

Ⅲ - A 380 超大型三軸圧縮・平面ひずみ圧縮（中間主応力制御型）試験機の開発

（株）フジタ 技術研究所 フェロ会員 ○福島 伸二・正員 北島 明

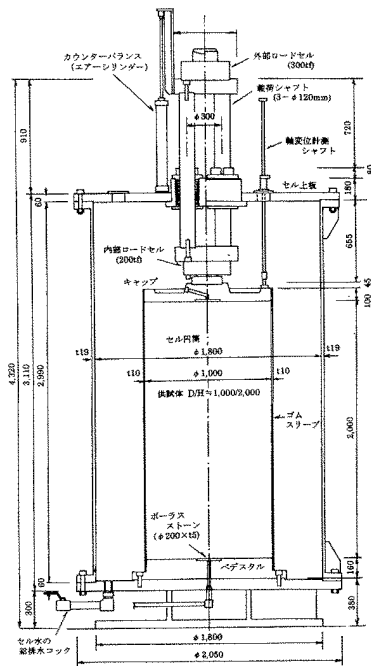
§ 1. はじめに

大規模造成での高盛土やフィルダムなどは岩塊を含む粗粒土により造成されるが、粗粒土の強度・変形特性を調べるには大径粒子に対応した大型試験機が必要である。当社では 1972 年に粗粒土用に供試体 $D/H=1,200\text{mm}/2,400\text{mm}$ をもつ超大型三軸圧縮試験機を設置し、これまでに数多くの粗粒土の試験を実施してきた。しかしこの試験機は既に 25 年以上経過し老朽化したため、技術研究所の移転に伴って廃棄された¹⁾。そこでこの代替試験機として、やや小型の三軸圧縮試験機($D/H=1,000\text{mm}/2,000\text{mm}$)を開発した。この試験機は、三軸セルと軸荷重載荷フレームを共通にして部品交換により 矩形供試体 $L/W/H=920\text{mm}/800\text{mm}/1,600\text{mm}$ を用いる平面ひずみ圧縮(中間主応力制御型)試験も可能である。ここではこの新たに開発した試験機の概要を紹介する。

§ 2. 新たに開発した試験機の概要

粗粒土の力学的特性は粒子破砕の影響等により多様に変化し、強度に及ぼす各種要因を砂質土や粘性土のように体系的に整理しにくく、密度や最大粒径 $D_{\max}$ 、粒度分布等による強度の推定を難しくしている。したがって粗粒土の強度は原粒度かあるいはそれに近い状態での試験により直接求めるのが望ましく、そのためには経済的な大型供試体の試験機が必要である。そこで旧型と同程度の $D_{\max}$ の粗粒土の試験が可能な超大型三軸圧縮試験機 ($D/H=1,000\text{mm}/2,000\text{mm}$ で体積 $V \approx 1.571\text{m}^3$ が旧型の約 6 割)を開発した。この供試体であれば $D_{\max}=200 \sim 300\text{mm}$ 程度の粗粒土でも原粒度のまま試験が可能であり、また旧型に比較して試験土量も少なく試験時間や費用の削減ができる。また、三軸圧縮試験だけでなく、三軸セルと軸荷重載荷フレームを共通にし部品交換のみで平面ひずみ圧縮試験を可能にしたこと、特に他の研究機関や現場試験室等への移設が容易なように分解・組立てが簡単な構造とした。

図—1 には三軸セル全体図を、また図—2 には軸荷重載荷フレーム全体図をそれぞれ示す。三軸セルは支柱のない圧力円筒（内径 $\phi 1,800\text{mm}$ ）とし、これを載荷フレーム底盤に置きフレーム上部から油圧シリンダー(容量 300tf, ストローク 800mm)により軸荷重を載荷する方式である。三軸セル内の供試体に軸荷重を伝える載荷シャフトは軸径 120mm とし、これらをセル上板の同心円上 ($\phi 300\text{mm}$) に等間隔に配してすり合せ部のベ어링でガイドし、荷重偏心による横方向力に対して十分な剛性を確保した。側方応力(σ_3)は三軸セル内の供試体をセル水で水没させ空



図—1 三軸セル全体図

気圧を水圧に変換して加える。次に軸荷重載荷フレームは補剛リブ付き H 鋼と厚鋼板の組合せ構造体とし、三軸セルを置く底盤、4 本の支柱、油圧シリンダーを設置した横梁部から構成される。尚、この載荷フレームは底盤部と横梁部を支柱の三軸セル上板の位置で分割できる。これは供試体を三軸セルをフレーム底盤に置いた状態で作製するた

キーワード：大型試験、三軸圧縮試験、粗粒土、平面ひずみ圧縮試験、中間主応力

連絡先 (〒243-0125 厚木市小野 2025—1 TEL0462—50—7095 FAX 0462—50—7139)

