

不連続面密度を変えた縮尺模型岩盤のせん断試験結果

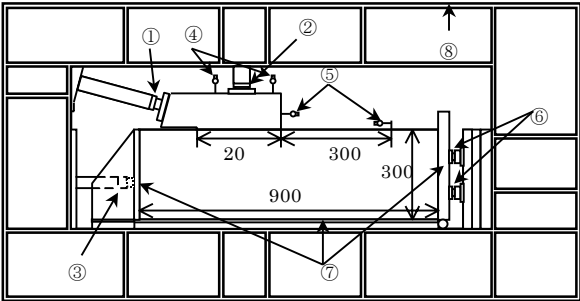
九州電力㈱総合研究所 正会員○溝上 建 正会員 香月 理
九州大学大学院工学研究院 正会員 江崎 哲郎 正会員 三谷 泰浩

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。不連続性岩盤の場合、不連続面の幾何学的性状(方向、間隔、かみ合わせ等)、力学特性が岩盤の強度・変形特性に影響することが指摘されている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定量的に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い、高角度不連続面(卓越不連続面が水平から70°の傾斜で分布)を有する不連続性岩盤のせん断挙動について様々な検討を行っている²⁾。本稿では、不連続面密度の違いが岩盤せん断挙動特性に及ぼす影響について報告する。

2. 模型実験及び数値解析

(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)

①せん断荷重ジャッキ②垂直荷重ジャッキ③地盤拘束ジャッキ ④せん断ブロック垂直変位計⑤水平変位計⑥荷重計⑦テフロンシート⑧鋼製フレーム

図-1 室内模型実験装置の概要

(2) 模擬地盤 模型材料は、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。不連続性模擬地盤は図-2に示すようにt×hの長方形断面(奥行き10cm)の板状ブロック材料を、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。なお、傾斜角70°、間隔tで連続性を有する卓越不連続面をset1と呼ぶ。実験パラメータである不連続面密度は、せん断面の長さLとset1の間隔tとの比(L/t)で表現することとし、図-3に示すように2種類の板状ブロック材料(t×h=2cm×6cm及び1cm×3cm)と2種類のせん断面長さ(L=20cm及び10cm)の組み合わせで3ケース設定する。初期垂直応力σ_{no}=0.082MPaとし、図-2に示したように流れ目方向にせん断する。

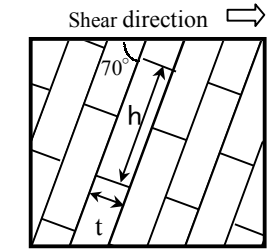


図-2 模擬地盤の不連続面幾何学分布

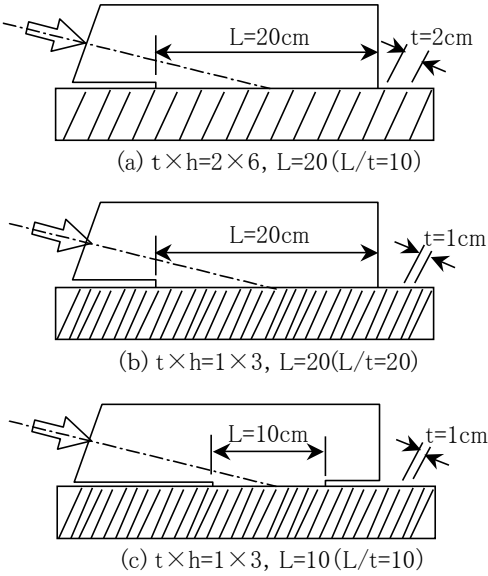


図-3 不連続面密度を変えた実験ケース

キーワード : 不連続性岩盤, 模型実験, 個別要素法, 岩盤せん断試験

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

(3)数値解析 不連続面の幾何学分布及び力学的特性を比較的忠実にモデル化できる個別要素法を用いる²⁾。
 なお、基質部はモール・クーロンの破壊基準を適用した弾性－完全塑性体としてモデル化した。

