

レーザー変位計を用いた中空ねじりせん断試験機における半径方向変位の計測について

山口大学工学部 正会員 中田幸男 兵動正幸 村田秀一
山口大学大学院 学生員 ○野田勇一 南幸孝

1. まえがき 中空ねじりせん断試験機は3つの直応力と1つのせん断応力を供試体に独立に载荷でき地盤材料の複雑な変形、強度特性を把握する上で有用な試験機といえる。一方で供試体の内外径比において要素性に対する幾つかの問題点が潜在している。より高い精度での実験結果の蓄積のため当研究室で開発した大型中空ねじりせん断試験装置¹⁾は従来型に比べ内外径比が大きいため、供試体半径方向のせん断応力とせん断ひずみの非一様性が小さくなっている。供試体寸法の大型化により、供試体内空部と外セルの外部にそれぞれ2基づつレーザー変位計の設置が可能となった。本研究では、大型中空供試体(供試体寸法：高さ30cm、外径30cm、内径25cm、内外径比0.833)の半径方向変位を、レーザー変位計を用いて直接計測する手法を開発し、この手法による結果と従来の中型中空供試体に対し半径方向変位を供試体内空部と供試体の排水量測定から求めた結果の比較を行い、両者の違いについて検討した。

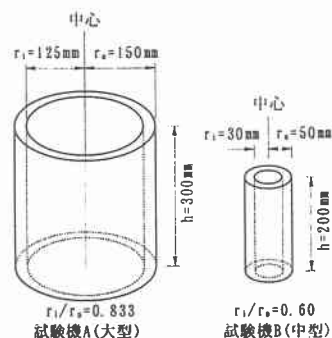


図1 試験機A・Bの供試体寸法

2. レーザー変位計とその測定方法 図2に試験機A(大型)の、供試体内空部とセル外部に設置したレーザー変位計(Laser Displacement Sensor:LDS)の状態を示す。LDS(最小読取り単位:0.01mm)はレーザー光を用いて三角測距法の原理に基づき、対象物との距離を直接測定する非接触型変位計の一つである。供試体の側方変位を直接計測できることから供試体要素が破壊に至る大変形領域まで精度の高い測定が可能であり、更にメンブレンの貫入量に起因した体積変化の測定誤差を軽減できるなどこの手法を用いる意義は大きい。LDSの計測位置は供試体下端から10cmと20cmの高さ(供試体高さ:h=30cm)である。内外に向い合うLDSが供試体中心を軸に40°/10secの時間間隔で移動し供試体円周方向の8箇所の水平方向変位を圧密およびせん断を通じ計測している。

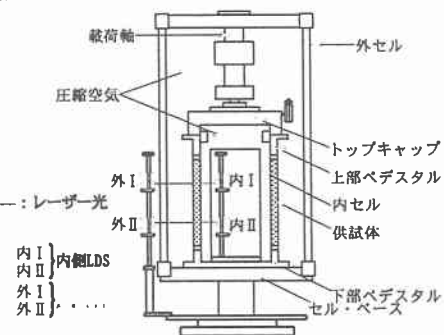


図2 試験機A(大型)におけるLDSの設置

3. 実験方法 試料に豊浦砂を用い、レーザー変位計を搭載した大型中空ねじりせん断試験機(試験機A)と中型中空ねじりせん断試験機²⁾(試験機B)を用いて、主応力方向固定排水せん断試験を行った。供試体は、相対密度 $D_r=70\%$ を目標に空中落下法で作製した。せん断は、平均主応力 $p_c=100\text{kPa}$ 一定で、主応力方向角 $\alpha_o=45^\circ$ を固定して行った。

4. 実験結果 図3には、レーザー変位計を用いた側方変位測定による試験機Aと排水量測定による試験機Bについて、応力比 η -軸差ひずみ γ -体積ひずみ ε_v 関係を示している。応力比-軸差ひずみ関係は、 $\gamma=2\%$ 付近までは両試験方法ともほぼ一致しており、その後は排水量測定法(試験機B)の方がやや応力比が高い結果が得られている。体積ひずみは排水量測定法(試験機B)に比べ、レーザー変位計を用いた側方変位測定法(試験機A)の方が膨張側に大きくなる傾向がみられた。図4は、試験機A・Bの主応力比 σ_1/σ_3 -主ひずみ ε_1 , ε_2 , ε_3 関係を示している。両試験機の最小主ひずみ ε_3 は、ピーク時までは試験機A(レーザー変位計)の方が少し高めで、その後はほぼ一致している。最大主ひずみ ε_1 と中間主ひずみ ε_2 においては、

