

ボーリングコアにおける割れ目分布のフラクタル性 —認識方法と工学的応用への期待—

常盤地下工業(株) 法人正会員 ○津田 秀典
山口大学 正会員 兵動 正幸

1. はじめに

岩盤中の割れ目は、多くの場合岩盤の工学的性質を規定する重要な要因をなしている。コアの割れ目分布を図示するボーリング割れ目柱状図¹⁾(以下、割れ目柱状図)では、各割れ目はランダムに分布するのではなく、何枚が集まって割れ目集合体²⁾を形成していることが見てとれる。割れ目集合体の観点から、割れ目分布でのフラクタル性の存在を認識することができ、将来の工学的応用が可能であると考えられる。

2. 割れ目スケッチに基づく割れ目柱状図の作製

図1はコアの割れ目スケッチ例である。図2の割れ目柱状図は、割れ目スケッチ(図1)のコア中心線で各割れ目の位置(深度)をとり、各割れ目を単一の横線で表し、割れ目分布をmmオーダーの深度で簡略化して表現したものである。角礫状部は、線ではなく厚みのある帯で表した。また図2の割れ目間隔図は、割れ目柱状図での各割れ目の位置と割れ目間隔との関係を示した階段図である。隣り合う割れ目間隔が狭ければ階段の幅(縦軸方向の踏面)は狭く高さ(横軸方向の蹴上)は低くなり、割れ目間隔が広ければ階段の幅は広く高さは高くなる。角礫状部では割れ目が集中していて間隔を判読できないので階段の高さを与えない。

図2から割れ目分布には粗密があり、割れ目が密に集合するゾーンが割れ目間隔図の凹んだゾーンとして、割れ目集合体の存在を認識できる。割れ目集合体には第1次オーダーの割れ目集合体



図1 コアの割れ目スケッチ例

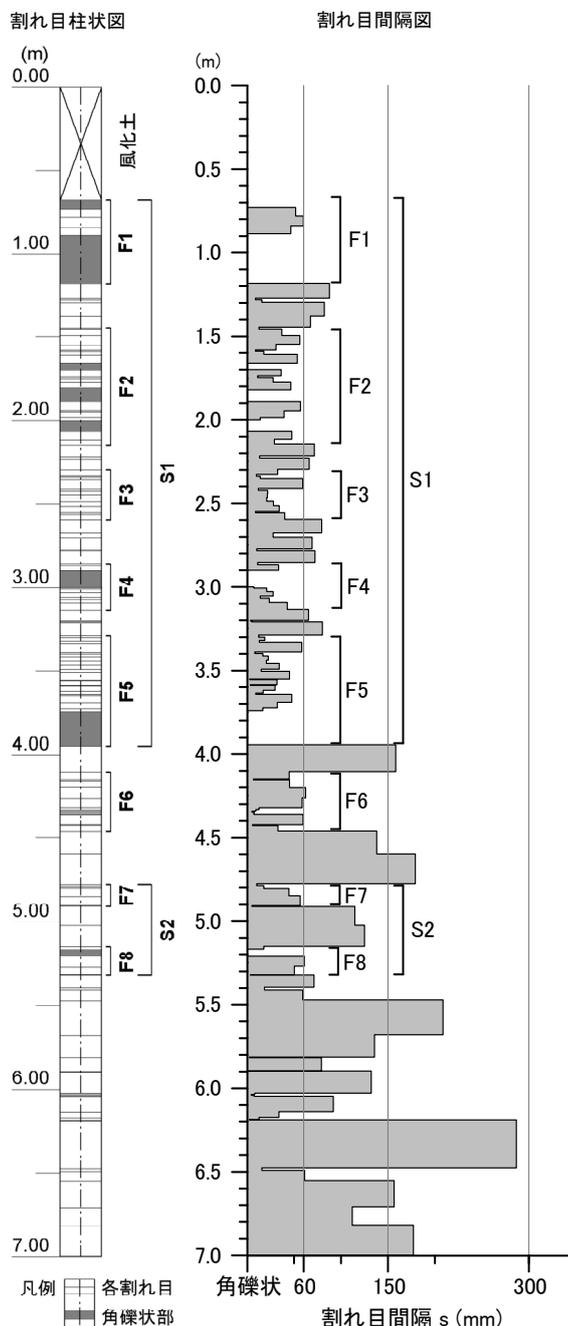


図2 割れ目柱状図および割れ目間隔図

F1~F8: 割れ目集合体(1次), 5枚程度以上の割れ目が 間隔 $s \leq 60$ mm 程度で包含される割れ目ゾーン
S1, S2: 割れ目集合体(2次), 複数の集合体(1次)が 間隔 $s \leq 150$ mm 程度で包含される割れ目ゾーン

キーワード 割れ目集合体, フラクタル性

連絡先 〒755-0151 山口県宇部市大字西岐波 4374-1 常盤地下工業(株) TEL 0836-51-9224

が8箇所存在することがわかる (F1~F8, FはFirst orderの意味). この集合体(1次)では, 5枚程度以上の割れ目が包含され, かつ隣り合う割れ目の間隔は60mm程度以下となる(図2).

さらに図2では, 集合体(1次)がいくつか集合した第2次オーダーの集合体が2箇所存在することがわかる (S1,S2, SはSecond orderの意味). この集合体(2次)では, 集合体(1次)が複数包含され, かつ隣り合う割れ目間隔は150mm程度以下となる(図2). F6は集合体(2次)から孤立するとみてよい.

