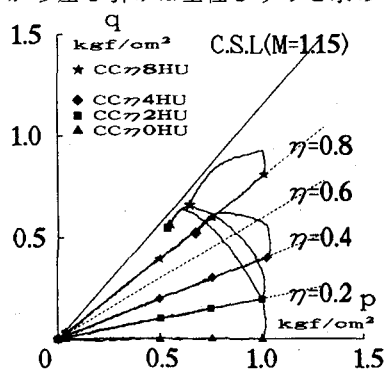


図2 試験応力経路

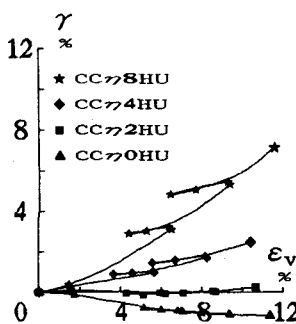


図3 ひずみ経路

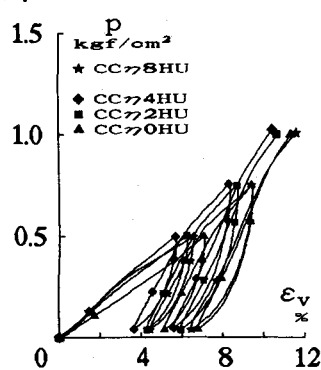


図4 $p \sim \varepsilon_v$ 関係

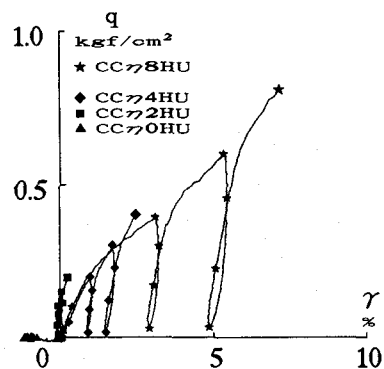


図5 $q \sim \gamma$ 関係

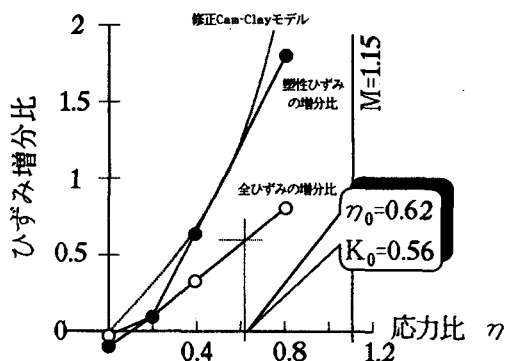


図6 ひずみ増分比と応力比の関係