

京都大学大学院 学生員 ○津野 究 中島 伸一郎
 京都大学大学院 正会員 岸田 潔 足立 紀尚

1. はじめに

不連続岩盤において掘削を行うと、空洞部周辺で応力解放が起こり、不連続面にかかる拘束圧が小さくなりせん断が起こりやすくなる。したがって、低拘束圧下での岩盤不連続面のせん断特性の把握が地山全体の挙動を知る上で必要となってくる。

本研究では、まず、滑らかな不連続面を有する供試体を用いた一面せん断試験を行い、摩擦角に関する検討を行った。つぎに、ラフネスを有する不連続面を用いてせん断試験を行い、せん断過程の各段階においてラフネスを計測することにより、せん断中のラフネスの変化を観察した。

2. 実験概要

本研究で用いたせん断試験機（誠研舎製）は、水平・垂直変位、水平・垂直荷重を逐次コンピュータに取り込み、そのデータにより試験機の制御を行う。

滑らかな面の一面せん断試験は、垂直拘束圧一定（ $\sigma_n=0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0\text{MPa}$ ）、せん断速度 0.2mm/min. 、最終せん断変位 4mm の条件下で行った。

一方、ラフネスを有する不連続面については、2種類（Sample A, Sample B）のラフネスを用意し、垂直拘束圧一定（ $\sigma_n=0.5, 1.0\text{MPa}$ ）、せん断速度 0.2mm/min. でせん断試験を行った。せん断中のラフネスの変化を観察するため、1パターンにつき3個の供試体を用意し、 4mm 、ピークせん断変位、ピークせん断変位の半

分までせん断を行った。そして、各供試体のせん断前後でラフネスの測定を行い、ラフネスの状態を比較することにより、せん断中にどのようなアスペリティが削れるのかを調べた。ラフネスの計測は、レーザー変位計を用いた3次元プロファイラーを使用し、 0.1mm 間隔で行った。

供試体は、自然のラフネスを有する不連続面をシリコンゴムで型取りし、ジェットセメント、ケイ砂 6号、水を $1:1:0.375$ で配合したモルタルで複製した。一軸圧縮強度は 52MPa である。供試体は、不連続面の寸法が $42\text{mm}\times 42\text{mm}$ の角柱になるように整形した。

3. 実験結果および考察

(1) 滑らかな面を用いた一面せん断試験

図1に滑らかな不連続面でのせん断試験結果を示す。せん断応力は立ち上がりの部分を除き一定になることが確認できた。これより図2に示す垂直拘束圧—せん断応力の関係を図示し、Mohr-Coulomb の破壊規準を適用して、 $c=0$ および $\phi=32^\circ$ を求めた。ここで求めた ϕ は、基礎摩擦角 ϕ_b である。ただし、基礎摩擦角とは、ラフネスを持たない滑らかな面の摩擦角である。

(2) ラフネスを有する不連続面の一面せん断試験

実験より、図3のようなせん断変位—せん断応力の関係が得られる。そして、ラフネスの測定結果から図4に示すようなアスペリティの傾斜角のヒストグラムを作成しせん断前後を比較したが明確な違いを確認で

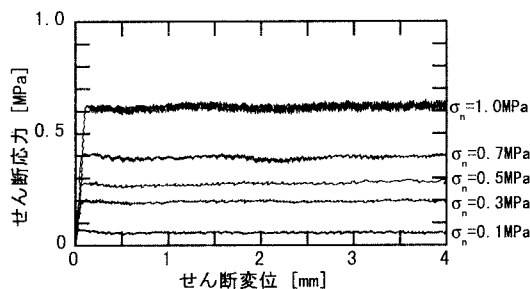


図1 滑らかな面の一面せん断試験結果
ジェットセメント

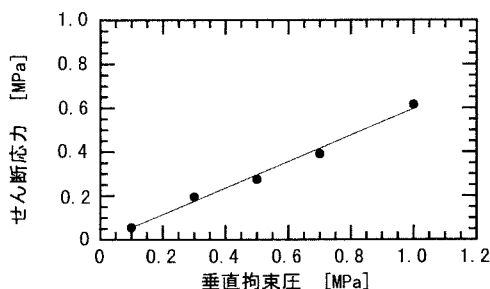


図2 垂直拘束圧—せん断応力の関係
ジェットセメント

きなかった。そこで、せん断前後でのアスペリティの増減を調べた。Sample A, $\sigma_n=1.0\text{MPa}$ のときの結果を図5に示す。これより、角度の大きいアスペリティから削れはじめ、せん断が進むにつれ、角度の小さいアスペリティに削れが移行していく様子が確認できた。

