

湿潤過程における岩石試料の劣化とその経時変化について

土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○岡崎健治・正会員 倉橋稔幸
 フジタ 正会員 村山秀幸
 北海道大学大学院工学院 福田大祐

1. はじめに

トンネル周辺の地下水は、通常、トンネルの排水設備を通じて排水される。しかし、それらが目詰まりなどで機能しない場合や、降雨や融雪水などがより多く供給される場合、地下水はトンネル坑内に漏水として現れることがある。一方、トンネル周辺に、水によって劣化しやすい岩石が存在する場合、もともと掘削に伴う緩みが生じているほか、飽和度の変化が繰り返されることで劣化が進行する。その結果、土圧として支保部材に作用することで、覆工の押出しや盤ぶくれ等の変状が発生することがある。

これまで筆者らは、岩石の劣化の進行過程を明らかにするため、ボーリングコアの乾燥過程における亀裂や状態の変化を観察し、岩級区分ごとに亀裂発生数の予測方法を示した¹⁾。本稿では、コアから成形した岩石試料を浸水させ、X線CT法によって浸水前後の供試体の様子を可視化することにより、劣化の進行状況を分析したので、その結果について述べる。

2. 試験概要

本試験では、廃止された道路トンネルにおいて、側壁からの水平ボーリング調査によって採取したコアを1～2cmの矩形に成形して試料とした。岩種は、安山岩質の凝灰角礫岩である。この試料をプラスチック容器に入れて浸水させた状態で、Micro focus X-ray CT scanner (Toscaner301300 μ hd) によって上端から下端までの水平断面のCT画像を複数枚取得し、三次元的に重ね合わせて可視化した。供試体はスキャナ内の定位置に固定した。画像の解像度は25～30 μ m程度である。画像の高密度部は白色、低密度部は黒色で表示される。なお、本装置で得られる画像のCT値は、あくまで相対的な密度コントラストとして扱った。画像は、浸水前、浸水1時間後、6時間後および24時間後に撮影した。撮影画像は、試料の上端、下端およびその中間位置の白色部と黒色部を画像処理ソフトで二値化した。黒色部である低密度部は、主に亀裂や空隙などに相当する。二値化した黒色部のピクセル数の変化を湿潤過程における岩石試料内部の劣化が進行する状態と仮定し、その増加の割合を求めた。

3. 試験結果

3. 1 浸水による岩石試料の経時変化

写真-1に浸水による岩石試料の経時変化を示す。浸水1時間後、比較的大きな亀裂がはじめに左上端部で発生した。浸水6時間後、上部右方向に亀裂が進展するとともに、亀裂沿いに細片化が進行した。浸水24時間後、岩石全体に亀裂が複数発生し、脆弱な状態になっている様子がわかる。

