

現場の載荷条件を模擬した部分排水三軸圧縮試験

鹿児島大学工学部 学○赤塚芳弘 正 三隅浩二 学 佐藤 清

1. はじめに 標準圧密試験結果の解析は、各荷重載荷段階における圧密挙動の解析と各段階の圧密完了時点で得られる圧縮挙動の解析からなる。部分排水三軸圧縮試験も同様に、全段階から得られる応力ひずみ曲線の解析¹⁾に加えて、各段階の圧密挙動の解析を行う必要がある。そこで本研究では、部分排水三軸圧縮試験における圧密挙動の解析を試み、部分排水せん断中（土が徐々に壊れていくとき）の透水係数を求めている。

2. 部分排水三軸圧縮試験における圧密の解析²⁾ 三軸供試体に荷重が載せられホールドされたとき、体積変化量 ΔV と軸変位 ΔH は、弾性圧密理論に従えば、次の差分方程式を満足する。

$$\Delta V_j = \beta_0(\Delta V) + \beta_1 \cdot \Delta V_{j-1}, \Delta H_j = \beta_0(\Delta H) + \beta_1 \cdot \Delta H_{j-1} \quad \cdots (1)$$

ただし、式(1)では圧密現象が第1固有値だけに支配されていると考えている。ここに、 $\Delta V_j = \Delta V(\Delta t \cdot j) = \Delta V(t)$, $\Delta H_j = \Delta H(\Delta t \cdot j) = \Delta H(t)$ 、 β_1 は ΔH と ΔV とで共通で荷重条件によらない。 $\beta_0(\Delta V)$ と $\beta_0(\Delta H)$ は $\beta_0(\Delta V) \neq \beta_0(\Delta H)$ であり荷重強度 q に比例している。式(1)の特性根 $R_1 = \beta_1$ は圧密の第1固有値 λ_1 を与える。すなわち、 $\lambda_1 = \ln \beta_1 / \Delta t \quad \cdots (2)$

$t \rightarrow \infty$ の最終平衡状態は式(1)を解くことにより、

$$\Delta V_f = \beta_0(\Delta V) / (1 - \beta_1), \Delta H_f = \beta_0(\Delta H) / (1 - \beta_1) \quad \cdots (3)$$

となる。透水係数は弾塑性パラメータおよび λ_1 を用いて便宜的に1次元圧密の仮定によって決定する（注：実験では全面にろしを巻かず両面排水としている）。すなわち、

$$k = m_v \cdot c_v \cdot \gamma_w, m_v = DM / \Lambda / \sigma_1', c_v = -4(H_0/2)^2 / \pi^2 \cdot \lambda_1 \quad \cdots (4)$$

さて、図-1、図-2に部分排水試験のタイムスケジュールを示す。 p は平均主応力（全応力）、 q は軸差応力である。等方圧密は5段階、せん断は13段階与えて破壊させている。せん断時は平均主応力を一定（2Kg/cm²）としている。図3、図4は、等方圧密の5段階目に得られた体積変化と軸変位の挙動を示している。▲は三軸1号機より、●は三軸2号機より得られたデータである。圧密の第1固有値 λ_1 が支配的になる圧密の後期の挙動より図中に示す式(1)のパラメータが得られた。▲の ΔV_0 と ΔH_0 の β_1 はほぼ一致しているのに対し、●の ΔV_0 の β_1 は ΔH_0 の β_1 より3倍ほど大きい。また、 ΔV_0 の●プロットは45°線からかなり離れていて圧密がなかなか完了しない様を呈している。これらのことより、三軸2号機で得た●データには圧密以外の透水現象すなわちセル水の供試体内への水もれがあったものと考えられる。図-5、図-6はせん断の11段階目の載荷に対する体積変化と軸変位を示している。 β_1 が ΔV_0 と ΔH_0 で異なるので依然として水もれが続いていることがわかる。三軸1号機は排水せん断試験を行ったのでせん断中の圧密のデータは得ていない。この三軸1号機の試験の圧密過程より $DM/\Lambda = 0.0612$ が得られているので、水もれの影響が少ないと考えられる●の ΔH_0 と ΔH_0 の β_1 を使って透水係数を求めてみた。その結果、等方圧密の5段階目では、 $m_v = 3.0597 \text{ cm}^2/\text{gf}$, $\lambda_1 = -4.0476 \cdot 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$, $c_v = 6.4076 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{sec}$, $k = 1.96 \cdot 10^{-6} \text{ cm/sec}$, せん断の11段階目では、 $m_v = 1.7652 \text{ cm}^2/\text{gf}$, $\lambda_1 = -5.3644 \cdot 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$, $c_v = 8.4924 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{sec}$, $k = 1.5 \cdot 10^{-8} \text{ cm/sec}$ が得られた。

3. おわりに ここで示した試験は通常は排水試験と呼ばれているが、試験中に過剰間隙水圧の発生をほとんど生じさせないでせん断する厳密な意味での排水試験と区別するため、本報告ではあえて部分排水試験と呼んでいる。今後、タイムスケジュールを色々変えて時間依存性挙動を検討する予定である。

参考文献 1) 三隅浩二：正規圧密粘土の降伏曲線および弾塑性パラメータの決定，土木学会論文集 No.454/Ⅲ-20, pp.93-101, 1992. 2) 浅岡顕，三隅浩二，上田一晴：部分排水三軸試験による弾塑性パラメータ・透水係数の同定，第20回土質工学研究発表会講演概要集，2分冊の1，pp.399-402, 1985.

