

BTV 画像解析による割れ目情報に基づくダム基礎岩盤の透水性評価

鹿島建設(株) 正会員 ○升元一彦 野中隼人 石橋正祐紀 三好貴子

1. はじめに

ダム基礎処理工における品質管理では、岩盤内部の三次元的な透水性状を把握することが重要である。また、岩盤内部を浸透する地下水は主に割れ目を經由するため、割れ目の分布状況や透水性状を評価することが求められる¹⁾。しかし、岩盤内部の割れ目の分布や性状は不均質であり、それらを地質技術者が個別に抽出し評価するには、多大な時間とコストを要するため、施工中の止水計画に反映させることは困難であった。そこで筆者らは、ボーリング孔で取得した孔壁展開画像（以下、BTV 画像）を用いて、画像解析により割れ目情報を客観的かつ迅速

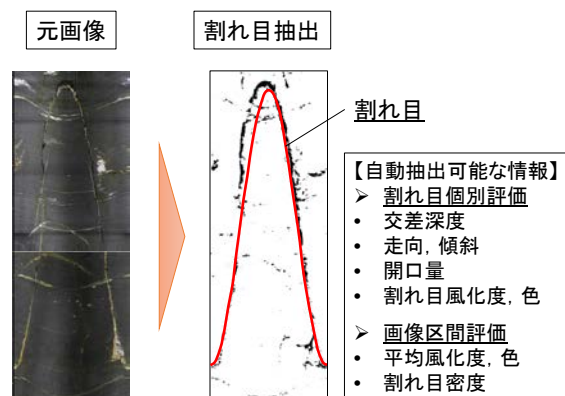


図-1 割れ目自動抽出技術の概要

に評価する自動抽出システムの開発を行ってきた²⁾（図-1）。本報文では、BTV 画像から得られた割れ目情報のうち、割れ目の開口量に着目して岩盤の透水性を区分する試行を行ったので、その結果を報告する。

2. 割れ目透水要素による岩盤透水性評価方法

一般的に、ダム基礎における岩盤透水性区分はコア等から得られる割れ目の状態や風化度等の透水要素の状態に基づき評価される¹⁾。本開発では、BTV 画像から抽出した割れ目情報のみを用いて、客観的に岩盤透水性区分（低透水領域／高透水領域）を評価する方法を策定した。図-2 に示すように評価の流れは2つに分かれる。初めに透水要素とルジオン値の全体的な関係から各透水要素の区分基準値を設定し、その区分基準値に基づき評価対象孔の透水性区分の評価を行うフローとした。

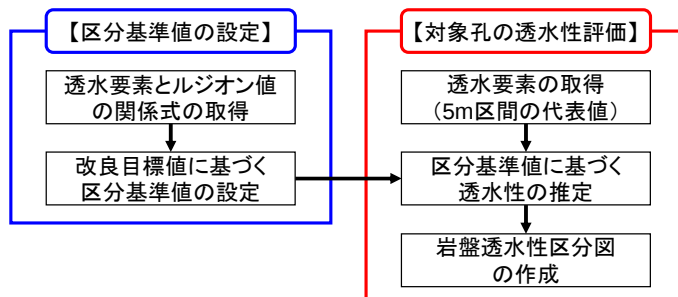


図-2 割れ目透水要素による岩盤透水性評価方法

3. BTV 画像による割れ目情報の抽出

本評価手法による試行を行うため、秋田県雄勝郡東成瀬村で建設中の成瀬ダムにおける延長約 90m～140m のカーテングラウチングのボーリング孔（合計 7 孔）で取得した BTV 画像を対象に、開口割れ目の抽出を行った。図-3 に、自動抽出システムと地質技術者の評価した累積開口量の分布図の例を示す。累積開口量は、各深度の割れ目の開口量をボーリング孔の下端から累積した値であり、割れ目の頻度と開口量に依存する。システムと技術者により評価された累積開口量の分布形状は類似しており、特に 0～20m、40～60m（黄色ハッチ部）において大きく変化する傾向が整合している。一方で、開口量の絶対値はシステムの評価結果に比べて技術者の結果の方が 1/10 以下と小さく、その他の孔でも同様の傾向であった。これは、技術者の観察精度の限界による過小評価と、システムでの開口量算定時の過大評価の両方の要因によるものと思われる。開口量は絶対値としては課題があるものの、相対分布は整合しているため、岩盤透水性の評価に活用できる可能性が確認された。

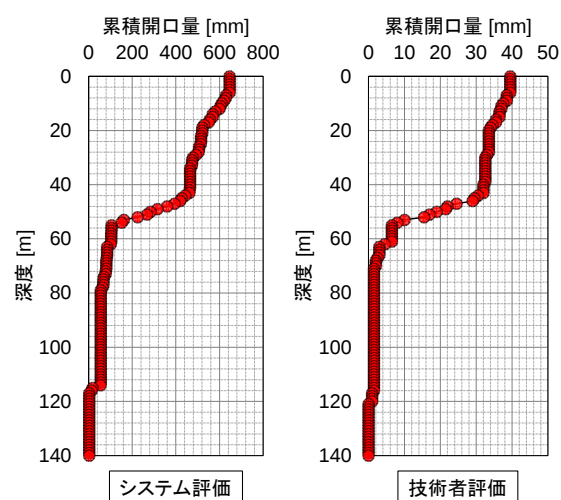


図-3 累積開口量分布の評価例

一方で、開口量の絶対値はシステムの評価結果に比べて技術者の結果の方が 1/10 以下と小さく、その他の孔でも同様の傾向であった。これは、技術者の観察精度の限界による過小評価と、システムでの開口量算定時の過大評価の両方の要因によるものと思われる。開口量は絶対値としては課題があるものの、相対分布は整合しているため、岩盤透水性の評価に活用できる可能性が確認された。

