

縮尺模型岩盤せん断試験による不連続性岩盤のせん断挙動の異方性

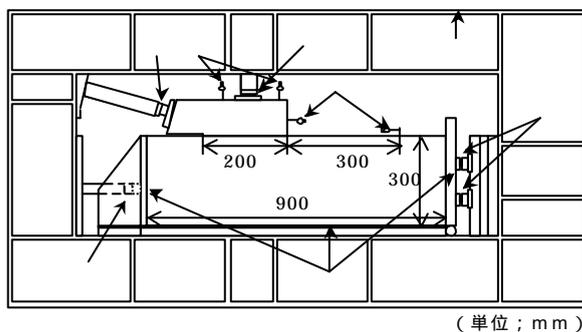
九州電力(株)総合研究所 正会員 溝上 建 正会員 祐徳 泰郎
九州大学大学院工学研究院 正会員 江崎 哲郎 正会員 三谷 泰浩

1. はじめに

ダムや地下発電所などの大規模岩盤構造物の設計に際しては、岩盤の力学的特性の評価を目的とした原位置せん断試験が行われるが、不連続性岩盤を対象とする場合には不連続面の分布特性(方向、間隔、かみ合わせ等)及び力学特性が岩盤のせん断挙動特性に影響する¹⁾。筆者らは、これらの諸要因が不連続性岩盤のせん断挙動に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、原位置岩盤せん断試験を模擬した室内模型実験及び個別要素法解析を用いた数値実験による研究を行っている²⁾。本稿では、水平から70°で傾斜した不連続面を有する不連続岩盤を対象とした、せん断挙動の異方性に関する縮尺模型実験結果について報告する。

2. 縮尺模型実験

(1)実験装置 実験装置の概要を図-1に示す。本実験装置は、標準的な原位置せん断試験(せん断面の寸法600mm×600mm)を1/3のスケールで2次元化したもの(模擬地盤:幅900mm×高さ300mm×奥行き100mm)である。高剛性の鋼製フレーム内に模擬地盤、せん断荷重及び垂直荷重ジャッキのほか、模擬地盤に側方から拘束荷重を作用させるジャッキを配置する。せん断荷重の水平面となす角度は15°とし、せん断時のせん断ブロック水平変位(せん断変位)は、せん断ブロックとその背後30cm離れた位置の模擬地盤上面水平変位との相対変位とする。



(単位; mm)

せん断荷重ジャッキ 垂直荷重ジャッキ 地盤拘束ジャッキ
せん断ブロック垂直変位計 水平変位計 荷重計
テフロンシート 鋼製フレーム

図-1 室内模型実験装置の概要

(2) 模擬地盤 模擬地盤材料は、岩石の模擬材料として用いられることの多い石膏系材料(重量配合比=石膏:石灰:砂:水:遅延剤=1:1:5:1.6:一軸圧縮強度4.41MPa)である。不連続性模擬地盤の不連続面分布特性を図-2に示す。20mm×60mm及び10mm×30mmの長方形断面(奥行き100mm)の模擬地盤材料を、水平方向から70°に傾斜させて千鳥状に積層して作成する。Case 1は20mm×60mmの模擬地盤材料のみ(傾斜角70°の不連続面間隔t=20mm)、Case 2は10mm×30mmのみ(t=10mm)、Case 3は両者を混合したもの(t=10mm&20mm)である。せん断方向は流れ目(70°)、差し目(-70°)とし、初期垂直応力は0.082MPaである。

