

## 二連空圧式下部載荷型繰返し中空ねじりせん断試験

基礎地盤コンサルタンツ（株） ○逆井 健汰,池端 譲,山田 眞一,若杉 護,林 三男

### 1. はじめに

耐震関連対応で液状化試験の需要が増加しており,昨今  $K_0$ 状態（異方応力）平面ひずみ状態の非排水繰返し試験,地震波を用いた試験等,原位置の応力状態・せん断状態を再現した特殊な試験の需要が増加する傾向にある。

しかしながら,繰返し三軸試験では上述した試験を実施できない。

そこで,今回この需要に対応させるため二連式の空圧載荷方式を採用したコンパクトな繰返し中空ねじりせん断試験装置を新規に導入した。本報告は,同装置の概要と性能試験結果である。

### 2. 試験装置の概要

試験装置を写真-1に示す。写真でわかるように中空ねじり用の三軸セルに繰返し載荷装置を直接取り付けた載荷装置一体型のシステムである。コンパクト（主要部：高さ150cm,幅50cm）であるためスペースが制約された環境に便利である。

#### (1) 試験装置の構成,特徴

- ①三軸セル:供試体寸法は外径70φ,内径30φ,高さ70mm  
三軸セルの主要部分幅50cm,高さ150cm(1連)写真-1参照
- ②載荷装置（空気圧制御機器）:構成は空圧式アクチュエーター, 複動式空圧載荷装置 写真-2  
複動式空圧式載荷は,1対の空圧シリンダーをアクチュエーターにより交互にせん断応力を供試体に作用させ,載荷方向を反転させる。また,下部載荷型であるためせん断応力の載荷機構が原位置状態に対応している（地震波の伝播）。
- ④コンピュータ:計測、制御用コンピュータ AD,DA
- ⑤アンプ類
- ⑥せん断変位測定装置はベダスタルに取り付け,相対変位を測定できるようにしている。

#### (2) 基本仕様

- ①載荷周波数: 0.01~1Hz,トルク力 20kN・m
- ②側圧: 800kPa(背圧 200kPa 時)

#### (3) 対応可能な試験

- ①動的変形試験のような微小領域の変形特性から液状化試験のような大変形に至る強度特性まで幅広いひずみ領域の試験。
- ②軸圧,側圧,せん断力を独立に制御可能であるため原位置の応力状態・せん断状態を模擬した試験 ( $K_0$ (異方応力)状態の繰返し試験)
- ③初期せん断力を作用した（斜面の土塊要素を再現）繰返し試験

④軸固定装置により平面ひずみ状態の繰返しせん断試験

⑤空圧式アクチュエーターへの外部入力信号により地震波や任意波形の載荷による繰返しせん断試験。

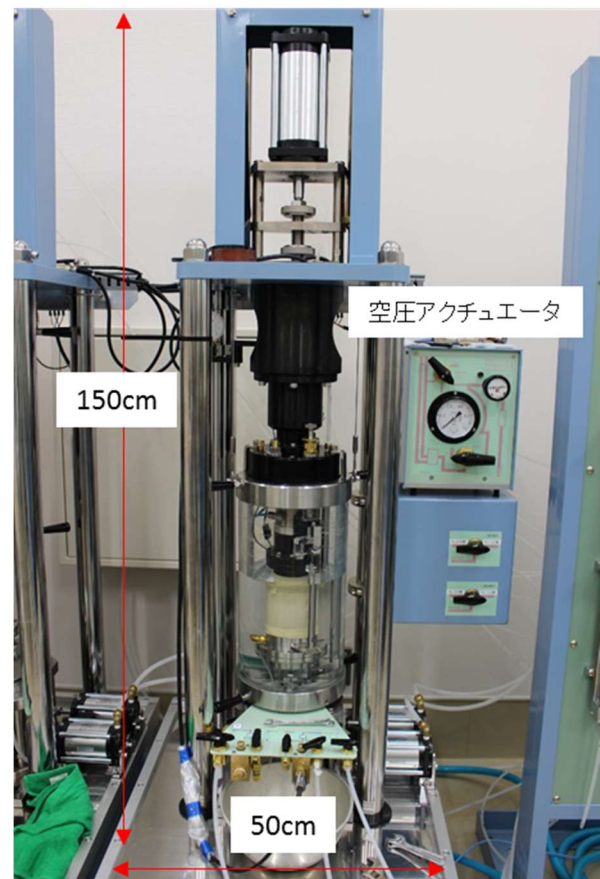


写真-1 繰返しねじりせん断試験装置主要部



写真-2 複動空圧載荷装置

### 3. 試験方法

性能試験は,JGS 基準に準拠し実施した。

①試験装置：Type I 油圧式上部載荷型,Type II 空圧式下部載荷型 以後,Type I ,Type II と略記する。

②試料：豊浦砂,空中落下,凍結して試料を作成

③試験条件：Dr=80%,拘束圧 等方  $\sigma' c' = 100 \text{ kN/m}^2$   
 載荷周波数0.1Hz SIN 波

### 4. 試験結果

試験結果を整理して図-1～図-4 に示す。

図-1せん断応力,過剰間隙水圧～時間関係：せん断応力は過剰間隙水圧比が1.0付近に達すると Type I：従来の報告通り波形の乱れがみられるが,振幅の低下は最大ひずみ時で約11%と顕著ではない。Type II：まったく乱れが生じていない。振幅の低下はみられない。

