

ラフネスの異方性を考慮した岩盤不連続面のせん断強度式

京都大学大学院
大阪工業大学
京都大学大学院
京都大学大学院
京都大学大学院

正会員
正会員
正会員
正会員
学生会員

矢野隆夫
青木一男
大西有三
大津宏康
○高木克実

1.はじめに

Barton and Choubey は不連続面の断面形状を 1 から10 までの基準化された断面に分類し、対象とする不連続面を平滑な不連続面から粗い不連続面へと0~20 までの *JRC* 値として表し、この値を不連続面の粗度を表す指標とした。そして、その *JRC* 値を用いて、垂直応力によるダイレイタンスーの変化やラフネスのせん断強度を考慮した、充填物がない不連続面に対する実験的なせん断強度式を提案している。しかし、Barton のせん断強度式の *JRC* 値はラフネスの異方性を定量的に評価していない。よって、本研究では著者らが提案したラフネスの異方性を表すパラメータ $Z_p^{(1)}$ を用いて、実験的に定量化したせん断強度式を提案する。

2.供試体および実験条件

本研究では、表面形状の違う 6 種類の供試体を用意し、各供試体に対して 4 方向、垂直応力 5 種類の一面せん断試験を行った。また、母岩の一軸圧縮強さが岩盤不連続面の強度・変形特性に及ぼす影響を調べるため、セメントに対するカオリンの重量含有比を0,50.0,100.0,200.0,300.0%とすることによって一軸圧縮強さを変化させた供試体を製作した（実験本数=366個）。

ラフネスの計測は供試体表面上をせん断方向、せん断方向に直交する方向の 2 方向についてそれぞれ格子状に 1.0mm 間隔で、最小スポット径0.1mm のレーザー変位計を搭載した装置を用いて不連続面の凹凸の計測を行った。

3. せん断強度式の定量化

Bartonらのせん断強度式と同様に、不連続面のせん断応力を平滑面供試体のせん断応力と、凹凸に起因するせん断応力に分類することができると仮定すると、ラフネスのみに起因するせん断応力 $D\tau_p$ は次式のように与えられる。

$$D\tau_p = \tau_p - \sigma_v \tan \phi_b$$

(1)

