

Ⅲ－3

岩石破壊面粗度のフラクタル解析

日本大学工学部 正会員 田野 久貴

日本大学工学部 学生会員 藤澤 英幸

日本大学工学部 学生会員 ○勝又 かおる

1. はじめに

現在、岩盤中に存在する不連続面の表面粗さを定量的に表現する方法として、BartonのJRC値をはじめ、粗さの勾配の自乗平均¹⁾、正勾配の平均、パワースペクトルの傾き²⁾などが提案されているが、本報告では圧裂引張破面の形状にフラクタル次元を適用して、その定量化を試みたものである。材料には均質な石膏と不均質材料である溶結凝灰岩（白河石）を用い比較を行った。

2. 測定方法及び解析方法

測定は、レーザー変位計、X-Yテーブル及び、パソコンをGP-IBにより接続しフロッピーディスクに記録する自動計測システムを構築した。試料は、白河産溶結凝灰岩及び、均質的な材料として石膏（水：石膏＝1：0.6）を用いた。供試体は、円柱（ $\phi 50 \times 40\text{mm}$ ）の圧裂引張試験により、破面を人工的に作った。測定領域は $25 \times 25\text{mm}$ である。測点は、 0.05mm 間隔501測点とし、 0.5mm 間隔で51ライン測定した（図-1参照）。計測した石膏と溶結凝灰岩の表面の凹凸の例を図-2に示す。

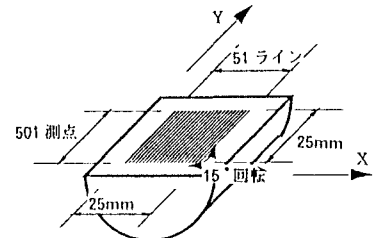
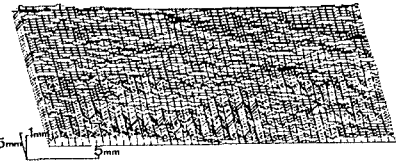


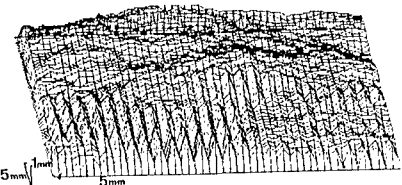
図-1 レーザー変位計による読み取りピッチ

解析は、ディバイダー法を用いた。そのフラクタル性の強さは相関係数の大きさを評価することが可能である。

レーザー変位計とXYテーブルの精度を含めた総合精度チェックの一つの方法として同一面の同一ヶ所を繰り返し測定して比較・検討を加えた。一つの試験片の同一方向について5回繰り返し測定してフラクタル解析を行った結果を表-1に示す。繰り返し測定とは、一回の測定終了後、原点に自動復帰させ、再び同じ測定を行うことである。表-1の結果を見ると得られているフラクタル次元の平均値（51測線の平均）は小数点以下第四位までほとんど一致していることがわかる。



(a) 石膏



(b) 溶結凝灰岩

図-2 破断面の読み取り例

3. 解析結果

石膏と溶結凝灰岩の51測線によるとフラクタル次元の変化の例を図-3に示す。石膏の破面形状は図-2(a)からわかるように大きな凹凸がほとんどなく滑らかな形状である。一方、溶結凝灰岩は、かなり激しい凹凸を示している。これは、材質の違いから生じるものである。次元と圧裂引張強度との相関をとったものを図-4に示す。同図よりフラクタル次元と強度との間に高い相関が認められた。

次に、平均フラクタル次元について比較すると、石膏 $D = 1.0094$ 、溶結凝灰岩 $D = 1.0416$ で溶結凝灰岩の方がより大きい。すなわち、フラクタル次元がより大きいほど破面の凹凸が激しくなる

繰り返し回数	フラクタル次元	
	平均	変動係数(%)
1	1.0424	0.7437
2	1.0423	0.7414
3	1.0423	0.7372
4	1.0423	0.7373
5	1.0423	0.7353

表-1 同一面の繰り返し精度
(各回51測線の平均)

