

自然な岩盤不連続面の開口状況及び不連続面形状を考慮したせん断強度式の提案

関西大学大学院 学生員 杉野 友通
 関西大学工学部 正会員 楠見 晴重

1. はじめに

本研究は、開口した自然な岩盤不連続面のせん断強度特性を解明することを目的として、その特性に影響を及ぼす因子である開口部の空隙状況に注目したものである。空隙状況を定量的に評価する事により、不連続面形状と噛み合わせの影響を考慮したせん断強度式を提案する。

表-1 水セメント比の違いによる材料特性

水セメント比	30	50
一軸圧縮強度	49.94(MPa)	26.36(MPa)
粘着力	7.06(MPa)	5.61(MPa)
内部摩擦角	57.0 °	55.6 °

2. 使用した供試体

供試体には自然な岩盤不連続面をコア抜きした物を使用した。不連続面の形状は短径が 50mm、長径が 50～70mm である。ここで、同一形状の岩盤不連続面を数多く得ることは困難であるため、本研究では中硬岩程度の強度を有するスーパージェットセメントを用いて不連続面を複製した。また、強度の異なる供試体を作成するために、水セメント比 30 と 50 の二種類用意した。表-1 に諸物性値を示す。

3. 実験方法

せん断試験は、変位制御で行った。供試体に作用させた垂直拘束圧は、0.2、0.5、1.0、2.0MPa の 4 段階、せん断速度 0.1mm/min、せん断試験はせん断変位が 5.0mm に達するまで行った。

4. 不連続面の開口状況の定量化

図-1 のように、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} 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} は両面を合わせたときに、両不連続面が最初に接触する点とみなせる。式(1)より、不連続面の各点における開口幅 e_{ij} は式(2)のように表される。不連続面の開口幅 e_{ij} うち最も大きい開口幅を e_{max} 、平均したものを e_{ave} とすると、不連続面の開口状況を定量化する係数として、式(3)に示すような γ を提案した。ここで、A は不連続面の見かけの面積である。

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

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

$$\gamma = \frac{\sum e_{ij}}{e_{max} \times A} = \frac{e_{ave} \times A}{e_{max} \times A} = \frac{e_{ave}}{e_{max}} \quad (3)$$

ただし、(0 < γ < 1.0) である。

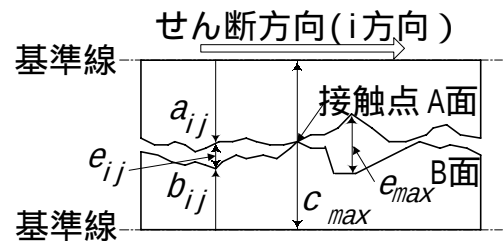


図-1 A面とB面の開口状況（横断面図）

5. 破壊包絡線

図-2 は JRC の影響を排除した破壊包絡線を示したグラフである。 γ が小さいほどせん断強度は大きくなっている事がわかる。また、材料強度の違いによるせん断強度の差も、 γ が小さくなるほど強度の差が現れる傾向が見られた。次に、図-3 に $\gamma = 0.3$ における破壊包絡のグラフを示す。ここでは、JRC が大きいほどせん断強度が高く、材料強度の影響も強く現れる様子が確認された。また、すべての破壊包絡線について非線形な挙動を呈していることが認められるため、これらを式(4)に示す双曲線で近似させた。ここで、式(5)、(6)より、 $1/a$ は破壊包絡線の初期接線係数、 $1/b$ はその漸近線を示している。

キ - ワ - ド : 岩盤不連続面, 開口状況, せん断強度式, 破壊包絡線, JRC

〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 TEL, FAX 06-6368-0837

$$\tau_p = \frac{\sigma_n}{a + b \cdot \sigma_n} \quad (4)$$

$$\left(\frac{d\tau_p}{d\sigma_n} \right)_{(\sigma_n=0)} = \frac{1}{a} \quad (5)$$

$$\lim_{\sigma_n \rightarrow \infty} \tau_p = \frac{1}{b} \quad (6)$$

6. せん断強度式の提案

a 値については先に報告¹⁾の通り、(7)式のように定義できる事が確認されている。図-4 は JRC 9 をパラメーターとしたときの γ と $1/a$ の関係を示したものである。図-4 より、材料強度が異なる供試体においても(7)式が適用できる事が確認された。ここで、切片($1/a$) $\gamma = 0$ は完全に密接した不連続面の初期接線係数であり、Barton の提案式、または、実験値より算出することが可能である。

