

III-259 岩盤不連続面粗さとせん断特性に関する実験的研究(その2)

埼玉大学 正員 吉中 龍之進 吉田 淳 本山 憲一
 (株)熊谷組 正員 清水 昭男 新井 元○ 蟻坂 俊英

1. はじめに

著者らは、不連続面粗さとせん断特性の関係を解明するために、様々なモデル実験を行ってきた。前回(文献1))は、花崗岩供試体を用いた実験結果から、この関係について検討した。今回は、凝灰岩供試体(大谷石)を用いて同様の実験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験供試体

実験供試体には、多孔質凝灰岩である「大谷石」を用いた。大谷石は、図1に示すように80cm×30cm×15cmのサイズに加工し、前回の花崗岩供試体と同様に、あらかじめ決めたラインに沿って「割り矢」と呼ばれるのみを打ち込み2つに分割し、人工的に作成した割裂面を不連続面として使用した。

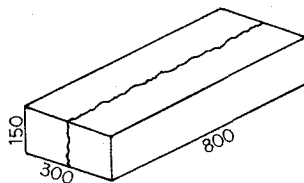


図1 実験供試体形状

3. 一面せん断試験

せん断試験は、図2に示すように不連続面の垂直応力 σ_n が一定のまま、せん断応力 τ が増加していくように調整しながら、残留状態になるまで行った。垂直応力は、 $\sigma_n = 1, 2, 3 \text{ kgf/cm}^2$ の3ケースである。

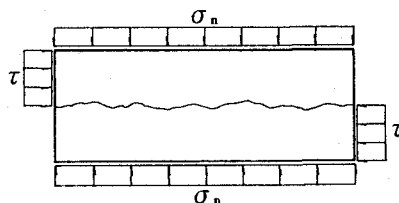


図2 荷荷方法

図3は、大谷石供試体のせん断応力～せん断変位曲線の一例である。いずれのケースでもピーク強度発生以前に、せん断剛性低下傾向を示しながら、ピーク強度に達し、その後は徐々に軟化しながら残留強度に近づいている。これは、母材強度が小さい場合、不連続面の凹凸(asperities)の変形が大きいことに起因するものであり、この傾向は過去の事例³⁾と一致する。

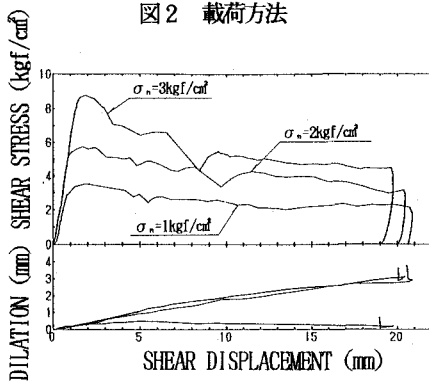


図3 せん断応力～せん断変位曲線(大谷石)

4. 表面粗さの計測

不連続面の表面粗さとせん断特性との関係を調べるために、大谷石の割裂面の表面粗さを計測した。測定方法は、従来の型取りゲージによる方法およびレーザー式変位計システム(詳細については、文献1)参照)による方法の2種類で行った。

図4は、大谷石供試体の割裂面上の Profile line を2つの方法で計測した結果である。計測した2種類のラインは、全体としてほぼ同じような凹凸形状を示しており、計測精度および計測の容易さからレーザー式変位計システムの有効性が確認できた。図5は、大谷石供試体($\sigma_n = 3 \text{ kgf/cm}^2$)のせん断試験の前後における表面粗さを比較したものである。この図から、せん断前に見られた粗さ角の大きい凹凸が局部的に削れていることが良く分かる。

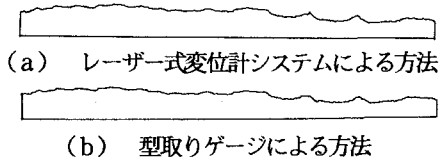


図4 大谷石供試体割裂面の断面形状

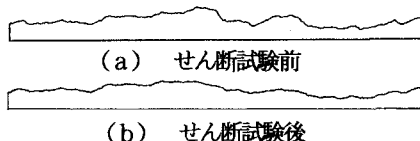


図5 せん断に伴う断面形状の変化(大谷石)

5. 不連続面粗さとせん断特性

表面粗さから、ダイレクションを推定するために、Rengers(1970)の提案した粗さ角分布を求める。^{2) 4)}

図6は、花崗岩供試体および大谷石供試体の粗さ角分布を示したものである。粗さ角の分布幅を比べると、明らかに大谷石供試体の割裂面の表面形状が、花崗岩供試体に比べて粗いことが分かる。図6の点線で示した曲線は、各基底長での勾配の3σ(標準偏差)であり、この値が粗さ角の最大値を示していると考えられ、この曲線からダイレクションが推定できる。