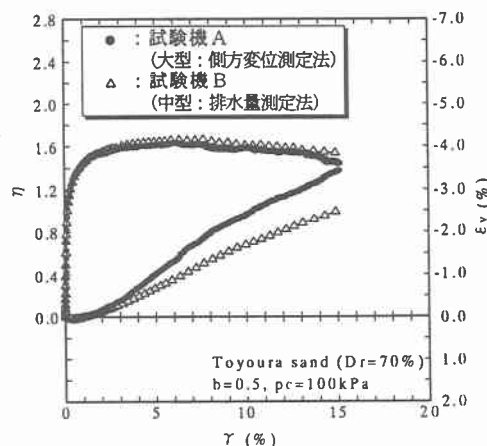


図3 応力比-軸差ひずみ-体積ひずみ関係

ピーク時までの主応力比は試験機Aの方が高めで、ピーク後は試験機Aに比べ試験機Bの方が中間主ひずみ ε_2 が小さく、最大主ひずみ ε_1 が大きくなる傾向が見られた。試験機Bでは供試体の断面積を排水量測定法により求めているのに対し、試験機AではLDSにより側方変位を直接測定している。そのため変形が大きくなると得られる断面積に違いが生じ、上述のような傾向が現れると考えられる。しかし、測定方法の違いを考慮すると、試験機A・Bの試験結果には良い対応関係がみられる。従って、この試験経路における試験機B(中型)の供試体半径方向のせん断応力とせん断ひずみの非一様性が応力・ひずみ挙動に与える影響はきわめて小さいといえる。図5は、試験機AにおいてLDSから得られた供試体の円周方向8個所の側方変位を図示したものである。図5(a),(b)はそれぞれ供試体下端から20cm(内I外I)、10cm(内II外II)の高さにおける、圧密終了時($\gamma=0\%$)とせん断変形後($\gamma=15\%$)の断面積変化の計測結果である。図(a),(b)から $\gamma=15\%$ における供試体半径方向の変位は、それぞれの測定位置と測定高さでその変形に大きな差が生じている。

しかし図6に示すようにピーク時($\gamma=6.1\%$)までの供試体半径方向の変位はいずれの高さの、いずれの測定位置においてもほぼ均等に変形しており、要素性を満足する変形をしていることが伺える。

5. まとめ 本研究では、レーザ変位計による側方変位測定法を用いた大型中空ねじりせん断試験機(試験機A)と排水量測定法を用いる中型中空ねじりせん断試験機(試験機B)の比較を行い、前者の新しい手法の適用性とその有用性について検討を行った。レーザ変位計を用いて直接供試体半径方向の変位を計測することで、せん断中の供試体の変形をより高い精度で把握可能であることが確かめられた。装置の信頼性の議論や供試体半径方向のひずみを制御した上での試験を可能にすることから、今後発展性のある測定方法であるといえる。

5. まとめ 本研究では、

レーザ変位計による側方変位測定法を用いた大型中空ねじりせん断試験機(試験機A)と排水量測定法を用いる中型中空ねじりせん断試験機(試験機B)の比較を行い、前者の新しい手法の適用性とその有用性について検討を行った。レーザ変位計を用いて直接供試体半径方向の変位を計測することで、せん断中の供試体の変形をより高い精度で把握可能であることが確かめられた。装置の信頼性の議論や供試体半径方向のひずみを制御した上での試験を可能にすることから、今後発展性のある測定方法であるといえる。

参考文献] 1) 中田幸男, 兵動正幸, 村田秀一, 林勝彦, 野田勇一: 大型中空ねじりせん断試験システムの開発および有用性の検討, 第35回地盤工学研究発表会(2000) 2) 中田幸男, 山本修三, 安福規之, 村田秀一, 兵動正幸: 自動制御・計測可能な中空ねじりせん断試験装置の試作とひずみ制御試験への適用, 土木学会論文集 No. 505/Ⅲ-29, pp. 329~332, (1994. 12)

