

泥岩の含水比変化が強度劣化に与える影響

(公財) 鉄道総合技術研究所
(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構

正会員 〇嶋本 敬介, 川越 健
正会員 今林 泰史, 今地 洋佑, 後藤 裕太郎

1. はじめに

山岳トンネルでは、地質によっては、トンネル完成後の盤ぶくれが問題となることがある。文献¹⁾では、盤ぶくれしたトンネルはスレーキング指数が高いこと、切羽観察記録の湧水量の項目が、「なし、滲水程度」の割合が94%であり、掘削時の湧水が少なくても完成後に盤ぶくれした事例は多くあることが示されている。そこで、地質によってはインバート掘削後の露出に伴う乾燥が、その後のインバート部地山の強度低下および盤ぶくれに影響する可能性について検討することを目的に、含水比を変化させた一軸圧縮試験およびスレーキング試験を実施した。試験は、スメクタイトを含有する新第三紀泥岩地山を掘削する山岳トンネルの2地点（A、B地点）の切羽の岩石で実施した。なお、A地点とB地点は約3.5km離れている。

2. 試験方法

(1) サンプルング及び供試体作製

掘削後、直ちに岩塊を採取し、含水比の変化を極力少なくするためにラップをするとともに、供試体の損傷を防ぐためにクッション性がある梱包材で梱包し、運搬した。

2地点で採取したそれぞれの岩塊から、直径5cm×高さ10cmの供試体をそれぞれ24本、合計48本作成した。

供試体は、試験室に備え付けのコアボーリングマシンにて、水を使い直径5cmのコアを抜き、その後カッターで所定の長さで切断、端面の整形を行うことで作製している。

(2) 含水比変化測定

本試験では、インバート掘削後のインバート下地山の環境を再現するために、坑内を想定した温湿度環境にて気乾し、その岩石について、一軸圧縮試験およびスレーキング試験を実施する。それに先立って、気乾過程の含水比変化を測定した。坑内を想定した温湿度環境としては、既往の文献²⁾におけるアンケート調査により得られた施工中の坑内の温度と湿度の関係を参考に、平均よりやや低めの温度・湿度として、20℃、60%と設定することとした。

A地点、B地点それぞれ3本の供試体について、気乾過程の質量変化を測定した。測定期間は7日間とし、質量変化測定後、地盤工学会基準「岩石の含水比試験方法」に準拠し、含水比変化を得た。

(3) 一軸圧縮試験

試験ケースを表-1に示す。岩石の種類2ケース×含水比条件4ケース×浸水2ケース=16ケースについて、各ケース3本の一軸圧縮試験を実施した（計48本使用）。

一軸圧縮試験前の浸水により、形状を保持できないケースが考えられるため、浸水は、供試体にろ紙およびプラスチック製フィルムシートを巻き、輪ゴムで固定した状態で実施した。浸水時間は72時間とした。

(4) スレーキング試験

自然含水比、8時間気乾、72時間気乾、絶乾のそれぞれの状態の供試体について、スレーキング試験を実施した。

3. 試験結果

(1) 含水比変化測定

図-1に20℃、60%で気乾したときの含水比の経時変化を示す。これより、気乾開始当初に含水比が大きく低下し、その後、徐々に含水比の低下速度は緩慢になるものの1週間程度で自然含水比（初期含水比）の約3割程度の含水比に落ち着いていることがわかる。8時間経過時は自然含水比の8割程度、72時間経過時は自然含水比の4割程度の含水比となった時期に相当する。

表-1 解析ケース			
ケース番号	岩石試料採取箇所	含水比	圧縮試験前の浸水
ケース1	A地点	自然含水比	あり
ケース2			なし
ケース3		8時間気乾	あり
ケース4			なし
ケース5		72時間気乾	あり
ケース6			なし
ケース7		絶乾	あり
ケース8			なし
ケース9	B地点	自然含水比	あり
ケース10			なし
ケース11		8時間気乾	あり
ケース12			なし
ケース13		72時間気乾	あり
ケース14			なし
ケース15		絶乾	あり
ケース16			なし

キーワード 山岳トンネル, 盤ぶくれ, スレーキング, 含水比

連絡先 〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38 TEL:042-573-7266

なお、含水比 20%以上という膨張性の指標³⁾が存在するが、A 地点は自然含水比 20%以下、B 地点は 20%以上という結果であった。

(2) 一軸圧縮試験

乾燥とその後の浸水が強度に与える影響に着目し、一軸圧縮強さを整理した結果を図-2 に示す。これらより、自然含水比の状態では、浸水させても一軸圧縮強さは低下しない一方で、乾燥させた供試体では、浸水により著しく強度が低下することがわかる。また、強度低下の度合いは、A 地点の場合は、72 時間気乾で既に絶乾と同等の強度低下状況であるのに対し、B 地点では、8 時間気乾、72 時間気乾、絶乾と徐々に低下する傾向を示した。すなわち、A 地点の岩石の方が B 地点の岩石よりも、より短い時間の乾燥でも、その後の浸水に伴う強度低下の影響を受ける結果となった。

(3) スレーキング試験

自然含水比、8 時間気乾、72 時間気乾、絶乾のそれぞれの状態の供試体を浸水し、24 時間が経過した時の写真を写真-1 に示す。A 地点、B 地点のいずれの試料も自然含水比ではほとんど劣化が認められなかった。しかし、8 時間気乾以降では劣化が認められ、絶乾まで、乾燥程度が大きくなるに従い浸水時の崩壊も激しくなる傾向が認められた。また、試料による比較では、A 地点の場合、72 時間気乾と絶乾はほぼ同様な結果であり、B 地点の場合は、8 時間気乾～絶乾まで段階的に劣化するのが認められ、一軸圧縮試験の結果と同様な傾向となった。