また、ピークまでせん断させたパターンについて、アスペリティの増減数を示すグラフのマイナス部分の面積を、削れたアスペリティの数として計算した。ピークせん断強度から基礎摩擦角が影響する部分($\sigma_n \tan \phi_b$)を引いた量と、削れたアスペリティの数の関係を図6に示す。その結果、削れたアスペリティが多いほど、ピークせん断強度から基礎摩擦角が影響する

部分を引いた量が大きくなることが確認できた。

4. 結論

本研究では、滑らかな不連続面を有する供試体を用いた一面せん断試験を行い、基礎摩擦角を求めた。また、ラフネスを有する不連続面を用いてせん断試験を行い、せん断過程の各段階においてラフネスを計測することにより、せん断中のラフネスの変化を観察した。その結果、削れたアスペリティの数がピークせん断強度に大きな影響を与えていることが確認できた。これより、削れる量の予測が、ピークせん断強度の予測に不可欠であると考えられる。

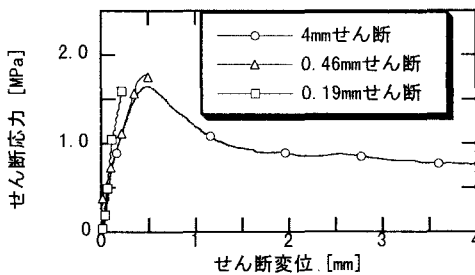


図3 ラフネスを有する面の一面せん断試験結果

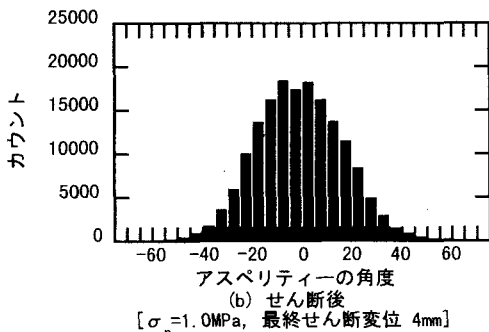
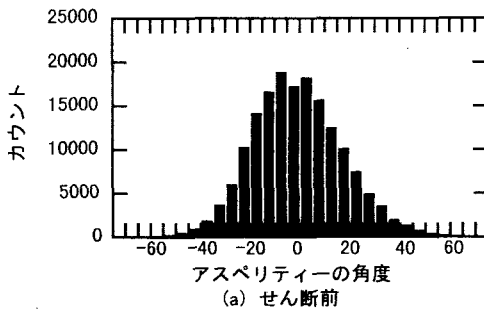


図4 アスペリティの傾斜角のヒストグラム

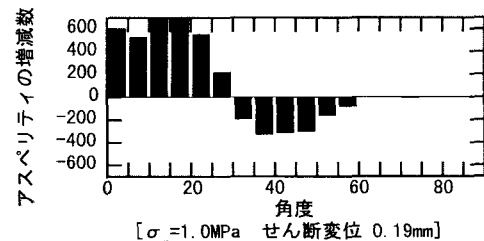
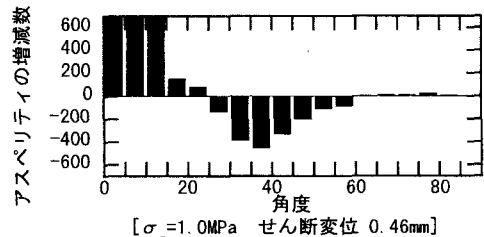
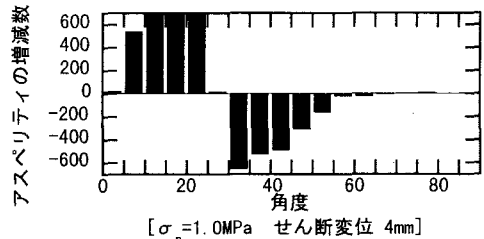


図5 アスペリティの増減数

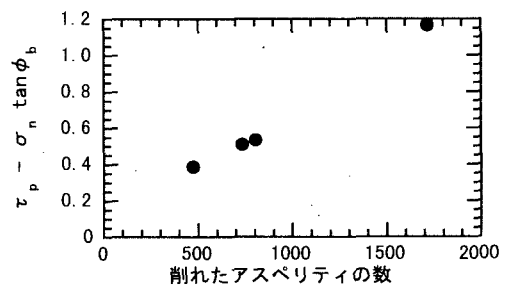


図6 削れたアスペリティの数とピークせん断強度の関係