

# 粘土の圧密過程におけるせん断弾性係数の増加特性

信州大学工学部 ○山本和真  
信州大学工学部 正 梅崎健夫  
信州大学工学部 正 河村 隆

**1. はじめに** 軟弱粘土地盤の埋立てや盛土の施工などの圧密過程におけるせん断強度やせん断弾性係数の増加特性を評価することは重要である。本文では、このことを検討するためにベンダーエレメントを装着した三軸圧縮試験を実施した。

**2. 試験概要** 試料は、NSF(B)粘土( $\rho_s=2.726\text{g/cm}^3$ 、液性限界 $w_L=73.9\%$ 、塑性指数 $I_p=40.8$ )である。供試体には $150\%(=2w_L)$ の含水比で練り返した試料を予圧密圧力 $98.0\text{kN/m}^2$ で1週間一次元圧密し、直径 $5\text{cm}$ 、高さ $10\text{cm}$ に成形したものを用いた。成形した供試体を試験装置にセットし、圧密応力 $\sigma_3=196\text{kN/m}^2$ の等方圧密を周面排水により実施した。圧密時間は体積ひずみに対する $3t$ 法により決定した。圧密後 $0.08\%/min$ の軸ひずみ速度で非排水せん断を行った。また、 $\sigma_3=196\text{kN/m}^2$ の圧密終了後、さらに $\sigma_3=294\text{kN/m}^2$ で等方圧密を行った後に、非排水せん断を行う試験も実施した。そのとき、各圧密過程においてベンダーエレメント試験<sup>1)</sup>も行った。ベンダーエレメント(高さ $10.5\text{mm}$ 、幅 $11.0\text{mm}$ 、厚さ $1.5\text{mm}$ )は、図-1に示すように、ペダスタルとキャップの中心に埋め込まれている。本文では、sin波の波形で $20\text{V}$ の電圧、 $8\text{kHz}$ の周波数により試験を実施した。

**3. 試験結果および考察** 図-2は、送受信波の時刻歴の一例である。送受信波の時刻歴より伝達時間 $\Delta t$ を求め、せん断波速度 $V_s=L/\Delta t$ 、および、せん断弾性係数 $G=\rho_s \cdot V_s^2$ を算定する。ここで、 $L$ :ベンダーエレメントの先端間の距離、 $\rho_s$ :湿潤密度である。川口ら<sup>2)</sup>は、Near-field-effectを考慮した伝達時間の決定法を提案しており、本文においてもその手法に基づいて図中の矢印部分を到着時間として、伝達時間 $\Delta t$ を求めた。

図-3に軸圧縮過程における有効応力経路を示す。破壊時の応力比 $M=0.88$ であり、それぞれの非排水せん断強度 $C_u$ は $C_u=q_{\max}/2$ である。

図-4は、圧密過程における間隙水圧比 $\Delta u/\Delta p$ 、体積ひずみ $\varepsilon_v$ 、および $G$ の経時変化である。 $G$ は圧密開始から1分程度まではほとんど変化しておらず、その後増加する。 $G$ の増加は $\Delta u/\Delta p$ および $\varepsilon_v$ と比較して、遅れて生じている。

図-5に圧密試験、三軸圧縮試験および一面せん断試験から得られた $e \sim \log p$ 、 $e \sim \log C_u$ および $e \sim \log G$ 関係を示す。ここで $e$ は間隙比、 $p$ は有効圧密応力である。三軸圧縮試験から得られた $e \sim \log p$ と $e \sim \log C_u$ 関係は圧密試験および一面せん断試験におけるそれぞれの関係よりも少し右側に位置しているが、その傾きは等しい。圧密試験時の $e \sim \log G$ 関係の傾きは $e \sim \log p$ と $e \sim \log C_u$ 関係の傾きよりも少