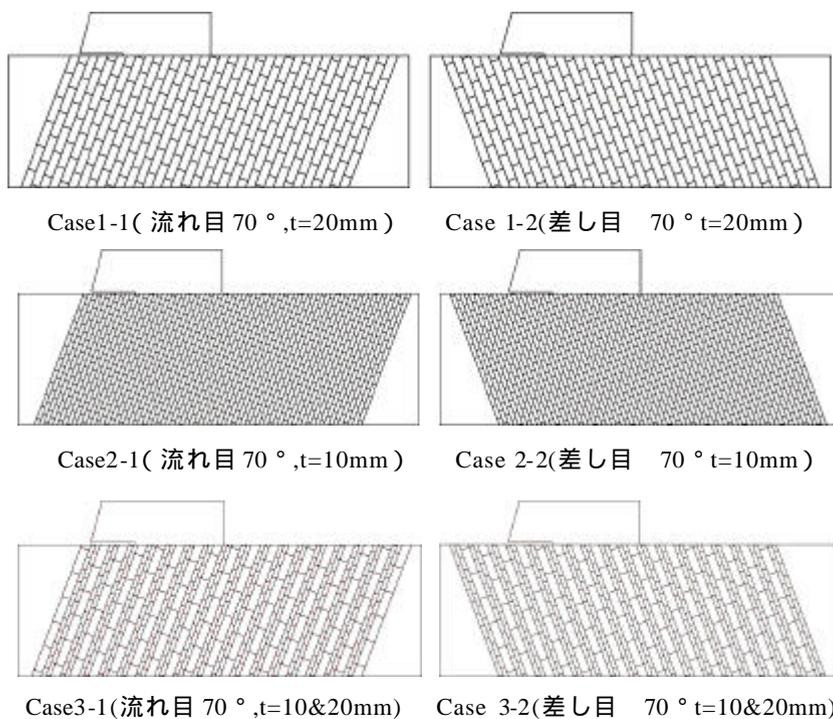


図-2 不連続面モデル図

キーワード: 不連続性岩盤, 模型実験, 岩盤せん断試験, 異方性

連絡先: 〒815-8520 福岡市南区塩原2丁目1-47 九州電力(株)総合研究所 TEL092(541)2910 FAX092(551)1583

3. 模型実験結果

図 - 3 に模型実験結果得られたせん断応力 せん断変位，垂直応力 せん断変位関係を示す．流れ目と差し目のせん断方向の違いにより，全く異なるせん断挙動を示すことがわかる．せん断応力 せん断変位関係においては，流れ目の場合にはせん断応力 1 MPa 前後で変曲点が現れ，その 2 ~ 3 段階後のせん断荷重増荷時に破壊する．一方，差し目の場合にはせん断初期のせん断応力 0.05MPa 程度でせん断応力 せん断変位曲線に変曲点が現れ，それ以降は延性的なせん断挙動を示して破壊に至る．垂直荷重とせん断荷重の合力の方向は，せん断荷重の増荷に伴い鉛直下向きから反時計回りに回転する．前述の変曲点が現れる時の増荷増重合力の作用方向を求めると，図 - 4 に示すように，流れ目におけるせん断応力 1.0MPa の時は不連続面にほぼ直交する方向に，差し目における 0.05MPa は不連続面とほぼ同じ方向になる．これは増荷増重の合力が，流れ目では模擬地盤表面（自由面）側に不連続面を变形させる方向まで回転したときに，差し目では板状の模擬地盤材料を背面側にトップリング変形させる方向まで回転したときに，それぞれ変曲点が生じることを示す．図

