

鉄道レンガトンネルにおける地山評価と変状対策について

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 磯崎 司

1. 変状概要

当社、都市間輸送を担う線区に位置するレンガトンネルにおいて、2009年に実施した法令検査にて、右側壁部にはらみ出し、レンガの食い違いの変状を発見し経過観察を要すると判定した（写真-1）。後年の詳細調査にて、幅7m（入口より142m～149mの箇所）の範囲、はらみ出し量は最大120mmであることが確認された。

また、はらみ出し変状範囲を含めた13m（入口より138m～151mの箇所）間の範囲には、側壁レンガ表面の剥離・ウキが確認されており、スプリングライン付近覆工表面に線路並行方向の亀裂、にじみ出し漏水跡がなど確認されている。

これを受けて、2010年より内空断面測定を1回／年の頻度で行っており（図-1・写真-2）、トンネル断面縮小方向へ最大で1.2mm／年の緩やかな進行が確認されている（図-2）。



写真-1 変状写真

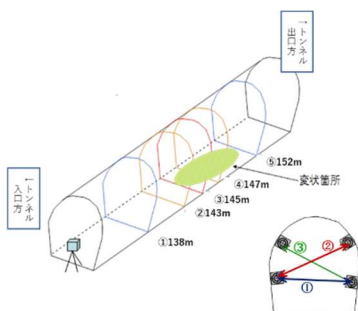


図-1 内空断面測定方法

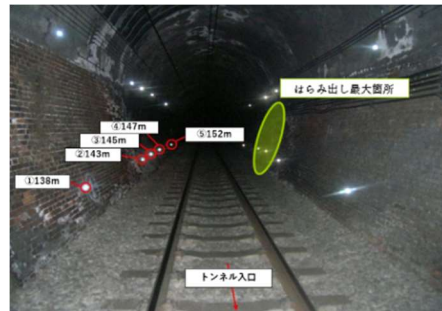


写真-2 内空断面測定位置

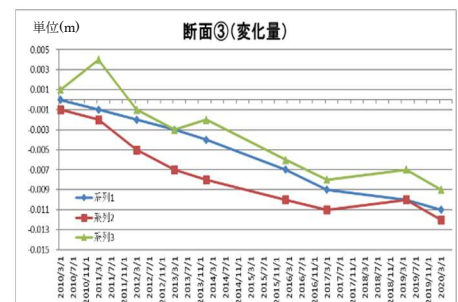


図-2 内空断面変位 No. 3

2. トンネル諸元

【断面形状】単線甲型 【延長】560m 【覆工構造】レンガ、インバート無 【使用開始】1902年

3. 変状原因の推定

上記に示す変状は、水分供給により膨張する性質を持つ膨張性地山に見られる地圧変状であることが知られているため、これらの可能性について更なる詳細調査を行うこととした。周辺環境調査を行ったところ、商業施設の駐車場（約3,000㎡）敷地内に浸透型の集水ますが2箇所存在することがわかった（写真-3）。これらの建設年次特定には至らなかったが、航空写真の比較結果から1997年から2004年までの間に設置された可能性が高いことがわかった（写真-4, 5）。

以上の結果から、トンネル上部に位置する浸透型集水ますから水分が供給され、トンネル周辺の膨潤性地山と反応することで地圧変状が発生したものと推定した。



写真-3 商業施設駐車場



写真-4 トンネル上部利用状況 (1997/畑)



写真-5 トンネル上部利用状況 (2004/商業施設)

【キーワード】 鉄道トンネル レンガトンネル 側壁 膨潤性地山 土圧

【連絡先】 住所：東京都八王子市旭町1-8 TEL：042-921-1291 FAX：042-621-1292

4. 推定原因の確認

推定原因を確認するため、背面地山の土質調査および集水ますからのトレーサ試験を行った。

4-1. 背面地山の土質確認

ボーリング調査位置を写真-6に示す。

- (1) 側壁レンガ健全箇所（入口より 136m）
- (2) はらみ出し変状最大箇所（入口より 145m）
- (3) 側壁レンガ亀裂発生箇所（入口より 149m）



