

重要構造物直下における坑口小土被り部の計測管理手法

北海道開発局 函館開発建設部 古市圭典 鹿嶋辰紀
大成建設株式会社 正会員 ○近藤正隆 亀田徹也 三浦郁夫 谷卓也

1. はじめに

北海道縦貫自動車道七飯～大沼において施工中の大沼トンネル避難坑は、全長 7,041.8m の山岳トンネルである。このうち、峠下工区においては坑口近傍の約 100m 区間に土被りが 20m 程度の区間があり、ここでは JR の軌道と交差する状況下で施工が行われた。施工に先立ち実施した水平ボーリングからは、脆弱な地質の存在が確認されたため、JR 直下における軌道設備の沈下抑制およびトンネル天端部の崩落防止について検討し、切羽前方の先行変位をはじめとする各種計測と対策工を実施した。本稿では、地表面沈下抑制のために採用した AGF 工法を実施した区間において、施工管理に用いた切羽前方の先行変位計測の内容と実施した切羽安定対策工の効果について述べる。

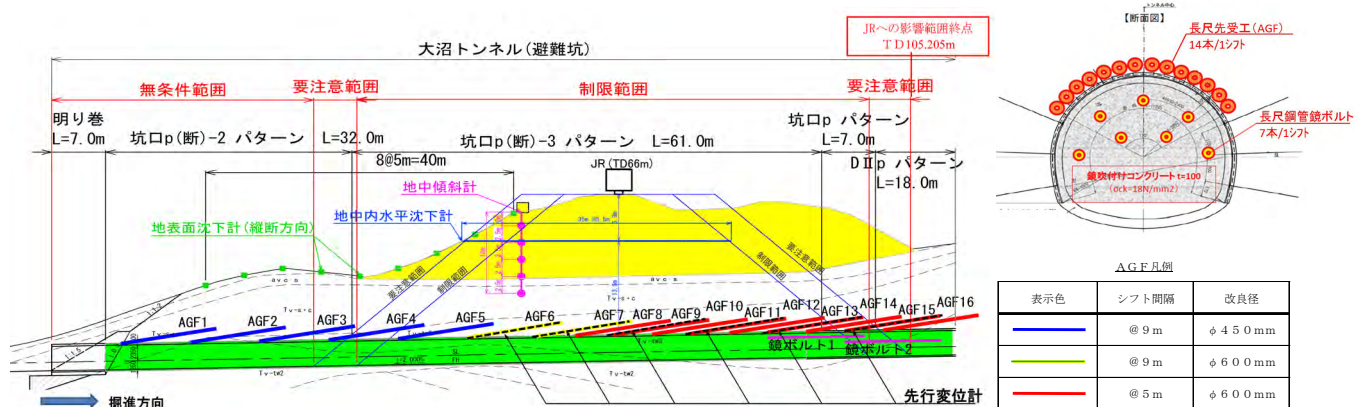


図1 注入式長尺先受け工 (AGF) 等補強工および計測状況図

2. 切羽前方の先行変位計測

2.1 計測概要

坑口小土被り部の JR と交差する約 100m の区間において、軌道設備の沈下抑制および軌道直下における天端部の崩落防止を目的として、注入式長尺先受け工 (AGF) を実施した (図 1)。しかし、注入による変位抑制効果や鋼管による

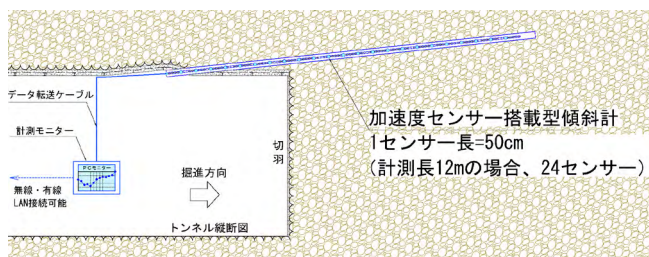


図2 先行変位計の設置イメージ

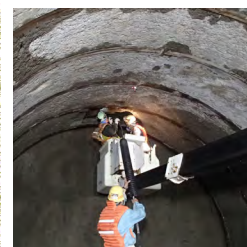


図3 設置状況

先受け効果が不足した場合には切羽の崩壊や天端の崩落により、JR 軌道へ大きな影響を与える恐れがあるため、トンネル掘削による地山の微細な変化を見逃さないように切羽前方地山の先行変位を計測することとした。

