

フラクタル次元を用いたボーリングコア亀裂頻度分布の定量的評価

株式会社フジタ 正会員 宇田川義夫

1. はじめに

岩盤の強度・変形などの力学的特性は、岩盤を構成する岩石の強度・変形性よりもむしろ、節理・層理・片理・断層などの亀裂系の分布状況に大きく支配される。したがって、岩盤斜面やトンネルなどの安定性は、これらの亀裂の分布形態に影響される。岩盤の亀裂の発達状態を事前に調査する方法として、一般にボーリング調査が行われることが多く、採取されたボーリングコアによって地質状況の把握や岩盤の亀裂頻度分布の定量的評価がなされている。しかしながら、従来のRQDを用いた岩盤評価法では、亀裂が10cm未満の間隔で発達する岩盤の評価において問題があり、岩盤の安定性を適切に評価していない場合がある。¹⁾ 本論では、このような従来の岩盤評価法の問題点を解決するため、フラクタル次元によるボーリングコア亀裂頻度分布の定量的評価について検討し、新たな岩盤評価手法を提案するものである。

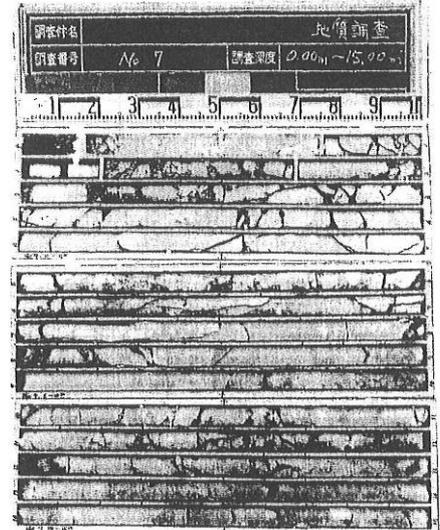


図1 ボーリングコア写真

2. 評価手法の検討

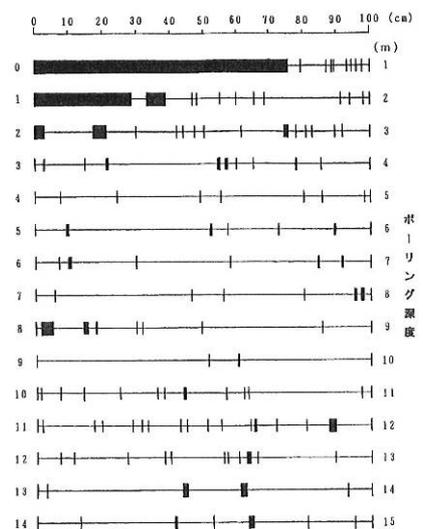
ボーリングが実施された地点は兵庫県南部に位置し、中生界白亜系・相生層群の凝灰角礫岩が分布する。全体に流紋岩の角礫～亜角礫を多量に混入する傾向にあり、多い所では礫量は約80%程度ある。岩盤状況は塊状で流理の発達は乏しい。鉛直方向に深度15mまで掘進されたボーリングコア(図1)を用いて亀裂頻度分布のフラクタル次元を算出した。まず、ボーリングコアの中心線と亀裂が交差する部分を抽出し、ボーリングコア亀裂分布図を作成した(図2)。図2の各ボーリング深度区間(1mピッチ)に示した縦線は、コア中心線と亀裂が交差する位置を示している。また、線の幅は風化帯、シームや破碎帯の区間の幅を表している。次に、この亀裂分布図に $2\text{cm} \leq \lambda \leq 10\text{cm}$ の範囲の間隔 λ ($\lambda = 2\text{cm}, 4\text{cm}, 6\text{cm}, 8\text{cm}, 10\text{cm}$ の5ケース) で区切り、ボーリング深度区間毎に、区切られた間隔 λ 内に亀裂が含まれる数 $N(\lambda)$ をカウントした。

ここで、ボーリングコア亀裂頻度分布のフラクタル次元 D_s は、Boadu and Long²⁾ による岩盤の走査線上の亀裂間隔頻度分布によってフラクタル次元を求める式を拡張し、

$$D_s = - \frac{\Delta \log N(\lambda)}{\Delta \log \lambda} \quad [1]$$

によって求めた。

[1]式よりフラクタル次元 D_s は $\log \lambda - \log N(\lambda)$ の両対数グラフ回帰式の逆勾配から求められる。ボーリング深度0~1m(区間1)のフラクタル次元は $D_s = 0.905$ 、ボーリング深度3~4m(区間4)のフラクタル次元は $D_s = 0.154$ と求められる。ここで決定係数 R^2



縦線はコア中心線と亀裂が交差する位置を示している。また、線の幅は風化帯、シームや破碎帯の区間の幅を表している。

図2 ボーリングコア亀裂分布図

キーワード 岩盤, 定量的評価, ボーリングコア, フラクタル次元

連絡先 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2 E-mail: udagawa@fujita.co.jp

