

岩盤不連続面の力学試験と結果についての考察

独立行政法人 産業技術総合研究所
〃
サンコーコンサルタント株式会社
〃

楠瀬勤一郎
長 秋雄
佐々木 勝司
○吉田 淳

1. はじめに

節理などの不連続面が発達する不連続性岩盤の力学解析を行う場合、不連続面の幾何学特性に加えて力学特性を評価する必要がある。不連続面の力学特性は強度と変形とが挙げられ、それぞれ垂直およびせん断方向について評価される。本報告では、花崗岩のボーリングコアを対象に実施した岩盤不連続面の直接せん断試験および垂直剛性試験の結果について報告する。試験は自然の不連続面(節理面)について実施し、試験結果より岩盤不連続面の強度および変形特性について考察している。

2. 岩盤不連続面の力学試験

花崗岩体において実施した深度 750m のボーリングコア(HQ: コア外径 58mm)を対象に不連続面の力学試験を実施した。対象とした不連続面はほぼ水平方向に卓越する節理面であり、図 1 に示すような供試体を作成した。これらの供試体について直接せん断試験および垂直剛性試験を実施した。

供試体は、岩種について 2 種類(中粒花崗岩と細粒花崗岩)そして風化度について 2 種類(新鮮部と弱風化部)の計 4 グループに分類される。表 2 には各グループのコア供試体における一軸圧縮強度を示す。



図 1 試験供試体の様子

表 1 各グループの一軸圧縮強度

岩 種	風 化 度	一軸圧縮強度(MPa)
中粒花崗岩 [Gr-m]	新 鮮 部	140
	弱風化部	40
細粒花崗岩 [Gr-f]	新 鮮 部	200
	弱風化部	100

2.1 直接せん断試験結果

せん断試験は垂直応力一定の条件で実施した。垂直応力は土被り 750m を想定して最大 20MPa までの範囲とした。なお、せん断箱の内径は 150mm×150mm であり、供試体の周囲はモルタルによって充填した。

今回使用したせん断試験装置は以下の機能を有している¹⁾：

- ① せん断に伴うダイレイションの発生により増加する垂直荷重を一定圧力に保持する。このため、垂直荷重にサーボ制御による油圧ジャッキを使用している。
- ② せん断の進行に伴う真のせん断面積の減少に応じて載荷する垂直荷重を変化(減少)させる機能を有する。これに対しては計測されるせん断変位から、逐次、せん断面積を算定し垂直載荷装置の制御命令にフィードバックする制御・計測システムを構築した。
- ③ ピークせん断強度付近、特にピーク直後のせん断挙動を安定に保持できる。このため、試験装置の反力枠を剛性の大きなものとして安定なせん断挙動を実現した。

キーワード：岩盤不連続面，室内試験，せん断剛性，垂直剛性

連 絡 先：〒136-8522 東京都江東区亀戸 1-8-9 サンコーコンサルタント株式会社 TEL 03-3683-7122

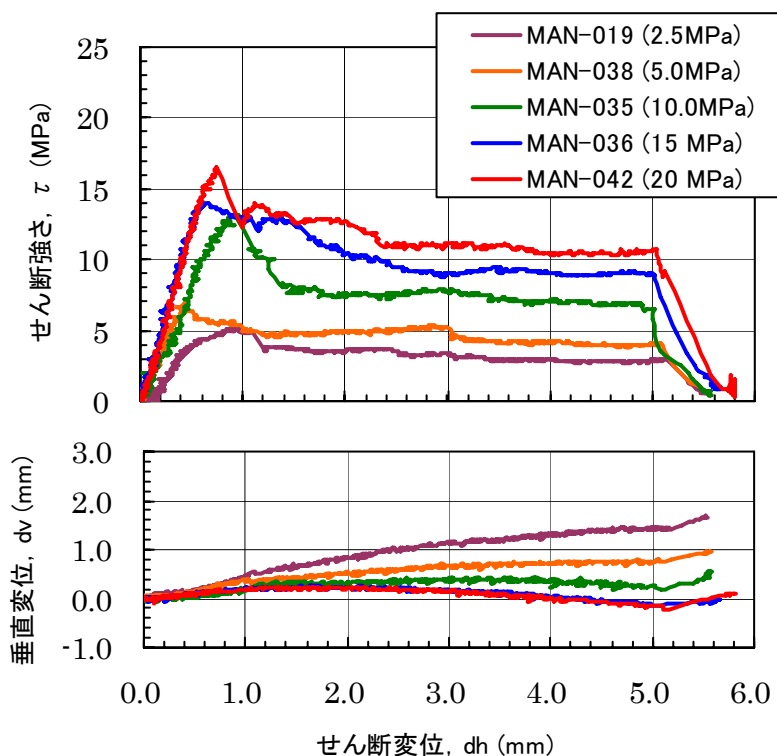


図2 せん断試験結果(中粒花崗岩新鮮部)

