

塑性圧を受けるトンネルの内空変位測定と今後の対策について

東日本旅客鉄道株式会社 非会員 ○新妻 武
 東日本旅客鉄道株式会社 非会員 丸山 修平
 東日本旅客鉄道株式会社 非会員 田中 洋介
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 堀澤 誠

1. はじめに

当社の A トンネルでは、地山の塑性圧が原因とみられる変状が多数確認されている。今後変状が進行すると、構造体としての健全性が低下する危険がある。現状把握と対策工の選定、優先度の検討のため、A トンネルでは 2017 年より年 2 回の内空変位測定を実施している。本論文では、この結果を踏まえて、測定結果、過去の対策工と、その効果について報告する。

2. 対象トンネルについて

諸元は表 1 の通りである。主な変状を図 1 に示す。

表 1 本トンネルの諸元

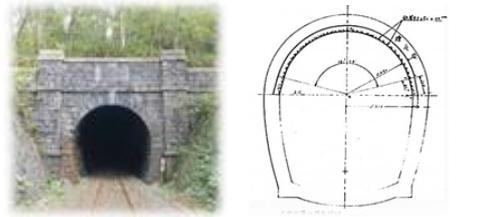
写真・断面		
経年	107年(1914年竣工)	
線形	直線	
延長	2006.1m	
断面	馬蹄形断面(インバート有)	
構造	レンガ造	
巻厚	4層-8層(457mm-914mm)	
地質	緑色凝灰岩	
亀裂・ひび割れ	目地切れ	圧ざ
		

図 1 主な変状

3. 内空変位測定

3-1. 測定概要

内空変位は、テープ式内空変位計 (図 2) を用いて 0.1 mm の精度で計測する。覆工の変形挙動を把握し、偏圧

を受けているかを確認するため、図 3 に示すように、トンネル 1 断面につき 3 測線を計測する。本トンネルでは 61 断面×3 測線=183 測線で行う。



図 2 テープ式内空変位計

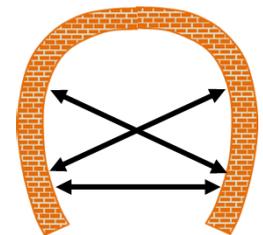


図 3 計測箇所

3-2. 測定結果

図 4 に 2017 年 4 月から 2021 年 6 月までの 4 年間の累計変位量 (水平) を示す。図より、累計変位量の大きい地点が点在していることが分かる。変位が最も大きい 66k600m 付近にはロックボルト工を施工している。3 測線で変位の偏りはみられず、覆工が偏圧を受けている可能性は低いと考えられる。

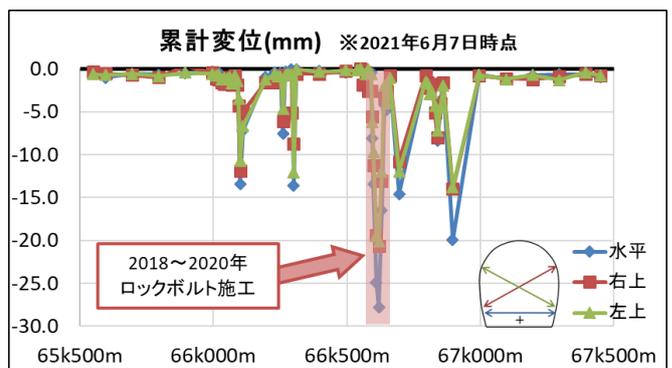


図 4 本トンネル全体の累計変位量

4. 対策工について

4-1. 過去の対策工

本トンネルでは、表 2 に示す値を参考に対策工の要否を判定している。以下の対策箇所は内空変位速度が年に 6mm 前後と大きいため、2018 年度から 2020 年度までの 3 年間にわたり 66k595m~66k640m の区間にロックボルト工を施工している。以下に年度別の施工方法の特徴を示す。

表 2 内空変位速度の大きさの考え方¹⁾

進行性	内空変位速度 (u/年)
非常に大きい	$10\text{mm} \leq u/\text{年}$
大きい	$3\text{mm} \leq u/\text{年} < 10\text{mm}$
小さい	$1\text{mm} \leq u/\text{年} < 3\text{mm}$

4-2. 2018 年度施工分

66k610m~66k630m の区間は、側壁部に変状が集中しており、覆工背面空洞調査で空洞が確認されなかった。ロックボルトに導入した引き抜き力が覆工を介して地山に作用することで、地山の塑性化とその拡大を抑制する効果を期待して、当該区間には、図5のように L=5.0m のロックボルトを側壁部に施工した。

