

盤膨れ対策インバート施工後のトンネル変形挙動に関する考察

～ 上信越自動車道 日暮山トンネル下り線 ～

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング

正 ○中野 清人, 正 倉持 典幸

東日本高速道路(株) 関東支社 佐久管理事務所

正 安積 淳一

同 改良チーム

正 渡辺 陽太

首都大学東京 都市環境学部

正 西村 和夫

1. はじめに

著者らはこれまで標記トンネルでインバート損傷による盤膨れに対して、変状調査から対策工の検討を行い、車線規制で施工可能なインバート(図-1)により施工した結果と効果について報告してきた¹⁾。対策後、2年半に渡り変位やインバート応力等計測管理を継続してきており、本文はこれらを整理・分析し、対策以降のトンネル挙動を明らかにするとともに対策工の効果について考察するものである。

2. 変状と対策工の概要¹⁾

①変状：供用8年後 H22.8 最大路面隆起 5 cm (追越側) 発生、隆起速度 22 mm/年。インバートが最大 20 cm 隆起。

②地質：泥岩等(追越側に広範囲に分布) 地山強度比 1.0 以下、浸水崩壊度 D。湧水が影響。

③図-1 の 2 分割施工、既存インバートに鋼製支保工を接続し一時的に連結、最終時は断面の左側も再構築。

④H25.5 から 2 ケ月間で施工、延長 40.5m、施工単位約 6m。

⑤インバート：コンクリート設計基準強度 24N/mm²、鋼繊維 0.5%、R₃=12.4m。HH-150 縦断方向 1.5m ピッチ。

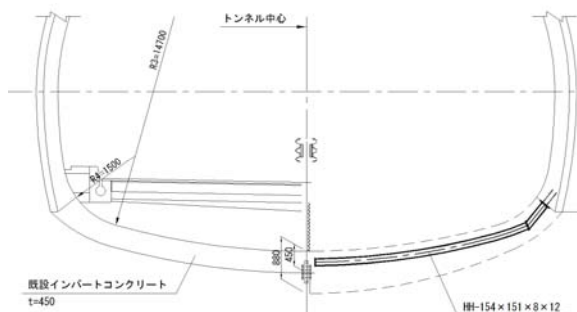


図-1 車線規制を考慮したインバート構造

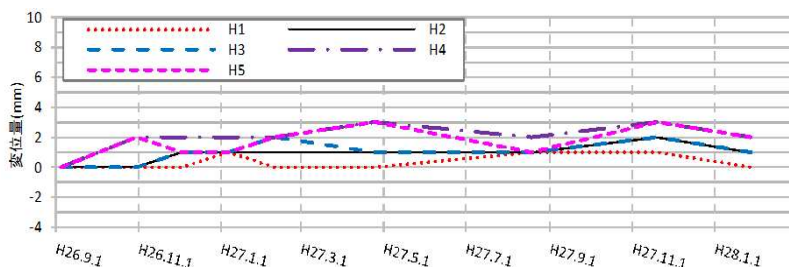


図-2 路面隆起

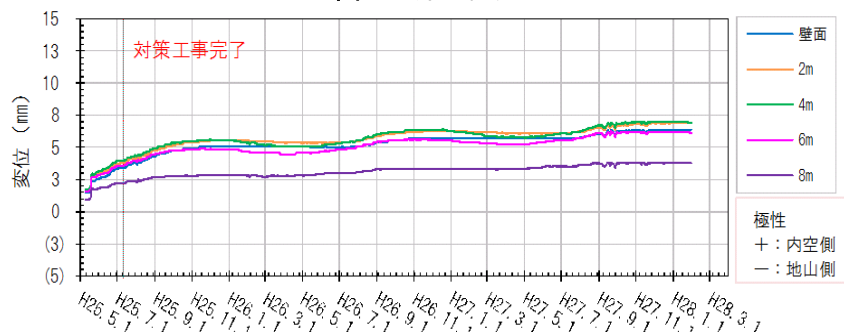


図-3 地中変位計測

4. 改築インバート応力と覆工応力の変動

隆起が顕著であった断面のインバートのコンクリートと支保工の応力(地山側)、覆工表面応力を図-4～6 に示す。いずれも温度の影響を受け年間サイクルで変化している。図-4 インバート応力は対策後もバラつくが漸増し、H27.9

3. 変位計測

路面隆起について、変状が最も大きい位置の結果を図-2 に抽出した。路面計測は路肩 (H1, H5)、車線中 (H2, H3)、センター (H3) の隆起量を示し水準測量の誤差の範囲にあり累積傾向はなく収束と判断できる。

地中変位については、追越側 SL 水平方向の結果を図-3 に示す。対策後 2 年以上経過した H27.11 以降ほぼ収束傾向を示すようになった。内空変位についても地中変位と同様の傾向で収束している。対策完了時に直ちに地山の変形は止まらず、収束まで 2 年 5 ケ月間と一定の期間を要する結果となった。

キーワード 山岳トンネル 盤膨れ インバート 計測管理

連絡先 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 5-7-18 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング TEL 03-3805-7921

では収束の傾向を示す。先行着手した追越側では走行側より圧縮応力が大きく、脆弱な泥岩の不均一な分布あるいは分割施工の影響も考えられる。応力の平均値は 3.2N/mm^2 と設計基準強度と比べて耐力に対し余裕がある結果となった。

