

III-A 347 岩盤割れ目のフラクタル次元と破砕帯の相関性（その2）

鴻池組 技術研究所 正会員 小倉徹也 山本俊夫 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⁾。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と破砕帯の相関性により、割れ目系の形状把握の定量化手法について検討した結果を述べる。

2. 地質概説および切羽観察結果

研究対象とした地域には領家花崗岩類に属する石英閃緑岩（～花崗閃緑岩）が主として分布する。本地区に掘削したトンネルの切羽を進行方向に342.7m区間連続して観察した。その結果、石英閃緑岩、石英閃緑岩の変質岩が分布しており、変質岩の分布範囲は（断層）破砕帯によって規制されている。区間内で最も典型的と思われる（断層）破砕帯に着目して以下に考察した。なお、その破砕帯は約3m幅で乳白色粘土層を伴い弱～中程度に破砕されており、N-S～N15W・60～75Nの走向・傾斜である。（図-1参照）

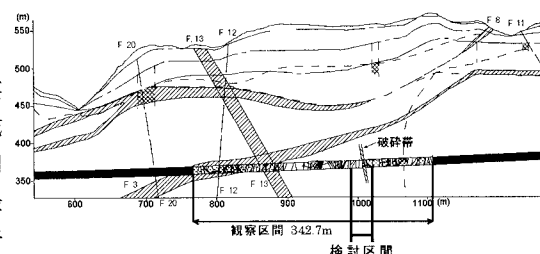


図-1 地質縦断面

3. 各切羽のフラクタル次元と割れ目状況の相関性

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（以後D値とする）が一般的に用いられる。破砕帯付近の各切羽のフラクタル次元を求め、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-2は割れ目の個数N(r)と長さrの関係を示すもので、両対数グラフに直線的に図示されると、 $N(r) \propto r^{-D}$ の関係が成立していることを示し、割れ目に統計的自己相似のフラクタルが確かめられる。図-2には、検討した切羽の中でD値が最高値と最低値を示した、切羽No.6とNo.14の例を図示した。

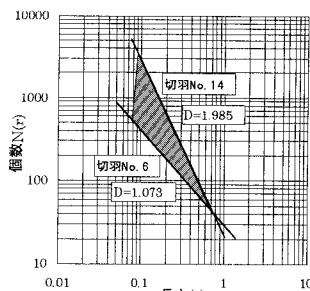


図-2 N(r)とrの関係

図-3は各切羽のフラクタル次元と地質状況の関係を示したものである。例えば、最低値D=1.073を示す切羽No.6において、その切羽観察結果と比較すると、CH級岩盤を示し、切羽で割れ目が少ないことと一致する。また、最大値D=1.985を示す切羽No.14において、その切羽観察結果と比較すると、破砕帯に位置し、割れ目が多いことに一致する。これはフラクタル次元が割れ目状況に対応することを示している。大局的に見れば、破砕帯に近づくにつれてD値が徐々に大きくなり、破砕帯を過ぎかると徐々に小さくなっていることは割れ目形状の変化と一致しており、割れ目と破砕帯とフラクタル次元の間に相関が存在することを示している。

4. フラクタル次元による破砕帯予測の可能性

図-3において、破砕帯の出現以前（No.11付近）でD値の変化をとらえきれていない。これはD値は切羽全体でのフラクタル次元であるためと考えられた。そこで、D値の増加・減少傾向をとらえるため、切羽を8等分して細かくフラクタル次元:D_s（以後D_s値とする）の変化を検討した。その結果が図-4a,4bで、切羽センターより左側のD_s値の変化を図-4aに、右側を図-4bに示した。図-4aを見ると、始めは各グリッドでD_s=1.0～1.3であるが、①、②グリッドで破砕帯が現れる以前（切羽No.9,10）に、D値を上回ってD_s=1.4～1.5と顕著な増加が見られる。③グリッドでも切羽No.9でD_s値の増加が見られる。

