

トンネル切羽画像のフラクタル次元解析による岩盤評価 (続報)

(株)フジタ 正会員 宇田川 義夫, 伊藤 由明, 菊谷 久嗣, 押村 嘉人, 山口 健太

1. トンネル切羽画像のフラクタル次元解析システム

1.1 概要

岩盤評価システムは大きく、①画像処理、②フラクタル次元解析の2段階に分けられる。第1段階「画像処理」では、トンネル切羽画像から必要とする地質情報(亀裂、風化脆弱部)のみを抽出する。第2段階「フラクタル次元解析」では、トンネル切羽の2値化画像として抽出された地質情報(亀裂、風化脆弱部)を客観的な数値(ボックスカウンティング法によるフラクタル次元)として評価する。

1.2 画像処理

現場で撮影されたトンネル切羽画像は、明るさ・コントラスト調整、2階調化などの処理を経て、最終的に72pixels/inchの解像度の2値化画像(白黒画像)として処理される。この画像2値化によりトンネル切羽画像から必要とする地質情報(亀裂・風化脆弱部)のみが抽出される(図1、図2)。

1.3 フラクタル次元解析

画像処理後のトンネル切羽岩盤の2値化画像(トンネル切羽面以外は消去)を、ボックスカウンティング法によるフラクタル解析を行い、フラクタル次元を求めた。

ボックスカウンティング法によるフラクタル次元は次式で表わされる。

$$D = - \frac{\Delta \log N(P)}{\Delta \log P}$$

ここで、 D はフラクタル次元、 P はボックスカウンティング法における格子網の幅(単位はピクセル)、 $N(P)$ は格子網の幅が P のときの亀裂が存在する格子の総数である。

2. 中尾トンネルでの適用

中尾トンネルには新生代第四紀長崎火山岩類(輝石安山岩・凝灰角礫岩)が分布している。坑口からは輝石安山岩が分布しているが、岩質は非常に硬いものの、亀裂が発達しており、特に鏡に平行～斜交する縦方向の亀裂に沿って湧水、茶褐色の風化ならびに粘土分の介在が部分的に見受けられる。切羽距離500m付近から地質は凝灰角礫岩に変わっている。

2.1 フラクタル次元の分布

図3は、坑口からの切羽距離とフラクタル次元の関係を示したものである。切羽距離0～34mまでは土砂、35m～45mは強風化帯が分布しておりフラクタル次元は1.7前後で推移している。切羽距離46～100m付近までは弱風化帯が分布しており、フラクタル次元は1.7から1.6へと低下傾向にある。その後、塊状岩部でフラクタル次元は1.5～1.6となり、切羽距離350m以降の亀裂発達部では1.6～1.7のレンジで推移している。部分的に弱層の貫入があり、フラクタル次元が1.7～1.8程度



図1 画像処理前のトンネル切羽画像



図2 画像処理後のトンネル切羽画像

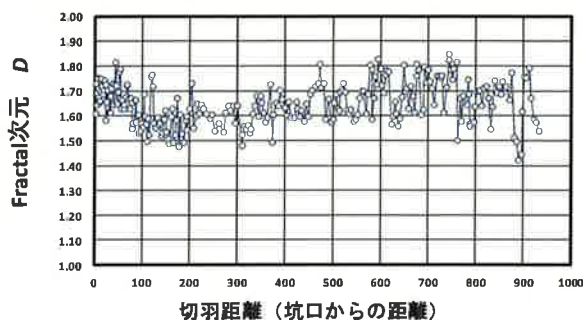


図3 フラクタル次元の分布

を示す箇所もある。切羽距離 500m 付近から地質は凝灰角礫岩に変わり、亀裂密集箇所ではフラクタル次元は 1.8 以上を示す。また、切羽距離 750m 付近から断層破碎帯区間に入ってフラクタル次元は 1.8 以上を示し、断層破碎帯を抜けてフラクタル次元は 1.6~1.7 に低下している。切羽距離 900m 付近では、断層を伴う貫入岩体が認められ、フラクタル次元は 1.75~1.79 と高い数値を示している。その前後では、亀裂が少なく均質な岩相のため、フラクタル次元は 1.6 以下となっている。

2.2 支保パターンとフラクタル次元の分布

図 4 は、実施された支保パターン毎の岩盤画像解析システムによるフラクタル次元の頻度分布を示したものである。各支保パターンにおいて、フラクタル次元はばらついているものの、平均値は、CII-b パターンで $D = 1.627$ 、DI-b パターンで $D = 1.638$ 、DIIIa パターンで $D = 1.690$ となり、支保パターンが重くなるほどフラクタル次元の平均値が大きくなっている。