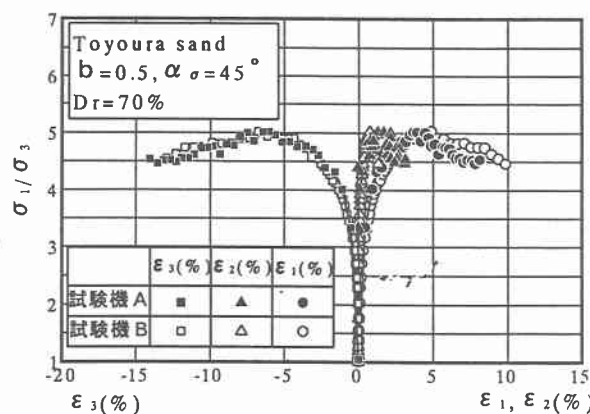


図4 主応力比-主ひずみ関係

LDS (内II外II) { ○ : $\gamma=0\%$ (圧密終了時)
● : $\gamma=15\%$ (せん断終了時)

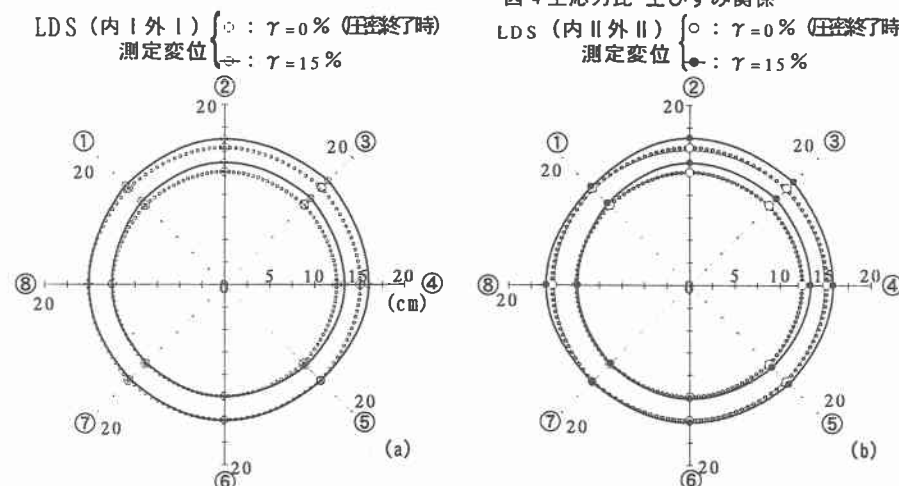


図5 試験機A(大型)におけるLDSを用いたせん断中の断面変化($\gamma=15\%$)

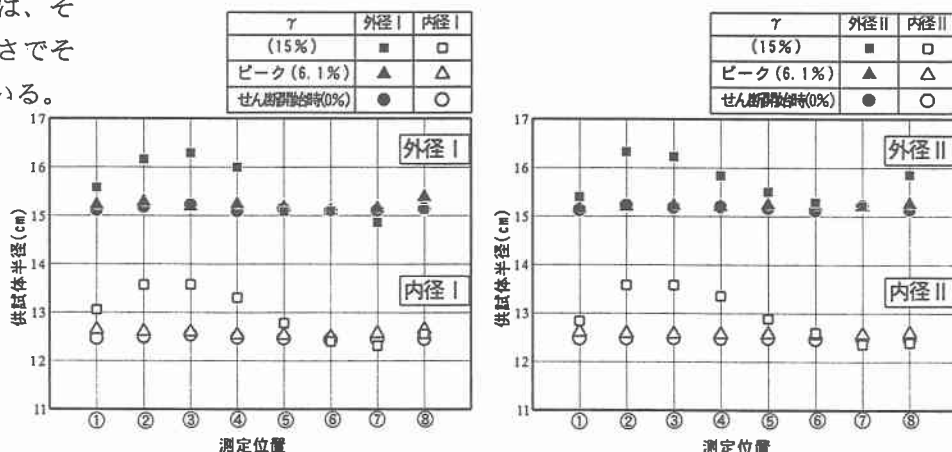


図6 試験機A(大型)におけるLDSを用いたせん断中の供試体半径