

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

鹿島建設(株) 正会員 ○岡田侑子 升元一彦 野中隼人 栗原啓丞 福島大介 黒川紗季
鹿島建設(株) 非会員 本間伸一 佐藤友里香

1. はじめに

ダム基礎岩盤の適切な止水計画立案のためには、岩盤内部の3次元的な透水性状を把握することが重要である¹⁾。基礎岩盤内の水の流れは岩盤中の割れ目を經由するものであるため、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ている。しかし、従来は地質技術者が数多くのボーリング結果から評価・分析していたため多大な時間と労力を要し、止水計画にリアルタイムに反映させることは困難であった。そこで、ボーリング孔で取得した孔壁展開画像から画像解析を用いて割れ目の分布やその連続性を自動かつ迅速に評価する割れ目自動抽出システムを開発した^{2,3)}。本稿では、本システムの課題となっていた割れ目の抽出精度を向上させるため、機械学習を取り入れた事例を報告する。

2. 割れ目自動抽出システムの概要と課題

割れ目自動抽出システムは、ボーリング孔で取得した孔壁展開画像から割れ目の位置や走向傾斜、割れ目幅などを抽出し、その連続性を評価するものであるが、ここでは割れ目の抽出方法について説明する。まず、ボーリング孔と割れ目が交差している場合に孔壁展開画像上では割れ目が正弦曲線で現れる特性を利用して割れ目の候補となる位置を特定する(図-1)。次に、割れ目候補となる正弦曲線とその周辺母岩の輝度値を算出し、輝度値の差が任意の値より大きい場合に割れ目として判断する手法を用いている⁴⁾。当初は画像解析に使用する画像として写真をそのまま用いていたが、様々な色・幅の割れ目が混在する画像に対して輝度値などの閾値を1つに決めることは難しく、割れ目の抽出精度に課題があった。図-2に写真を用いて割れ目判定を行った事例を示す。図中の2つの割れ目は地質技術者によってどちらも透水割れ目と判定されているが、本システムでは一方の割れ目しか検出することが出来ていない。

3. 機械学習を活用したシステムの改良

そこで、機械学習を用いて解析画像を加工し割れ目の抽出精度を向上させる試みを行った。まず、代表的な割れ目の画像から割れ目とその周辺母岩の色、その形状を教師デ

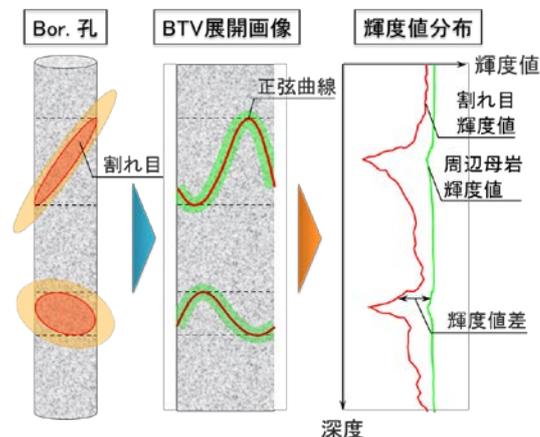


図-1 割れ目の自動抽出技術

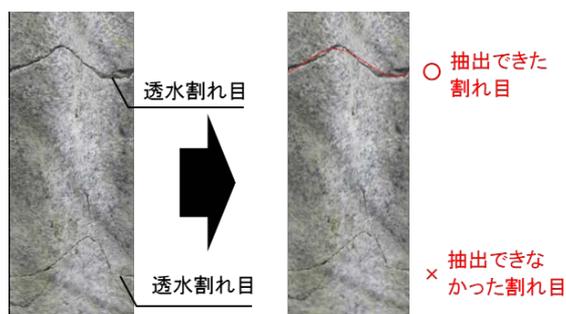


図-2 写真を用いた解析結果の例

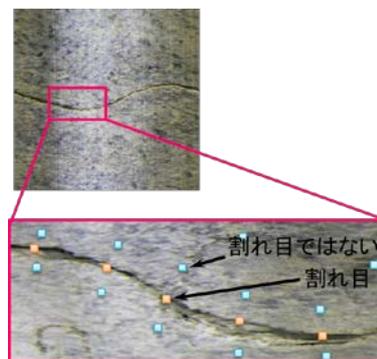


図-3 割れ目の学習

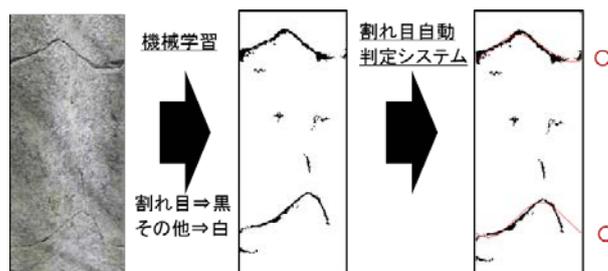


図-4 機械学習を用いた解析結果の例

キーワード ダム, 基礎処理, 岩盤, 割れ目, 機械学習

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 TEL042-489-6596

ータとして学習させた (図-3)。

次に、その学習モデルを用いて割れ目の候補となる画素を黒、それ以外の画素を白で表示した割れ目候補画像を出力した。なお、48枚の割れ目画像を教師データとして

学習させた。図-4に本学習モデルを用いて出力した割れ目候補画像と、それを用いて割れ目判定を行った結果の一例を示す。従来の写真を用いた方法では検出できなかった割れ目が、割れ目候補画像を用いることで割れ目と判定できるようになった。