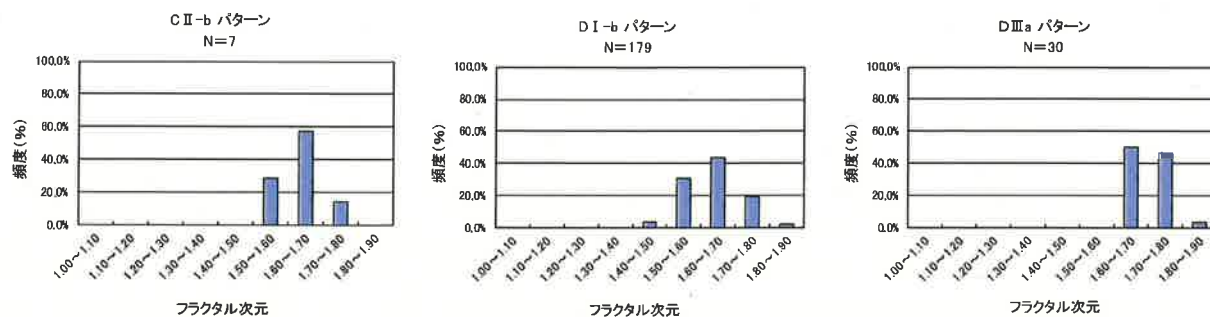


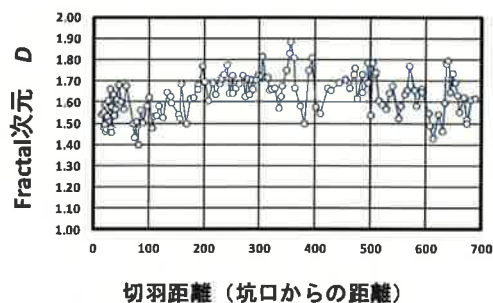
図 4 支保パターンごとのフラクタル次元の分布

3. 平間トンネルでの適用

平間トンネルの地質は新生代新第三紀中新世の時津火山岩類に属するプロピライト質凝灰角礫岩となっている。坑口からプロピライト質凝灰角礫岩が分布しているが、岩質は非常に硬い。所々、鏡に平行～斜交する方向に、亀裂が発達するひん岩が貫入している。

3.1 フラクタル次元の分布

図 5 は、坑口からの切羽距離とフラクタル次元の関係を示したものである。坑口から入ってすぐに非常に堅硬な岩盤が出現し、フラクタル次元は 1.45~1.6 を示している。部分的に鏡に平行～斜交する亀裂が分布し、フラクタル次元が 1.7 程度を示す箇所もあるが、切羽距離 70m 付近から亀裂が少なく堅硬な岩盤が分布し、フラクタル次元は 1.4~1.6 を示している。切羽距離 200m 付近から部分的に亀裂が多く発達する箇所あり、フラクタル次元は 1.6~1.7 で推移している。切羽距離 360m, 390m, 580m ならびに 640m 付近の。ひん岩が貫入している箇所では、フラクタル次元は 1.8 程度を示している。



切羽距離 (坑口からの距離)

図 5 フラクタル次元の分布

3.2 支保パターンとフラクタル次元の分布

図 6 は、実施された支保パターン毎の岩盤画像解析システムによるフラクタル次元の頻度分布を示したものである。

各支保パターンにおいて、フラクタル次元は凸型の頻度分布を示しており、平均値は、CI-a パターンで $D = 1.634$ 、CII-b パターンで $D = 1.658$ となり、支保パターンが重くなるほどフラクタル次元の平均値が大きくなっている。

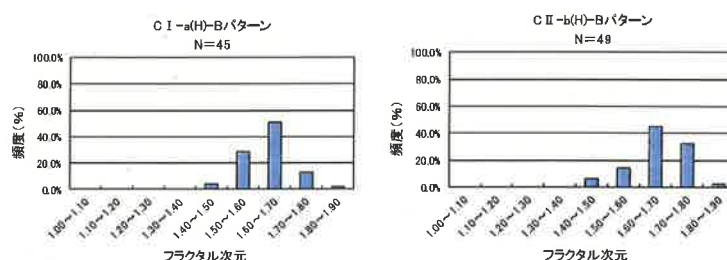


図 6 支保パターンごとのフラクタル次元の分布