

関西大学大学院	学生員	○山田 亮介
関西大学工学部	正会員	楠見 晴重
(株) 関西土木技術センター	正会員	中村 均史
関西大学工学部	正会員	西田 一彦

1. はじめに

自然な岩盤不連続面のせん断特性に影響を及ぼす因子としては、材料強度、表面粗さ、開口状況など挙げられるが、不連続面の空隙がせん断強度に及ぼす影響に関しては未解明な点が多く残されている。本研究は、自然な単一不連続面を有する供試体を用いて不連続面を構成する両面の形状計測から、不連続面の空隙を定量的に表す指標を提案し、その指標と不連続面のせん断特性との関係について検討した。

2. 供試体及び不連続面形状計測方法

本研究には、宮津花崗岩 (MG1～MG6)6 本、ひん岩 (P1～P3)3 本、ジェットセメント (J1～J12)12 本を供試体として用いた。ジェットセメント供試体の作製方法としては、自然な岩盤不連続面を有する岩石からウレタン樹脂により型枠を作製し、ジェットセメント、水を 1:0.4 で配合したものを流し込み、不連続面がほぼ中央に来るように長さ 100 mm に整形した。表-1 は宮津花崗岩、ひん岩、ジェットセメントの緒特性を示したものであり、供試体は図-1 に示すようにコア軸に対する傾き θ (°) を考慮して、不連続面がせん断方向と水平になるようジェットセメントを用いてせん断箱に収めた。不連続面の形状計測システムは先に報告¹⁾ したものと同様である。

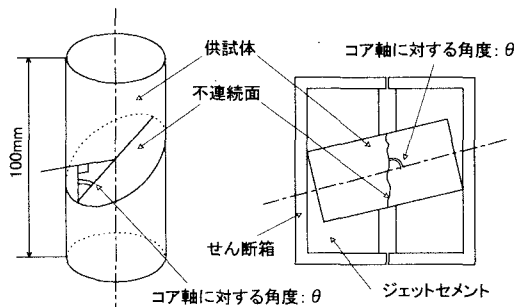


図-1 作製した供試体

表-1 供試体の諸特性

供試体種類	単位体積重量 (KN/mm)	一軸圧縮強度 (MPa)
宮津花崗岩 :MG	26.50	70.26
ひん岩 :P	25.81	42.01
ジェットセメント:J	17.78	40.02

3. 実験方法

せん断試験は変位制御で行い、せん断・垂直応力はサーボコントロール方式で制御されている。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 まで行った。

4. 不連続面間における開口部の空隙状況の定量化

図-2 に示すように、供試体の片面を 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} は両不連続面が最初に接触する点とみなせる。

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

これより、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。

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

不連続面間における開口幅 e_{ij} うち最も大きい開口幅を e_{max} とすると、不連続面の開口状況を表す指標として、式(3)に示すよ

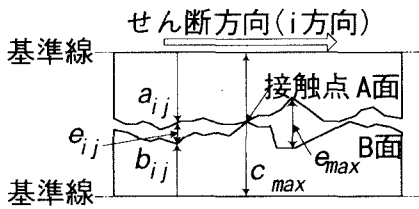


図-2 A 面と B 面の開口状況(横断面図)

うな γ を提案した。ここで、 A は不連続面の面積である。

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

ただし、 $0 \leq \gamma < 1.0$ とする。

5. 破壊包絡線

図-3は $JRC \cong 9$ において、 γ をパラメータとしたときの各供試体の破壊包絡線を示したものである。この図より、 γ が減少するにつれて破壊包絡線は大きくなっている。つまり、開口部の空隙の割合が小さくなると、せん断強度は大きくなる傾向が見られた。また、これらの $(\sigma_n/\sigma_c) - (\tau_p/\sigma_c)$ 曲線は次式に示す双曲線として近似させた。ここで、 σ_c は供試体のインタクト部の一軸圧縮強度である。また、式(5)、(6)より、 $1/a$ は破壊包絡線の初期接線係数、 $1/b$ はその漸近線となる。

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

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

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

6. 実験結果および考察

図-4は JRC をパラメータとしたときの γ と $1/a$ の関係を示したものである。この図より、 JRC が異なっても γ が増加すると $1/a$ は減少し、その関係は一次的である。これより $1/a$ と γ は次式のように示すことができる。

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

図-5は JRC と式(7)の m との関係を示したものであり、 JRC が6~16の範囲において、 m と JRC は直線的な増加傾向を示し、これらの関係は式(8)のように表される。

$$m = 0.22JRC + 0.74 \quad (8)$$

以上のことから、開口した岩盤不連続面のせん断強度は、空隙状況を表す指標 γ 、 JRC を考慮した双曲線として表すことが可能であると認められた。

6. まとめ

本研究では、不連続面の開口状況に着目し、開口部の空隙状況を表すパラメータ γ を算出した。さらに、双曲線の初期接線係数は、 γ 、 JRC と強い相関性を示し最大せん断強度は、 JRC と γ の関数として表現することができた。今後はさらに実験を進め、式(4)の妥当性について検討するとともにパラメータ b の工学特性について検討する予定である。

参考文献

- 1) 楠見晴重, 酒井崇, 西田一彦, 中村均史: 岩盤不連続面の開口状況の定量的評価とそのせん断強度式への適用性, 土木学会論文集, No.631, pp.505-510, 1999.9

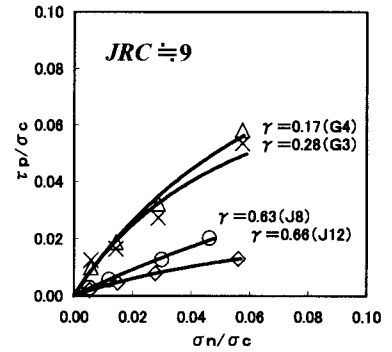


図-3 各供試体における破壊崩落線

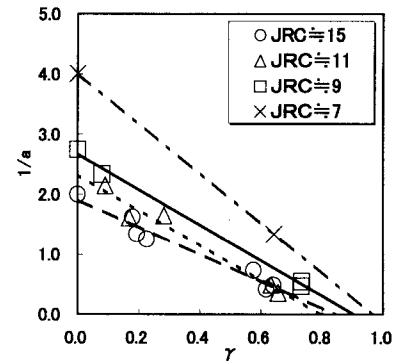


図-4 γ と JRC の関係

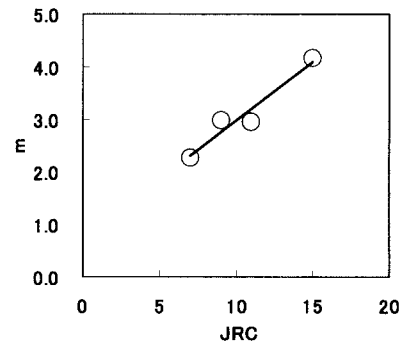


図-5 JRC と m の関係