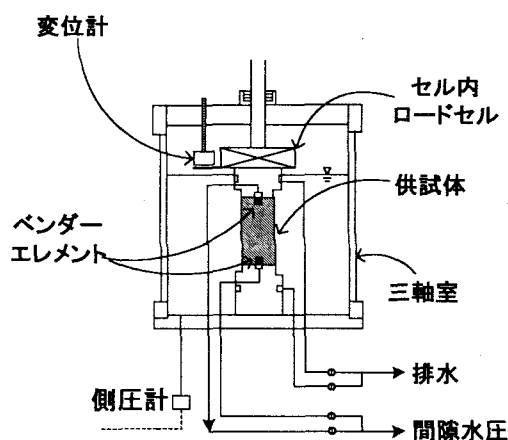


図-1 試験装置の概略

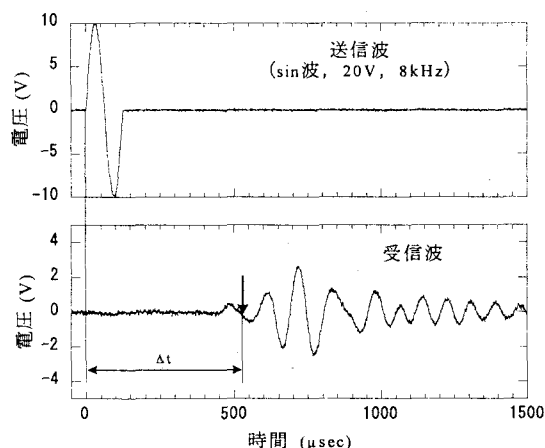


図-2 送・受信波の時刻歴の一例

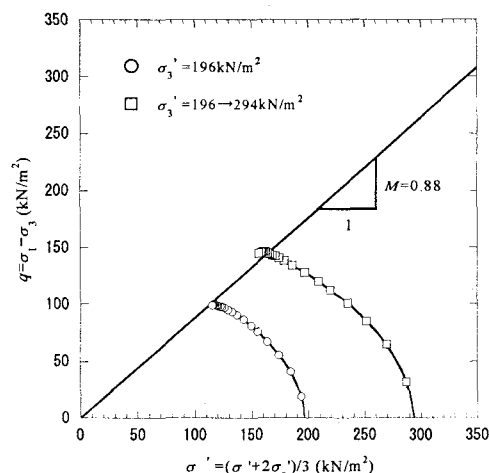


図-3 有効応力経路

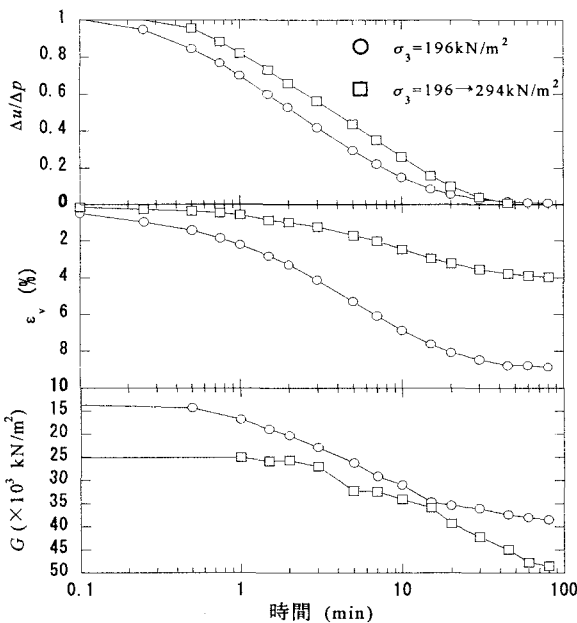


図 - 4 間隙水圧比, 体積ひずみ, せん断弾性係数の経時変化

し大きい。一方, 三軸圧縮試験の圧密終了時における  $e \sim \log G$  関係(図中の●)は, 圧密試験の  $e \sim \log G$  関係よりも少し右側に位置するが, その傾きは等しい。これらの違いは主に初期間隙比の違いによるものと思われる。 $\sigma_3 = 196 \rightarrow 294 \text{ kN/m}^2$  の圧密過程における  $e \sim \log G$  関係(図中の○)は圧密後の  $e \sim \log G$  関係(図中の●)と少し異なる径路を示す。周面排水で行われる三軸圧縮試験の圧密過程における供試体内の過剰間隙水圧は図 - 6<sup>3)</sup>に示すように供試体の中心 $\Delta u_1$ と周面 $\Delta u_2$ に大きな差が生じている。このことは圧密過程において供試体内に有効応力の分布が生じていることを意味する。したがって, この過程における供試体を均一な要素として評価することはできない。すなわち, 今回実施した $\sigma_3 = 196 \rightarrow 294 \text{ kN/m}^2$ の圧密過程において得られた  $e \sim \log G$  関係は有効応力の分布の影響を受けている。

