



中型中空ねじりせん断試験装置

Medium-size Hollow Cylindrical Torsional Shear Testing Apparatus

東京大学生産技術研究所

古関研究室

長大橋梁の基礎や大型地下構造物の設計では地盤の変形と安定性を精度良く予測する必要がある。中空円筒供試体を用いたねじりせん断試験は原地盤における土要素の応力・変形状態を比較的忠実に再現できる試験法の一つである。しかし、極低速載荷でしかも微小ひずみレベルでの鉛直ヤング率・せん断弾性係数を精度良く直接測定する事は容易ではない。そこで、中空円筒供試体の鉛直方向とねじり方向それぞれに微小ひずみレベルでの繰返し載荷が可能なねじりせん断試験装置を開発した。

試験装置の概要： 載荷装置（図1）は鉛直力載荷部分とねじり載荷部分で構成されている。鉛直力載荷部分はひずみ制御方式で載荷方向の反転による遊びのない微小繰返し載荷装置（生研リーフレット No.206）と応力制御用の2個のペロフラムシリンダーから成っている。ひずみ制御載荷装置は、載荷容量8kN ($\sigma_v = \text{約}700\text{kPa}$)、ストローク80mm、軸ひずみ速度0.0006~0.6%/minで微小繰返しを含む軸方向の載荷をマイクロコンピュータで精度良く制御することができる。応力制御による載荷は容量3kN ($\sigma_v = \text{約}260\text{kPa}$)、ストローク70mmで空圧サーボ弁を用いて高精度に制御できるようにした。ねじり載荷装置部分は、

ひずみ制御鉛直力載荷と同じ装置を横向きにして水平方向の直線運動を二本のスチールベルト（逆方向に張力を与えた）でトルク駆動円筒に伝えることによって、直線運動を全く遊びのない状態で回転運動に変換することができる。載荷軸は軸径40mmの精密ボールスプライン軸を使用し、さらに予圧を与えた外筒を2個密着使用して回転方向のすき間

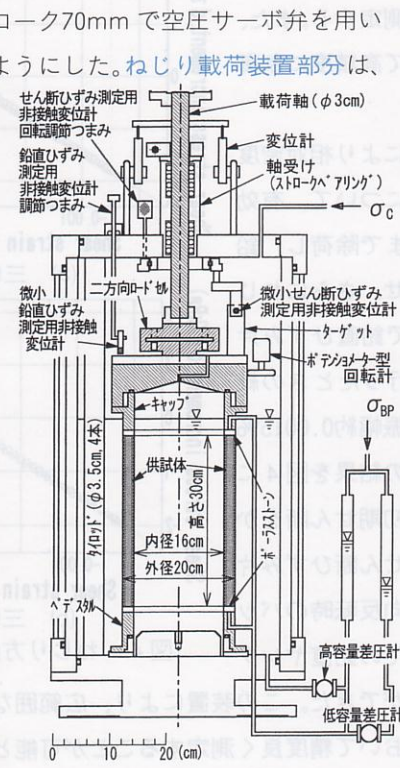


図2 ねじりせん断試験装置

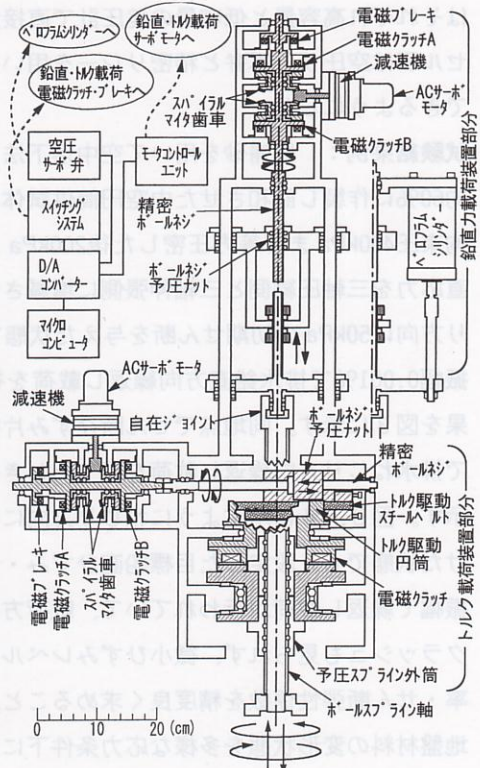
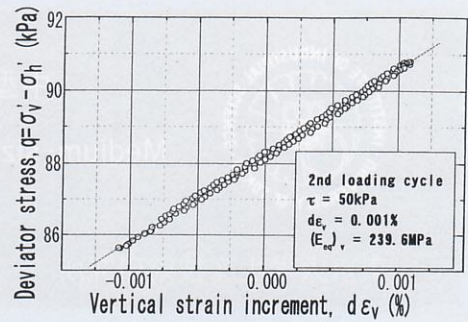


