

Ⅲ-A360

岩盤不連続面の接触状況を考慮したせん断強度特性

関西大学工学部 正会員 楠見 晴重

関西大学大学院 学生員 ○酒井 崇

関西大学工学部 正会員 西田 一彦

1. はじめに

岩盤の工学的特性には、岩石基質部の材料特性と不連続面の性質に分けられるが、硬岩では不連続面の性質が岩盤の強度を支配する重要な要素となる。本研究では、岩盤不連続面のせん断強度特性に関して、不連続面間の接触状況に注目し、不連続面の形状計測結果から噛み合わせ状況を定量化することを試みた。そして、不連続面間の接触状況を考慮したせん断強度式を提案した。

2. 供試体および不連続面形状計測方法

本研究には、稲田花崗岩・和泉砂岩を用いた。それぞれ、直径 50 mm、高さ 100 mm の円柱状に整形し、割裂によって人工的に不連続面を作成した。使用した供試体の本数は、稲田花崗岩（G1～G4）4 本、和泉砂岩（S1, S2）2 本である。不連続面形状計測システムは、図-1 に示すような X-Y 可動式ステージ（移動量±60 mm、移動精度±0.015 mm）、レーザー変位計（基準距離 40 mm、計測範囲±10 mm）およびデータリレー機から構成される。計測は、供試体をステージ上にセットし、パソコンによる自動制御でステージを移動させることによってレーザー変位計からアナログ出力されたデータをパソコンに取り込んでいる。レーザー変位計の測定間隔は 1.0 mm である。計測点数は 4851 点で、X 軸方向（せん断方向）99 本、Y 軸方向 49 本である。

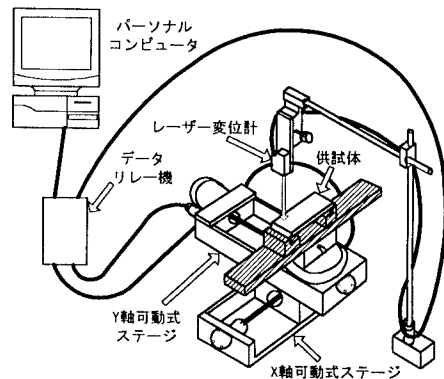


図-1 不連続面形状計測システム

3. 実験方法

本研究では、自然な岩石を使用しているため、完全に同一な不連続面形状の供試体を多数作製することは不可能である。このことから、供試体の不連続面形状をできるだけ変化させずに、1 つの供試体から破壊包絡線を求めるため、垂直応力の低い方から順にせん断試験を行った。垂直応力の範囲は、稲田花崗岩 0.4～3.0MPa、和泉砂岩 0.2～2.0MPa とした。また、各せん断試験後の JRC 値は、せん断試験前の JRC 値の±1 の範囲に入っており、せん断試験による不連続面形状の変化は小さいと考えられる。せん断試験は、垂直応力一定、せん断速度 0.2 mm/min. でせん断変位が 5 mm に達するまで行った。また、不連続面の形状計測は、せん断試験前および各せん断試験後に行った。

4. 不連続面間接触の評価手法

不連続面形状計測システムにより測定した供試体不連続面における凹凸の基準線からの座標を基にして、不連続面の接触状況の定量化を行った。その定量化手法を以下に示す。

供試体不連続面の片面を A 面、もう一方の面を B 面とし、凹凸の基準線からの座標をそれぞれ a_{ij}, b_{ij} ($i=1 \sim 49, j=1 \sim 99$) とする。式(1)に示すように a_{ij} と b_{ij} を加えたものを c_{ij} とし、 c_{ij} の最大値を $c_{\max}$ とする。 $c_{\max}$ は両不連続面が最初に接触する点とみなせる。

$$c_{ij} = a_{ij} + b_{ij} \cdots \cdots (1)$$

岩盤不連続面、噛み合わせ、せん断強度式

〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 TEL 06-368-0837

式(2)に示すように $c_{\max}$ から c_{ij} を除した値が不連続面の開口幅 e_{ij} となる。

$$e_{ij} = c_{\max} - c_{ij} \cdots \cdots (2)$$

開口幅 e_{ij} のせん断方向における平均値を e_{si} とし、その最小値を $e_{s\min}$ とする。この $e_{s\min}$ は、最も接触している測線とみなせる。式(3)に示すように、せん断方向の最小値 $e_{s\min}$ を全開口幅の平均値 e_{ave} で割ったものを噛合わせ係数 k ($0 < k \leq 1.0$) とした。

$$k = \frac{e_{s\min}}{e_{ave}} \cdots \cdots (3)$$

図-2、図-3 は、それぞれ G3 供試体、S1 供試体のせん断試験前における開口幅 e_{ij} の度数分布を示している。G3 供試体の開口幅分布形状は、ほぼ正規分布となっている。S1 供試体においては、大きなピークは存在せず、なだらかな分布形状を示す。この G3、S1 供試体の噛合わせ係数 k は、それぞれ 0.64、0.36 となり、開口幅の度数分布形状が正規分布で、標準偏差が小さいほど大きな値をとる傾向がある。

