

# 供用中トンネルにおけるロックボルト補強後の地山挙動について

(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 秋田管理事務所 黒木 亮磨

## 1. はじめに

供用開始後のトンネルでは周辺地山の塑性化や膨張性粘土鉱物の影響によりトンネル内空への押し出し等が発生し、対策工が必要となる場合がある。秋田自動車道に位置する当該トンネル(暫定運用)では、1995年に供用開始以降、路面や覆工側壁にクラックが発生し、現在でもわずかにトンネル内空への押し出しが継続している。今後、盤ぶくれ対策工が計画されているが、覆工側壁の変位抑制を目的としたロックボルト補強工を先行して実施し、動態観測を行っている。

ロックボルト補強の検討に際して、トンネル周辺の緩み領域把握を目的として地中変位及びロックボルト軸力計測を行っており、ロックボルト補強後も継続して観測している。トンネル掘削時の地中変位やロックボルト軸力分布については施工実績や数値解析例が多いものの、供用後に補強したトンネルの挙動に関する報告例は未だ少ないものと考えられる。

そこで、供用中トンネルのロックボルト補強後の地山挙動として地中変位とロックボルト軸力状況についてとりまとめ、考察したものである。

## 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。覆工変状箇所では、建設時に膨張性及び浸水崩壊性の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）。

覆工変状箇所は、支保パターン DI（インバートなし）であり、側壁に斜め方向のひび割れ（幅 4mm 程度）、供用開始から 120mm の路面隆起が確認されている。

## 3. 対策工及び動態観測概要

ロックボルト補強工は、覆工変状区間 31m を対象とし、1 断面あたり 8 本（L=6m）を 1m ピッチで施工した。なお、夜間通行止め期間中に実施し、春季に削孔及びロックボルト挿入、秋季にモルタル充填の後注入型（定着方式）により施工された。

地中変位計及びロックボルト軸力計による動態観測は、2015年に開始した。以降では、ロックボルト補強を行った覆工変状箇所の地中変位及びロックボルト軸力について整理した結果を示す。

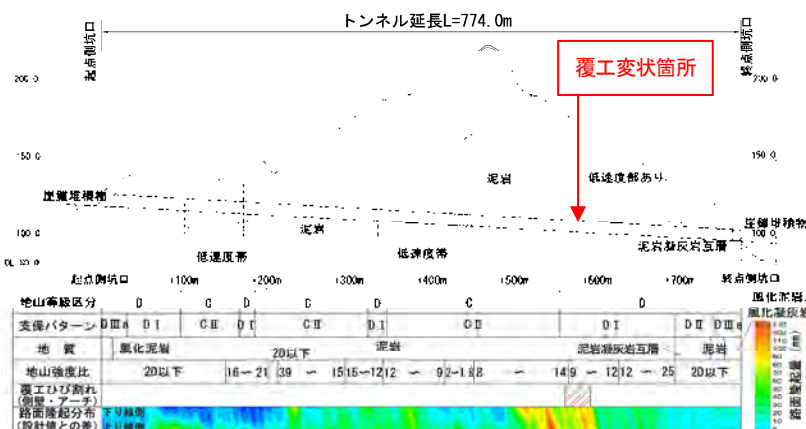


図-1 地質縦断及び路面隆起分布図

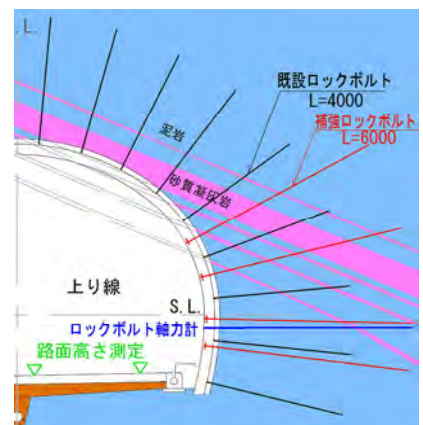


図-2 地質横断及びロックボルト補強断面図

キーワード トンネル, ロックボルト, 覆工

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 TEL022-713-7292

#### 4. 動態観測結果

##### (1) ロックボルト軸力（水平方向）

ロックボルト軸力計（L=6m）の経時変化を図-3(A)に示す。覆工壁面から0.5mにおいて最大80kN程度の引張軸力が生じているが、補強後の傾きは緩やかとなっている。補強前の0.5mは他の測点と季節変動の位相のずれが大きかったが、補強後はほぼ同様となっている。当該測点は覆工と地山の境界付近であることからロックボルト補強により地山と覆工が一体化したものと考えられる。また、壁面より0.5mと1.5mにおける補強後の傾きが同程度であることから、1.5mよりも深い深度から変位が生じていると考えられる。壁面から4.5m付近はロックボルト補強時に引張軸力が増加し、補強後もわずかに増加傾向にある。当該深度には、写真-1に示すとおり膨張性粘土鉱物を含む砂質凝灰岩が存在している。