せん断応力τとダイレクションの間には、

$$\tau = \sigma_n \tan(\phi + \Delta i) \quad (1)$$

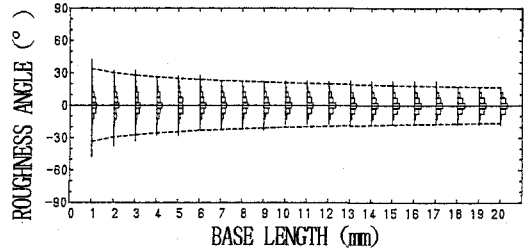
の関係があるので、この式からせん断応力～せん断変位関係が推定できる。ここで、φは平坦面の摩擦角、Δiはダイレクション曲線の接線勾配である。供試体のせん断変形は、粗さの乗り上げと破断が複合して生じることから、実際のダイレクションは式(1)においてΔi=3σと仮定した値より小さくなる。

図7は、ダイレクションが実験値と一致するように粗さ角を低減させた時の、せん断応力～せん断変位関係を示したものである。図中の○印は推定値、実線は実験値である。ここで、せん断強度に対して生じた実験値と推定値の差分は、表面粗さの凹凸の破壊成分であると考えられる。この図より、花崗岩供試体における破壊成分はごく僅かであるが、大谷石供試体ではそれがせん断強度に占める割合が大きい。

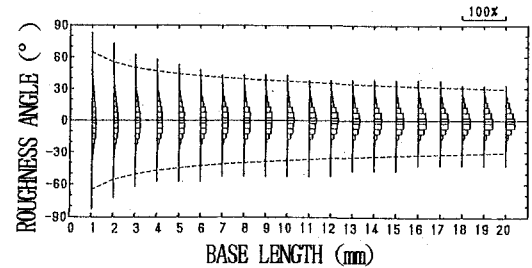
これは、母材の違いにより不連続面の破壊形態が、異なるためであると考えられる。

参考文献

- 1) 吉中, 吉田, 清水, 新井, 蟻坂: 岩盤不連続面粗さとせん断特性に関する実験的研究 土木学会第45回年次学術講演会講演概要集(Ⅲ) 1990.
- 2) 吉中, 吉田, 清水, 新井, 蟻坂: 岩盤不連続面の強度・変形特性の寸法効果に関する研究 第8回岩の力学国内シンポジウム講演論文集 1990.
- 3) 吉中, 腰塚, 清水, 新井, 蟻坂: 岩盤不連続面の強度特性について 土木学会第42回年次学術講演会講演概要集(Ⅲ) 1987.
- 4) Rengers, N. (1970): "Influence of Surface Roughness on the Friction Properties of Rock Planes." (Proc. 2nd Cong. I. S. R. M., Vol. I pp. 229-234)

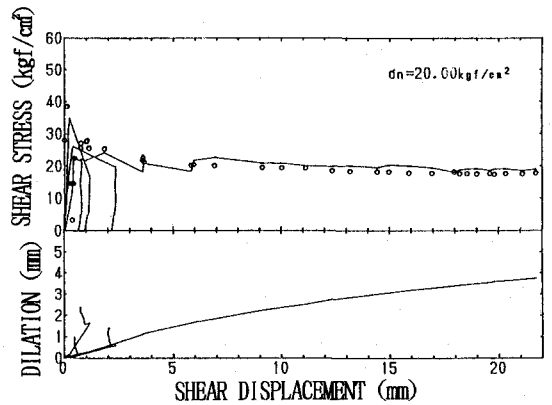


(a) 花崗岩供試体

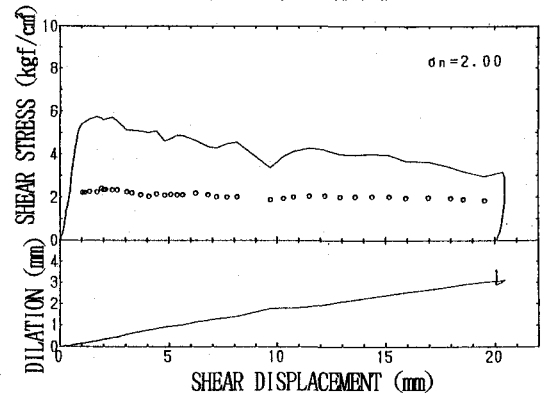


(b) 大谷石供試体

図6 粗さ角分布図



(a) 花崗岩供試体



(b) 大谷石供試体

図7 粗さ角分布から求めたせん断応力～せん断変位曲線