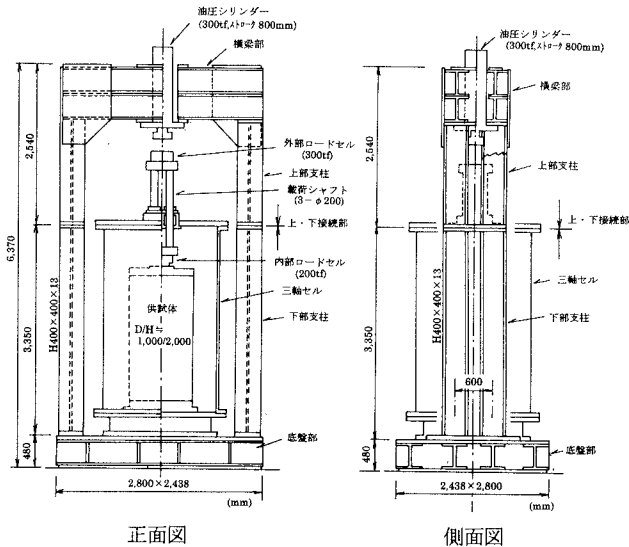


図-2 軸荷重載荷フレーム

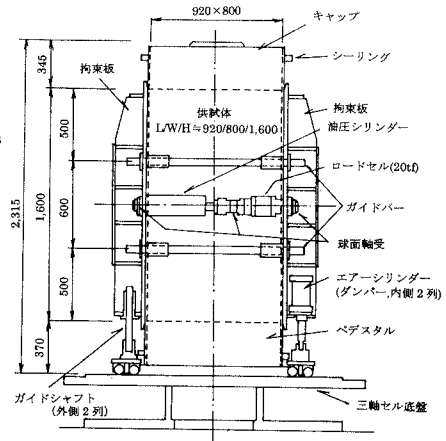


図-3 中間主応力制御システム

めと、試験機そのものを他の研究機関や大規模土工事の現場試験室への貸出せるように試験機の移設を容易にするためである（分割輸送）。

§ 3. 中間主応力制御システム

平面ひずみ圧縮試験は、三軸圧縮試験と同様に側方応力下においた矩形供試体 $L/W/H=920\text{mm}/800\text{mm}/1,600\text{mm}$ ($V=1.280\text{m}^3$)の長さ方向の変位を図-3に示す中間主応力制御システムにより拘束して行う。この制御システムは供試体の水平荷重を制御できるので、中間主応力を制御した三軸試験が可能である。これは一対の拘束板間（片側2本計4本のシャフトでガイド）にある一対の油圧シリンダーを、セル外のこれと同径の油圧シリンダーをスクリージャッキで正・逆変位させることにより、押し・引きして水平荷重を制御するものである。尚、このシステムは片側各2本の空圧シリンダーで支持・浮動状態にし、かつ供試体の水平変位に応じて変位するよう車輪付き台車に載せた。

中間主応力の制御は、変位制御による軸荷重 P_H に対して、水平荷重 P_L を中間主応力係数 $b=(\sigma_2-\sigma_3)/(\sigma_1-\sigma_3)$ が一定にしてせん断するものである。つまり供試体は側方応力下(σ_3)にあるので測定される荷重は

$$P_H=(\sigma_1-\sigma_3)\cdot W\cdot L, \quad P_L=(\sigma_2-\sigma_3)\cdot W\cdot H$$

となるから、中間主応力係数は

$$b=(\sigma_2-\sigma_3)/(\sigma_1-\sigma_3)=(P_L/P_H)\cdot(L/H)$$

となり、測定された軸荷重に対して水平荷重を

$$P_L=b\cdot P_H\cdot(H/L)$$

に制御すれば、 b 値一定の中間主応力状態を供試体に再現できる。この時の b 値の制御範囲は三軸圧縮状態 ($\sigma_1>\sigma_2=\sigma_3$, $b=0.0$) と平面ひずみ圧縮状態 ($\sigma_1>\sigma_2>\sigma_3$, $\varepsilon_2=0, b=b_{PS}$) 間にあり、この状態は土構造物内の土要素が受ける中間主応力状態の範囲にあると考えられる。以上の平面ひずみ圧縮試験や中間主応力制御型三軸試験を行うための水平変位拘束・中間主応力制御システムは小型試験で実施した考え方やシステム²⁾をそのまま採用したものである。

§ 4. おわりに

ここで紹介した超大型三軸圧縮・平面ひずみ圧縮(中間主応力制御型三軸)試験機は、試験可能な粗粒土の最大粒径を旧型と同程度として試験機の製作費用や試験費用を低くし、かつ他の研究機関や大規模土工事の現場試験室等へ貸出しできるように移設が簡単な試験機を目指したものである。ここでは紙面の都合で試験機の簡単な紹介のみであったが、さらに詳細なことや試験結果についてはまた別の機会に紹介したい。

参考文献

- 1) 福島伸二・北島 明：超大型三軸圧縮試験機の歩みとその果たした役割，土と基礎，Vol.46, No.11, pp29～32, 1998.
- 2) 福島伸二：砂の中間主応力を制御した三軸試験，土質工学会三軸試験方法に関するシンポジウム，pp187～192, 1991.