

岩盤不連続面の粗度とせん断特性に関する研究

(元) 鳥取大学大学院

佐々木 康哲

鳥取大学大学院

学生会員

○田村 祐樹

鳥取大学工学部

フェロー会員

藤村 尚

1. はじめに

一般に不連続面の表面形状を表す指標はBartonのJRCが挙げられる¹⁾。不連続面の表面形状からJRCを用い、せん断強度を推定するが、この表面形状は主観的なものである。

そこで、本研究では岩盤不連続面のせん断特性を把握するため、不連続面を有したレプリカ供試体の室内試験から、垂直拘束圧、材料強度、せん断方向をパラメータとして、不連続面を示し、併せてせん断強度式を検討する。

2. 供試体の作成および実験方法

本研究で用いた4種類の岩石試料から、モルタルのレプリカ供試体を作成した。このレプリカ供試体にはモルタルを用い、使用した材料および供試体の強度を表-1に示す。なお、供試体の大きさは供試体番号 No.1～No.3 が90×50(mm)、No.4 は100×100(mm)である。

表面形状の計測は、レーザー変位計とX-Y自動ステージで行なった。計測結果の一例を図-1に示す。計測ピッチは1.0(mm)である。一面せん断試験は、1)不連続面の表面形状の異なる試験、2)材料強度の異なる試験、3)垂直拘束圧一定の試験、4)せん断方向の異なる試験を行なった。せん断速度は0.2(mm/min)、せん断変位は8.0(mm)である。

3. 不連続面の粗さ評価方法

不連続面の表面形状とせん断強度の関係では、せん断方向が大きな要因となる。不連続面の表面形状を面で捉え、せん断に抵抗する面積と面の持つ角度を考慮した、仮想微小面を用いて強度との関係を調べる。ここでは、表面形状の大きな形状の変化のwave形状と小さな凹凸で構成される形状のroughness形状に同等の重みを持たせている。

roughness形状を、

$$r = \log(\theta + a') \quad (1)$$

表-1 供試体の性質

材料:早強ポルトランドセメント

	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)
W/C=40% 2週間強	55.47	4.58
W/C=60% 2週間強	36.44	2.48
W/C=40% 1週間強	55.72	3.93
W/C=50% 1週間強	24.56	2.56
W/C=60% 1週間強	16.3	2.03

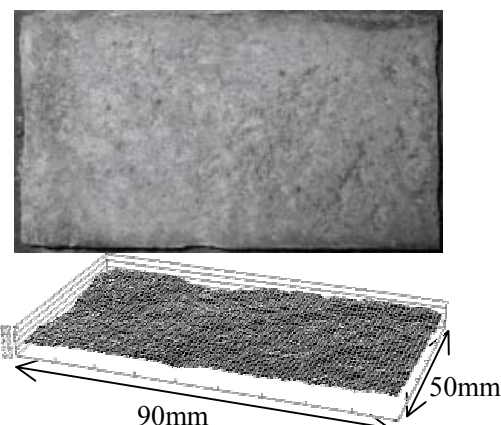


図-1 供試体 No.1 の粗さ計測

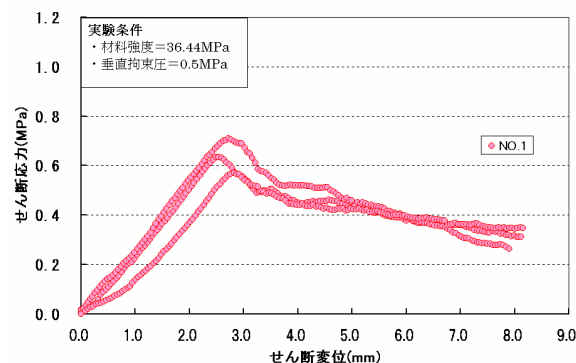


図-2 せん断強度－せん断変位図

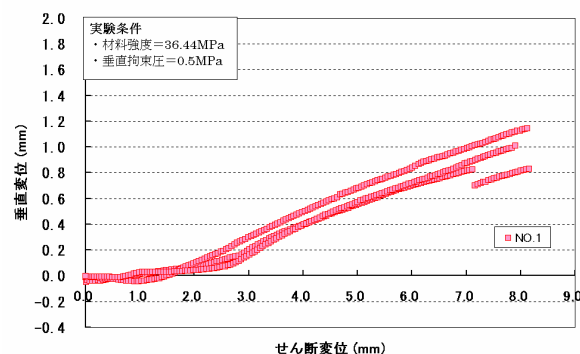


図-3 垂直変位－せん断変位図

キーワード 岩盤不連続面、粗度、岩のせん断強度

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4-101 鳥取大学工学部土木工学科 TEL.0857-31-5296

