

不連続面を有する岩のせん断方向とせん断強度に関する研究

鳥取大学大学院 学○ 佐々木 康哲

鳥取大学工学部 学 北澤 建秀

鳥取大学工学部 正 藤村 尚

1. はじめに

岩盤不連続面のせん断特性は垂直拘束圧、不連続面の表面形状、不連続面の噛み合わせ等の要因に依存し、特に、不連続面の表面形状は不連続面のせん断特性に大きく影響すると考えられる。また、近年、不連続面のせん断方向によるせん断強度の違いが問われている。一般に、不連続面のせん断強度を求める場合、粗さを考慮した Barton の式がよく用いられるが、せん断方向の違いによる強度は表現できない。

そこで、本研究では、せん断方向によるせん断強度の違いを考慮し、直交する 4 方向から一面せん断試験を行う。また、表面形状の定量化を行い、岩のせん断強度との関係について調べた。

2. 供試体の作成方法及び実験方法

不連続面を有する岩を用い、グラウトで型取りし、型取りしたものからモルタルでレプリカ供試体を作製する。供試体の大きさは 100mm×100mm で、任意の 4 方向 S, N, W, E を定める。供試体の材料及び強度は表-1 に示す。表面形状の計測は、レーザー変位計で計測ピッチを 1mm で行う。一面せん断試験は、垂直拘束圧 0.1MPa で一定とし、せん断速度を 0.2mm/min でせん断変位を 8.0mm とする。

表-1 材料及び強度

材料	早強ポルトランドセメント	
	W:C:S=0.6:1:2 14 日強度	
	圧縮強度	引張強度
強度 (MPa)	16.30	2.03

3. 不連続面の表面形状の定量化手法

せん断方向の違いがせん断強度に反映される事を考慮するためには、不連続面の表面形状を面で捉える必要がある。本研究では、一面せん断試験を行った際に、せん断に抵抗する面の面積とその面が持つ角度を考慮し不連続面の表面形状の定量化を行う。表面形状を大きな形状変化と小さな凹凸によって構成されるものとし、それぞれを指標 S, L'' で表現する。 S, L'' を総合的に評価し、せん断方向の違いがせん断強度に反映されるように表面形状を定量化したものを、不連続面の表面粗度 R とする。 S は 2 本の計測ライン ($x_{i,j}, x_{i,j+1}$) から仮想ライン $x'_{(i)}$ と仮想ラインからメディアンをとり、等値線 $\mu_{x(j)}$ をつくり、 $\mu_{x(j)}$ を基準線とし、 $x'_{(i)}$ が $\mu_{x(j)}$ と交差して次に交差するまでの 1 山の変化とする。1 山の中で $\mu_{x(j)}$ から最も離れている点のデータ $x'_{(i)\max}$ と、 $x'_{(i)}$ と $\mu_{x(j)}$ が交差した点 x'_a を結びせん断方向に対して抵抗する面の面積 A と、結んで得られた角度 θ より定量化を行う (式 (1))。 L'' も S と同様に $x'_{(i)}$ と $\mu_{x(j)}$ を用い、1.0mm をせん断方向成分の間隔とし、1.0mm で得られる表面形状の変化とする。せん断方向成分に関して隣合うデータの点を結び得られたせん断方向に対して抵抗する面積 A' と、 A' の持つ角度 ϕ より定量化を行う (式 (2))。 R は S, L'' の和によってえられる (式 (3))。得られた結果を表-2 に示す。

表-2 各方向における S, L'', R

せん断方向	S	L''	R
S-N 方向	2.33	2.64	4.97
N-S 方向	1.40	2.02	3.42
W-E 方向	1.29	2.28	3.57
E-W 方向	1.18	2.41	3.59

$$S = A \times \theta \quad (1)$$

$$L'' = A' \times \phi \quad (2)$$

$$R = S + L'' \quad (3)$$

4. 結果及び考察

一面せん断試験の結果を図-1、図-2 に示す。表-2 からそれぞれ 4 方向で異なる値が得られ、方向によって表面粗度が違うことがわかる。不連続面の表面粗度 R について、S-N 方向の値が最も大きく、W-E 方向と E-W 方向がほぼ等しい値となっており、N-S 方向が最も小さい値となった。これより、最も S-N 方向がせん断する際、抵抗となるような表面粗度を有しており、N-S 方向は抵抗となるような表面粗度が小さく、E-W、W-E 方向はその中間の粗度をほぼ等しく有している。また、せん断試験の結果との相関図（図-3、図-4）から、残留強度と垂直変位は不連続面の表面粗度 R と高い相関を見ることが出来た。ピーク強度に関しては、 R との相関を見ることが出来なかった。上記より、不連続面を有する岩のせん断強度について、表面形状を要因として考える際に、せん断方向を考慮する必要があると考えられる。

