

サンプリングした軟岩ブロックの繰返し一面せん断試験

(株) ダイヤコンサルタント ○澤田 喬彰, 吉原 諒

(一財) 電力中央研究所 日高 功裕, 関口 陽, 石丸 真, 岡田 哲実

関西電力(株) 横田 克哉, 松居 伸明

1. はじめに

近年, 設計用地震動の増大に伴い, 原子力発電所の基礎岩盤や周辺斜面の耐震性評価において, 岩盤の繰返し変形特性や破壊履歴を考慮できる時刻歴非線形解析手法の開発が進められている¹⁾²⁾. 解析手法の検証には, これまで人工岩を用いた遠心力载荷模型実験が用いられてきたが¹⁾²⁾, 天然の岩盤を対象とした検証事例が少なかった. そこで, 本研究では, 時刻歴非線形解析の検証用データを取得するため, サンプリングした大型の軟岩ブロックを用いて繰返し一面せん断試験を実施した. 本報告では, 主にその試験概要と得られた強度の室内要素試験結果との比較について示す. 荷重-変位関係については数値解析の結果とあわせて, 別報³⁾に示す.

2. 試験装置の概要

本試験装置は, せん断箱に供試体を設置し, 垂直方向(2箇所)およびせん断方向(1箇所)の油圧ジャッキにより荷重を制御し, 供試体をせん断するものである(図-1). 基本的には, 一面せん断試験装置と類似のものであるが, せん断箱は独特の構造を有している(図-

2). せん断箱の側面には, 供試体の破壊進展状況の観察と画像解析による変位の計測を目的としたガラス製の側面板を付属している. この側面板は可視化が容易なように分割をせず1枚板となっており, 下箱と一緒にせん断方向に移動する構造となっている. また, ガラス面内側の供試体との接触面には厚さ0.2mmのシリコンシートを挿入することで供試体摩擦を低減した.

油圧ジャッキは, 交番(両振り)の繰返し载荷を行うことが可能である. さらに荷重制御と変位制御の切替えも可能である. せん断箱の上箱は球座を介して垂直力を制御する油圧ジャッキに接続され, 下箱はリニアガイドに沿って滑らかに動作できる機構を備えている. この構造により, せん断方向の可動がスムーズかつ直線的となる.

供試体寸法は, 長さ600mm×幅300mm×高さ270mmの直方体の供試体とし, 上箱と下箱の隙間は20mmとしている.

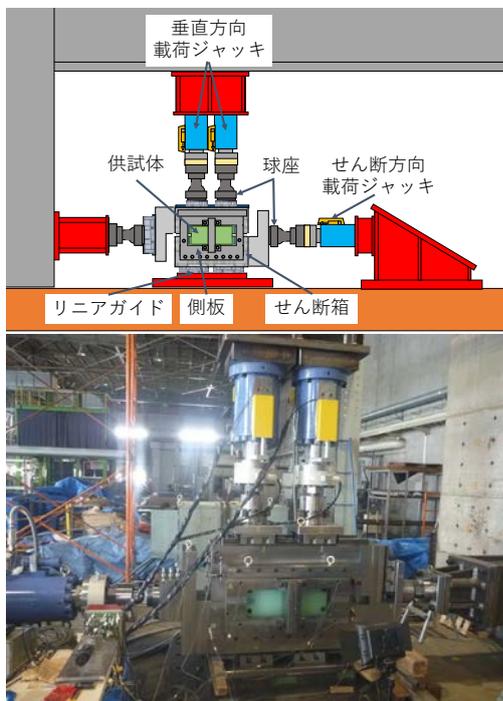


図-1 繰返し载荷試験装置概要

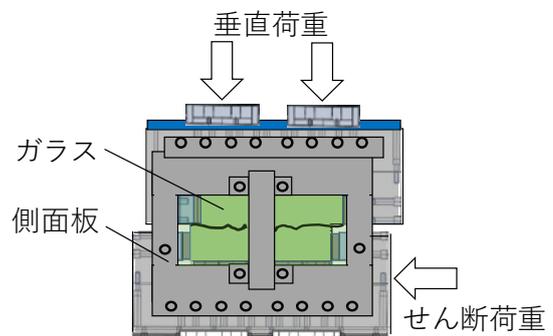


図-2 せん断箱概要

3. 試験手順

試験の手順は, 以下のとおりである.

1) 供試体整形

供試体はウォールソーを使用して, せん断長さ600mm×幅300mm×高さ270mmに整形する.

2) 供試体とせん断箱の接着

接着剤を使用して供試体とせん断箱を接着する. せん断箱上側と下側の間にスペーサーを設置し, 20mmの間隔を設ける.

3) 装置組立

せん断箱の反力側とせん断载荷側に载荷板と球座を設置し, 载荷側に载荷板を剛結する.

