

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

鹿島建設(株) 正会員 ○松本孝矢 升元一彦 栗原啓丞 福島大介 三好貴子

1. はじめに

ダム基礎処理工における品質管理を行うにあたっては、岩盤内部の三次元的な透水性状を把握することが重要となる。岩盤内部の水の流れは割れ目を經由するため、特に透水性を有する割れ目の分布状況やその連続性を評価することが求められる。そこで、筆者らは施工過程で得られる情報から、岩盤透水性に関する情報を定量的に迅速かつ自動で抽出し、それらを施工情報とともに一元管理するための三次元施工品質管理システムを開発してきた¹⁾。今回、実際のダムサイトにおいて本システムを適用したのでここに報告する。

2. 三次元施工品質管理システムの概要

ダムの基礎処理工では、基礎岩盤内部の地質状況を把握するために、ボーリングコアの採取やボーリング孔の孔壁撮影が行われることが多い。特に、孔壁撮影で得られる孔壁展開画像からは、原位置での割れ目に関する情報をより正確に取得できる利点がある。そこで、三次元品質管理システムにおいては、孔壁展開画像から(1)透水割れ目の判別・抽出・連続性判定および(2)風化度・割れ目密度の算定を行い、地質情報やルジオン試験結果などの調査・施工データとの統合により、施工品質に関わる情報を一元管理できるようにした。

(1) 透水割れ目の判別・抽出・連続性判定

ボーリング孔に割れ目が交差する場合、孔壁展開画像上では正弦波形状の線で確認される。一方で、それらの中には非透水割れ目や有色鉱物の脈など透水性には関与しないものも含まれる場合もある。そこで、本システムではまず、得られた孔壁展開画像を用いて機械学習による透水割れ目の判別作業を行うプロセスを設定した。具体的には、代表的な割れ目の画像を50枚程度用いて、割れ目とその周辺母岩の色、割れ目形状などを教師データとして学習させる。そして、作成された学習モデルを用いて全ての孔壁展開画像から透水割れ目を判別させ、透水割れ目に該当する画素を黒、それ以外を白で表示させた画像データとして出力する。図-1に機械学習モデルに利用する割れ目候補画像と、割れ目判別後の出力結果の例を示す。

次に、出力された画像データから割れ目属性情報(交差位置・走向・傾斜・開口量など)を抽出し、割れ目の連続性を判定する。このとき、割れ目属性情報に加えて、異なる2本のボーリング孔でそれぞれの割れ目を延長した際の相互の割れ目の乖離量を示す面間距離と交差角度も判定指標に用いた。これらの判定指標を隣接孔の全割れ目との組合せに対して計算し、設定した指標の閾値と比較することで連続性を評価する。図-2に連続性判定指標の概念を示す。

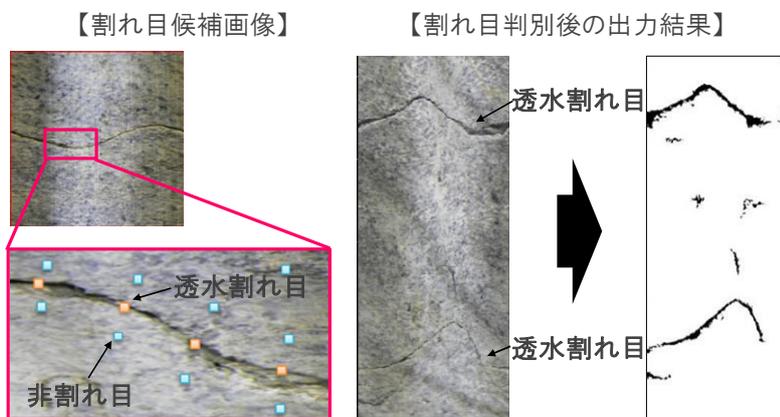


図-1 割れ目候補画像と割れ目判別後の出力結果の例

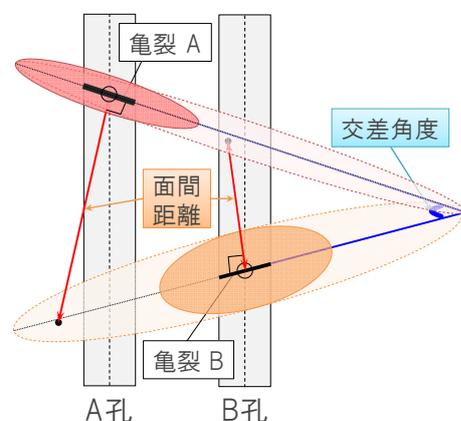


図-2 連続性判定指標の概念

キーワード：ダム、基礎処理工、岩盤透水性、孔壁撮影画像、割れ目、機械学習、三次元品質管理

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 TEL042-489-6669

(2) 風化度・割れ目密度の算定

岩盤内部の透水性状を評価するための要素の一つとして岩盤内部の風化度および割れ目密度に着目し、それらを孔壁展開画像から定量的に算定するプログラムを開発した。風化度については、孔壁展開画像を10cm毎に区切り、各区間に含まれる色情報（色空間色度図から得られる a^* 、 b^* ）の平均値を求める。そして、適用サイト毎に新鮮部（風化度=0）と風化部（風化度=1）の a^* 、 b^* 値を設定する。各区間の a^* 、 b^* 値から風化度0と1を結ぶ線分に垂線を下ろし、その交点座標から比例配分で計算される値を風化度とした。図-3に風化度の計算例を示す。割れ目密度については、風化度と同様に孔壁展開画像を10cm毎に区切り、プログラムで自動抽出した区間内の割れ目本数を区間長で除した値とした。