図-2せん断応力～せん断ひずみ関係 図-1と同様の傾向が読み取れる。Type I：ひずみの進行に伴い,せん断応力が徐々に低下していることがわかる。

図-3せん断ひずみ～軸ひずみ関係：せん断ひずみの増加に伴って Type I：軸ひずみが膨張側に生じている。供試体上部に変形が集中している可能性がある。Type II：軸ひずみの変動はほぼ0。非排水,等方応力状態では断面積一定,平面ひずみで状態であるため本来,軸ひずみは生じないものと考えられる。したがって,Type I では平面ひずみ条件を満足していない可能性があり,強制的に軸ひずみを固定するなどの機構が必要となるかもしれない。

図-4応力比～繰返し回数関係：Type I,II の  $R_{L20}$  に大きな相違はないが, $N_c < 10$ 以下では Type I > Type II。このCase では Type I の液状化強度が多少過大になるようだ。試験は供試体作成を含めすべて同一人が実施しており,同一装置の応力比～繰返し回数関係にばらつきはほぼみられない。この差については,図-3で示した軸変位が Type I で膨張側に生じていること,振幅が多少低下していることなどが要因として考えられる。

上記のことから,新規に導入した Type II の装置は一定せん断応力振幅の保持,平面ひずみ条件満足しているなど Type I に比較して性能がより高いことがわかった。

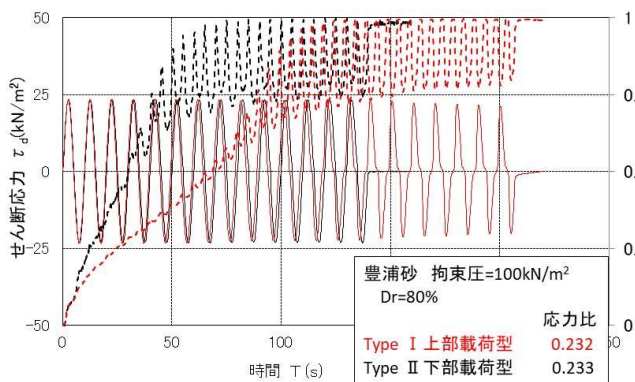


図-1 せん断応力,過剰間隙水圧～時間関係

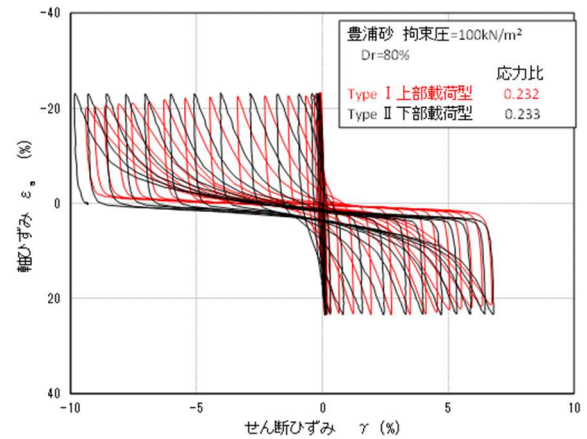


図-2 せん断応力～せん断ひずみ関係

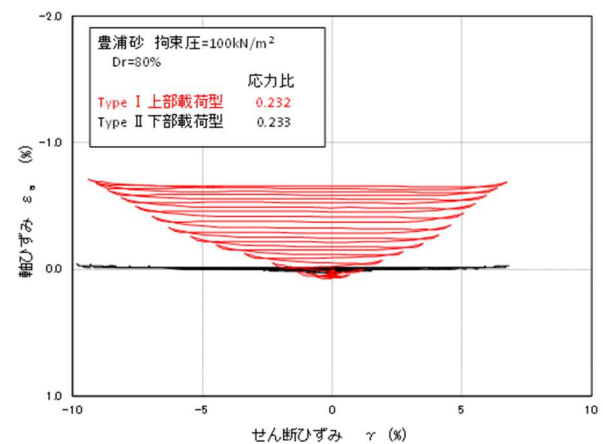


図-3 せん断ひずみ～軸ひずみ関係

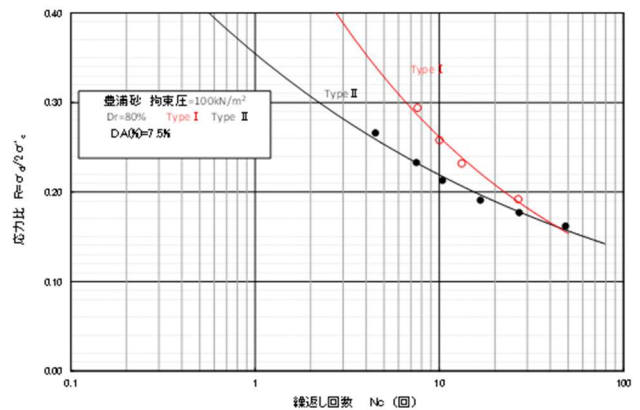


図-4 応力比～繰返し回数関係

### 5. まとめ

今回の試験結果から新規に導入した Type II の試験装置の性能が非常に高いことがわかった。

今後,Type I ,Type II の試験結果の相違について以下のような実験を実施し検討する予定である。

- ① Type I のせん断波形を Type II にランダム波として加える。
- ② Type I で軸変位を固定した状態で非排水繰返し載荷を実施する。