

III-292

不規則形状の不連続面のダイレタンシー特性

関西大学工学部○楠見 晴重
 関西大学工学部 谷口敬一郎
 (株) サンヨー 寺岡 克己

1. まえがき

本論文は、BartonのJRC粗さ断面図を基に作製した、数種類の粗さが異なる不規則形状の不連続面に対して一面せん断試験を行い、不連続面の粗さの相違がダイレタンシー特性に与える影響について明らかにしようとした。また、ダイレタンシー特性に関して、不連続面の粗さを考慮にいたした実験式を提案し、その有効性を確認した。

2. 供試体および実験方法

実験に用いた供試体の不連続面部分の形状は、図-1に示すBartonのJRC粗さ断面図のうち、形状2:JRC値2~4、形状4:JRC値6~8、形状6:JRC値10~12、形状8:JRC値14~16、にそれぞれ対応する粗さ形状となっている。図-2は、形状8の供試体を示したものである。供試体は不連続面で上下に分離しており、その寸法は上下重ね合わせた状態で1辺50mmの立方体である。供試体の材料としては石膏を用い、その配合比は、石膏:細骨材:水を1:1:0.6の重量比とした。表-1は、この配合の石膏供試体の諸特性を示したものである。

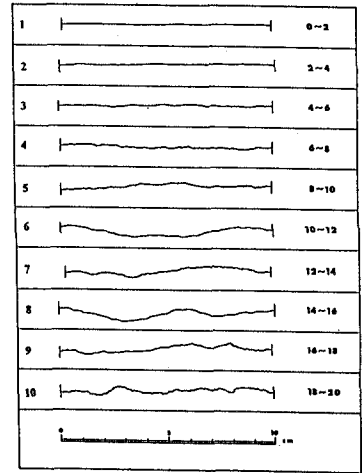


図-1 BartonのJRC粗さ断面図

実験はすべて一定垂直応力下において行い、作用させた垂直応力は0.2~16.0 MPaの範囲である。せん断荷重の載荷方法は変位制御とし、せん断変位速度は0.1mm/minとした。また、不連続面の断面形状の解析のため、一面せん断試験に先立って、すべての供試体の不連続面形状を測定した。測定にはレーザ式変位計を用い、測定間隔を0.5mmとし、1/100mmの精度で計測を行った。

3. 不連続面形状の定量化

不規則形状の不連続面の定量化に当たって、筆者らは図-3に示すサインカーブ状の不連続面を解析モデルとして、その最大傾斜角 i_{max} によって供試体の初期ダイレーション角、すなわち凹凸の初期傾斜角 i を求めようと試みた。解析の結果 i_{max} は近似的には式(1)によって表現できることがわかった。

$$i_{max} = i_{ave} + \sqrt{2 \cdot SDi} \dots (1)$$

ここで i_{ave} 、 SDi は、各々不連続面の横断面の高さデータより計算される平均角度および角度の標準偏差である。

式(1)を用いて形状2、4、6、8の各供試体の i_{max} を求めたところ、各々9.1°、13.3°、18.6°、22.2°となった。図-4は、一面せん断試験を行った結果得られた、各供試体のピーク強度点でのダイレタンシーの変化を示したものであり、この図においてダイレタンシーはダイレーション率 $\dot{v}$ (%)で表している。一面せん断試験にお

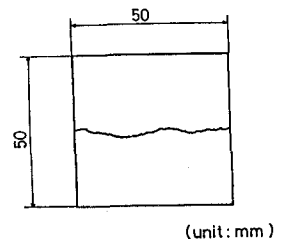


図-2 供試体側面図

表-1 石膏供試体の諸特性

単位体積重量 γ (kN/m ³)	一軸圧縮強度 σ_c (MPa)	引張り強度 σ_t (MPa)
15.8	18.0	2.94

いて、非常に低い垂直応力下のダイレタンシーは、不連続面上の凹凸間の滑り上がりによるものであり、凹凸の粗さおよびその角度を直接反映する値であると考えられる。図-4において最も低い $\sigma_n=0.2\text{MPa}$ 下のダイレーション率は、各供試体とも式(1)によって得られた $i_{\max}$ とほぼ一致している。このことから、式(1)によって供試体の初期ダイレーション率を求めること可能であり、また式(1)の $i_{\max}$ を i に置き換えた式(2)によって、不規則形状の不連続面の定量化を行うことが有効であると確認された。

