

外力の影響を受ける鉄道トンネルにおける変状対策の検討について

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○丸山 修平

東日本旅客鉄道(株) 山崎 崇

東日本旅客鉄道(株) 青木 龍輔

1. はじめに

山岳トンネルは地質や地形、構造条件によっては供用後に外力の影響により覆工のひび割れや変形、内空断面の縮小といった変状が発生することがある。当社の鉄道トンネルにおいても土圧（塑性圧）の作用により、内空断面の縮小が確認されているトンネルが存在する。

本稿では、塑性圧の作用により変状が確認されているトンネルにおける対策工検討にあたり、内空変位計測の結果、過去の対策工施工履歴の整理と合わせ、当該箇所の地質調査を実施したので、その内容を報告する。

2. 対象トンネルについて

2.1 トンネルの諸元

トンネルの諸元を表 1 に示す。

表 1 諸元

延 長	2,006m
取得年月	1914年（経年108年）
断面形状	単線甲型及び特殊型 （狭軌・標準断面） 全長の60.5% 計1,215mインバート有
構 造	れんが造
巻 圧	4～8層（457～914mm）
土被り	最大280m
地 質	凝灰岩、流紋岩（新第三紀中新世）
線 形	直線

2.2 維持管理について

本トンネルでは、過去より外力の影響によるひび割れ、内空断面の縮小が確認されているほか、れんが母材の劣化による剥離剥落や浮き等の変状が確認されている。対策工として、モルタル吹付や覆工の改築、内巻工、ロックボルト工が施工されている。また、法

令で定められた検査に加え、覆工状態の点検を年 1 回、水平方向及び左右斜め方向の内空変位計測を年 2 回実施している。

3. 変状の状況

3.1 内空変位計測結果

水平方向の内空変位を把握するため、2002 年からは変状が顕著な箇所において、2017 年からはトンネル全長にわたり計測を行っている。計測点は延長 1.9km の区間に 75 箇所設置され、これまでに計 18 回計測を実施してきた。図 1 に内空断面の縮小が確認されている変状箇所（以下地点 A）（トンネル入口から 606m の位置）付近における 2017 年からの経時変化グラフを示す。5 年間の累計縮小量 18.2mm、直近 1 年平均 3.2mm と縮小が継続しており、トンネル軸方向に伸びるひび割れが確認されている（写真 1）

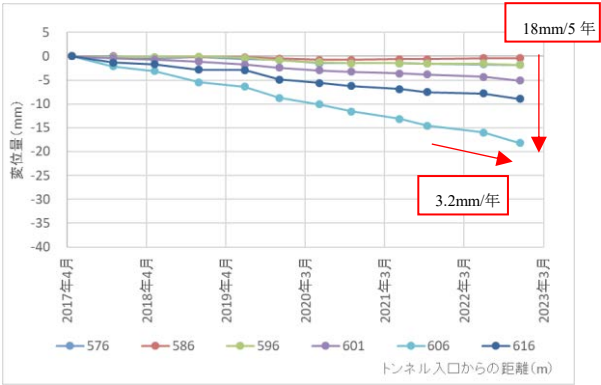


図 1 内空変位量の経時変化



写真 1 ひび割れ状況

キーワード トンネル、塑性圧、内空変位、地質調査、

連絡先 〒950-0086 新潟県新潟市中央区花園 1-1-4

東日本旅客鉄道（株）新潟土木設備技術センターTEL025-248-5262

3.2 過去の対策工

A 地点では、過去より外力による変状が確認されており、1959 年に入口から 583m~611m の位置にコンクリート内巻き工、1987 年に同位置にロックボルト工(L=3m, 10 本/断面、線路方向 1.2m 間隔)及び吹付工を行った。その当時の内空変位の記録は残っていないが、対策後に圧ぎ等の発生が確認されていないことから、対策工施工により内空変位の速度は緩やかになったものと想定できる。しかし、2017 年からの計測記録、吹付面にひび割れが発生していることから、現在も縮小傾向が継続しているため、追加の対策が必要である。