3. 模型実験及び数値解析結果

図-4 に模型実験結果を、図-5 に数値解析結果を示す。なお、図-4 には比較のために同じ材料で作成した不連続面を含まない均質模擬地盤 (Intact) の実験結果も示す。せん断面内の set1 本数が2倍異なり L/t が10, 20である(a)(b)の最大せん断応力は、模型実験でそれぞれ1.03と1.18MPa、数値解析で0.99, 0.90MPaとなり、実験と解析では大小関係が逆転しているものの、いずれにおいても(a)と(b)の差は1割程度であることから、不連続面密度は最大せん断応力にはほとんど影響しないものと評価できる。なお、模型実験においては、均質地盤 (Intact) の最大せん断応力1.32MPaに対しては、set1を20本含んでも最大せん断応力は2割程度しか低下しない。ただし、set1が(a)の2倍である(b)のせん断ブロックのせん断変位量は、(a)の2倍程度の大きさであり、せん断剛性が半分程度になる。これはせん断荷重載荷に伴いせん断ブロック背後地盤 set 1 の圧縮併合に伴う変位量が2倍程度になることが原因と考える。次に set1 間隔 t が1cmと同じであるが、せん断長さが異なる(b), (c), を比較する。せん断応力～せん断変位関係は実験及び解析ともにほぼ同じであるが、最大せん断応力は実験及び解析ともにせん断面規模が小さな(c)の方が(b)よりも3割程度小さな値となる。これは、60 cm×60 cmの標準的な岩盤せん断試験よりも20 cm×20 cmの簡易せん断試験ではせん断強度が小さく評価されるという既往試験結果³⁾と整合する。最後に $L/t=10$ と同じ条件の(a)と(c)を比較すると、せん断応力～せん断変位関係、垂直変位～せん断変位関係及び最大せん断応力ともに異なる。以上より、今回の実験では、せん断挙動は不連続面密度 L/t よりも t の大きさに影響される。

4. まとめ

今回対象とした水平から 70° の高角度不連続面を有する縮尺模型岩盤を流れ目方向にせん断するときのせん断挙動を実験的、解析的に検討した結果、不連続面密度 (せん断面長ささと不連続面間隔の比) よりも不連続面間隔がせん断強度に支配的であること、せん断面積が小さくなるとせん断強度が小さくなる、等の知見が得られた。

【参考文献】1) 斉藤孝三, 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, 3) 永山功, 大槻英治: 軟質岩盤における簡易岩盤せん断試験の適用性に関する検討, ダム技術 No.90, pp49～56, 1994

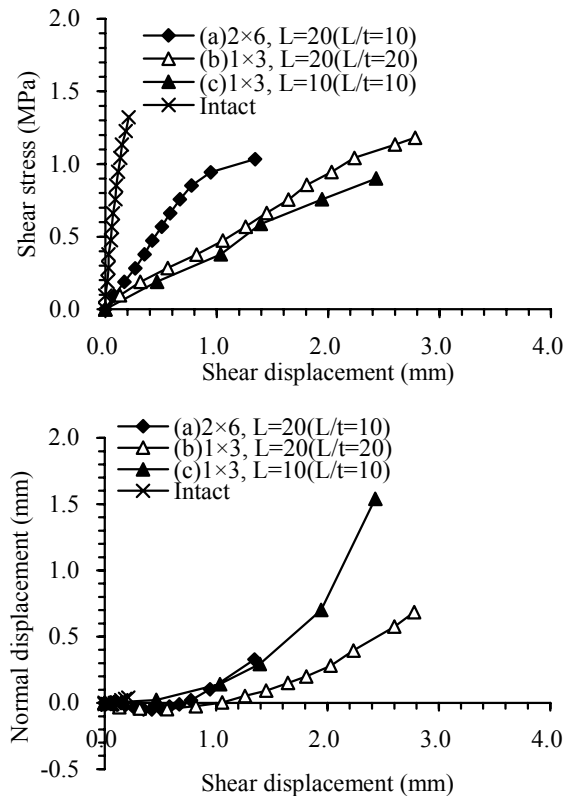


図-4 模型実験結果

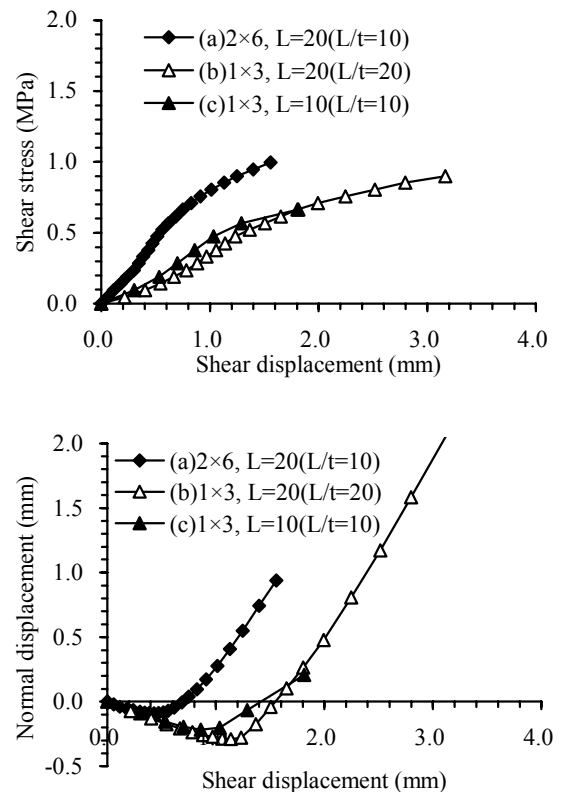


図-5 数値解析結果