4. おわりに

泥岩の含水比変化が強度劣化に与える影響について、一軸圧縮試験および浸水崩壊度試験により検討した。その結果、20℃、60%での気乾時間が長くなるほど、強度は大きくなるが、その後に浸水した場合には、浸水前の気乾時間が長くなるほど、強度の低下が著しいことが明らかとなった。

実際のトンネルにおいても、湧水が少ない地山の場合、インバートの掘削後から打設までの間、インバート下の地山は多少なりとも乾燥する。そして、インバート打設後は、湧水のない地山においても、トンネルの排水管に向かって水は集まり、インバート下地山の含水比は飽和状態に回復すると考えられる。今回の試験結果より、湧水がなく、スレーキングしやすい地山の場合には、インバート部地山の乾燥がその後の地山の变形に影響を与える可能性があると言える。

参考文献

- 1) 小林寛明, 井浦智実, 上野光, 渡辺和之, 嶋本敬介, 伊藤直樹: 山岳トンネルの盤ぶくれとその対策に関する基礎的研究, 土木学会論文集 F1 特集号, Vol. 71, No. 3, pp. I_80-I_93, 2015.
- 2) 馬場弘二, 伊藤哲男, 城間博通, 宮野一也, 中島浩, 谷口裕史: 施工中のトンネル坑内環境と覆工コンクリートの湿度変化に関する研究, 土木学会論文集 No.742, VI-60, pp.27-35, 2003.
- 3) 土木学会: トンネル標準示方書 [山岳工法編]・同解説, p.45, 2016.

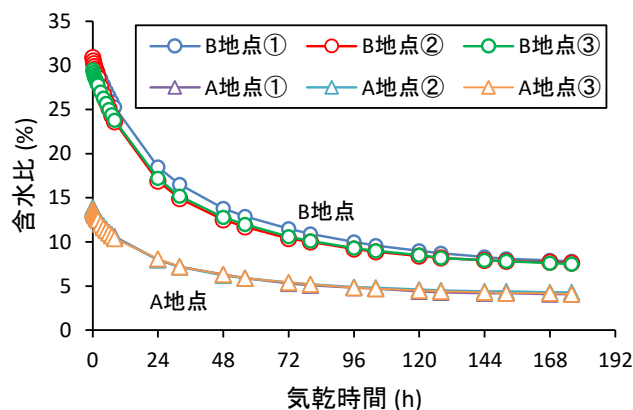


図-1 気乾による含水比の変化

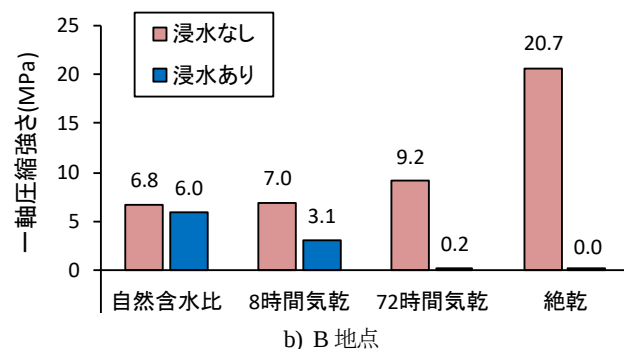
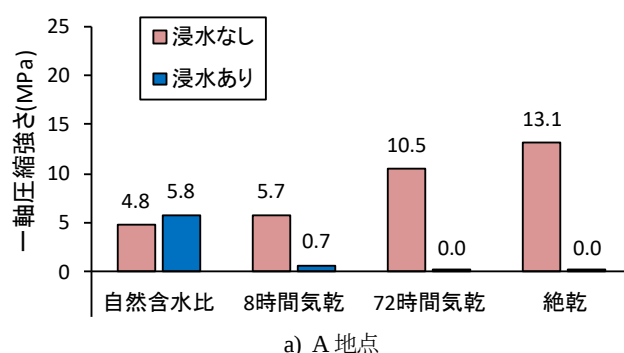


図-2 一軸圧縮強さ (気乾時間、浸水有無をパラメータ)

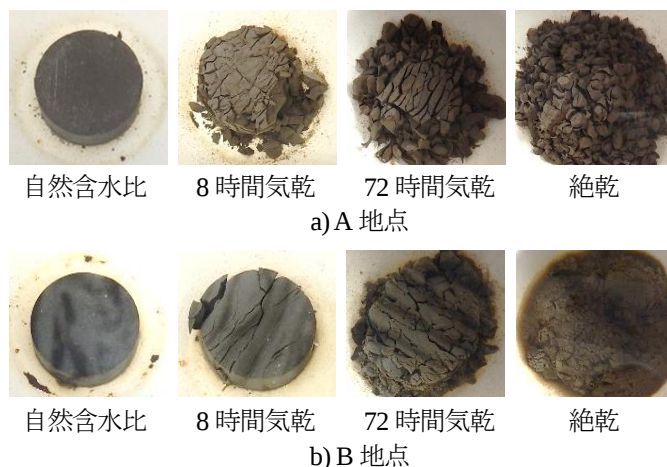


写真-1 浸水後 24 時間経過時の供試体の状況