

超音波探傷器を用いた三軸供試体側方変位の測定

徳島大学大学院 学生員 ○安芸浩資
 徳島大学工学部 正会員 山上拓男
 徳島大学工学部 正会員 中正康広

1. はじめに 粗粒材料の三軸試験において体積変化量を測定する場合、拘束圧の変化に伴うゴムスリーブの貫入は、非常に重要かつ厄介な問題として従来から指摘されている。ゴムスリーブの貫入に起因した体積変化量の測定誤差は、粗粒材料の強度・変形特性を把握する上で、大きな支障となっている。著者らは、この問題に対する有効な解決法を見出すために、超音波探傷器を用いて三軸室外部より供試体の側方変位を測定し、体積変化量を求めることを試みた。本報告では、この超音波探傷器に基づく測定手法について述べる。そして、この手法の適用性を調べるため、体積変化量＝排水量とする従来法（以下、排水量測定法）で測定可能と考えられる供試体に対して飽和圧密排水三軸圧縮試験を行い、その結果と比較する。

2. 側方変位測定原理 本研究で用いた超音波探傷器（最小読取り単位は0.01mm）による測定原理を図-1に示した。センサーから発生した超音波は三軸セル水中を伝播し、供試体表面で反射する。そして、反射した超音波をセンサーが感知することにより、センサーから供試体表面までの距離が得られる。得られた距離とその初期値の差を取ることで供試体の側方変位量が求められる。

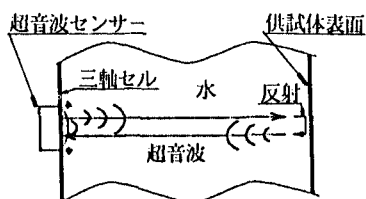


図-1 側方変位測定原理

3. 体積変化算出方法 図-2に示すように、側方変位量の計測は供試体中央部一点で行った。この中央部における計測値が供試体全体の平均的な側方変位量であると仮定して体積変化量を求めている。

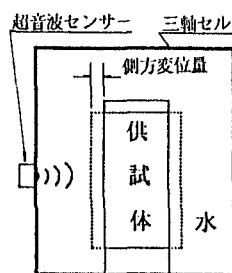


図-2 測定箇所の概略図

4. 試験方法 試料は排水量測定法で、体積変化量を大きな誤差なく測定できると考えられる試料を用いた。試料を約24時間真空脱気した後、三軸台上に設置した四つ割モールド（直径10cm、高さ20cm）内に水中落下させた。さらに、二重負圧法を用いて飽和供試体を作成した。試験は圧密排水条件で実施し、有効拘束圧は0.5, 1.0, 2.0 kgf/cm²とした。

5. 試験結果 ここでは、等方圧密開始時点を供試体の初期状態として上記2方法により整理した試験結果を、等方圧密過程およびせん断過程で比較する。表-1は、等方圧密過程の体積ひずみを比較したものである。両測定法の体積ひずみの差は0.173%~0.446%であった。次にせん断過程での比較を行う。なお、せん断過程においては、軸ひずみの増加に伴い供試体になる型変形が起こり、図-3に示すような供試体表面での超音波の乱反射が生じる。このため、超音波による測定においては、その測定範囲がピーク強度を得るまでに至っていない。図-4(a), (b)は超音波による側方変位測定法と排水量測定法から求めた軸ひずみ～体積ひずみ関係を各拘束圧ごとに比較したもの

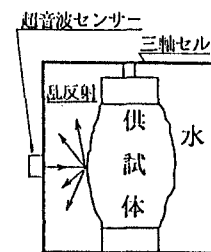
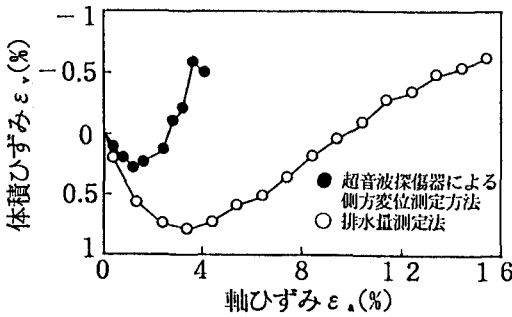


図-3 超音波の乱反射

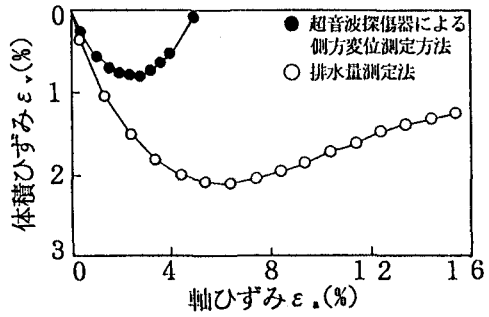
である。これらの図から、超音波により求めた軸ひずみ～体積ひずみ関係においては、排水量測定法から求めたものに比べ急激な体積膨張が生じていることがわかる。また、両測定法による体積ひずみの差はせん断の進行に伴い拡大する傾向にある。これらの傾向は、上記したように測定点が供試体中央部一点のみであることに起因していると思われる。次に、図-4(a),(b)に対応する応力～軸ひずみ関係を図-5(a),(b)に示す。これらの図から、超音波による測定可能範囲では、両測定法による応力～軸ひずみ関係にはほとんど違いのないことがわかる。

表-1 等方圧密終了時の体積ひずみ ϵ_v の比較

拘束圧 σ_s (kgf/cm ²)	超音波による ϵ_v (%)	排水量測定法による ϵ_v (%)	測定差 $\Delta\epsilon_v$ (%)
0.5	0.020	0.193	0.173
1.0	0.070	0.270	0.200
2.0	0.540	0.986	0.446

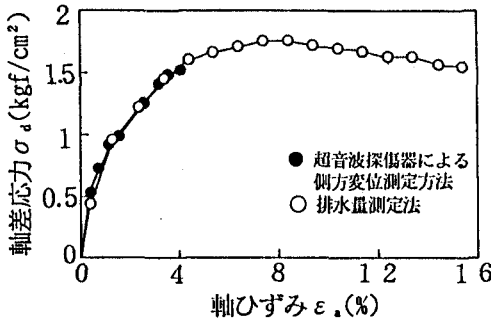


(a) 有効拘束圧 $\sigma_s = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$

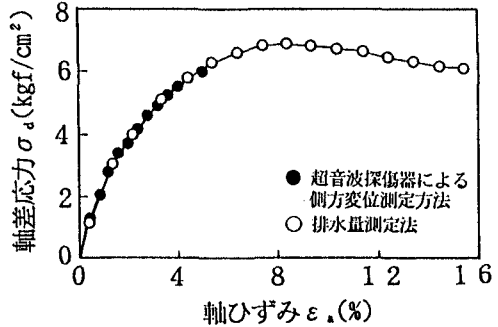


(b) 有効拘束圧 $\sigma_s = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$

図-4 軸ひずみ～体積ひずみ関係



(a) 有効拘束圧 $\sigma_s = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$



(b) 有効拘束圧 $\sigma_s = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$

図-5 応力～軸ひずみ関係

6. おわりに 本報告では、拘束圧の変化に伴うゴムスリーブの貫入問題に対する解決法として、三軸室外部より超音波探傷器を用いて供試体の側方変位を測定することを試みた。その結果、せん断の進行に伴い供試体表面で超音波の乱反射が生じ、ピーク強度を得るまでの測定ができないことがわかった。この超音波の乱反射の問題を解決しない限り、超音波探傷器を用いた測定方法は十分活用できないと思われる。