キーワード 時刻歴非線形解析, 繰返し一面せん断試験, せん断強度, 残留強度

連絡先 〒331-0811 埼玉県さいたま市北区吉野町 2-272-3 (株)ダイヤコンサルタント ジオエンジニアリング事業本部
地質解析事業部 物性評価部

4) 側面板の設置

せん断箱の側面両側に側面板を設置する。側面板の供試体と接するガラス面には、シリコンシートを貼付ける。

5) スペーサーの取外し

供試体へ試験装置自重の負荷を防ぐために設置したスペーサーを外し、せん断箱上側の重量を供試体に载荷した状態にする。

6) 垂直応力载荷

垂直応力を段階的に加え、所定の垂直応力まで繰返し载荷する (図-3 参照)。

7) せん断方向油圧ジャッキ接続

せん断方向の油圧ジャッキを変位制御で動作させ、下側せん断箱の载荷板と球座を剛結する。

8) せん断応力载荷

せん断応力を段階的に加え、せん断破壊に至るまで繰返し载荷を行う (図-3)。せん断破壊後は、残留強度取得のために、単調载荷を実施する。

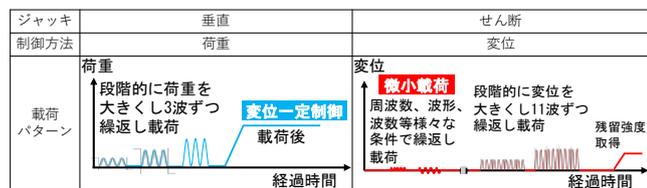


図-3 载荷パターン

4. 試験結果および考察

今回実施した繰返し载荷試験の第1~4回目の試験と同材料で実施した単調载荷の平面ひずみ圧縮試験 (供試体寸法: 長さ 160mm×幅 80mm×高さ 60mm) の最大せん断強度と残留強度を比較した (図-4)。

最大せん断強度および残留強度は要素試験結果と概ね同等であった。岩盤ブロックには複数箇所の亀裂があったが、軟岩であり不連続面の影響や寸法効果の影響が小さかったと考えられる。

試験後の供試体の破壊状況を図-5 に示す。すべての供試体に亀裂が進展し、せん断面に沿った破壊を確認した。さらに垂直応力が大きくなるにしたがって、亀裂の数が減少する傾向が確認された。

5. おわりに

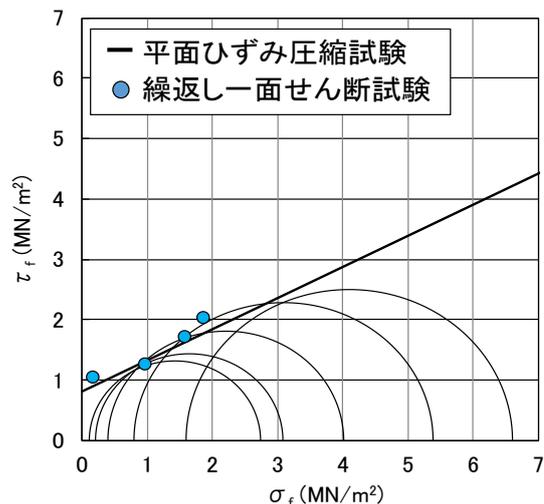
天然の軟岩を繰返し载荷試験に適用した結果、強度は、平面ひずみ試験の結果と概ね近い値が確認された。さらに、せん断面に沿った破壊を確認した。今後はこれらデータ詳細に分析していく予定である。

《謝辞》

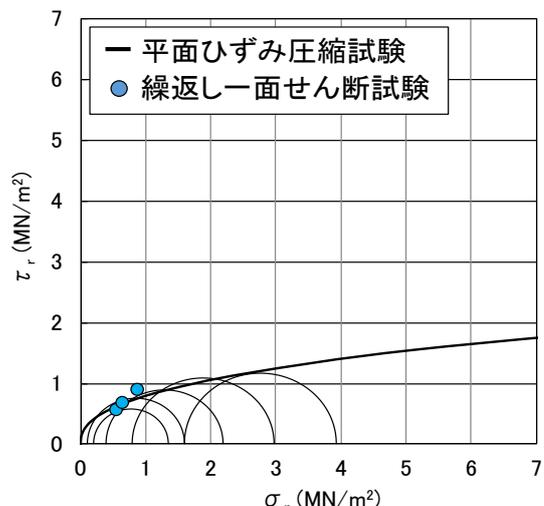
本論文は電力9社、日本原子力発電 (株)、電源開発 (株)、日本原燃 (株) による原子力リスク研究センター共通研究 (2019 年度) によって得られた成果である。

《参考文献》

1) 石丸真, 河井正: 数値解析による不連続性岩盤斜面



(a) 最大せん断強度



(b) 残留強度

図-4 試験結果

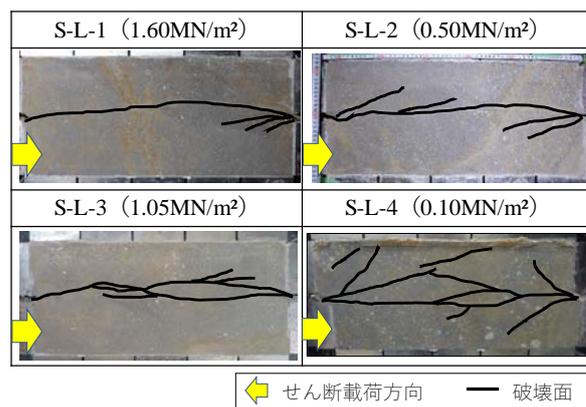


図-5 試験後供試体状況

の地震時崩壊範囲の評価, 第 14 回岩の力学国内シンポジウム, 2017.

2) 石丸ほか: 軟岩のせん断破壊後の強度変形特性のモデル化と斜面の地震時すべり安定性評価への適用, 土木学会論文集 C (地圏工学) Vol. 73, No. 1, 23-38, 2017.

3) 日高ほか: 天然の軟岩を対象とした繰返し一面せん断試験の数値解析, 土木学会年次学術講演会, 2020.