

III-370

等方圧縮過程における粗粒材料の体積変化測定の一試み

— レーザ式変位計の応用 —

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重要かつ厄介な問題として従来から指摘されている。この問題に対する有効な解決法を見い出すため、著者らは、これまで超音波探傷器¹⁾およびレーザ式変位計²⁾を用いて、従来法（以下、排水量測定法）での計測が可能と考えられる供試体に対して実験を実施し、これらの適用性を検討してきた。その結果レーザ式変位計を用いた方法は、かなり適用性があるという結論を得た。しかし、粗粒材料などゴムスリーブの貫入の起こり得る材料に対してレーザ式変位計を利用する場合、ゴムスリーブの貫入部分を計測することにより測定誤差が生じることが危惧される。そして、この危惧を回避する一つの方策として、供試体表面に設置したターゲットの変位量を測定することが考えられる。本報告では、この方法の信頼性を調べるため行った豊浦標準砂の等方圧縮試験結果を示すと同時に、粗粒材料の供試体に対する等方圧縮試験結果も併せて報告する。

2. 試料 試験に用いた試料の粒径加積曲線を図-1に、また最大粒径、平均粒径および均等係数を表-1に示す。

3. 供試体作成方法 1)粗粒材料：試料を締固め試験（JSF T 711 C-b法）から得られた最適含水比 $w_{opt}=7.67\%$ になるように蒸留水を加えて調整した後、最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=2.08\text{g/cm}^3$ の90%を目標にモールド（高さ20cm、直径10cm）内で締固めた。そして、三軸台上でゴムスリーブ（厚さ0.5mm）を装着した。2)豊浦標準砂：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（高さ20cm、直径10cm）内に水中落下させた。得られた供試体は乾燥密度 $\rho_d=1.573\text{g/cm}^3$ （相対密度 $D_r=95\%$ ）であった。なお、両者とも三軸室内で供試体を飽和させるために二重圧法を用いている。

4. 体積変化量算出方法 本報告では、図-2に示すように、ターゲット（プラスチック製、白色、約1cm×2cm×0.1cm）を供試体の表面3箇所（上部キャップから約4cmの位置、下部ペDESTALから約4cmの位置、および中央部）に設けている。そして、これらのターゲットの変位量をそれぞれ計測し、得られた3つの計測値の平均を供試体の側方変位量と仮定して、体積変化量を求めている。しかし、図に示すようにターゲットは、供試体表面に装着されたゴムバンド（厚さ0.5mm）に固定されているため、拘束圧の増減に伴うゴムスリーブおよびゴムバンド自体の影響が考えられる。そこで、この影響を補正するために鉄円柱（約高さ20cm、直径10cm）を用いて拘束圧の増減

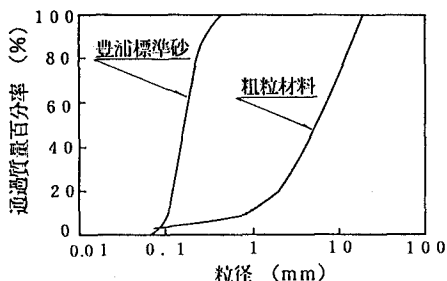


図-1 粒径加積曲線

表-1 試料の最大粒径、平均粒径および均等係数

試料	豊浦標準砂	粗粒材料
最大粒径 D_{max} (mm)	0.42	19.1
平均粒径 D_{50} (mm)	0.17	5.44
均等係数 U_c	1.4	10.9

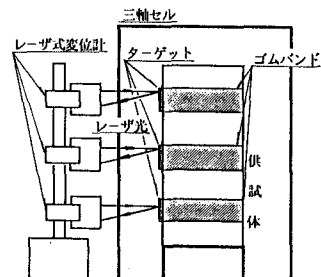


図-2 側方変位測定の概略図

に伴うゴムスリーブおよびゴムバンド自体の厚みの変化量を調べた。その結果、変化量は $0.5 \times 10^{-3} \text{ cm} / (\text{kgf/cm}^2)$ であった。これを側方ひずみ ε_r に換算すると $0.1 \times 10^{-3} \% / (\text{kgf/cm}^2)$ であり、本研究の試験結果に影響はないと考え無視している。