3. 三次元施工品質管理システムの適用事例

本システムを建設中のダムサイトにおいて適用した。まず、カーテングラウトのパイロット孔で得られた孔壁展開画像に透水割れ目の判別および自動抽出技術を適用した。次に、抽出された透水割れ目に対して連続性判定を行った。さらに、算定した風化度・割れ目密度の情報も取り入れ、今回作成した地形・構造物のCADデータおよびグラウト施工データを重ね合わせて品質管理を行った。これらにより、透水性状に関わる割れ目情報と地質構造やグラウト施工データとを合わせて確認することで、品質管理上の留意箇所を視覚的に評価することが可能となった。図-4に適用したダムサイトにおける風化度分布、図-5に透水割れ目の三次元分布および三次元地質モデルとの統合結果を示す。

4. おわりに

三次元可視化ソフトを用いて、透水割れ目モデルや風化度・割れ目密度分布ほか複数の施工情報を一元管理するシステムを開発した。今後は、割れ目情報の抽出精度の向上、現場での利便性を考慮した入出力システムの改良、グラウト改良効果の定量評価技術の開発を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 岡田ら, ダム基礎岩盤における機械学習を用いた割れ目判定技術の開発, 土木学会第74回年次学術講演会, 2019

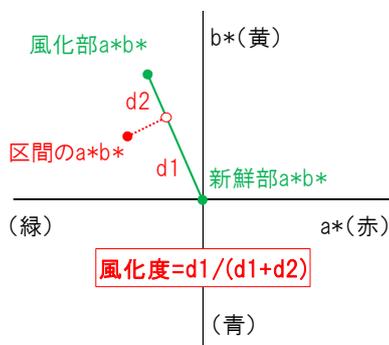


図-3 風化度の計算例

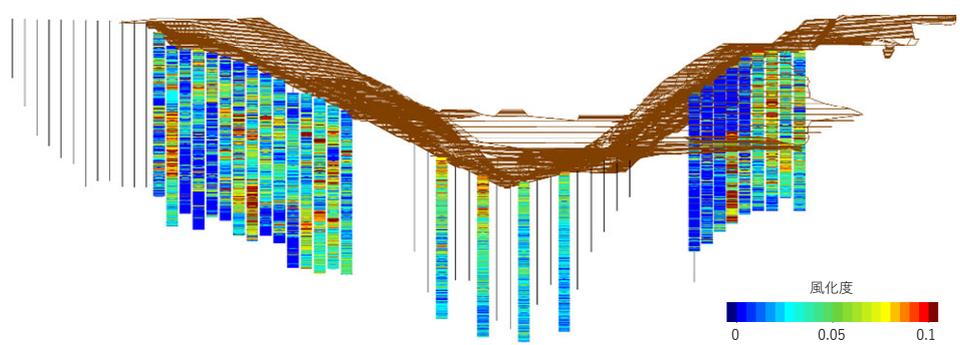


図-4 風化度分布

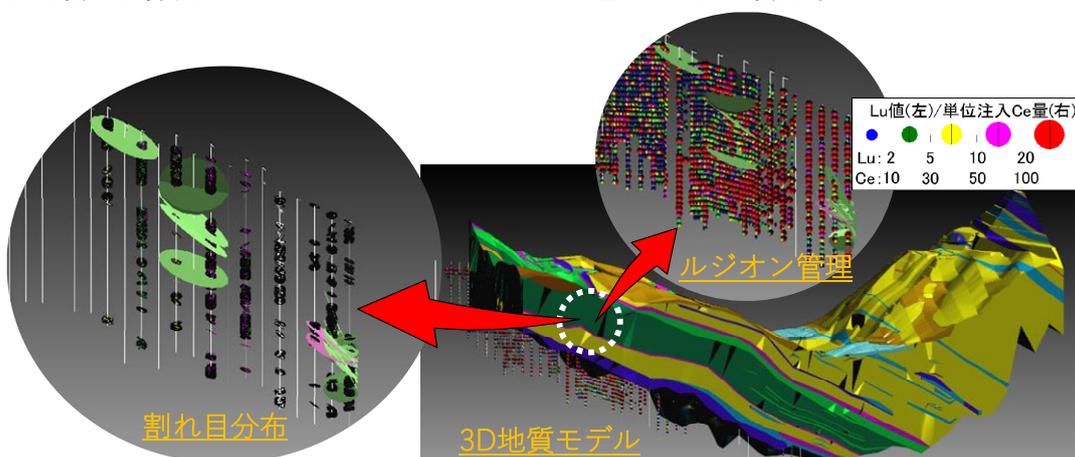


図-5 透水割れ目の三次元分布および三次元地質モデルとの統合結果