については、区間1では、 $R^2=0.997$ (相関係数 $R=0.998$) ,
 区間4では $R^2=0.611$ (相関係数 $R=0.782$) となっており、ボーリング深度区間1のほうがフラクタル次元の値の精度が良い結果となった。図3にボーリング深度区間1からボーリング深度区間15の[1]式の $\log \lambda - \log N(\lambda)$ の両対数グラフ回帰式の逆勾配から求められたフラクタル次元 D_s と決定係数 R^2 の関係を示す。この関係は対数近似で表され、フラクタル次元 D_s が0.2以下で決定係数 R^2 が0.6(相関係数 $R=0.775$)以下となり、フラクタル次元の値の精度が落ちることを表している。これは、フラクタル次元 D_s が0.2以下となるような岩盤では、1m間に亀裂が5~6本以下と少ないためであり、計測区間の短さが要因となっているためである。ボーリング深度区間ごとに求められたフラクタル次元 D_s とRQDをプロットしたのが図4である。また、フラクタル次元 D_s とRQDの関係を図5に示した。

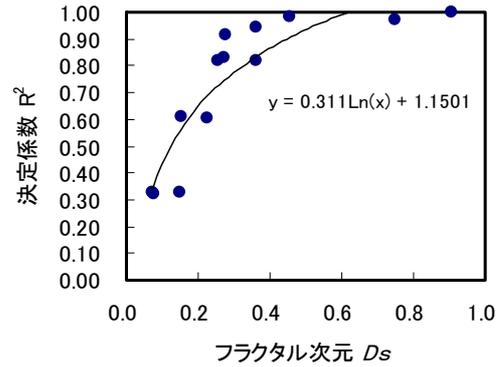


図3 フラクタル次元 D_s と決定係数 R^2 の関係

3. 考察

図4より、ボーリング深度区間ごとにRQDとフラクタル次元は類似の変動を示しているが、ボーリング深度区間12(深度11~12m)で変動の大きなずれが見られる。この区間では、10cm以上のコア長の累計長から求められたRQDは25%で「非常に悪い」という評価になっているが、実際には、コア長10cm未満の短棒状コアを多く含むが、破碎された部分は見られず、RQDが示す以上に岩盤は良好な状態となっている。また図5より、フラクタル次元が大きくなるほどRQDが小さくなる傾向が見られる。すなわち、フラクタル次元が大きくなるほど岩盤が悪くなる傾向がある。回帰式の決定係数 R^2 は0.7863(相関係数 $R=0.887$)であり、良い相関が見られる。

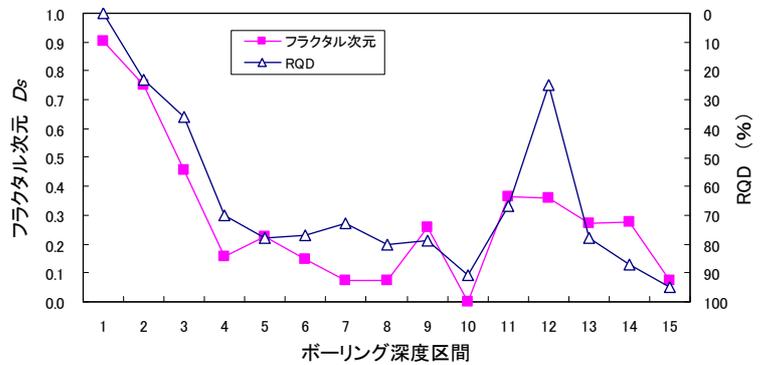


図4 ボーリング深度区間でみたRQD・フラクタル次元の分布

4. まとめ

ボーリングコア亀裂頻度分布のフラクタル次元による岩盤評価法を提案し、ボーリングコアを用いて、この岩盤評価手法の有効性について検証した。その結果、RQDでは10cm以上のコア長しか考慮されていないため、コア長10cm未満の短棒状コアが多い場合で、岩盤状態を適切に評価していないことがわかった。フラクタル次元による岩盤評価法では、亀裂頻度や破碎部の厚さが考慮されていて、岩盤評価の良い指標となりうる可能性を示した。

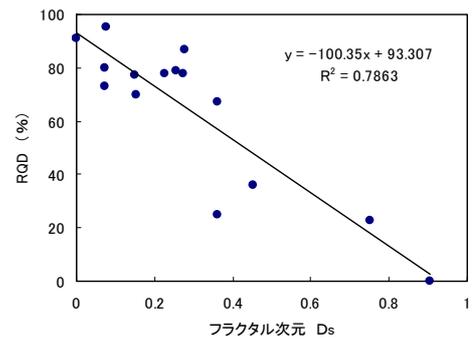


図5 RQDとフラクタル次元の相関性

参考文献

- 1) 社団法人地盤工学会 (1989) : 岩の調査と試験, pp.100-101.
- 2) Boadu, F. K. and Long, L. T. (1994) : *The fractal character of fracture spacing and RQD*, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr, Vol.31, No.2, pp.127-134.