図1 載荷装置概略図

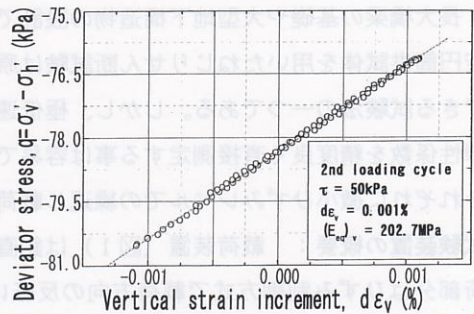
をゼロにしたねじり剛性の高いものを使用した。これによって、ねじり方向の微小ひずみレベルでの繰返しを含む載荷が可能となった。ねじり載荷容量は最大トルク150N・m (τ =約150kPa), せん断ひずみ速度0.0004~0.4%/minである。

ねじりせん断試験装置の概略を図2に示す。中空円筒供試体は外径20cm, 内径16cmで高さ30cmとし、比較的大きくすることによって測定精度を上げると共に、将来の局所ひずみの測定に対処できるようにした。鉛直荷重とトルクの測定には、セル内キャップに直接取付けた二方向ロードセル(軸差荷重5kN, トルク150N・m)を用いた。セル外部に取付けた変位計で大きな鉛直変位を測定し、微小鉛直ひずみはキャップの動きを非接触変位計(容量4mm)で測定した。大きなせん断ひずみはポテンシオメータ型回転計で、微小せん断ひずみは非接触変位計(容量4mm, 対角の二カ所)でそれぞれキャップの回転を測定した。これらの非接触変位計はセル外部から位置を正確に調整できるようにした。中空円筒供試体の有効水平応力と体積変化はそれぞれ高容量と低容量の差圧計で直接測定する。また、セル圧は空圧サーボ弁と精密リレーを用いて高精度に制御できるようにした。

試験結果例： 豊浦砂を用いて空中落下法により相対密度約60%に作製し飽和させた中空円筒供試体について、有効拘束圧400kPaまで等方圧密した後200kPaまで除荷し、鉛直応力を三軸圧縮側と三軸伸張側に増減させ、さらにねじり方向に50kPaの初期せん断を与えた状態で鉛直ひずみ片振幅0.001%で排水鉛直方向繰返し載荷を行ったときの結果を図3に示す。同地点でせん断ひずみ片振幅約0.0015%で排水ねじり方向繰返し載荷を行ったときの結果を図4に示す。図3, 4に示すようにねじり方向に初期せん断をかけた状態でも、設定した目標鉛直ひずみ・せん断ひずみ片振幅で繰返し載荷が行われていて、載荷方向反転時のバックラッシュも見られず、微小ひずみレベルでの鉛直ヤング率・せん断弾性係数を精度良く求めることができた。この装置により、広範囲なひずみレベルにおける地盤材料の変形状態を多様な応力条件下において精度良く測定することが可能となった。

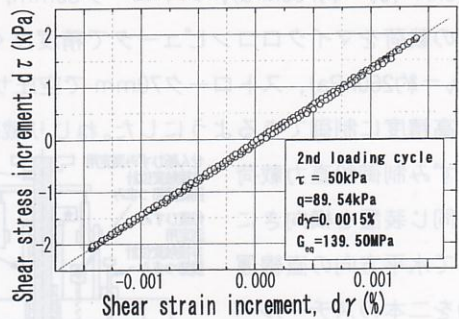


(a) 三軸圧縮側

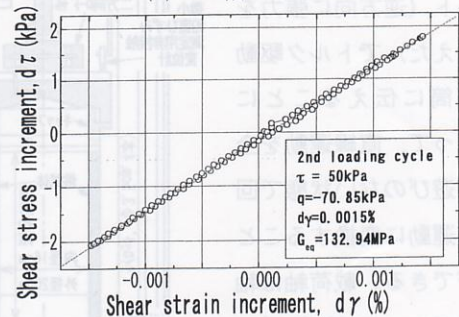


(b) 三軸伸張側

図3 鉛直方向微小繰返し載荷



(a) 三軸圧縮側



(b) 三軸伸張側

図4 ねじり方向微小繰返し載荷

執筆担当 佐藤剛司・古関潤一・河上定弘・小野達也・永山 浩