図-5 の支保工応力は対策後、バラつきあるが圧縮側に漸増し H27.11 でほぼ落ち着いてくる。走行側が大きい降伏強度に比べ十分に小さい。この二つの部材応力から試算した軸力は $1,200 \sim 3,700\text{kN}$ と幅があり中央と追越側で大きくなっており、軸力を平均し内圧に換算すると 0.22N/mm^2 程度の数値となった。

図-6 の覆工表面応力は中立軸の応力とは異なるが、マクロ的な変化から覆工状況の推定ができる。対策前の天端は 1.7N/mm^2 圧縮応力だったが、対策で徐々に減り H27.9 にほぼ 0。走行側 SL は引張応力が対策直後に除荷され、その後年間サイクルに沿った挙動を示す。追越側 SL は対策で圧縮力が約 4N/mm^2 除荷、H26.1 以降は年間サイクルに沿って挙動している。いずれも変状時の応力が軽減され、健全度が向上したといえる。このようにインバートの対策によって覆工表面応力が減る現象は、盃山トンネル²⁾ や一本松トンネル³⁾ においても確認されている。変状時の応力が解放されることは共通しているが、インバートが構築される際に地質の不均一性や分割施工で偏圧の可能性があることは、本トンネルの計測データから読み取ることができる。

5. おわりに

本トンネルはインバートが損傷し塑性流動¹⁾を伴う変状の発生、インバートが無い場合に比べて変位速度が速いことが特徴であり、今回、対策後の計測監視により以下のことが明らかとなった。

- ① 施工直後、トンネルおよび周辺地山の変位、および覆工表面応力は大幅に安定する方向に改善されるが、完全に収束せず軽微な変位が継続する。変位と応力が安定するまで一定期間を要する。
- ② インバートは偏圧を受けたが、これに対抗できるインバート構造によって変状を収めた。偏圧の可能性や将来的な耐久性も考慮した上で、インバート構造を検討する必要がある。
- ③ 覆工コンクリートの表面応力は、対策工による覆工の状況と健全性を把握する上で重要な計測項目といえる。

今後も継続して計測を行い、長期的な挙動を十分に調査し、状況の把握に努め対策工の効果を整理する予定である。最後に、変状発生から対策工の施工、そして施工後の評価までご指導を頂いた関係者の方々に対して紙面をお借りし感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 下村哲雄, 秋好賢治, 天野淨行, 中野清人: 高速道路車線規制下におけるインバート再構築工法の評価, 第24回トンネル工学報告集, 2014. 12.
- 2) 奥井裕三, 鶴原敬久, 太田裕之, 佐久間智, 中田主税: 盃山トンネルに発生した急激な路面隆起変状のメカニズムの考察, 第19回トンネル工学報告集, 2009. 11
- 3) 倉持典幸, 松田正道, 鏡浩志, 渋谷正浩, 永井宏: 長野自動車道一本松トンネルにおける盤膨れ対策後の変位傾向についての一考察, 第51回地盤工学研究発表会, 2016. 6.

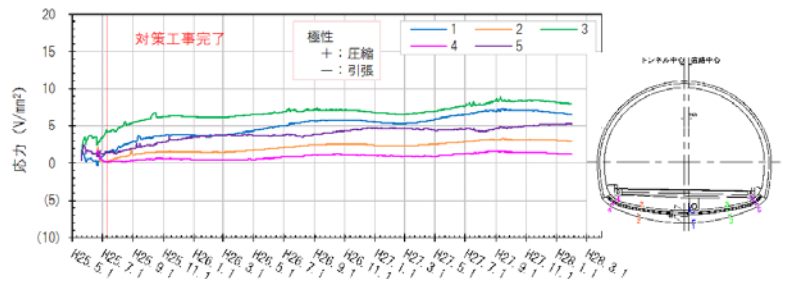


図-4 インバートコンクリート応力

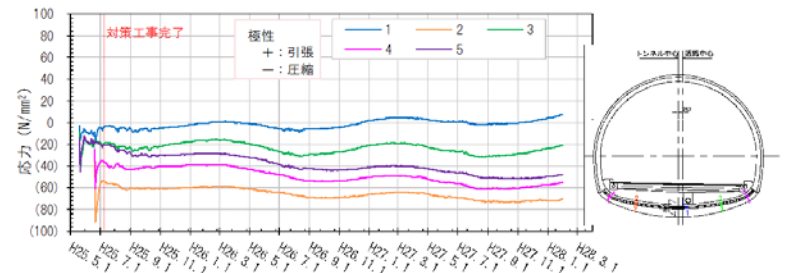


図-5 インバート支保工応力

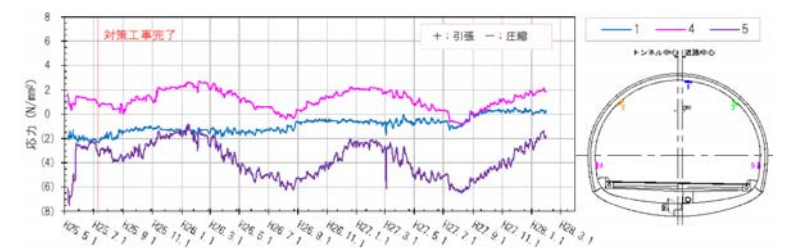


図-6 覆工コンクリート表面応力の変化