

## 土のねじり三軸試験用中空円筒供試体の局所変位計測

Measurement of local strains in triaxial and torsional shear tests on hollow cylindrical soil specimens

東京大学生産技術研究所

古閑研究室

土木構造物の設計において地盤の変形と安定問題を検討する場合、室内土質試験が非常に有効である。また、構造物の建設時や常時の荷重下において実際に生じる地盤の変形は、0.1%程度までのひずみレベルが卓越するため、室内土質試験によりこの微小ひずみを精度よく計測することが非常に重要である。

本研究室では、独自に開発した局所変位測定装置 (Local Deformation Transducer, LDT: 生研リーフレット No.189) を用いてこのような微小ひずみを測定してきた。LDT はリン青銅薄板の中央部の表と裏にひずみゲージを貼付けた単純な構造を有し、写真1に示すように両端を測定方向に固定した状態で供試体側面に設置することで供試体の微小な局所変位を直接測定できる。このLDTを鉛直方向に配置することで軸ひずみを、水平方向に配置することで側方ひずみを測定することができ(生研リーフレット No.243)、これらを矩形供試体の三軸試験においてこれまで利用してきた。

一方で、中空円筒供試体を用いたねじり三軸試験(生研リーフレット No.302)は、原地盤における土要素の応力-変形関係を比較的忠実に再現できる試験法の一つとして知られている。従来、ねじり三軸試験ではキャップ部等に装着された外部変位計によりねじりせん断ひずみを計測してきたが、供試体上端面での接触誤差によってせん断ひずみを過大・過小評価する可能性があることが指摘されていた。そこで本研究室では、図1および写真1に示すようにLDTを三角形に配置し、軸ひずみと側方ひずみだけでなく、せん断ひずみも局所的に計測する手法を開発した。供試体寸法は、内径  $R_i=12\text{cm}$ 、外径  $R_o=20\text{cm}$ 、高さ  $H=30\text{cm}$  である。使用したLDTの寸法は、幅  $3.0\text{mm}$ 、厚さ  $0.2\text{mm}$  である。LDTの長さは鉛直方向  $10\text{cm}$ 、水平方向  $5.5\text{cm}$ 、 $45^\circ$ 方向  $8\text{cm}$  とした。従来のLDTでは両端を完全に固定して装着していたが、ねじり三軸試験では供試体のせん断変形に伴ってLDT全体が回転する必要がある。そこで、図1のようにLDTの両端を鋭角に削り、先端をピンホールに装着した。この手法をPLDT (Pinned type LDT) と称する。



写真1 円筒供試体に PLDT を装着した様子

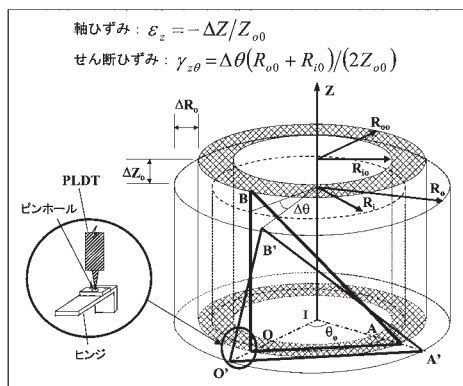


図1 円筒供試体の変形と軸ひずみ、せん断ひずみの定義

試験結果例：礫の微小繰返し試験

比較的均一な粒径のヒメ礫 (平均粒径  $D_{50}=1.73\text{mm}$ ) を用いて空中落下法により相対密度約 46% に調整した中空円筒供試体を作成し、有効拘束圧 400kPa までの等方圧密過程において、50kPa 毎にせん断ひずみ片振幅約 0.0015% でねじり方向繰返し载荷を行った。なお、供試体変形量は、外部変位計 (ポテンシオメーター (POT)・ギャップセンサー (GS)) と PLDT により計測した。