$$\frac{1}{a} = -1.68\gamma + \left(\frac{1}{a} \right)_{\gamma=0} \quad (7)$$

図-5 は JRC に $\sqrt{1-\gamma}$ を乗じた値と b 値の関係を示したグラフである。ここで、供試体がもつ粗さ(JRC)をその空隙状況(γ)の影響により減少させることを考えた。その結果、 $JRC \sqrt{1-\gamma}$ が b 値と最も良い相関関係を示す事を発見した。また、水セメント比による傾きの違いが、材料強度を示す指標であることがわかる。ここで、アスペリティーの破壊は、微少なインタクトのせん断破壊であると考えられる。そこで、この傾きを粘着力 c により表現することを考え、傾きを $0.064 \times c$ と表す事ができた。以上より、b 値と表面形状特性、材料強度の関係が(8)式のように定義できる。

$$\frac{1}{b} = 0.064 \times c \times JRC \sqrt{1-\gamma} \quad (8)$$

7. まとめ

一軸圧縮強度の異なる2種類の供試体を作成し、岩盤不連続面のせん断試験を行った。その結果、材料強度と空隙状況を示す γ 、粗さを示す JRC との関係から、せん断挙動特性が明らかになった。また、JRC と γ を組み合わせた指数を用いる事により、表面形状特性と b 値との相関関係を示す事ができた。以上より、自然な岩盤不連続面のせん断強度式を JRC と γ 、そして、岩石の強度である粘着力を用いて表す事ができた。

参考文献

1) 楠見晴重, 杉野友通, 山田良介, 中村均史: 開口状況の定量化による岩盤不連続面のせん断強度式, 土木学会第56回年次学術講演会, 111-A270, 2001.

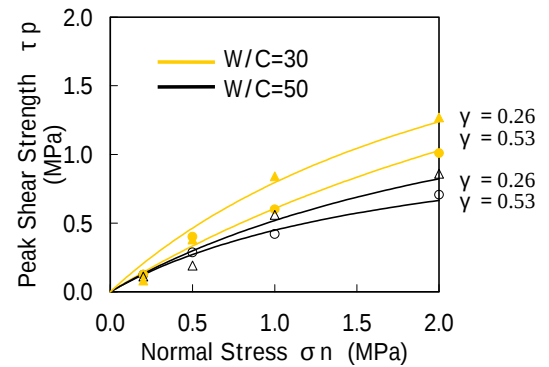


図-2 JRC 8における破壊包絡線

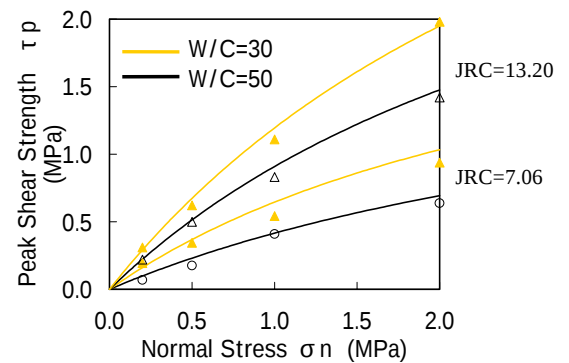


図-3 $\gamma = 0.3$ における破壊包絡線

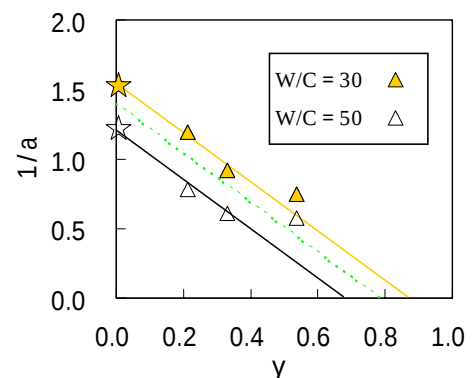


図-4 JRC 9における γ と a 値の関係

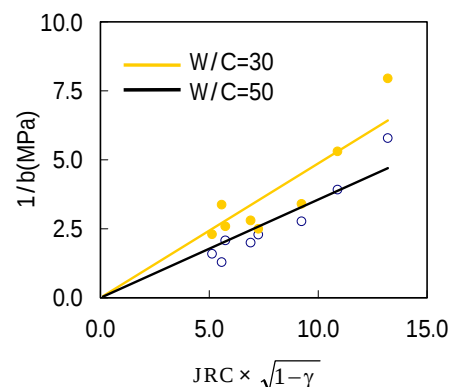


図-5 表面形状特性と b 値の関係