

III-383

岩盤割れ目のフラクタル次元と破碎帯の相関性

鴻池組 技術研究所	正会員	小倉徹也
鴻池組 技術研究所	正会員	山本俊夫
鴻池組 技術研究所		高馬 崇
鴻池組 技術研究所	正会員	中澤重一

1. はじめに

岩盤に発達する割れ目の規模や分布を把握し定量化することは、岩盤構造物施工時に生じる地山挙動の解析に有効な指標となる。最近フラクタルの概念を用いて割れ目を図形として捉え、定量的に割れ目の規模や分布を把握しようとする研究がなされている^{1) 2) 3)}。本報告は岩盤割れ目の統計的自己相似のフラクタルを用いて、割れ目状況とフラクタル次元および割れ目の方向性と破碎帯の相関性により、割れ目系の形状把握について検討した結果を述べたものである。

2. 地質概説および露頭観察結果

研究対象とした地域には四万十層群の砂岩泥岩互層中の泥質岩層が主として分布する。本地域に掘削したトンネルの切羽を露頭として、進行方向に94.7m区間連続して露頭観察を行った。その結果、対象区間においては砂岩の薄層～レンズを挟在する比較的硬質の縞状泥質岩と泥岩優勢層が分布し、3条の中～弱破碎帯が観察された。区間内で最も大きい中破碎帯(F-③)の走向・傾斜はN60°～80°W・65°～75°Nであり、本区間の一般的な節理系に一致する。また破碎帯はこの他に弱破碎帯(F-①) N10°W・75°～80°Nと弱破碎帯(F-②) N20°～35°W・40°～60°Nが観察された。

3. 各露頭のフラクタル次元

フラクタルを定量的に表すものとしてフラクタル次元Dが一般的によく用いられる。研究対象とした区間における各露頭のフラクタル次元を求めるため、粗視化の度合いを変える方法の内、ボックスカウンティング法を用いた。図-1は割れ目の個数 $N(r)$ と長さ r の関係を表すもので、露頭No.1において $D=1.344$ 、露頭No.26において $D=1.718$ の値を得、両対数グラフに直線的に図示された。割れ目の個数 $N(r)$ と割れの長さ r との間に個数 $N(r) \propto \text{長さ } r^{-D}$ の関係が成立し、割れ目に統計的自己相似のフラクタルが確認された。同様に対象区間を通して $D=1.344 \sim 1.718$ の値を得、各露頭においてもフラクタル性が確認された。 $D=1.3 \sim 1.4$ を示す露頭では割れ目が少なく、 $D=1.6 \sim 1.7$ を示すときは割れ目が多く観察され、フラクタル次元が割れ目数に比例していることを示す。

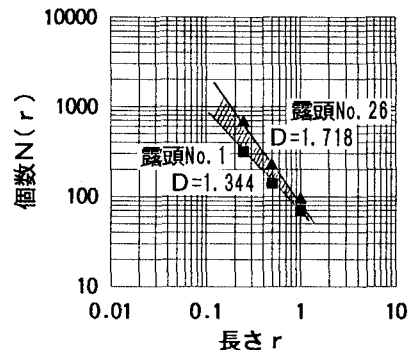


図-1 割れ目の個数 $N(r)$ と長さ r との関係

4. フラクタル次元と割れ目状況の相関性

図-2は各露頭ごとのフラクタル次元Dと地質状況の関係を示したものである。破碎帯に近づくにつれてDが徐々に大きくなり、破碎帯内で最も大きく、破碎帯を通過後に徐々に小さくなることは割れ目形状の変化に一致する。またこれは前述のDの値が、露頭での割れ目数に比例していることにも一致し、割れ目と破碎帯とフラク