5. 試験結果 上記した2種類の飽和供試体に対して、有効拘束圧増分ステップ、 $0.15 \rightarrow 0.5 \rightarrow 1.0 \rightarrow 1.5 \rightarrow 2.0 \rightarrow 2.5 \rightarrow 3.0 \text{ kgf/cm}^2$ で等方圧縮試験を実施した。各ステップの終了条件は、排水量測定法による10分間の体積変化量 $\leq 0.2 \text{ ml}$ （体積ひずみ $\varepsilon_v \leq 0.01\%$ ）としている。図-3(a),(b)は、等方圧縮開始時点を保試体の初期状態として、両測定法により求めた豊浦標準砂および粗粒材料の等方圧縮試験結果を体積ひずみ $\varepsilon_v \sim$ 軸ひずみ $\varepsilon_s \times 3$ 関係で整理したものである。図中の実線は両測定法から得られた体積ひずみ $\varepsilon_v \sim$ 軸ひずみ $\varepsilon_s \times 3$ 関係を近似したものである。図-3(a)において、両測定法より求めた近似直線は比較的一致しているが、同じ軸ひずみにに対して、僅かに排水量測定法から求めた体積ひずみのほうが大きくなっている。また、排水量測定法から求めた近似直線はY軸上で切片を持つのに対し、レーザ式変位計による直線は原点を通っている。これは、豊浦砂の場合でも厳密にはゴムスリーブの貫入が生じることから、等方圧縮過程の初期において排水量測定法より求めた体積ひずみが、若干、過大評価されていることに起因しているのではないと思われる。これら豊浦砂の等方圧縮試験結果から、レーザ式変位計を用いてターゲットを測定する方法で得られる試験結果の信頼性は高いと言えよう。次に、図-3(b)に粗粒材料の体積ひずみ $\varepsilon_v \sim$ 軸ひずみ $\varepsilon_s \times 3$ 関係を示す。図に示した両測定法の直線の傾きを見ると、排水量測定法による直線の傾きが2.350であるのに対し、レーザ式変位計によるそれは1.207である。等方材料における等方圧縮過程の体積ひずみと軸ひずみ $\times 3$ の比は1:1となるべきことから、排水量測定法より得られた粗粒材料の体積ひずみは、供試体が締固めによる異方性を持っていることを考慮しても、過大評価されていると考えられる。したがって、この点でもレーザ式変位計の有用性が伺い知れる。

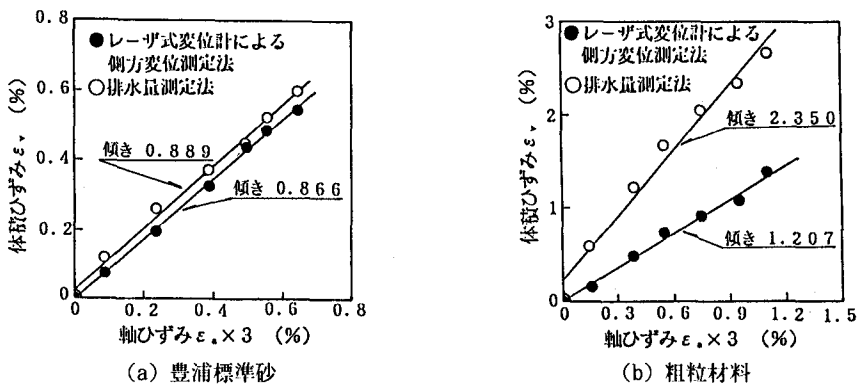


図-3 体積ひずみ $\varepsilon_v \sim$ 軸ひずみ $\varepsilon_s \times 3$ 関係

6. おわりに 本報告では、供試体表面に設置したターゲットの変位量をレーザ式変位計で測定する方法を用いて供試体の体積変化量を求めることを試みた。そして、豊浦標準砂に対して等方圧縮試験を実施し、この方法の等方圧縮過程における信頼性を確認した。また、粗粒材料に対しても同様の試験を行い、その有用性を示した。今後、せん断試験を通して、粗粒材料に対するレーザ式変位計を用いた側方変位測定方法の適用性を検討して行きたい。

【参考文献】 1)安芸・山上・中正：超音波探傷器を用いた三軸供試体側方変位の測定，平成4年度土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集，1992。 2)安芸・山上・中正：レーザ式変位計を用いた体積変化測定方法の一試み，第27回土質工学研究発表会発表講演集，1992。