##### (2) 地中変位（水平方向）

ロックボルト軸力計から2m起点側の位置に地中変位計を設置している。壁面から10m地点からの累積変位の経時変化を図-3(B)に示す。季節変動による周期的な変化をともしないながらわずかに地中変位が増加しているが、補強後の変位速度は緩やかとなっている。図-3(D)に示す覆工表面温度との関係を見ると、温度のピークである夏季と冬季に一時的な地中変位の増減が生じる傾向が認められる。

図-3(C)は各測点間における地中変位の経時変化を示したものである。ロックボルト補強（削孔時）に顕著な押し出し変位が生じているのは深度6~4m区間である。地山の緩みの影響も想定されるが、写真-1に示すとおり、膨張性粘土鉱物を含む砂質凝灰岩が存在していることから有水削孔による影響も想定される。

##### (3) 地中変位とロックボルト軸力の相違

地中変位計とロックボルト軸力計による観測結果は季節変動による周期的な変化が認められるが、ロックボルト軸力計の方がより周期性のある挙動となっている。地中変位計は覆工壁面から各深度間のケーブルのひずみを測定するのに対し、ロックボルト軸力計は各深度における局所的なボルトのひずみを測定している。よって、地中変位計は覆工コンクリートの温度変化の影響を受けやすいものと考えられる。ロックボルト補強（削孔）時の両者の挙動に着

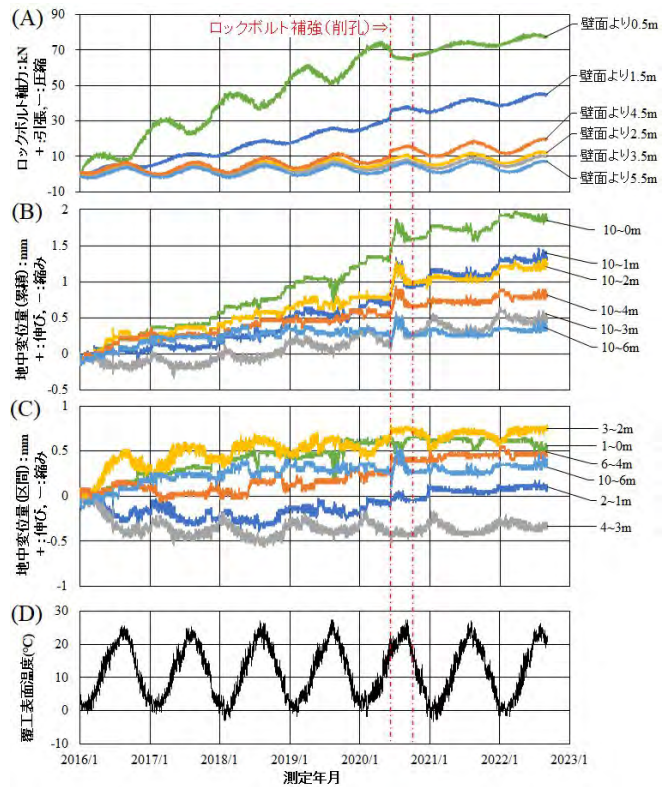


図-3 (A)ロックボルト軸力経時変化  
(B)地中変位経時変化(10mからの累積変位)  
(C)地中変位経時変化(区間変位)  
(D)覆工表面温度

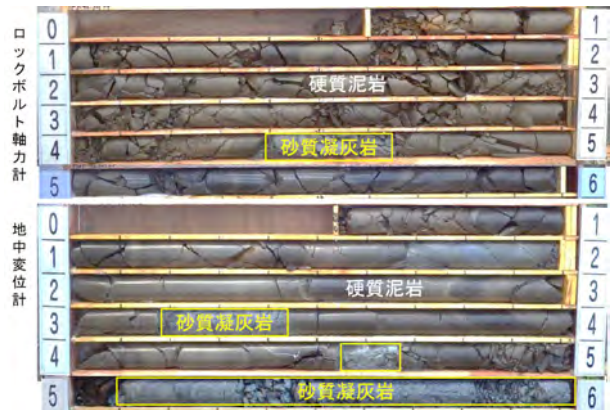


写真-1 ボーリングコア状況

目すると、覆工付近では地山方向の変位、地中では内空押し出し方向の変位が発生しており傾向は一致している。

#### 5. おわりに

ロックボルト補強により覆工から2m程度までの地山において押し出し変位が抑制され、それ以深でも変位速度の低下が確認された。地中変位計とロックボルト軸力計で同様の地山挙動が示されたが、坑口付近など温度変化が大きい箇所では、地中変位計は影響を受けやすい可能性が示唆された。