3. 改良したシステムの精度検証

割れ目候補画像を用いることで割れ目の判定精度がどの程度向上したか検証するため、大分川ダムで取得した全長82mのP孔の孔壁展開画像について写真と割れ目候補画像をそれぞれ判定し、透水割れ目の抽出率を比較した。その結果、写真を用いた場合では52%の抽出率であったのに対し、割れ目候補画像を用いた場合には抽出率が74%まで飛躍的に向上した (表-1)。判定解析に用いる画像に機械学習を用いることで、割れ目である可能性のある箇所を事前に予測することができ、割れ目をこれまで以上に正確に判定できることが分かった。

一方、本学習モデルにおいて、改良すべき点も見つかった。この学習モデルの教師データは母岩が白色～明るい灰色、割れ目は黒色の組み合わせのものが多く、母岩が濃い灰色～黒色、割れ目が真っ黒の組み合わせでは正確に割れ目を判別するのは困難であることが分かった (図-5)。そこで、母岩が黒い教師データを学習した学習モデルを別途作成し、母岩の色によって学習モデルを使い分ける手法の開発を現在進めている。

4. まとめ

ダム基礎岩盤内の3次元的な割れ目分布を自動かつ迅速に判定する技術を開発し、その判定精度を向上させるため機械学習を適用した。その結果、従来の写真を用いる方法に比べてより正確に透水割れ目を判定することが可能となった。今後は、黒い母岩の割れ目抽出を得意とする学習モデルを作成し、母岩の色ごとに適切な学習モデルを使い分けるシステムを構築するとともに、3次元管理ツール (図-6) と併せて現場にて基礎処理工の品質管理に貢献する所存である。

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)野中隼人ほか, 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開発, 土木学会第73回年次学術講演会, 2018
- 3)升元一彦ほか, 大分川ダム基礎処理工におけるパイロット孔の地質データを活用した注入管理, 土木学会第73回年次学術講演会, 2018
- 4)野中隼人ほか, ダム基礎処理工の透水性に関わる三次元施工品質管理システムの開発, 第46回岩盤力学に関するシンポジウム, 2019

表-1 透水割れ目の抽出率

地質技術者が評価した 透水割れ目総数	割れ目判定システムで 抽出できた割れ目数		抽出率
	写真	割れ目候補画像	
23	12	17	52%
			74%

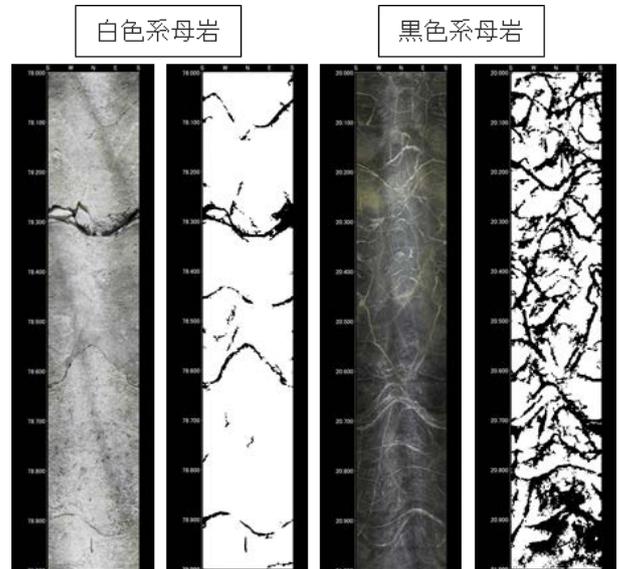


図-5 母岩の色毎の割れ目候補画像

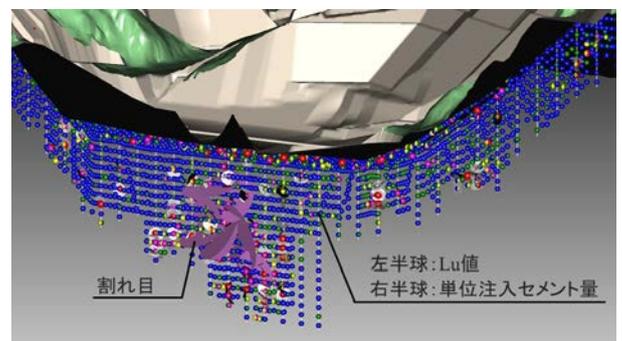


図-6 ダムの3次元管理ツール