キーワード ダム, 基礎処理工, BTV 画像, 割れ目, 岩盤透水性区分

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-485-1111

4. 岩盤透水性区分評価の試行

図-2 に示す評価方法を用いて、岩盤透水性の区分を試行した。ここでは、割れ目の透水要素として、5m 間隔で得られるルジオン値と同じ深度区間に分布する割れ目の合計開口量を用いた。また、透水性を区分する基準は改良目標値の 5Lu を採用し、5Lu を境に低透水領域と高透水領域に分類した。

図-4 は 4 孔で取得した BTV 画像に基づき評価した合計開口量と同位置でのルジオン値の関係を散布図で示している。ばらつきがあるものの、合計開口量の増加に伴いルジオン値が大きくなる傾向がある。次に、この散布図に対して、対数関数により近似式を取得した。最終的に、近似式と改良目標値 (5Lu) との交点における合計開口量 (30.2mm) を、透水性を評価する際の区分基準値に設定した。

その後、設定した合計開口量の区分基準値に基づき、全 7 孔のボーリング孔の各ステージに対して岩盤透水性区分を行った。その結果、5Lu 以上の区間を高透水と評価した割合は 66.7%，5Lu 以下の区間を低透水と評価した確率は 84.3%であった。

図-5 に推定結果を基に作成した岩盤透水性区分図を示す。10st～15st 付近を境に浅い深度では比較的高透水領域が多く、深い深度では低透水領域が多い傾向であり、ルジオンマップと推定透水性区分図で分布の傾向が概ね整合した。P80 の浅部や P85、P87 孔の深部等の一部で一致していない箇所があるが、これは透水性が必ずしも割れ目の開口量や頻度だけに依存していないためと思われる。これらの推定精度を向上するためには、割れ目交差深度や割れ目風化度等のその他の透水要因を組み合わせる必要がある。

5. まとめ

BTV 画像を用いた割れ目自動抽出システムを応用して、割れ目透水要素から岩盤透水性を評価する方法を提案し、カーテングラウチングのボーリング孔を対象に試行した。開口割れ目の定量評価や岩盤透水性の推定等に課題はあるものの、迅速かつ客観的に高透水領域を評価できる可能性が示された。

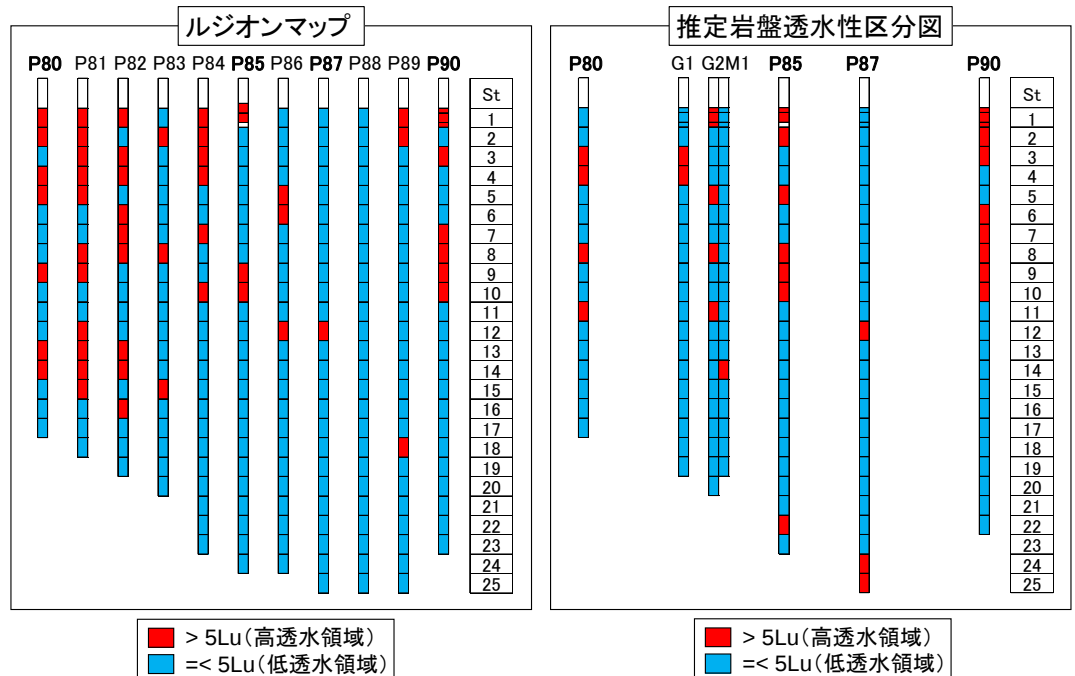


図-5 ルジオンマップと推定岩盤透水性区分図（低透水／高透水領域）

透水性の情報は、止水範囲等の計画の見直しに活用することができる。施工中に逐次得られる情報を迅速に計画へ反映することで、現場の状況に応じた合理的かつ高品質なグラウチングが可能になると考える。

参考文献

- 1) ダム基礎岩盤透水性研究会：ダム基礎における立体的岩盤透水性分布の把握手法，一般財団法人ダム技術センター，2013。
- 2) 松本ら：ダム基礎処理工における三次元施工品質管理システムの適用，土木学会第 75 回年次学術講演会，VI-818，2020。