図 - 6 には間隙水圧制御装置(PCD)を用いた試験における間隙水圧比の経時変化も示している<sup>3)</sup>。ここで, PCD は, 供試体周面からの排水径路中に供試体と同程度の透水係数を持つ物質(セラミックディスク)を挿入し, 供試体周面に $\Delta u$ を生じさせる装置である。PCD を用いた試験では供試体の中心と周面の間隙水圧の差はほんのわずかである。したがって, PCD を用いた三軸圧縮試験においてベンダーエレメント試験を実施することにより, 圧密過程における  $G$  の増加特性をより厳密に検討することができる。

**4. まとめ** 得られた主な知見は以下のとおりである。

①  $e \sim \log p$  関係と  $e \sim \log Cu$  関係の傾きは等しく, 圧密後の  $e \sim \log G$  関係の傾きは, 前者の傾きよりも少し大きい。② 圧密過程における  $e \sim \log G$  関係は圧密後のそれより少し逸脱する径路を示す。但し, このことは, より厳密な試験より検討すべきであると考ええる。

【参考文献】1) 杉山: スラリー粘土のせん断弾性係数に関する実験的研究, 信州大学大学院工学系研究科修士論文, 2004。2) 川口, 三田地, 澁谷, 佐野: 室内ベンダーエレメント試験によるせん断弾性係数  $G$  の評価, 土木学会論文集, No.694/III-57, pp.195-207, 2001。3) 梅崎, 河村: 一次圧密過程における粘土の強度増加特性—間隙水圧制御装置を用いた三軸圧縮試験—, 土と基礎, Vol.49 No.6, pp.11~13, 2001。

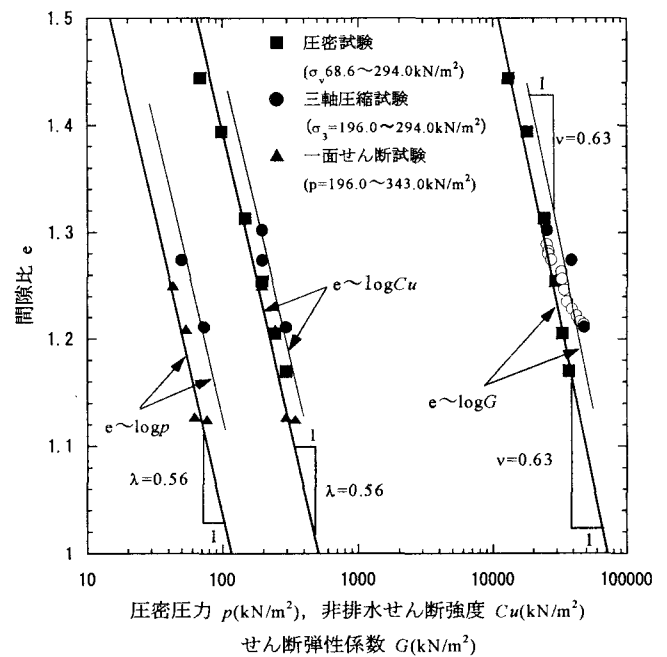


図 - 5  $e \sim \log p, \log Cu, \log G$  関係 (文献 1)のデータに加筆)

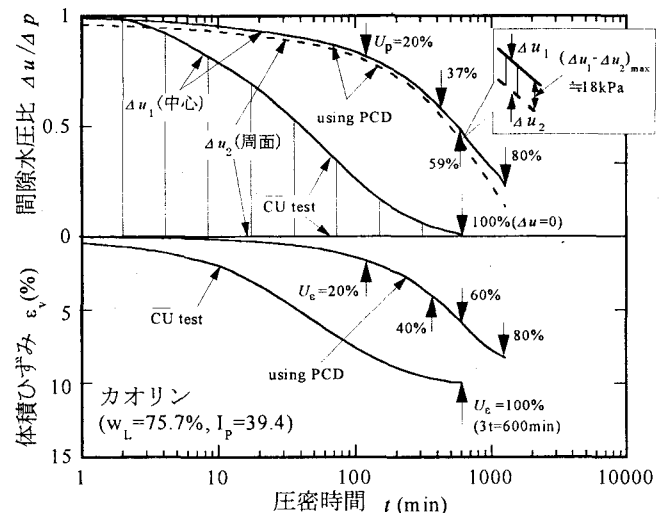


図 - 6 間隙水圧比および体積ひずみの経時変化<sup>3)</sup>