

鉄道トンネルにおける路盤隆起の原因調査について

東日本旅客鉄道(株)
東日本旅客鉄道(株)
東日本旅客鉄道(株)

○近谷 竜紀
山崎 崇
青木 龍輔

1. はじめに

山岳トンネルは地質や地形、構造条件などによって供用後に外力の影響で覆工のひび割れや変形、路盤隆起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、内空断面の縮小や路盤隆起が確認されているトンネルが存在する。

本稿では、軌道の高低変位データにて継続した上昇傾向がみられ、路盤隆起が疑われるトンネルに対して実施した原因調査について報告する。

2. 対象トンネルについて

トンネルの諸元を表-1 に示す。

表-1 諸元

線形	直線及び曲線
延長	8,624.8m
断面形状	複線型
構造	C,RC (インバートあり)
取得年月	1982年
地質	泥岩,砂岩,凝灰岩
土被り	172m
軌道	スラブ

本トンネルは2004年10月に発生した中越地震によって大きな被害を受けたトンネルであり、一部箇所では覆工の大規模崩落や路盤隆起が発生した。今回、中越地震時には大規模な変状が確認されなかった区間にて路盤隆起が疑われる傾向が見られることから調査等を実施することとした。

3. 原因調査

3.1 軌道高低変位データの整理

軌道の経時的な変化を確認するため高低変位データの整理を行った。

図-1は最も高低変位が大きい箇所の経時変化を表したグラフである。上昇傾向は2004年の中越地震直後から発生していることがわかり、中越地震の影響を受け、路盤隆起が発生していることが考えられる。

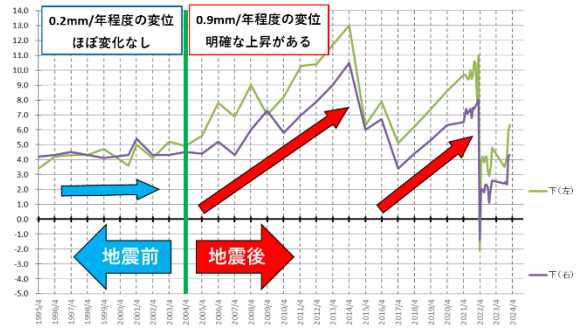


図-1 軌道高低変位の経時変化

3.2 現地変状調査

隆起が疑われる区間について、現地の変状調査を行った結果、アーチ部には目立った変状は見られなかったものの、路盤部には細かいひび割れが多数発生していた(写真-1)。またスラブ床板の継ぎ目部には段差(写真-2)、突起コンクリートにはスラブ床板との隙間(写真-3)が確認され、発生範囲も軌道データの上昇区間と概ね一致していることから、何らかの外力に起因して路盤が押し上げられるような挙動を示していることが想定された。

また、付近のサイドドレーンでは複数箇所で破損が生じており、破損箇所から路盤下にトンネル湧水が流れ込んでいる状況であった(写真-4)。



写真-1 路盤ひび割れ



写真-2 床板継目段差



写真-3 突起コン隙間



写真-4 ドレーン破損

3.3 路盤試掘調査

路盤下インバートの状況確認のため、サイドドレーンの破損箇所近傍にて路盤の試掘調査を実施した。600mm×300mm×600mm程度掘削したところ(図-2及び写真-5)、インバートが大きく破損しており、最大で70mm程度のひび割れが確認された(写真-6)。インバートの破損は地震時によるものと推察され、その結果上向きの応力に対する耐力が低下していたと考えられる。

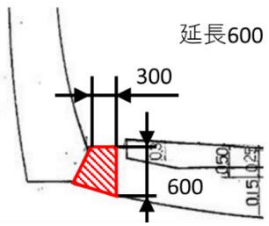


図-2 試掘模式図



写真-5 試掘箇所全景

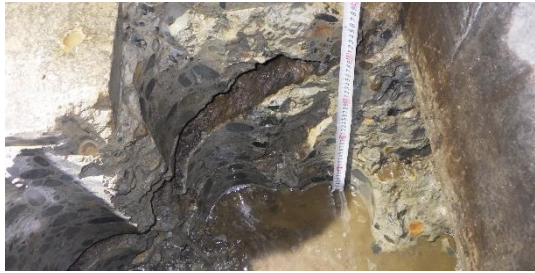


写真-6 ひび割れ近景

3.4 ボーリング調査

地山特性の把握のため、地質ボーリング調査を実施した。コアは下向き、φ66mm、L=15.0mで採取した。室内試験の結果、トンネル建設当時の工事記録から推定される地山強度比[Gn]は4.4であったのに対し、今回採取したコアでは1.7と地山強度比が低下していることがわかった(図-3)。また、主たる粘土鉱物がスメクタイトであり、陽イオン交換容量が高い値を示すことから、吸水膨張による膨圧が疑われる(図-4)。

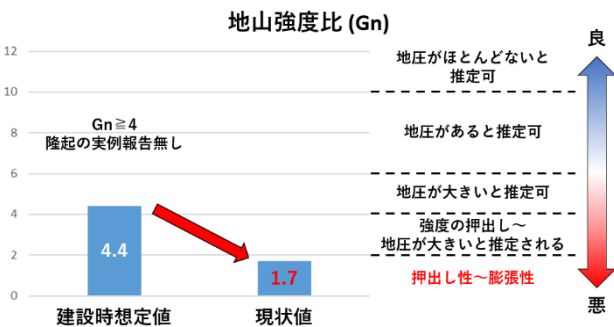


図-3 地山強度比

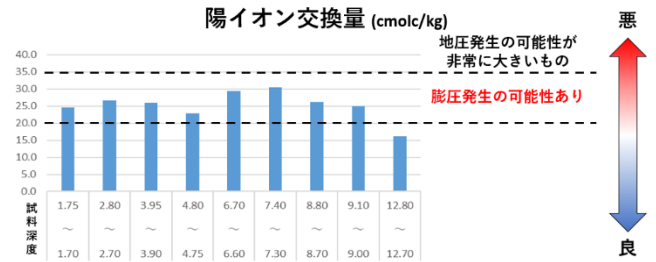


図-4 陽イオン交換量

4. 隆起発生原因の考察

室内試験結果より、本区間は建設当初と比較して地山強度比が低下していること、地山は水分の供給によって膨張応力が発生する特性を持っていることから、隆起発生のメカニズムである、スウェーリング及びスクイーミングの両方の影響を受けて、上向きの応力が発生していることが想定される。また、トンネル自体はインバートの破損によって構造体としての耐力が低下しており、応力に耐えることが困難となり、路盤隆起が発生していると考えられる。

今回隆起が確認された箇所の近傍では断層の存在が確認されている。断層を貫く形で建設された山岳トンネルは、地震時に断層前後の岩体が別体として挙動する影響を受け、構造的な被害が発生しやすいことが知られており、本区間も同様の影響でインバートが破損したのと考えられる。

5. おわりに

本稿では、路盤隆起が疑われるトンネルに対する原因調査について報告した。今後、路盤隆起に対する対策工に向けて、計画を深度化していく。また、鉄道トンネルの維持管理において、覆工表面の変状のみならず、内空断面の変化や地質状況などにも着目し、列車の安全輸送確保のため変状の早期発見に努める。

参考文献

- 1) 嶋本敬介ほか：地山の塑性化に伴う山岳トンネルの路盤隆起現象とその対策工に関する研究，土木学会論文集 F1(トンネル工学)，Vol. 69, No. 1, 54-72, 2013.
- 2) 土木学会：トンネル標準仕方書 [山岳工法編]・同解説，2016