写真-6 ボーリング調査位置

ボーリング長は以降の対策工を考慮し 3m 以上（単線断面のロックボルト長の一般値）とし、膨潤性を確認する試験項目については「土木学会 トンネル標準示方書 解説表 2.3.11 地山の膨張性を示す指標の例」を参考に定めた。写真-7に箇所（2）の採取コアの概況を示す。レンガ側壁背面地山は凝灰岩で形成され、浅い位置ほど風化、粘土化が進行していることが確認された。試験はレンガ側壁に近い深度 0.6～1.0m間のコアに対して実施した。

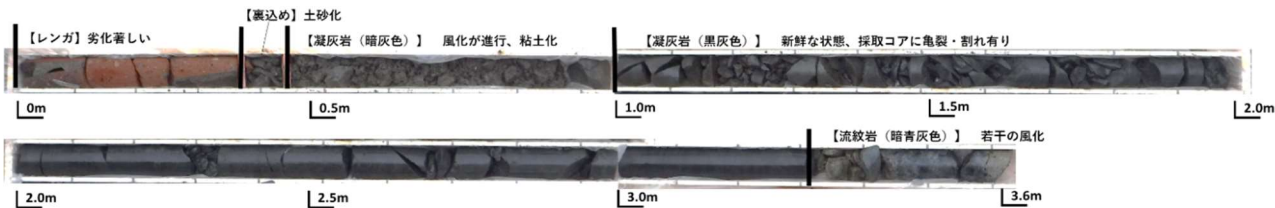


写真-7 はらみ出し変状最大箇所の採取コア概況

表-1 に試験結果を示す。

膨潤性の判定事項として設定した 6 項目の内、4 項目に該当し、背面地山は膨潤性を有することが確認された。

	モンモリロナイト含有	2μm以下 粒子含有率	塑性指数	陽イオン交換容量	浸水 崩壊度	ボーリング サンプル 観察
該当条件	主要粘土鉱物が モンモリロナイト	30%以上	70以上	35[meq/100g]以上	D	破砕部多い
試験結果	多量に含む	21.40%	19.6	45.4[meq/100g]	D	破砕部多い
判定	○	×	×	○	○	○

表-1 地山の膨張性を示す指標に対する判定結果

(1) 箇所および (3) 箇所についても、モンモリロナイト含有量や陽イオン交換容量の値については、箇所（2）と同様に閾値を超える値であり、また対策工実施に向け採取コアに対し圧縮強度試験を行った結果、(1)～(3)に共通して深度 2m 程度の位置で軟岩程度以上の圧縮強度（16N/㎡以上）を有することが確認された。

4-2. 駐車場集水桝の位置確認・トレーサ試験

光波測量を用い駐車場の集水ますとトンネル内変状箇所との位置関係を計測した。変状箇所に最も近接する浸透型の集水ますは、当該変状箇所に対し、土被り 30m 程度、線路直角方向に約 4m、線路方向に約 40mの位置であった。

続いて、同集水桝から当該変状箇所の側壁背面地山への水の流入の供給の有無について、トレーサ試験を用いて確認した（写真-8）。試験の結果、関連性を確認することはできなかった。



写真-8 トレーサ試験状況

5. 今後の対応

前項までの調査では、推定原因であったトンネル側壁背面に膨潤性地山が存在することは確認できたが、水分供給経路については特定に至らなかった。しかし、採取コアの圧縮強度試験においては深度 2mの比較的浅い位置で 16N/㎡以上圧縮強度を有する地山が存在することが確認できた。そのため、「変状トンネル対策工設計マニュアル（鉄道総研）」に基づき、対策工としてはロックボルト工が有効であるといえる。

今後は、対策工であるロックボルトの施工を計画するとともに、2010 年より行っている内空断面測定にて内空変位の監視を行っていく。