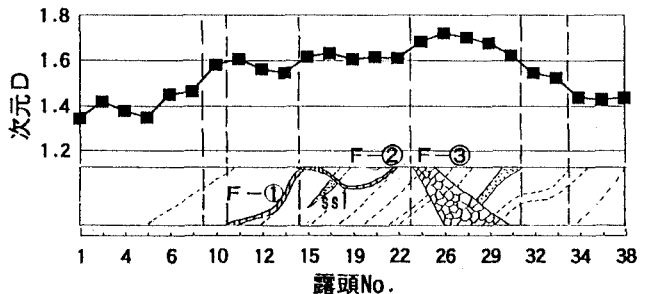


図-2 フラクタル次元変化と地質状況の関係

タル次元の間に相関が存在すると考えられる。破碎帯ごとに検討すると、F-①が現れる以前は $D=1.344\sim 1.475$ でほぼ一定値をとるのに対し、F-①が現れる直前に $D=1.578$ と増加している。この増加は破碎帯の現れる前兆と考えられる。また、F-①が現れると同時に $D=1.5$ 以上を示すようになる。さらに、F-②が現れると $D=1.603\sim 1.630$ に増加し、F-③により $D=1.673\sim 1.718$ に増加する。このDの増加はF-②とF-③との破碎程度の差を示していると考えられる。次に、F-③が露頭に観察されなくなると徐々にDは減少し、 $D=1.4$ 前後で一定となり、破碎帯の影響を受けていないときは一定の値を取ると考えられる。以上より、フラクタル次元変化と割れ目や破碎帯の割れ目状況には相関性があることがわかる。

5. 割れ目の方向性と破碎帯との相関性

前に、割れ目の方向性に関して統計的自己相似のフラクタルの成立を報告した⁴⁾。図-3は本区間で得られた割れ目の方位データを破碎帯を境に破碎帯影響範囲内と範囲外とに二分してシュミットネット上にプロットしたものである。プロットされた点の最も密度の高い部分付近を中心として任意の半径 r の円内に含まれる点の数 $M(r)$ を数えた結果を図-4に示す。破碎帯の影響を受けていない露頭No. 1~8と露頭No. 34~38では $M(r)$ は両対数グラフに直線的に表示されない。一方、破碎帯の影響を受けている露頭No. 10~32では両対数グラフに直線的に図示され、 $M(r) \propto r^D$ の関係を満足する。これは破碎帯付近では断層運動によって同方向の割れ目が卓越することを示し、割れ目の方向性と破碎帯に相関性があることがわかる。

6. 考察

以上、割れ目のフラクタル次元変化と破碎帯の影響および割れ目の方向性には相関性があることを確認した。前述の①破碎帯の影響を受けていないときのフラクタル次元Dは一定の値を取ること、②破碎帯が露頭に現れる直前に前兆としてDの増加が見られること、③破碎帯内でDは最大値をとり、破碎程度の差がDに表れること、④破碎帯の影響が割れ目の方向性に表れること、はD変化や割れ目の方向性が割れ目形状変化に対応し、その前兆としてD変化が生じることを示している。割れ目形状変化を把握するためには、Dの変化を捉えることが必要である。

7. おわりに

岩盤構造物施工時に問題となる割れ目と破碎帯について、その変化をフラクタルの概念を用いて定量的に把握できることを示した。今後は、他の地域においても割れ目と破碎帯のデータを収集・蓄積し、割れ目のフラクタル次元変化と割れ目と破碎帯の相関性をさらに検討していく考えである。また、画像解析技術に組み込み、割れ目形状把握の自動化について研究を進めていく予定である。

【参考文献】

- 1) 大野, 小島(1988): 岩盤中の割れ目系にみられるフラクタル, 応用地質29巻4号
- 2) 大野, 小島(1992): 岩盤割れ目のフラクタル(その1)ーフラクタル分布ー, 応用地質33巻3号
- 3) 宇田川(1993): 断層破碎帯の岩盤割れ目系に見られるフラクタル構造, 第25回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集
- 4) 中澤, 山本, 小倉(1993): 岩石片の潜在微小クラックのフラクタル特性, 第28回土質工学研究発表会
- 5) 高安(1987): フラクタル科学, 朝倉書店

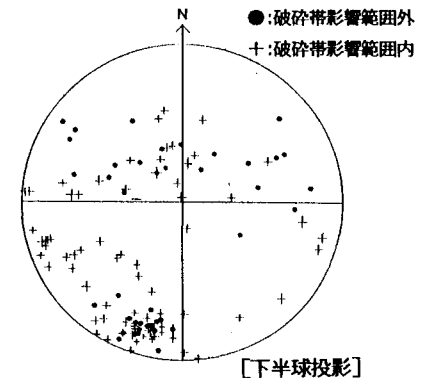


図-3 割れ目のシュミットネット

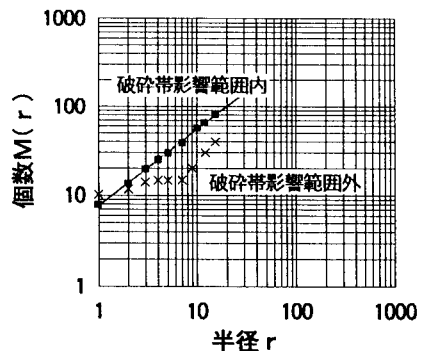


図-4 割れ目の方位データの $M(r)$ と r との関係