5. まとめ

- 1) 直交する 4 方向からの一面せん断試験を行った。結果から、せん断強度と垂直変位の値にはそれぞれ変化が見られた。
- 2) 大きな形状変化 S と小さな凹凸 L'' を総合的に評価し、せん断方向の違いがせん断強度に反映されるような不連続面の表面粗度 R を提案した。
- 3) 岩のせん断残留強度と垂直変位は、不連続面の表面粗度 R の影響を受けることが分かった。
- 4) 岩のせん断ピーク強度に関しては、不連続面の表面粗度 R との相関性が見られず、不連続面の表面粗度 R ではピーク強度の把握が出来なかった。

<参考文献>

- 1) 日本材料学会：岩の力学 基礎から応用まで 丸善株式会社 p. 448, pp. 467～470
- 2) 岩の力学連合会、大西有三他：岩の力学 98'、岩の力学連合会 pp. 397～399

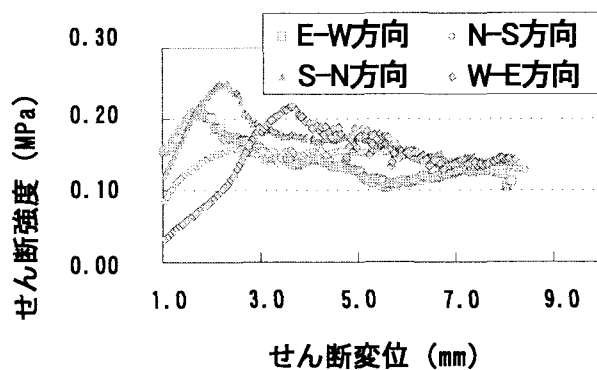


図-1 せん断強度-せん断変位図

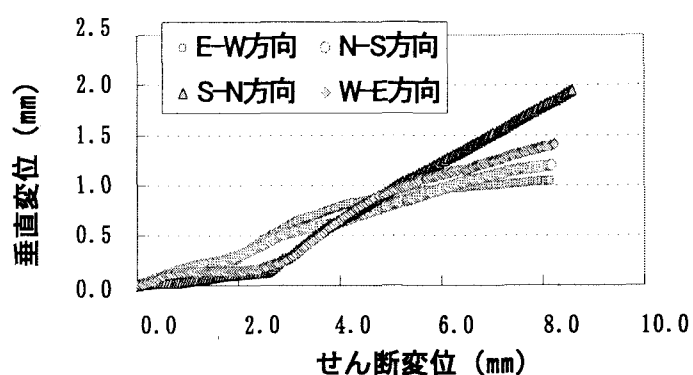


図-2 垂直変位-せん断変位図

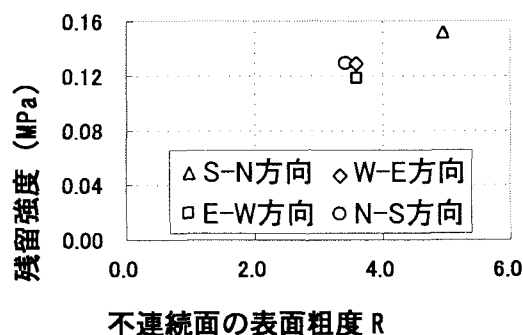


図-3 残留強度と R の相関図

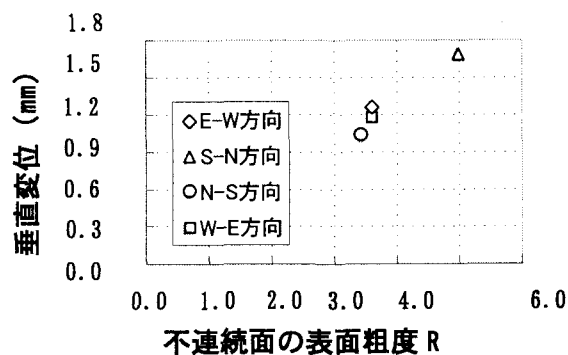


図-4 垂直変位と R の相関図