3. 割れ目分布のフラクタル性の認識

図2の割れ目集合体(2次)の中に集合体(1次)が包含される構造には, 集合体(1次)の中に各割れ目(集合体(1次)に対して0次割れ目という)が包含される構造とスケールが異なるだけで自己相似の関係, すなわちフラクタル性が認められる.

この観点から図2を表現し直すと, 図3となる. 最高次の割れ目集合体(2次)は, 岩盤部のコア長約6.3mの中で2箇所だけ存在し(1mあたり0.3箇所), 集合体の間隔はmオーダーをなす. また割れ目集合体(2次)に包含される集合体(1次)は7箇所存在し(1mあたり1.1箇所), これらの間隔は数10cmオーダーをなす. さらに集合体(1次)に包含される各割れ目(0次割れ目, 最低次)は角礫状部を考慮して計98枚以上存在し(98枚とすると1mあたり15.6枚), 間隔はmmオーダーをなす. 図3には空間スケールの異なる割れ目集合体の分布頻度が低次から高次へと指数関数的に減少するべき乗則が認められ, これは割れ目分布頻度の領域でのフラクタル分布といえる. フラクタル性の存在は, 各割れ目(0次)から割れ目集合体(1次~2次)まで同じメカニズムで割れ目系が形成されている可能性を示唆する.

4. まとめ - 岩盤分類への寄与に向けて -

コア観察(割れ目スケッチ, 図1)に基づいて, 割れ目柱状図を作製し, 割れ目集合体(1次・2次)を抽出した(図2). 割れ目集合体の次数が0次~1次~2次と上がることに伴って, これらの箇所数は指数関数的に減少するべき乗則(フラクタル分布)が成立していることを示した(図3). 一般に割れ目分布は“複雑²⁾”である.

しかし複雑であっても, ある自然の原理・現象のもとに集合体(1次, 2次)といった一定の秩序をもつ割れ目系の空間構造がもたらされたことがうかがわれる. 割れ目系に存在する規則性の1つとしてフラクタル性を認識すると, 新しい割れ目系岩盤評価の出発点となり, 将来の岩盤分類の高度化への寄与が期待される.

参考文献

- 1) 津田秀典(2014): ボーリング割れ目柱状図と割れ目系孔間断面図—グリムゼル岩盤試験場での事例—, 応用地質, Vol.55, No.5, pp.216-228.
- 2) ダム工学会編(2012): 総説 岩盤の地質調査と評価 現場技術者必携 ダムのボーリング調査技術の体系と展開, 古今書院, pp.81-83.

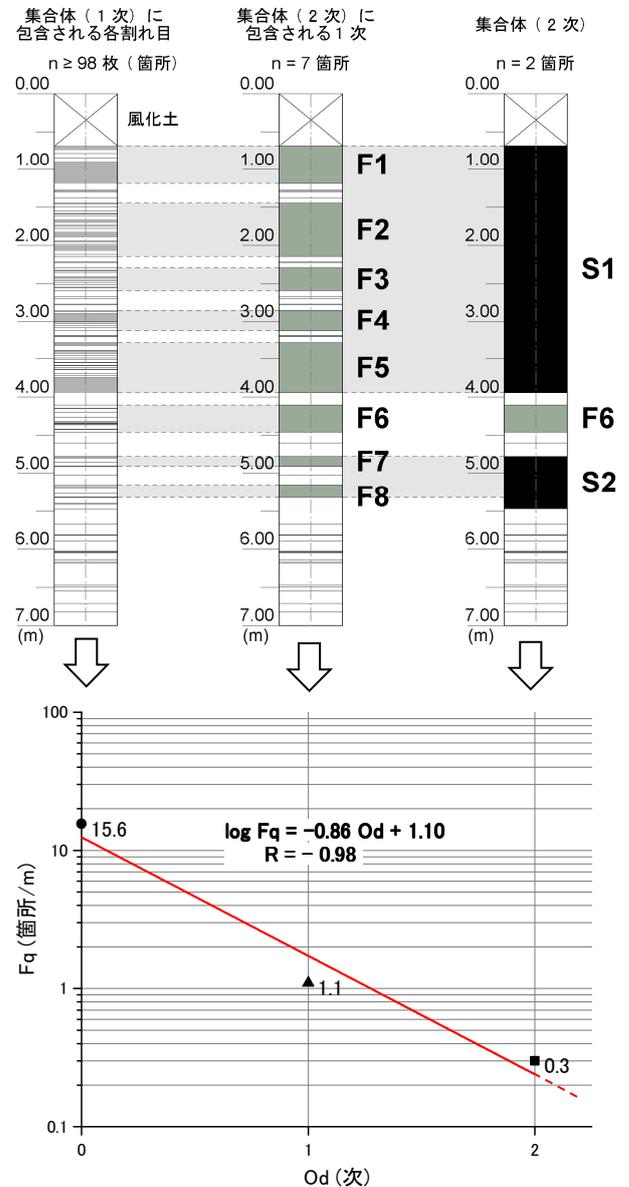


図3 割れ目分布のフラクタル性

Od: 割れ目集合体の次数, Fq: 割れ目分布頻度
割れ目柱状図の凡例は図2と同じ.
各割れ目(0次割れ目)は $n \cong 98$ 枚としておく.