

## 供用中トンネルにおけるロックボルト補強後の軸力挙動に関する報告

(株)ネクスコ・エンジニアリング東北 正会員 ○横田 光一郎  
 東日本高速道路(株)東北支社技術部 正会員 長尾 和之, 佐藤 定夫  
 東日本高速道路(株)東北支社秋田管理事務所 宮越 信

### 1. はじめに

東北地方の高速道路トンネルは、供用開始から20年以上経過するものが大半であり、路面や覆工に変状が生じているトンネルも多い。秋田自動車道に位置する当該トンネルは、1995年1月の供用開始以降、路面や覆工側壁にクラックが発生し、内空縮小方向の変位が継続して確認されている。2020年に覆工側壁のクラックが顕著な箇所に対してロックボルト補強工を実施したが、路面隆起も生じていることから補強後も路面縦断測量やロックボルト軸力計測等による動態観測を継続している。

本報告は覆工変状が発生したトンネルに対して、ロックボルト補強後の動態観測結果を報告するものである。

### 2. 地形地質と変状概要

当該トンネルは延長774mの暫定2車線供用中のトンネルであり、横手盆地に面する奥羽山脈中に位置している。地形分類上では山地に相当し、覆工変状箇所(起点側坑口から560m付近)の地表面地形は山麓斜面、土被りは70m程度となっている(図-1)。

地質は淡灰褐色～褐色の硬質泥岩からなり、層理がよく発達して層理面に沿って板状に割れやすい性質を持つ。覆工変状箇所付近では、建設時に膨張性及び浸水崩壊性の砂質凝灰岩が確認されており、供用後の追加調査で多量の膨張性粘土鉱物を含む砂質凝灰岩の存在が確認されている(図-2)。

側壁変状断面における支保パターンはD Iであり、インバートを施工していない断面となっている。当該箇所においては、供用開始から120mmの路面隆起も生じている。

### 3. 対策工及び動態観測手法の概要

当該トンネルにおけるロックボルト補強工事は、覆工変状が顕著な31m区間(3スパン)を対象とし、1断面あたり8本(L=6m)を1mピッチで32断面施工した(図-2)。なお、施工は春と秋の夜間通行止め期間中に実施し、春に削孔・ロックボルト挿入し、秋にモルタル充填と2回に分けて施工している。

動態観測としては、2013年から路面縦断測量及び内空変位測定を開始し、2016年より地中変位、ロックボルト軸力測定を追加して継続的な監視を行っている。以降では、ロックボルト補強を行った覆工変状1断面(起

キーワード トンネル, 路面隆起, 覆工, ロックボルト  
 連絡先 〒980-0013 宮城県仙台市青葉区花京院2-1-65 いちご花京院ビル14F 道路技術部 TEL 022-713-7292

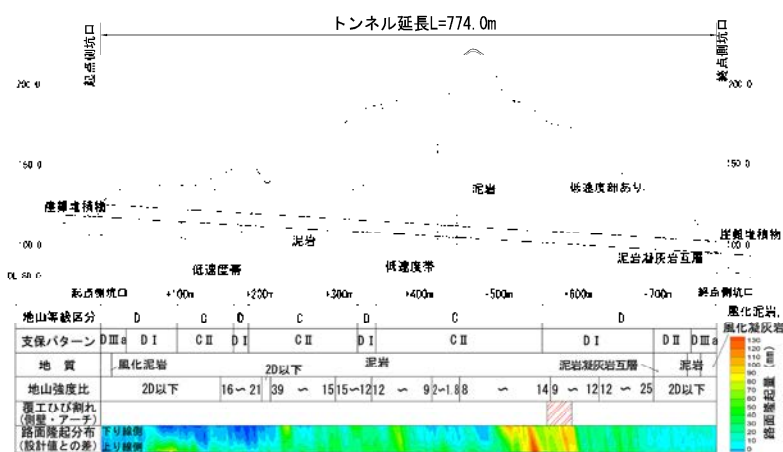


図-1 地質縦断図及び路面隆起分布図

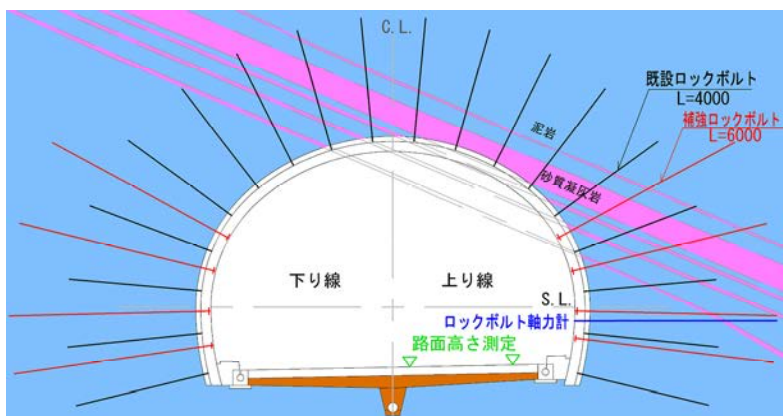


図-2 地質横断図と支保パターン(ロックボルト補強部)