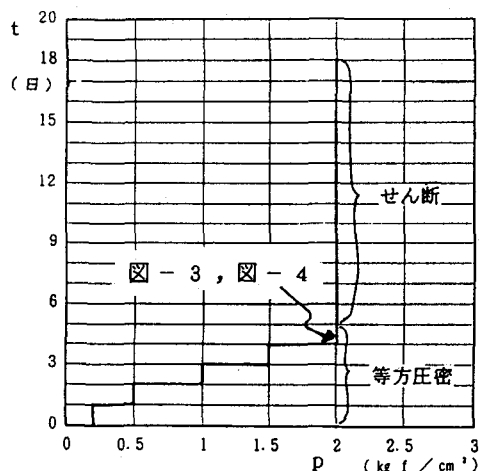


図-1 平均主応力の制御

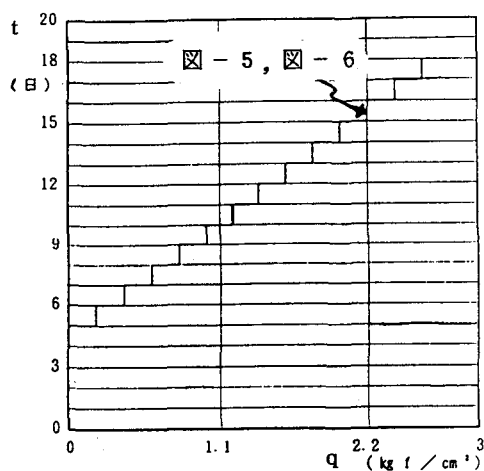


図-2 軸差応力の制御

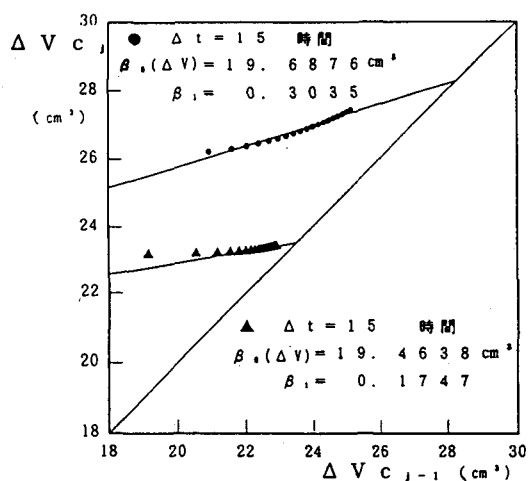


図-3 等方圧密時の体積変化
($p = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$, $t = 4 \sim 5$ 日)

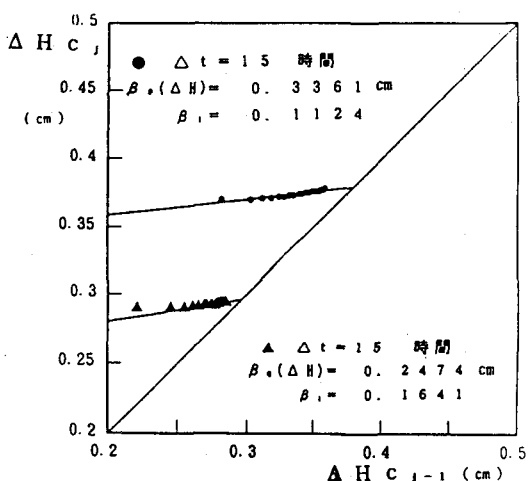


図-4 等方圧密時の軸変位
($p = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$, $t = 4 \sim 5$ 日)

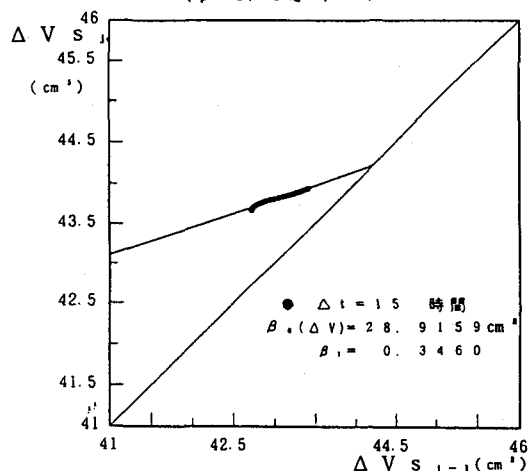


図-5 せん断時の体積変化
($q = 2.2 \text{ kgf/cm}^2$, $t = 15 \sim 16$ 日)

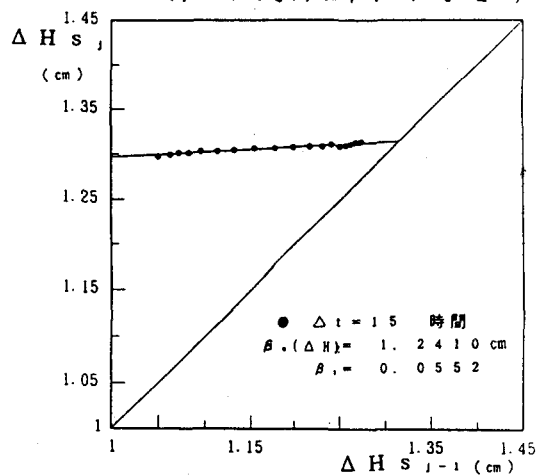


図-6 せん断時の軸変位
($q = 2.2 \text{ kgf/cm}^2$, $t = 15 \sim 16$ 日)