4. 地質調査について

4.1 ボーリング調査

A 地点において、対策工の検討を目的とし、ボーリング調査（側壁部水平 1 箇所、 $L=8\text{m}$ ）を行った。柱状図を図 2 に示す。結果は以下の通りであった。

・地質は凝灰岩で、全体的に風化が進行し、粘土化著しい箇所が見られる。ヘラで削れる程度の硬さであり、亀裂が多い。覆工背面0.6~0.8mに空洞が存在。

- ・風化軟質部は深い位置まで及んでいると考えられる.

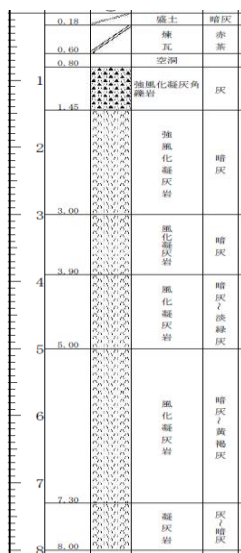


图 2 柱状图

4.2 室内試験

採取したコアにより各種室内試験を行い，地山の特性を分析した．試験供試体は 2 箇所とし，試験結果の一部を表 2 に示す．

表 2 試驗結果

試 料 番 号		(1)	(2)
試料採取深度 (GL- m)		2.15~2.50m	3.95~4.55m
一軸圧縮強さ	q_u (N/mm ²)	2.55	5.47
岩石の浸水崩壊度試験	崩壊度	D	D

以下, 試験結果の評価はいずれも参考文献¹⁾による地山の膨張性を示す指標である.

・一軸圧縮強度の結果より、硬さによる評価ではともに軟岩相当の地山である。

・A 地点は十割り 240m であることから、地山強度比

Gn は 1.6 であり，地山強度比による地圧の評価では「押出し性～膨張性」に分類される．

- ・浸水崩壊度 D より膨張発生の可能性が非常に大きいと分類される.

・陽イオン交換容量試験では 35meq/100g 以上の値を示し、膨張性のある粘土鉱物（スメクタイト）の含有量が多いことが確認できる。

・吸水膨張試験においては膨張率が 6.9% (試験中) を示し、吸水による膨張する特性がみられた。

試験結果より、膨張圧の発生が非常に大きい地山であることが確認され、風化による地山の強度低下が認められる、また、地山に含まれる粘土鉱物の吸水による膨張特性も変状の発生原因と考えられる。

5. 対策工の検討

対策工は変位抑制を目的としたロックボルト工を適用する。定着層は深い位置にあると想定されるため、ロックボルト (L=3m, 12 本/断面、線路方向 1.2m 間隔) を覆工全周に等間隔に打設し (図 3)、覆工と地山の一体化をはかる。既設のロックボルトに増打ちすることにより、変位抑制効果を期待する。また、覆工背面の空洞調査を行い、空洞の状況により裏込め注入工も検討する。

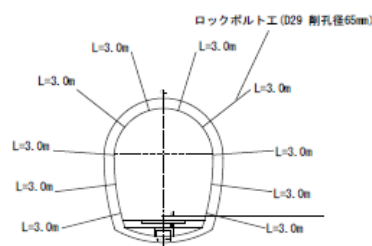


図3 ロックボルト施工イメージ

6. おわりに

本報告では、外力の影響により変状が確認されている箇所について、地質調査の結果、対策工の検討について述べた。今後、対策工施工に向けて計画を深度化していく。

参考文献

- 1) 土木学会：2016 年制定トンネル標準施工方書〔山岳工法編〕・同解説，2016
- 2) 野城一栄，嶋本敬介，大原勇，水谷真基：供用後の変状山岳トンネルの補強工の効果の評価と簡易な設計法に関する研究，土木学会論文集 F1, Vol.77, No.1, 1-16