



東京大学生産技術研究所

大ひずみ中型中空ねじりせん断試験装置

Medium-size hollow cylindrical apparatus for large strain torsional shear test

古関研究室

砂質土の非排水繰返し載荷試験におけるひずみレベルは十数%程度までであり、液状化時と液状化後の大変形挙動は未知の部分が多い。中型中空円筒供試体（外径 15cm、内径 9cm、高さ 30cm）を用いて大ひずみ繰返し中空ねじり試験により液状化時の大変形挙動を明らかにするために、中型中空ねじりせん断試験装置（生研リーフレット No.302）のねじり載荷装置部分を改良して、せん断ひずみ両振幅 100%を超える大ひずみまで載荷制御が可能なねじりせん断試験装置を作製した。

試験装置の概要：載荷装置（図 1）は、鉛直力載荷装置部分とねじり載荷装置部分で構成されている。

鉛直力載荷装置（生研リーフレット No.302）は、ひずみ制御時（載荷容量 8kN、ストローク 80mm、軸ひずみ速度 0.0006~0.6%/min（速度幅は変更可能））と応力制御時（載荷容量 3kN、ストローク 70mm）でそれぞれ軸方向の載荷を精度良く制御することができる。

大ひずみ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載荷軸と直行する方向の直線運動をボールねじナットが行うようにした。写真 1 および図 2 に示すように長い精密ボールねじを使用し、予圧を与えて軸方向の遊びをなくしたボールねじナットがリニアモーションガイド上で正確に

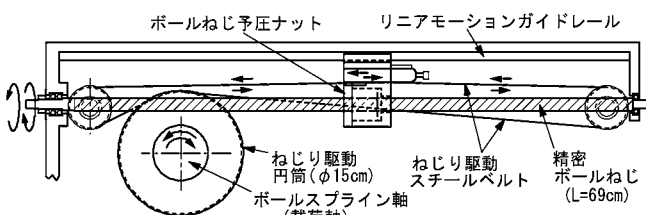


図 2 ねじり載荷部分詳細図

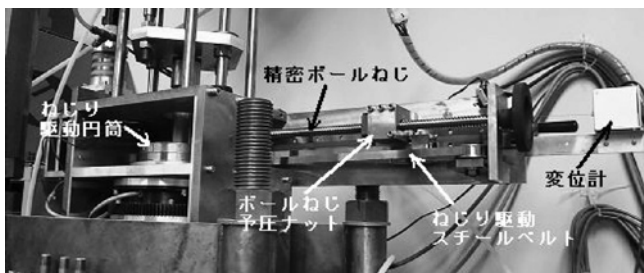


写真 1 大ひずみねじり載荷部分

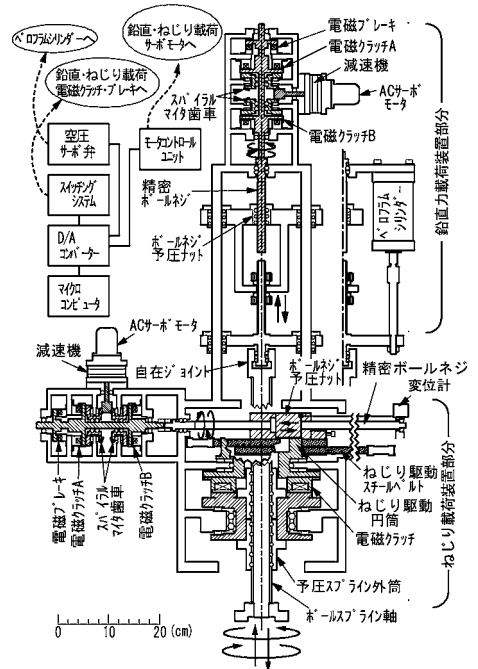


図 1 載荷装置概略図

600mm 直線繰返し運動ができるようにし、さらにねじり駆動円筒に逆向きに巻き付けて固定し張力を与えた二本のスチールベルトで連結することによって、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、微小繰返しからせん断ひずみ 100% 以上の大ひずみまで载荷可能にした。载荷軸は軸径 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大ひずみ载荷が可能となった。ねじり载荷容量は最大トルク 150N・m、せん断ひずみ速度 0.0004 ~ 0.4%/min (減速機の増減により速度幅をさらに変更可能) である。

ねじりせん断試験装置は生研リーフレット No.302 と同じもので、中空円筒供試体の寸法を外径 15cm、内径 9cm で高さ 30cm とした。また、大きなせん断ひずみは供試体上端の回転量としてボールネジナットの直線移動量をワイヤ型の大変位測定用変位計 (容量 500mm) で測定して求めた。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し、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 25.4% に作製し飽和させた中空円筒供試体 (外径 15cm、内径 9cm、高さ 30cm) について有効拘束圧 100kPa まで等

方圧密した後、繰返しせん断応力と圧密時有効拘束圧の比 (せん断応力比 SR) 0.15 で軸変位固定の非排水繰返しねじり载荷を行ったときのせん断応力とせん断ひずみの関係を図 3 に、有効応力経路を図 4 に示す。また大変形時の供試体の様子を写真 2 に示した。この例ではせん断ひずみ両振幅 60~70% までではほぼ均等に変形したが、その後は供試体上部に変形が集中して生じた。最後の 10 サイクルめの载荷で応力振幅が大きくなったのはメンブレン張力補正を弾性係数から導かれる理論値に基づいて行いながら試験を実施し、その後大ひずみでのメンブレン張力実測値を用いて再補正したことによる。

製作した大ひずみ中型中空ねじりせん断試験装置により、大きなせん断ひずみまで繰返し载荷を高精度で行うことが可能となった。

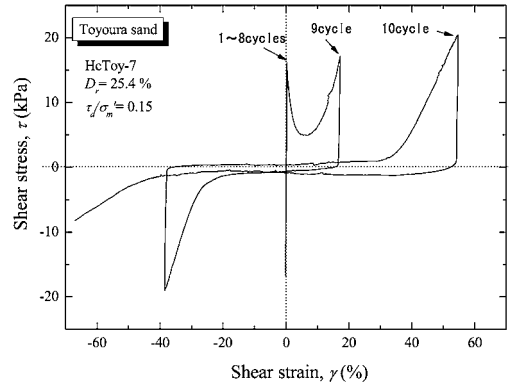


図 3 $\tau \sim \gamma$ 関係

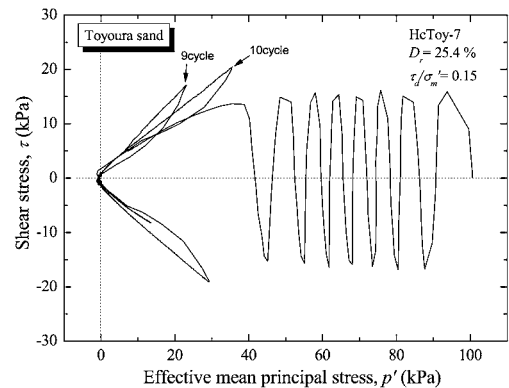


図 4 有効応力経路

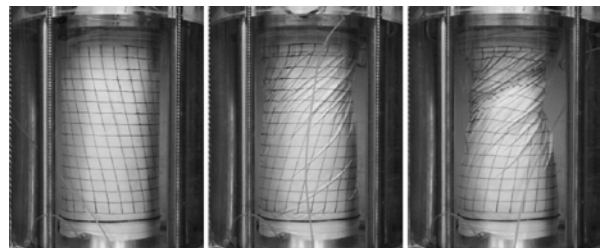


写真 2 供試体の様子