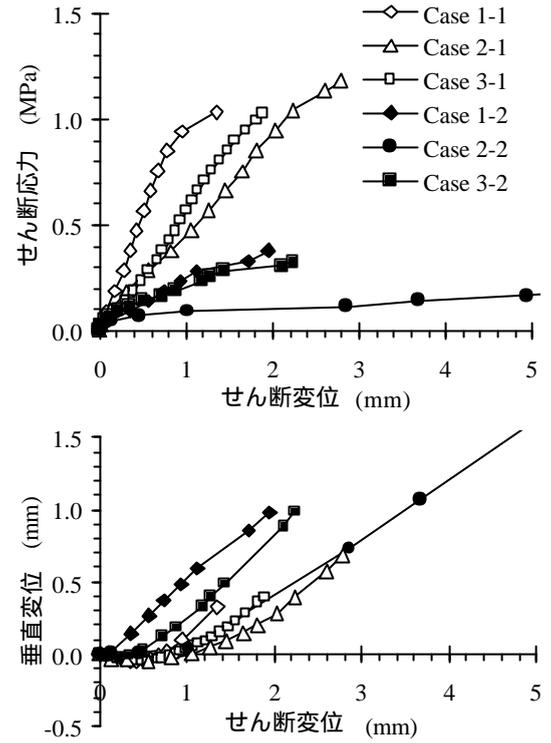


図 - 3 模型実験結果

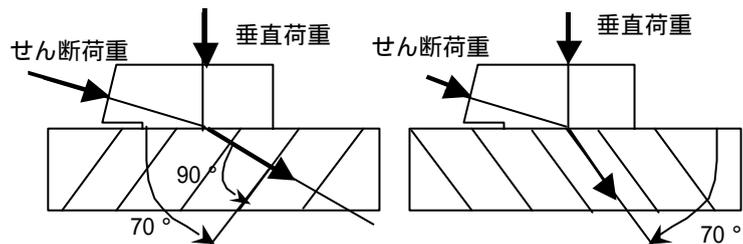


図 - 4 増荷増重と不連続面の方向関係

- 5 に破壊時のせん断変位，垂直変位の比較を示す．Case 1，Case 3，Case 2 の順序で不連続面間隔は密になるが，流れ目，差し目ともに，不連続面が密に分布するとせん断変位，垂直変位は大きくなる．これは，せん断ブロックの直下部のみならず背面側の模擬地盤に存在する不連続面の圧縮変形，せん断変形もせん断ブロックの変位に含まれることが原因と考える．図 - 6 にせん断強度の比較を示す．破壊時のせん断応力と垂直応力の比 (τ / σ) は流れ目では変わらないが，差し目では不連続面が密になると小さくなる．これは，流れ目では不連続面の影響が小さくせん断ブロック直下の基質部のせん断破壊が支配的であること，差し目では不連続面が密になるとせん断ブロック直下の基質部のトップリングそして曲げ引張り破壊が起こり易くなることが原因と考える．この結果，流れ目は差し目の 1.5 ~ 2 倍程度のせん断強度を發揮する．

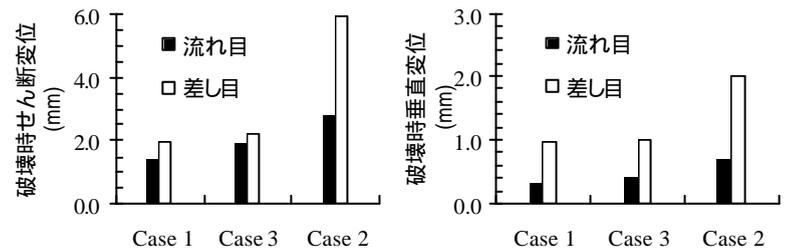


図 - 5 せん断変位，垂直変位の比較

【参考文献】 1) 齊藤孝三，片山博：ダム基礎岩盤の原位置せん断試験値と地質岩盤分類特性に関する考察，土木技術資料，Vol.31, No.12, pp3 ~ 9, 1984. 2) 溝上建，江崎哲郎，三谷泰浩，椎野修：2 系列不連続面を有する縮尺模型岩盤のせん断試験に関する研究，第 31 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp8 ~ 14，2001

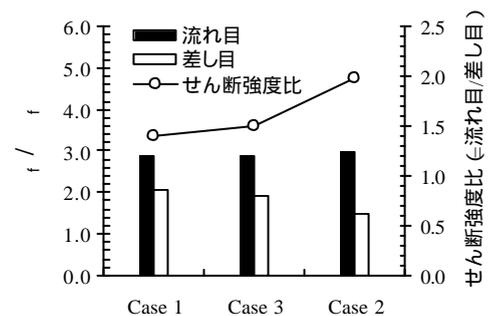


図 - 6 せん断強度の比較