5. 実験結果および考察

修正した Ladanyi 式は、石膏供試体を使用した実験によって $\dot{\nu}_p$ 、 α_s というパラメータを修正したものであるが¹⁾、完全に噛み合った石膏供試体を使用しているため、不連続面の噛合わせの要素を考慮していない。そこで、本研究では、修正した Ladanyi 式の不連続面の粗さ角 i_0 に噛合わせ係数 k を乗じることによって噛合わせの要素を考慮した式を提案した。この式を提案式とする。図-4、図-5 は、それぞれ G3、S1 供試体における修正した Ladanyi 式および提案式の計算曲線と実験値を比較したものである。これらの図より、修正した Ladanyi 式については、垂直応力が 1.0MPa あたりまで計算曲線と実験値は一致しているが、垂直応力 1.0MPa 以上では、実験値の方が計算値よりもやや小さい値を示している。提案式については、噛合わせの要素を加味したことによって、計算値と実験値はよく一致している。これより、修正した Ladanyi 式に、ここで提案した噛合わせ係数 k を考慮することによって、完全に噛み合っていない岩盤不連続面の最大せん断強度を精度よく表すことができた。

参考文献

- 1) 楠見晴重・寺岡克己・谷口敬一郎：不規則な岩盤不連続面におけるせん断強度の定式化に関する研究，土木学会論文集 No.499/Ⅲ-28，pp.13～21，1994.9

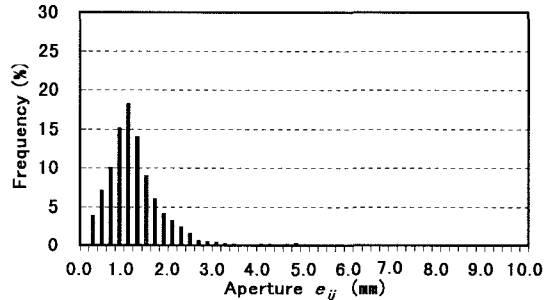


図-2 開口幅の度数分布 (G3 供試体，せん断前)

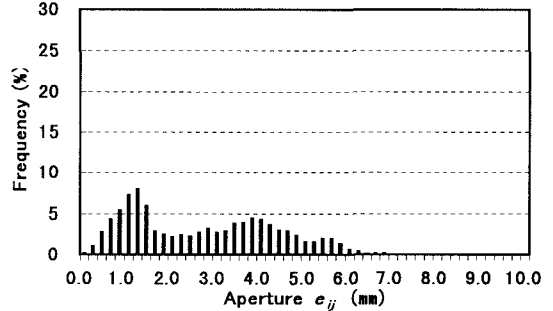


図-3 開口幅の度数分布 (S1 供試体，せん断前)

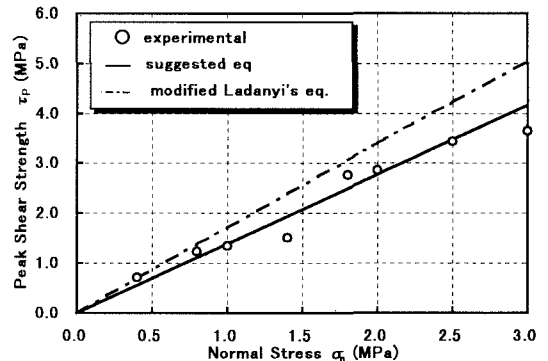


図-4 G3 供試体の計算値と実験値の比較

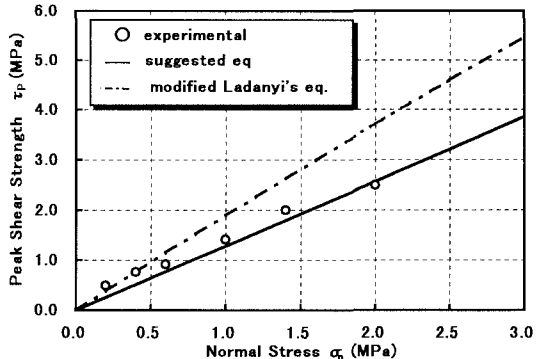


図-5 S1 供試体の計算値と実験値の比較