

III-234

岩盤不連続面の粗さとせん断特性に関する実験的研究

埼玉大学 吉中 龍之進

吉田 淳

榑熊谷組 清水 昭男

新井 元

蟻坂 俊英

1. はじめに

岩盤の変形特性を考える上で不連続面のせん断特性が重要であることはよく知られていることであり、FEMなどの数値解析においてもその導入が行われている。しかし、せん断応力-変位関係については明確な定義がなされていないのが現状である。本研究では花崗岩を用いた1面せん断試験を行い、不連続面粗さとせん断変位特性との関係のモデル化を提案している。

2. 1面せん断試験

実験に使用した供試体は茨城県笠間市産出の花崗岩で、不連続面は人工的に作成した割裂破壊面である。供試体せん断面積は 400cm^2 , 800cm^2 , 1600cm^2 の3タイプである。

載荷は一定垂直応力 σ_n のもとでピークせん断強度までを3回、ピーク後残留状態までを1回行い、各載荷ごとに供試体の噛み合わせをもとに戻している。(詳細については文献[1]を参照)

3. 不連続面粗さ(Roughness)の計測

不連続面のせん断特性に影響を与える要因として不連続面表面の粗さがある。そこで本研究では読み取りゲージを用いて表面粗さを計測し、せん断応力-変位関係との相関を調べた。(計測方法の詳細については文献[2]を参照)

計測された粗さからせん断変位におけるダイレイションを推定するためにRengers(1970)[3]の提案した粗さ角分布を求める。その方法は図1に見られるように基底長 L の変化による粗さ角 β の分布を求めるものである。図2は粗さ角分布の一例であり、各基底長について粗さ角は正規分布をなし基底長の増加と共に分布の集中度が増してゆく様子がわかる。

4. 粗さとせん断変位特性との関係

求められた粗さ角分布からせん断載荷時のダイレイション曲線を推定する。図3は図2の分布図において正勾配の 3σ (標準偏差の3倍)の点をプロットしたもので、これは粗さ角の最大値を示していると考えられる。供試体のせん断変形が粗さの乗り上げによるものとする、この図から図4のようにダイレイションが推定できる。図中の○印が推定値、実線が実験値である。このときせん断応力 τ とダイレイションの間には

$$\tau = \sigma_n \tan(\phi + \Delta i) \quad (1)$$

の関係があるのでこれから図5のようにせん断応力-変位関係が導ける。ここで ϕ は平坦面あるいは残留状態の摩擦角、 Δi はダイレイション曲線の接線勾配である。図5からも判るよう

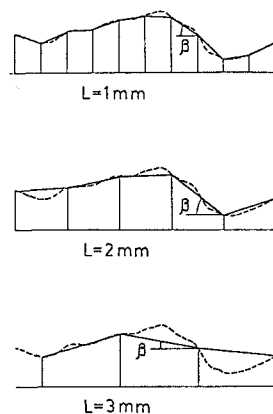
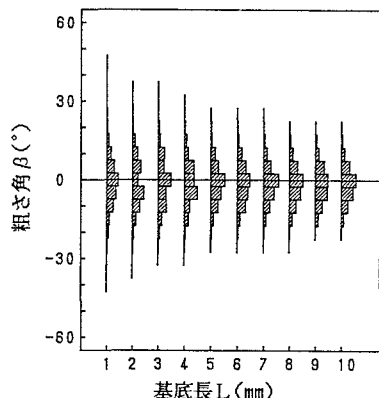
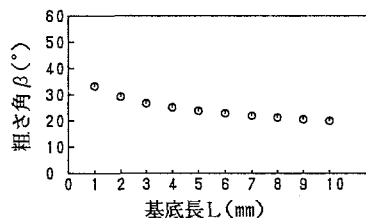
図1 基底長 L による粗さ角

図2 粗さ角分布図

図3 正断面の最大粗さ角(3σ)