$$i = i_{\text{ave}} + \sqrt{2} \cdot \text{SD} i \dots (2)$$

4. ダイレタンシー特性

図-4より、各供試体のダイレーション率は垂直応力の増加に伴い減少しており、この傾向は i 値が大きいものほど顕著である。また、各供試体ともある垂直応力以上では負のダイレタンシーを示している。筆者らは、このような傾向を表現するために、次に示す式(3)を用いた。

$$\dot{\nu} = \{1 - (\sigma_n / b \cdot \sigma_T)^a\} \cdot \tan i \dots (3)$$

ここで、 a : 不連続面の粗さの相違によって変化する係数

b : $(b \cdot \sigma_T)$ によって $\dot{\nu}=0$ となる垂直応力を定める係数

i : 式(2)によって求めた不連続面の初期傾斜角

図-5(a),(b)は、各供試体の $\dot{\nu}$ を最小二乗法を用いて式(3)に近似させた結果得られた係数 a 、 b の値を示したものである。図-5(a)より、 a 値の変化は i の増加に伴って減少する傾向を有しており、そこで a 値と i の関係を一次式によって近似させた結果、次式が得られた。

$$a = 0.45 - 5.1 \cdot 10^{-3} \cdot i \dots (4)$$

また図-5(b)より、 b 値は i の値に関係なくほぼ一定値をとるものと思われ、この石膏供試体では $b \approx 0.18$ となる。

図-6は、形状2および形状8の供試体に関して、式(2)によって i を求め、式(3)、(4)および $b=0.18$ を用いて求めた $\dot{\nu}$ の計算値と実測値とを比較したものである。この図よりいずれの供試体に関しても計算値と実測値とはよい一致を示している。

以上のことより、 i の相違によって著しく異なるピーク強度時のダイレタンシー特性を a 値を用いて表現できることが明かとなり、筆者らの提案した式(3)、(4)の有効性が確認された。

今後は、実際の岩石不連続部分に対する式(2)の適用性ならびに式(3)、(4)の有効性について検討し、そのダイレタンシー特性ならびにせん断強度特性について明らかにする必要があると思われる。

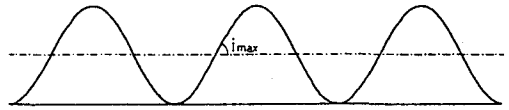


図-3 サインカーブ状解析モデル

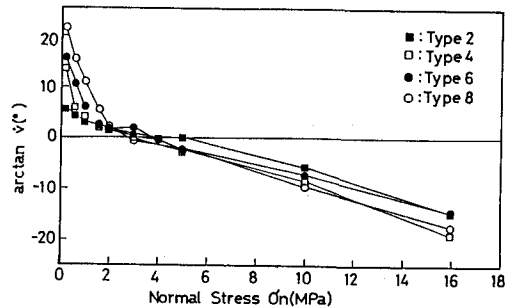


図-4 各供試体のダイレタンシー

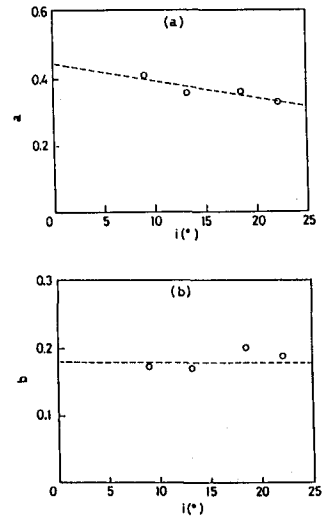


図-5 不連続面の初期傾斜角と係数 a 、 b の関係

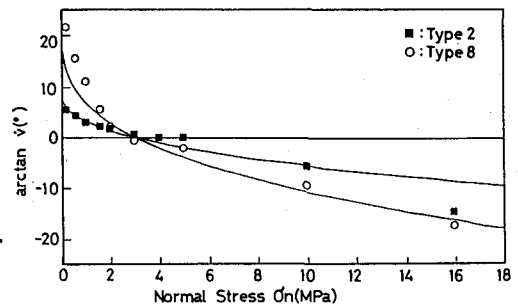


図-6 $\dot{\nu}$ の計算値と実測値の比較