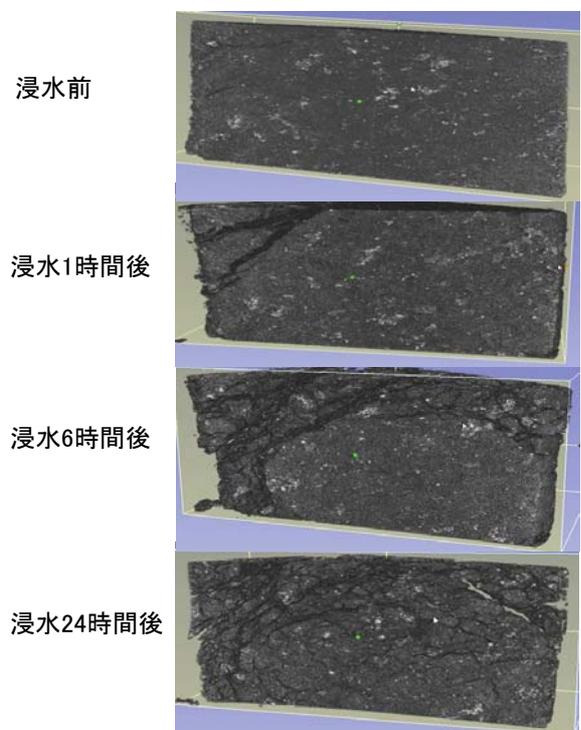


写真-1 浸水による岩石試料の経時変化

キーワード 岩石, X線CT画像, トンネル, 漏水, 維持管理

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 TEL 011-841-1775

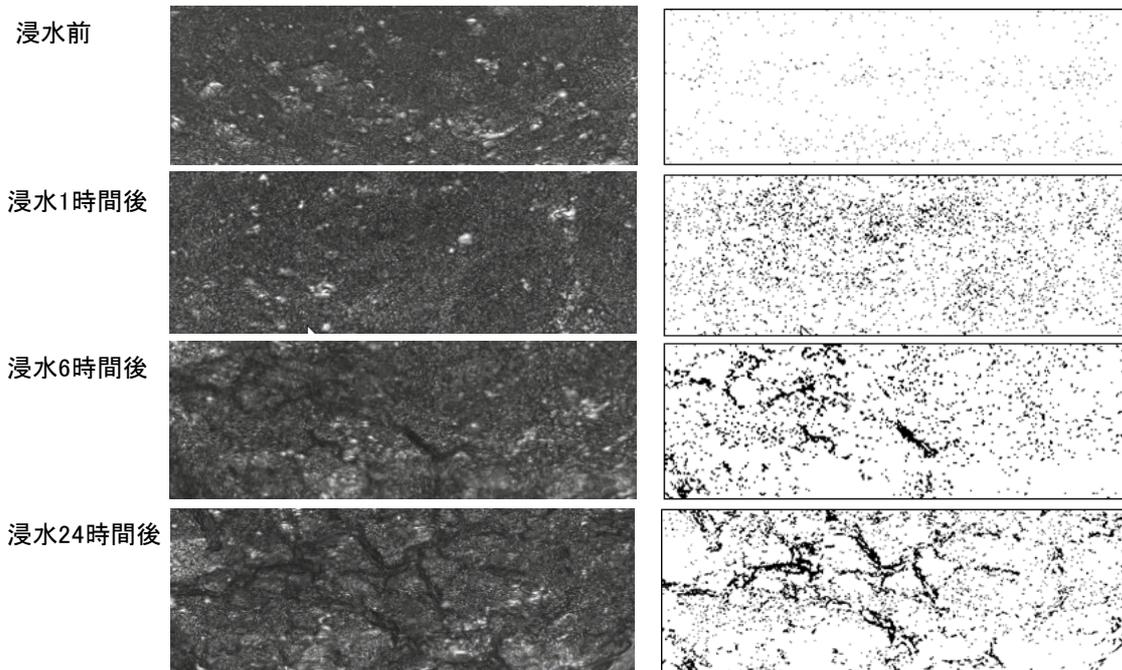


図-1 浸水による岩石試料内部の経時変化（左：X線CT画像、右：二値化した画像）

3. 2 浸水による岩石試料内部の経時変化

図-1 に、各撮影時の岩石試料の中間位置をスライスして上からみたX線CT画像とその二値化した画像を示す。画像の大きさは、縦0.7cm×横1.8cmである。撮影の結果、X線CT画像では、劣化が進行する様子がわかる。二値化した黒色部は、主に亀裂部に対応しており、経時的に増加する。浸水1時間後、浸水前より細かな亀裂が多く発生した。浸水6時間後、一部の亀裂が、鉱物や岩片の境界部などで連結し、大きな亀裂に変化した。浸水24時間後、その亀裂が互いに連結し、周辺と分離する様子を捉えることができた。

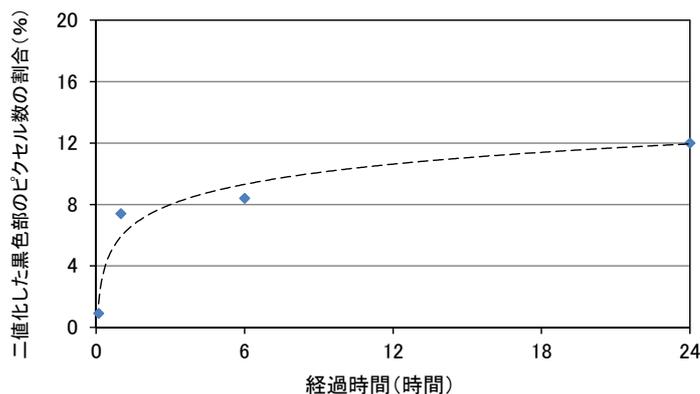


図-2 浸水による二値化した黒色部の経時変化

図-2 に、浸水による二値化した黒色部のピクセル数の割合と経過時間の関係を示す。亀裂に対応する黒色部の増加の割合は、浸水1時間で8%程度となった。これは主に、細かな亀裂の発生に対応する。その後、24時間後までに漸増して12%程度となり、岩石試料は最終的に細片化した。浸水により劣化する状態は、トンネル地山の飽和度が高く継続する状態、例えば、排水が不良となり地下水水位が上昇、また、地下水がより多く継続して供給される状態に対応し、浸水によって地山の岩石の劣化が進行する場合のあることが推察できる。

4. おわりに

本試験では、湿潤過程において岩石の状態が変化の様子をX線CT画像で撮影した。その結果、岩石は、大きく発生した亀裂面から細片化が進み、その後、岩石全体が細片化する状況を確認した。また、対象とした岩石について、湿潤過程における内部の亀裂の進展状況を捉えたとともに、その進行状況をピクセル数の変化の割合として定量的に把握することができた。

参考文献

- 岡崎健治・丹羽廣海・村山秀幸・伊東佳彦・笹谷輝勝・倉橋稔幸：岩石の時間依存性劣化過程の室内試験による分析，土木学会，第44回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，pp.246-250，2016。