に応力-変位関係はきわめてよく一致する。

図6はダイレイションが実験値と一致するように粗さ角を 2.332σ としたときの結果である。このときにはせん断応力-変位関係は低めの値を示す。この原因として、せん断強度における粗さの破断の影響が考えられる。すなわちせん断は 2.332σ 以上の粗さの破断とそれ以下の粗さの乗り上げによって起こるために、式(1)の右辺にその破断成分が付加されることになる。しかし最初の解析から、 Δi を最大粗さ角の 3σ とすることによってもせん断強度-変位関係を推定することができる。

5. せん断応力-変位関係のモデル化

不連続面のせん断応力-変位関係に影響を与える要因として垂直応力 σ_n 、せん断面積 A 、せん断履歴(回数)を考慮したモデルを図7に示す。

図7(a)はせん断面積の増加によるせん断強度の低下(寸法効果)とピークせん断変位の増加を示している。またピークおよび残留せん断強度は垂直応力の増加と比例関係にあるので縦軸はせん断応力を垂直応力で無次元化している。

図7(b)はせん断回数を増すごとにピーク強度が低下しピーク変位が増加する傾向を示している。このとき2回目以降のせん断ではピーク以後の急激な強度低下は起こらない。1回目の強度は割裂(引張り)破壊面の強度であり、実在する不連続面は2回目以降のせん断面に相当すると考えられる。

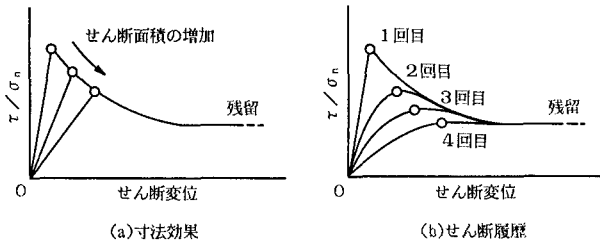


図7 せん断特性のモデル

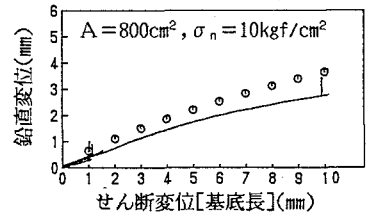


図4 ダイレイション曲線

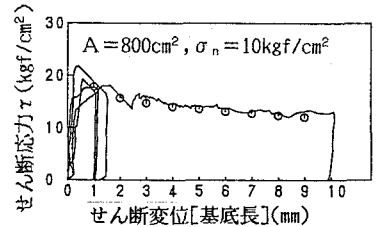


図5 せん断応力-変位関係

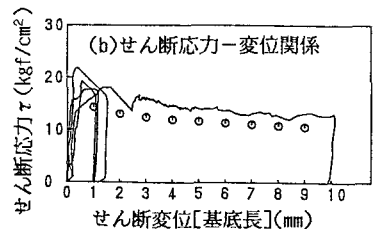
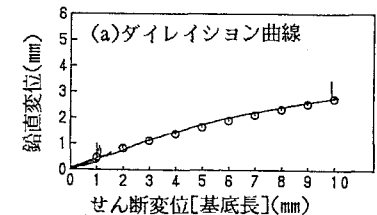


図6 せん断特性の推定値

6. 参考文献

- [1]吉中, 吉田, 清水, 新井, 蟻坂(1990): 節理面のせん断強度の寸法効果に関する実験的研究.(第22回岩盤力学に関するシンポジウム講演概要集, pp.211-215)
- [2]吉中, 吉田, 清水, 新井, 蟻坂(1990): 不連続面粗さと面の接触率による強度特性.(第22回岩盤力学に関するシンポジウム講演概要集, pp.206-210)
- [3]Rengers, N.(1970): "Influence of Surface Roughness on the Friction Properties of Rock Planes." (Proc. 2nd. Cong. I.S.R.M., Vol.1, pp.229-234)