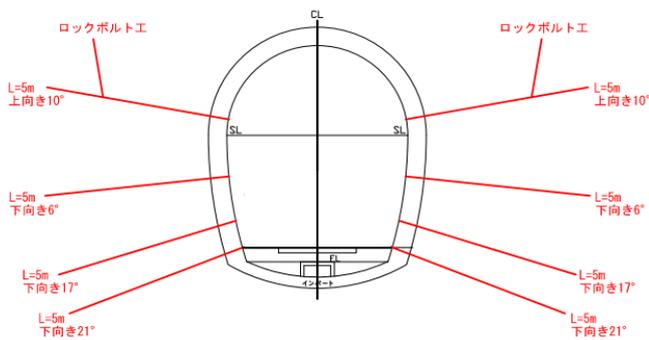


図 5 L=5.0m 側壁

4-3. 2019~2020 年度施工分

66k595m~66k610m 及び 66k630m~66k640m の区間は、事前にボーリング調査を実施した結果、地山の緩み域が広く定着層が覆工面から離れていると推定された。アーチ全周にロックボルトを施工することで、覆工背面の地山にグランドアーチを形成する効果と地山のせん断抵抗を向上させる効果により、地山の物性を改良することを期待して、当該区間には図6のように L=3.0m のロックボルトを全周に施工した。

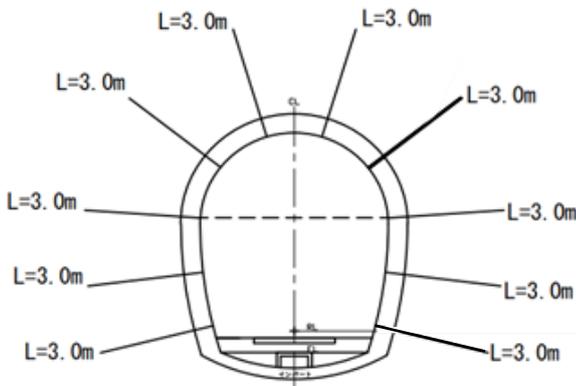


図 6 L=3.0m 全周

4-4. 対策工の効果

L=5.0m 側壁のロックボルト(66k620m)と L=3.0m 全周のロックボルト(66k600m)について、施工前後の内空変位速度の変化を図7、図8に示す。ともに施工の結果、内空変位速度が年間 5~6 mm から年間 1 mm 未満まで減少している。表2からも、内空変位が抑制されていると分かる。共に施工時の削孔で地山が緩んだことで、ロックボルトの施工時に変位が一時的に増加している。その変位量はロックボルトの延長が長い 66k620m の方が 66k600m より大きい。そのため、施工後の変位が小さい L=3.0m 全周の方が L=5.0m 側壁よりも地山の緩みに及ぼす影響が小さいと推察される。

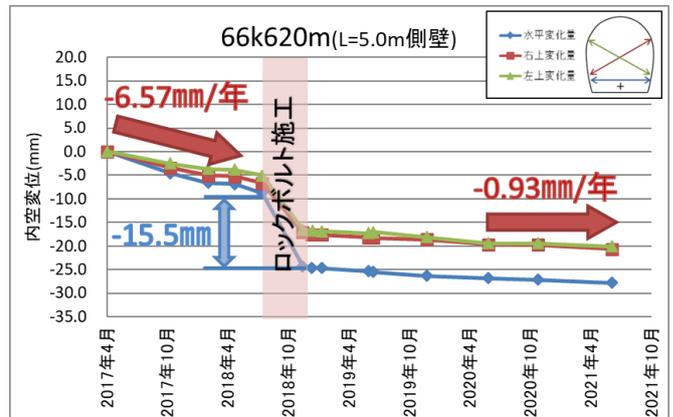


図 7 66k620m における内空変位の経時変化

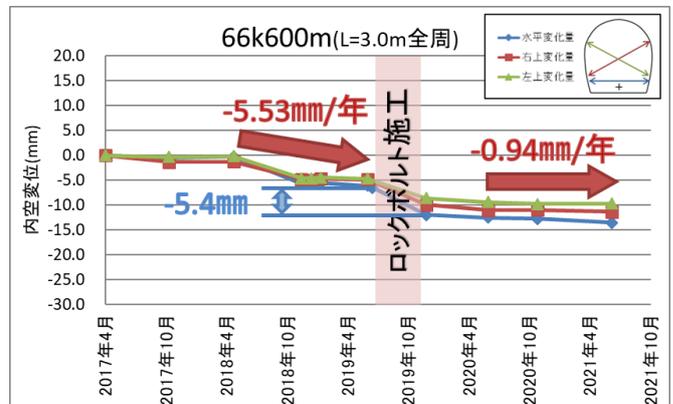


図 8 66k600m における内空変位の経時変化

5. まとめ

本トンネルでは、今後もロックボルトによる対策工を検討している。本稿の知見から、今後は L=3.0m 全周で施工する計画である。引き続き年に 2 度の内空変位測定により継続的な内空変位の監視と対策工の評価を行い、順次対策工を施工する計画である。

・参考文献

- 1) 鉄道構造物等維持管理標準・同解説 (構造物編)