と言える。

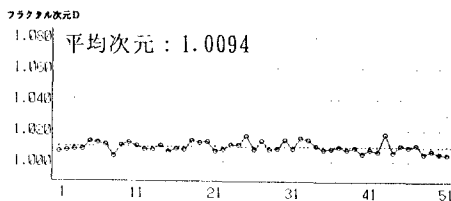
破壊面の凹凸のフラクタル次元が得られたので、破壊面のどのような性質と具体的に関連性があるのかを検討する。次元の大きいほど凹凸が激しいため、次元の値は破壊面の長さに比例すると考えられる。図-5は次元と境界線長との関係の例を示したものである。測線単位ではややばらついているが、かなり高い相関が得られる。したがって次元が与えられると境界線長が得られると考えられる。

図-3で用いた試験片(溶結凝灰岩)のデータを使って次元及び境界線長の分布を図-6及び図-7に示す。この例では、小さい次元に分布がやや偏る傾向があり、境界線長にも同様の傾向が認められる。

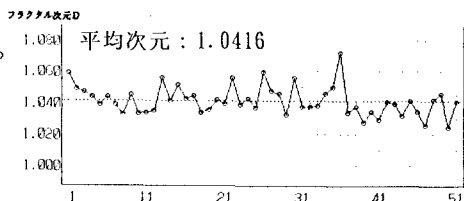
4. 考察及びまとめ

今回の破壊面の測定及び解析より、次の結果が得られた。

- ① 圧裂引張破壊面の形状はフラクタル的である。
- ② 比較的均質な石膏の平均次元は不均質な溶結凝灰岩の平均次元に比べてより小さく、破壊面の凹凸は滑らかである。
- ③ フラクタル次元と圧裂引張強度との間には負の強い相関が認められた。
- ④ フラクタル次元と破壊面境界線長との間には正の強い相関が認められた。
- ⑤ 以上より、本研究で用いたフラクタル次元は、微視的クラックの破壊機構やそのモデルを検討する1つの有効な方法と考えられる。



(a) 石膏



(b) 溶結凝灰岩

図-3 1 測線ごとのフラクタル次元

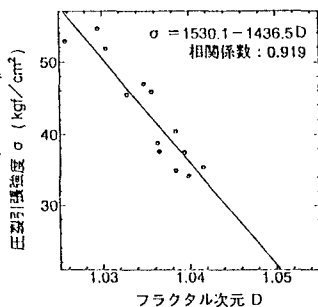


図-4 フラクタル次元と圧縮強度の相関

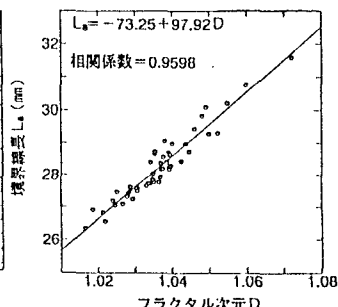


図-5 フラクタル次元と破壊面境界線長との相関

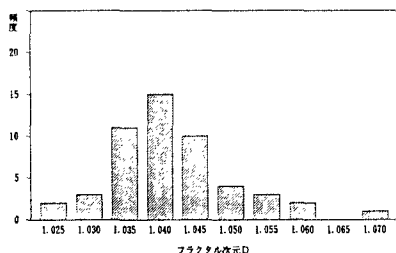


図-6 フラクタル次元の分布

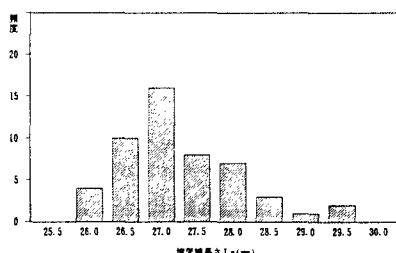


図-7 境界線長の分布

参考文献

- 1) 吉中ら(1987): 岩盤不連続面の粗さの指標について, 第19回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp. 386-399
- 2) 杉本ら(1991): 岩盤の破断面の粗さに関する研究, 応用地質32巻 3号, pp. 12-18