wave 形状を

$$R = \log(\theta' + A') \quad (2)$$

とした。この、 r および R をそれぞれ仮想微小面の総数で平均し、加えたものを不連続面の表面形状を表す指標 S_G とした。よって S_G は次式で表すことができる。

$$S_G = \bar{R} + \bar{r} \quad (3)$$

また、せん断強度式を次式に示す。

$$\tau = \sigma \tan(\phi_i + 30^\circ) \quad (4)$$

ここで、 ϕ_i は Barton のせん断強度式 $\tau = \sigma \tan[(\phi + S_n) + d_n]$ に示される d_n を材料強度・垂直拘束圧と表面形状の関係から表される見かけの摩擦角とした。また、 σ は垂直拘束圧である。

4. 実験結果および考察

図-2、図-3 は、せん断強度－せん断変位図と、垂直変位－せん断変位図の一例である。また、表-2 は S_G 値を求めた結果である。図-4 は S_G とせん断強度の関係を示したもので、 S_G と実験におけるせん断強度は高い相関性があるといえる。さらに、せん断方向の異なる試験の結果を見ると、同様の表面形状を有する供試体でもせん断方向が異なるとせん断強度が異なるので、せん断強度について表面形状を定量化する場合、せん断方向を考慮し定量化する必要があるといえる。また (4) 式の見かけの摩擦角 ϕ_i を次式に求めた。

$$\phi_i = a \left(S_G + \frac{r}{S_G} \right)^b \log_{10} \left(\frac{\sigma_c}{\sigma} \right) \quad (5)$$

ここで σ_c は不連続面の圧縮強度を示す。本研究の実験結果より、 $a = 4.8$ 、 $b = 3.6$ となった。図-5 は (4) 式を用いて得られたせん断強度と実験より得られた結果との比較を示したものである。ただし、(5) 式の見かけの摩擦角 ϕ_i は垂直拘束圧 σ が 0 に近づくと無限大に発散する項を含むため、使用に当たっては材料強度 σ_c と垂直拘束圧の大きさを考慮する必要があるので今後の課題である。

5. まとめ

表面形状の異なる供試体に対しせん断試験を行った。その結果、表面形状の違いでせん断強度にも違いが見られた。また、不連続面の表面形状をせん断に抵抗する微小面の面積と角度を考慮することで、せん断方向も考慮に入れた表面形状を表す指標 S_G 値を示した。 S_G 値とせん断強度に良い相関が見られた。

参考文献

- 1) R・E・グッドマン、不連続性岩盤の地質工学、森北出版、1978
- 2) 日本材料学会編、岩の力学、丸善、1993

表-2 供試体の定量化結果

	S_G 値	R	r
NO.1	0.79	0.31	0.48
NO.2	0.73	0.35	0.38
NO.3	0.86	0.42	0.44

NO.4

	S_G 値	R	r
S-N	0.93	0.43	0.5
N-S	0.77	0.37	0.4
W-E	0.87	0.44	0.43
E-W	0.88	0.42	0.46

※NO.4 の S,N,W,E はせん断方向を表す

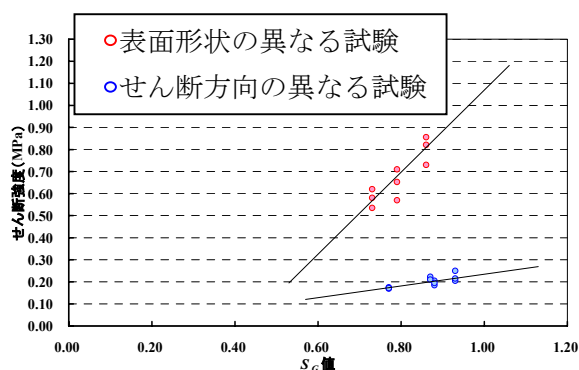


図-4 S_G 値とせん断強度の関係

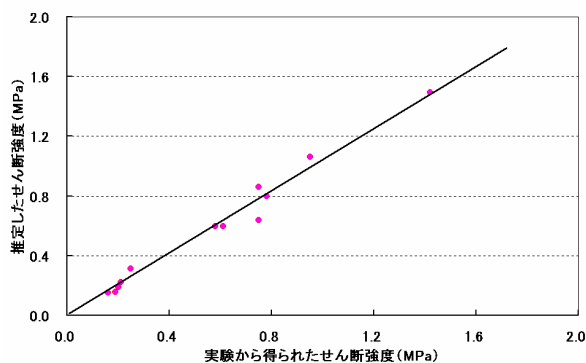


図-5 実験結果と (4) 式を用いたせん断強度の関係