ここに、 σ_v は垂直応力であり、 ϕ_b は基本摩擦角である。

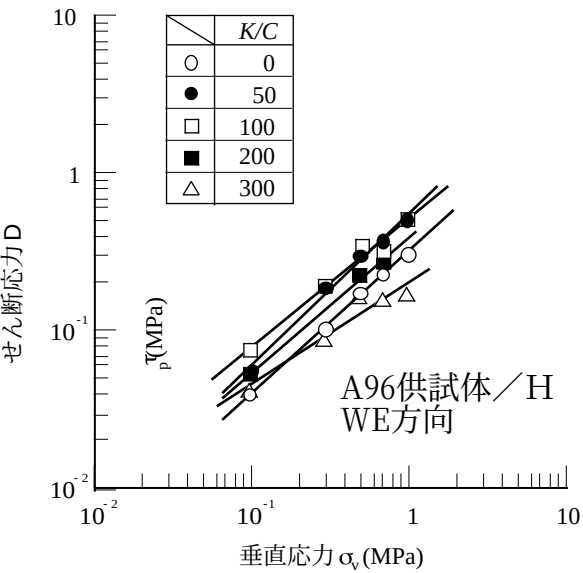


図-1 垂直応力 σ_v ～せん断応力 $D\tau_p$ 関係

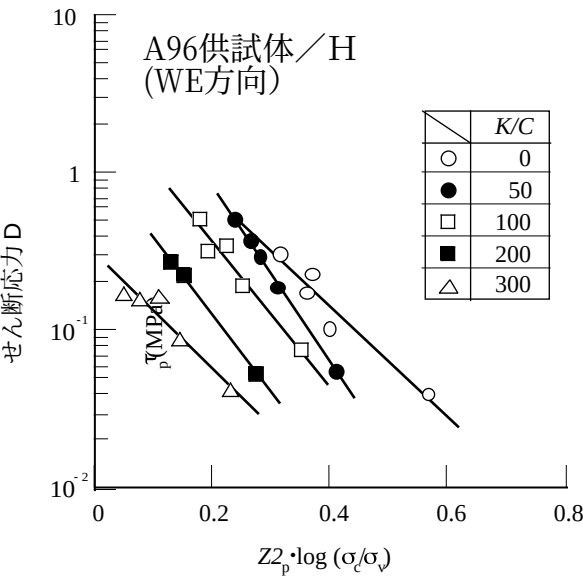


図-2 λ ～せん断応力 $D\tau_p$ 関係

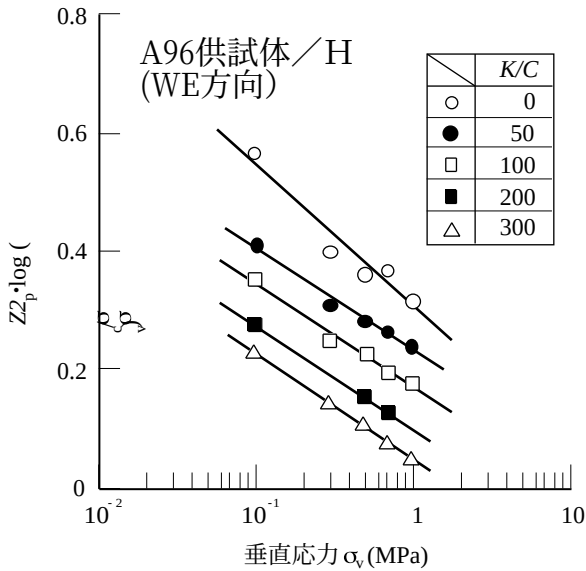


図-3 垂直応力 $\sigma_v \sim \lambda$ の関係

岩盤不連続面の強度・変形特性を決定する主な要因は、①その面のラフネス、②母岩強度、③基本摩擦角、④その面に作用する垂直応力であり、せん断応力は式(1)で定義できると仮定すると、③は除外できると考えられる。せん断過程において、残る①、②、④の要因は個々に発揮されるのではなく、複雑に関連して作用するものである。よって、せん断応力 $D\tau_p$ に寄与する値 λ を、①、④の要因を用いて以下のように定義する。

$$\lambda = Z Z_p \log \frac{\hat{\sigma}_{\tau_p}}{\hat{\sigma}_v} \quad (2)$$

以下、このせん断応力 $D\tau_p$ および λ を用いてせん断強度式を誘導する。

図-1に垂直応力 σ_v とせん断応力 $D\tau_p$ の関係を示す。この図より、垂直応力 σ_v とせん断応力 $D\tau_p$ には両対数グラフにおいて直線関係があることがわかる。

図-2に λ とせん断応力 $D\tau_p$ の関係を示す。この図からは、 λ とせん断応力 $D\tau_p$ には指数グラフにおいて直線関係があることがわかる。

図-3に垂直応力 σ_v と λ の関係を示す。この図からは、垂直応力 σ_v と λ には対数グラフにおいて直線関係があることがわかる。

以上の事柄は、垂直応力 σ_v とせん断応力 $D\tau_p$ および λ は三次元空間上で直線関係があることを示唆している。そこで、全供試体の垂直応力 σ_v とせん断応力 $D\tau_p$ および λ を三次元空間上で回帰を行ったところ、図-4のような結果が得られた。この回帰面の関係は次式のように表される。

$$\log D\tau_p = 0.678 \log \sigma_v + 0.904 \lambda - 0.691 \quad (3)$$

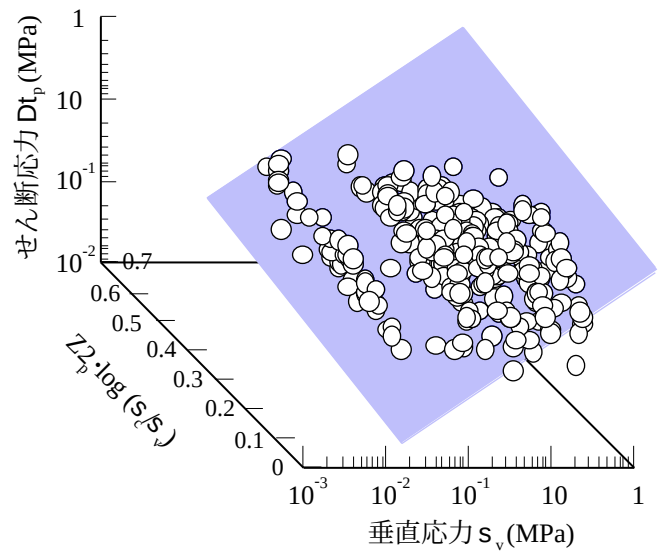


図-4 垂直応力 $\sigma_v \sim$ せん断応力 $D\tau_p \sim \lambda$ 関係

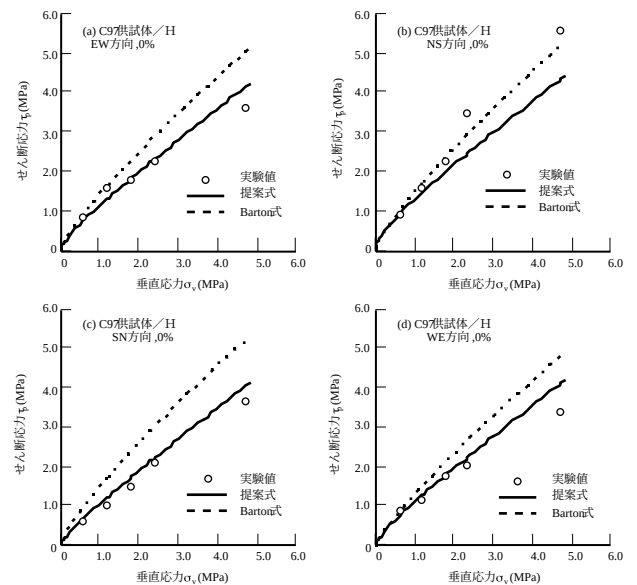


図-5 解析結果

4. 解析結果

図-5は実測値と解析値を比較したものである。図から明らかなように、図(b)のNS方向ではBarton式が良く一致しているが、他の三方向については本提案式の方が良く一致していることがわかる。

5. 結論

岩盤不連続面のせん断強度を求める場合はラフネスの異方性を考慮する必要がある、本提案式は有用な推定式であると考えられる。

参考文献

- 1) 大西有三, 大津宏康, 矢野隆夫, 橋村義人: 削れを考慮した岩盤不連続面のせん断挙動解析, 土木学会論文集, 第666号/III-53, pp.145~158, 2000.12