切羽 No.14 の破砕帯で $D_s=1.8$ 以上の高い値をとり、破砕帯を通過すると D_s 値は D 値を下回って徐々に減少し、切羽に破砕帯が観察されなくなると $D_s=1.0 \sim 1.3$ となる。図-4b ではその逆に破砕帯の現れる直前まで D 値を下回って徐々に各グリッドの D_s 値は増加し、破砕帯で最も高く、以後 D 値を上回って徐々に減少し、 $D_s=1.0 \sim 1.3$ の値をとるようになる。

以上の D 値の増加・減少から以下のことが考えられる。まず最初に左側①②グリッドの D 値が切羽全体の D 値を上回って増加していることは、破砕帯出現の前兆をとらえていて、この時右側では増加は見られないので、左側から破砕帯が現れるのではないかと推測される。切羽面に破砕帯が存在する区間では高い値を示すが、切羽左側で D_s 値は出現前とは逆に D 値を下回って減少し、右側では D 値を上回って依然高い値を示すことで右側へ破砕帯が抜けると推測される。

これらより、 D 値と D_s 値との関係を比較検討することで、左右どちら側から破砕帯が現れ、姿を消すかを予測できる可能性があると考えられる。

5. 考察

以上、割れ目のフラクタル次元変化と破砕帯の影響には相関性があることを確かめ、切羽を 8 等分することによってより詳しくフラクタル次元の変化を読みとることができることを示した。フラクタル次元の増加・減少傾向は破砕帯の出現・消失を示していると考えられ、 D 値と 8 等分の D_s 値を比較することで、破砕帯出現と、左右どちら側から破砕帯が現れて消えるかの予測可能性を示した。

6. おわりに

岩盤構造物施工時に問題となる割れ目と破砕帯について、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砕帯のデータを収集・蓄積し、割れ目のフラクタル次元変化と割れ目と破砕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) - フラクタル分布 -, 応用地質 33 巻 3 号
- 3) 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
- 4) 小倉, 山本, 高馬 (1994): 岩盤割れ目のフラクタル次元と破砕帯の相関性, 土木学会第 49 回年次学術講演会講演概要集
- 5) 高安 (1987): フラクタル科学, 朝倉書店

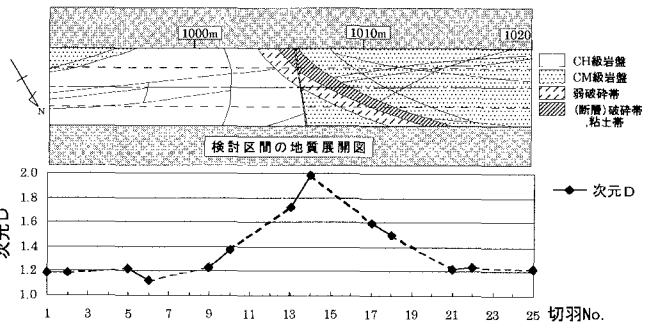


図-3 地質状況とフラクタル次元

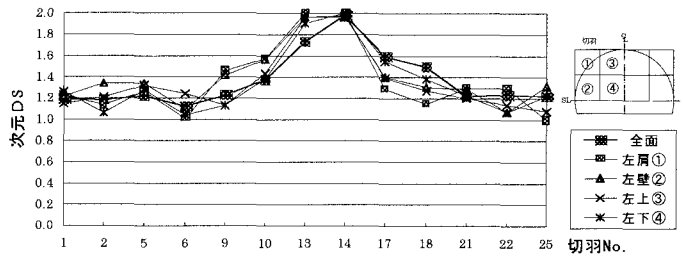


図-4a フラクタル次元変化（左側）

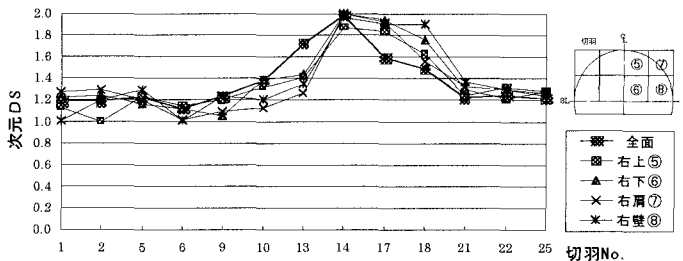


図-4b フラクタル次元変化（右側）