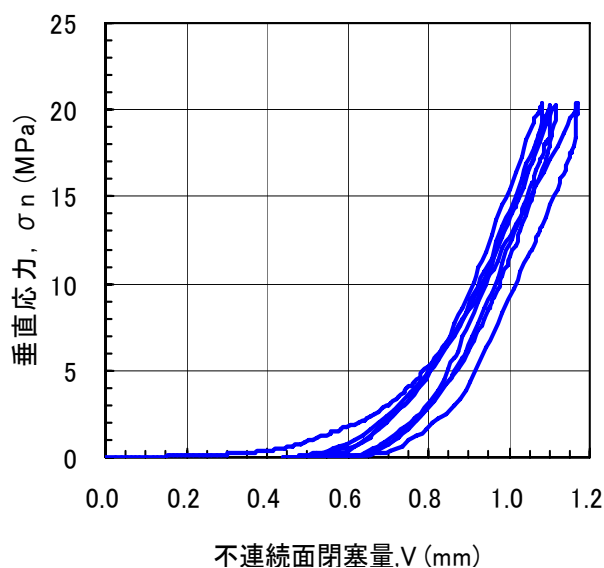


図3 垂直剛性試験結果(細粒花崗岩弱風化部)

3. まとめ

岩盤不連続面の強度・変形特性を得ることを目的として、直接せん断試験および垂直剛性試験を実施した。これにより、コア・サイズの不連続面の強度・変形特性を把握することができた。これらの結果を不連続性岩盤の数値解析に適用する場合には、いわゆる寸法効果による地盤定数の調整(低減)が必要になる。今後は、原位置試験の結果などとの検討を行い、より高い精度の地盤定数の決定方法について提案したい。

参考文献

- 1) 吉田淳, 國西達也, 家島大輔, 永瀬昌宏, 曾我部淳, 佐々木勝司: 岩盤不連続面の力学特性評価のための直接せん断試験装置の開発, 第40回地盤工学研究発表会, 2005.7(投稿中)

図2は中粒花崗岩新鮮部のせん断試験結果であり、せん断強さ～せん断変位関係と垂直変位～せん断変位関係(ダイレイション関係)を示す。図中の()内の数値は垂直応力である。これより、せん断剛性 K_s は垂直応力とともに増加し、垂直応力依存性が認められる。また、ダイレイションは垂直応力とともに減少する傾向が見られ、粗さを持つ不連続面の典型的な傾向を示している。

本シリーズ(中粒花崗岩新鮮部)のせん断強度は、Mohr-Coulombの破壊包絡線によって以下のように示される：

$$(\text{ピーク}) \quad C = 4.27 \text{ MPa}, \quad \phi = 33.2^\circ$$

$$(\text{残留}) \quad C = 0.00 \text{ MPa}, \quad \phi = 30.4^\circ$$

せん断剛性 K_s は以下ようになる：

$$K_s = 10,000 \sim 30,000 \text{ MN/m}^3$$

2.2 垂直剛性試験結果

図3は細粒花崗岩弱風化部の不連続面に対する垂直剛性試験結果であり、垂直応力 20MPa までの載荷－除荷のサイクルを4サイクル繰り返している。この不連続面は比較的噛み合いの悪いものであり、載荷－除荷のサイクルを繰り返すごとに残留変位が増加してゆく。なお、図3の不連続面閉塞量はインタクトコアおよび載荷板(球座)の変形を含むものであり、これらを差し引くことによって不連続面だけの垂直変形が得られる。

細粒花崗岩弱風化部不連続面の垂直線形特性は以下のように算定される：

$$\text{初期垂直剛性, } K_{ni} = 1.4 \sim 14.3 \text{ MPa/mm}$$

$$\text{最大閉塞量, } V_{\max} = 0.14 \sim 0.78 \text{ mm}$$