図 2 に、有効拘束圧 50kPa での繰返し载荷時の経過時間と PLDT によるせん断ひずみ  $\gamma_{z\theta}$  の関係を示すが、微小ひずみレベルでも安定した計測がなされている。また、繰返し载荷 10 波目におけるせん断応力  $\tau_{z\theta}$  と  $\gamma_{z\theta}$  の関係として、外部変位計 (POT) による結果を図 3 に、PLDT による結果を図 4 に示す。いずれの結果も可逆的な応力ひずみ関係を呈しているが、その傾きとして求まるせん断剛性率  $G_{z\theta}$  は PLDT よりも外部変位計の方が大きい。

各圧密段階にて上記と同様に測定したせん断剛性率を図 5 に示す。外部変位計の結果は GS と POT の平均値である。外部変位計、PLDT とともに等方応力の増加に伴いせん断剛性率も大きくなっており、全体的には外部変位計による値の方が PLDT よりも約 20% 程度大きい。

一般的に外部変位計による計測結果に含まれる誤差要因として、供試体とこれを保持するキャップおよびベダスタルとの間に生じる端面摩擦により計測値が過大評価されることや、供試体作成時の端部の乱れ、即ちベディングエラーにより計測値が過小評価されること等が考えられる。図 5 の外部変位計の結果には、前者の端面摩擦の影響が支配的に現れた可能性が考えられる。これに対し、PLDT では供試体側面のひずみを直接計測しているので前述した誤差要因の影響を受けにくく、原地盤の本来の挙動に対応する試験結果が得られたと考えられる。

【執筆担当 清田 隆・佐藤剛司・De Silva, L.I.N.・

Hong Nam, N.・古関潤一】

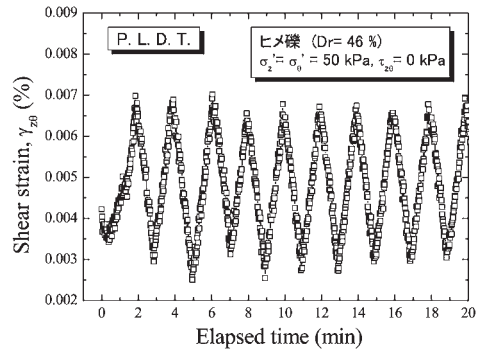


図 2 繰返し载荷時のせん断ひずみ時刻歴

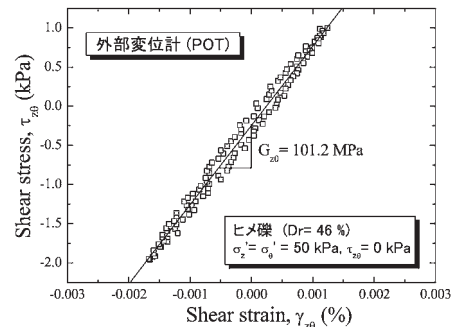


図 3 外部変位計による繰返し载荷時のせん断応力-せん断ひずみの関係

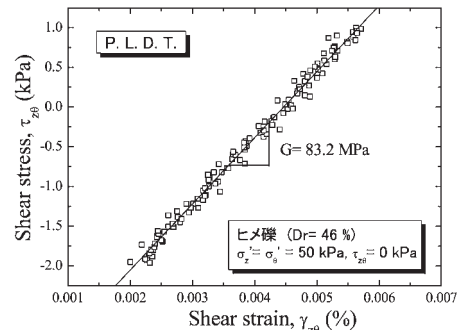


図 4 PLDT による繰返し载荷時のせん断応力-せん断ひずみの関係

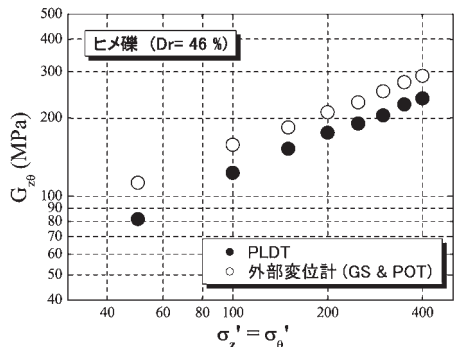


図 5 等方圧密応力とせん断剛性率の関係