点側坑口から 560m 付近) の路面縦断測量と内空変位、ロックボルト軸力について整理した結果を示す。

## 4. 対策工効果

### 4.1 路面隆起(鉛直方向)と内空変位(水平方向)

図-3 及び図-4 に変状が顕著な断面における計測開始からの路面隆起、内空変位の経時変化図を示す。路面隆起及び内空変位は側壁ロックボルト補強以前から内空が縮小する方向の変位が生じている。また、補強後も同程度の変位速度が継続している。施工後 1 年間では顕著な変化は認められないが、測定誤差もあることから継続測定により判定する必要がある。

### 4.2 ロックボルト軸力(水平方向)

側壁ロックボルト補強区間内にあらかじめ設置していたロックボルト軸力計の経時変化を図-5 に示す。なお、ロックボルト軸力計は、覆工側壁の S.L. 下部から水平方向に設置している(図-2)。図-5 より、覆工壁面から 0.5m において最大 75kN 程度の引張軸力となっており、ロックボルト補強前後で同程度となっている。他深度においては、補強後も軸力の増加が継続していると考えられるが、季節的な変動を含んでおり定量的な評価は難しいといえる。

### 4.3 ロックボルト軸力の季節変動について

前述のとおりロックボルト軸力の実測値は季節的な変動を含んでおり、その傾向から sin 関数により近似することが可能である<sup>1)</sup>。

$$N = A \cdot \sin(2\pi/365 \cdot t + \varphi) + B \cdot t + C \quad (1)$$

ここに、N：軸力(kN)、A：振幅、t：経過日数、 $\varphi$ ：位相、B：軸力増加速度(kN/時)、C：切片

(1)式の定数は、実測値と近似式の相関係数が最大となるように深度ごとに設定した。また、ロックボルト補強後で傾向の変化が認められたことから補強前後で分けて近似した。実測値から(1)式の第1項及び第3項を除いた結果を図-6 に示す。この図より、周期的な変動が除去されロックボルト軸力の定量的な評価が可能といえる。壁面から 0.5m、1.5m においては、補強前後でそれぞれ軸力増加の傾きが緩やかとなっており、深度が浅い箇所において顕著な効果が確認された。なお、これはロックボルト補強により新たに設置したロックボルトに荷重が分散したものと想定される。

## 5. おわりに

覆工側壁変状及び路面隆起が認められるトンネルにおいて側壁ロックボルト補強を実施した結果、覆工に近い深度でロックボルト軸力の低減を確認したものの、路面隆起や内空変位速度には変化が認められなかった。ロックボルト補強による内空変位の抑制には期間を要することが想定されるため、継続して動態観測を実施し変位の進行性と補強効果を確認する必要がある。

## 参考文献

- 1) 佐藤直輝ら：離隔距離が少ない I 期線トンネルへの掘削影響の評価、一般財団法人日本トンネル技術協会、トンネルと地下 2021 年 4 月号、pp. 299-309

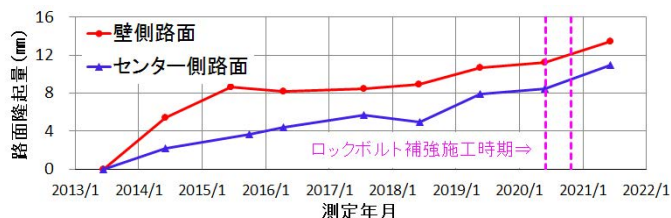


図-3 ロックボルト補強断面の路面隆起量(上り)

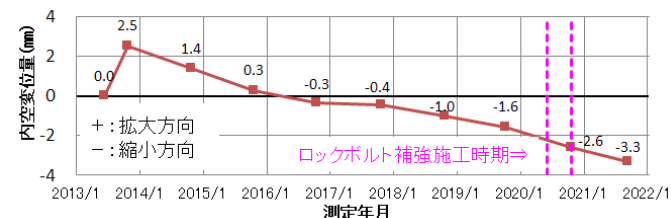


図-4 ロックボルト補強断面の内空変位(SL 水平)

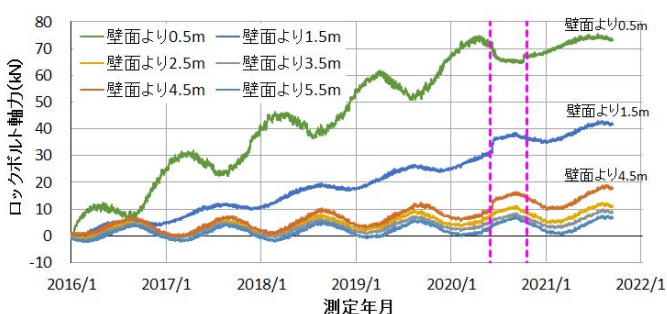


図-5 上り線側壁ロックボルト軸力(累積)

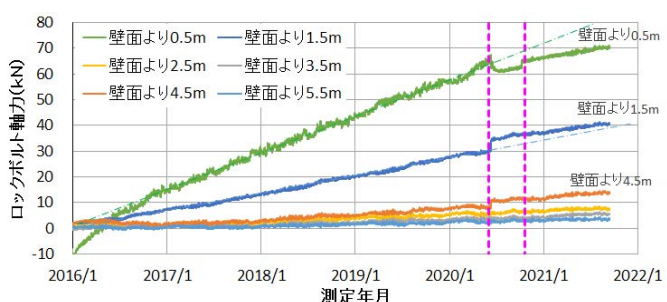


図-6 上り線側壁ロックボルト軸力(季節変動除去)