

Ⅲ - B56 トンネル切羽前方の地質予測手法—トンネル切羽画像解析システム—

フジタ 技術研究所 正会員 宇田川義夫

建設省 九州地方建設局 大分工事事務所 中村 稔 正会員 桃坂 繁

フジタ 九州支店 曾我部松男 正会員 都 昌平 正会員 岩田広己

1. 研究目的

亀裂性岩盤におけるトンネルの安定性は、その岩盤中の亀裂の発達程度(亀裂密度)や風化度などの地質的要因に大きく支配されている。したがってトンネル切羽前方の地質状況を事前に把握することは、トンネルを安全かつ経済的に施工する上で非常に重要である。本研究では地質現象のなかでも問題の多い「断層破碎帯」の予測に重点を置き、トンネル工事の障害となる「断層破碎帯」の位置を早期に予測し、トンネル工事の安全性・経済性の向上を図ることを研究目的としている。

2. システムの概要

トンネル切羽画像解析システムは、パソコン上でリアルタイムにトンネル切羽の画像処理とフラクタル次元解析を行うことにより、切羽の地質情報(亀裂密度、風化度)を客観的な数値(フラクタル次元)で評価し、切羽ごとの数値の変化から地質構造の変化を察知し、トンネル切羽前方の地質(断層破碎帯)を事前に予測するものである。本手法の理論的ベースは「断層破碎帯のフラクタル構造モデル」(宇田川、1994、1996)に基づいている。このモデルは、断層破碎帯を主変位面からの距離とフラクタル次元との関係によってモデル化したもので、断層破碎帯近傍では切羽のフラクタル次元が断層破碎帯に近づくにつれて増大するような傾向がある。その関係は(1)式で表される。またフラクタル次元が増大する割合を「フラクタル次元変化率 δ 」(2)式)と定義した。

$$D = -\delta L + \gamma \quad (1)$$

$$\delta = |\Delta D / \Delta L| \quad (2)$$

ここで、 D はフラクタル次元、 L は断層破碎帯中央部から解析領域までの距離を表す。また、 γ は断層破碎帯のフラクタル次元を表し、断層の成熟度につれて1.6程度に収束する。

トンネル切羽画像解析システムの解析ステップは大きく、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(図-1)。第2段階「フラクタル次元解析」では、抽出されたトンネル切羽の地質情報(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(図-2)。これらの解析により、トンネル切羽の地質情報が「フラクタル次元」という客観的な数値で評価され、(1)式の関係をもとにトンネル切羽前方の地質予測が可能となる。すなわち、トンネル切羽進行に伴って明らかにフラクタル次元の増加傾向が認められるとき、その切羽進行距離に応じたフラクタル次元変化の割合(フラクタル次元変化率 δ)を(2)式から近似的に求め、(1)式から切羽前方 L_m に断層破碎帯の存在が予測できる。

3. システムの適用

システムを適用したトンネルは、大分県に施工中の上尾トンネル($L=661.3$ m)で、現場で日常の切羽観察の一環で撮影されたトンネル切羽写真を用いて解析を実施した。トンネルの地質は中生代白亜紀大野川層群大飼層の砂岩・頁岩・礫岩などの亀裂性岩盤が分布している。解析結果は、図-3に示すように、115 基～135 基の区間でフラクタル次元がピークとなるような凸型のフラクタル次元分布が得られ、この区間での断層破碎帯の存在が読み取れる。現場での切羽観察による地質展開図から、この区間でトンネルを横切る断層

キーワード/トンネル・切羽前方地質予測・画像処理・フラクタル次元・断層破碎帯

〒224 横浜市都筑区大瀬町 74 TEL 045-591-3911 FAX 045-592-8657

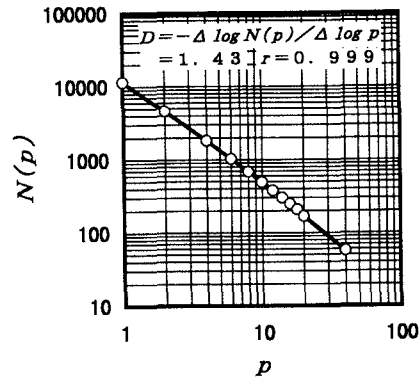
破碎帯が確認され、システムの解析結果と良く適合している。

4. 結論

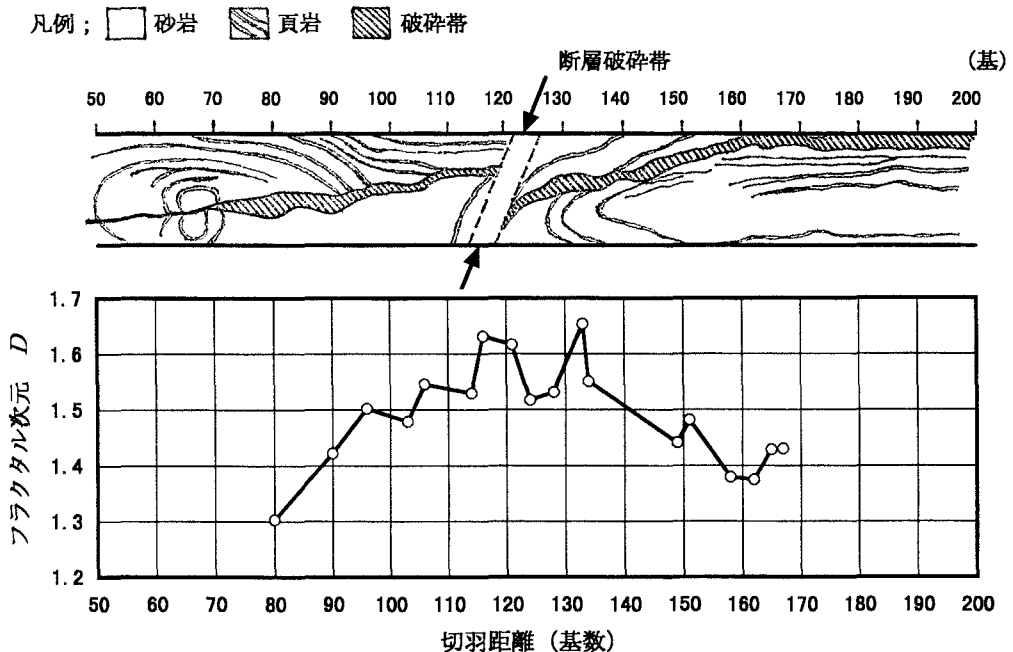
本論で提示したトンネル切羽画像解析システムの特徴は、物理探査手法のように地質変化を弾性波速度といった間接的手法で捉えるのではなくて、地質情報を数値化することにより地質変化を直接的に捉えていくことにある。また、日常の切羽観察の一環として実施でき、施工も停止することなく、デジタルスチールカメラを利用することによりリアルタイムに解析できる利点がある。さらに、内空変位などの計測データとの相関性を把握することにより、トンネルの安定性評価への応用が可能であると考えている。



図ー1 トンネル切羽の画像処理



図ー2 画像のフラクタル次元解析結果



図ー3 トンネル上半地質展開図・トンネル切羽距離－フラクタル次元相関図

参考文献

- 宇田川義夫；断層破碎帯のフラクタルモデル、第49回年次学術講演会講演概要集、土木学会、pp. 754～755、1994
 宇田川義夫；フラクタル幾何学を応用した断層破碎帯評価に関する研究、千葉大学博士(理学)論文、178p.、1996