切羽前方地山の先行変位は、トンネル坑内から切羽前方に SAA (Shape Accel Array) と呼ばれる多点型傾斜計¹⁾を設置し、切羽前方地山に生じる沈下分布を把握する (図 2)。この計測機器は切羽近傍から設置するため (図 3)、トンネル進行方向に連続的な計測が可能である。切羽前方で発生する沈下量を直接計測することで、周辺地盤に対する掘削の影響の程度・範囲を切羽到達前の早期に評価できるため、長尺錨ボルトといった切羽安定対策工や注入式長尺先受け工 (AGF) に代表される先行変位抑制対策工の仕様選定の判断データとして利用することができる。

2.2 計測結果

先行変位計測は、JR 軌道影響範囲の掘削制限範囲において地質の悪化が想定された AGF6 シフト目から合計 6 回実施した (図 1 参照)。その内、地山が特に不良化して切羽が不安定化した区間である AGF11 シフト目の先行変位計測を例として、先行変位計測による地山評価の方法について述べる。TD79m 地点から切羽前方に設置した先行変位計について、切羽が 7m 進み TD86m に到達した時の計測結果 (変位分布) を予測値とともに図 4 に示す。また、TD86m

キーワード 小土被り 構造物近接 先行変位計測

連絡先 〒060-0061 札幌市中央区南 1 条西 1 丁目 4 大成札幌ビル 大成建設株式会社札幌支店土木部 TEL011-241-1209

から鏡ボルトを施工した後、さらに切羽が2m進行し、TD88mに切羽が到達した時の計測結果（計測結果）と予測値を図5に示す。

予測値は、施工管理を行う当該地山区間の岩盤の変形係数をDⅡ相当の150MPaとし²⁾、土被り20mの様な地盤内に円形トンネル（断面積24m²）を掘削した時の全変位を弾性理論から求め、トンネル軸方向の距離程に沿う変位率をPanetの近似式³⁾により与えた。TD86mに切羽が到達時、その1m先の切羽前方TD87m位置での変位は2mmの沈下と予測されたのに対し、計測されている値は-7.16mmと管理レベルⅢの-6mmを超えている。予測値はDⅡを想定した地山の変形係数を150MPaとした条件における算定結果であるが、実際には同一箇所において3倍以上の変位が計測されたことから、地山の変形係数は50MPa程度と小さい可能性が高い。また、当該箇所近傍区間より切羽での肌落ち発生も増加していたことから、前方地山の補強等、追加対策の必要性が示唆される状況であった。なお、管理レベルⅠは上述DⅡ相当の予測値としており、管理レベルⅡおよびⅢはその2倍と3倍の値とした。この管理レベルは、当該箇所の対策工必要性判定の施工管理用に設定し、限定的に運用したものである。

2.3 切羽安定対策工と効果

図4に示した計測結果や切羽状況等から、既に施工したAGFとともに切羽鏡面の安定性を確保するため、改良径φ300mmの長尺鋼管鏡ボルトをTD86mの切羽より不良地山への対策工として施工した。その後、切羽を2m進め、切羽位置がTD88mとなった時点の先行変位計測結果が図5である。図5中には、対策工を実施した切羽位置（変位計設置後7m掘削時）での計測値と対策工を実施後切羽が2m進行した時点（変位計設置後9m掘削時）の計測値が示されている。この2つの計測値について、TD88mより先（右側）の切羽前方変位に着目すると、切羽後方と比較して明らかに変位が抑制され、対策工の効果が表れていることが分かる。

3. まとめ

本稿では、大沼トンネル避難坑峠下工区でJR軌道に近接する箇所の施工において、脆弱な地山状況下においても、沈下を抑制しながら安全に掘削を進めるための注入式長尺鋼管先受け工（AGF）と、同区間において採用した先行変位計による地山評価事例について述べた。

先行変位計測を行った結果、切羽掘削時にしか確認できなかった切羽前方の地山の状態を、切羽到達前に数値により把握し、追加対策工による変位抑制を可能とした。実際、解析による予測値の変位分布と実測値との比較から、想定した地山との差を迅速かつ定量的に把握できた。また、切羽前方の鏡ボルトの効果についても、その有効範囲や変位抑制量といった効果を定量的に確認できた。

以上、対策工の必要性を不良地山到達前に判定・実施することで、効果的な対策工の施工による着実な進捗が期待できることから、今後も切羽前方の先行変位計測といった新しい技術の積極的な導入により、安全かつ経済的な施工を行っていきたい。

参考文献

- 1) Measurand 社：地中変位計「SAA」, <http://measurandgeotechnical.com/?/products/category/instruments>, 2018.12.21 参照
- 2) 日本道路公団：トンネル数値解析マニュアル, pp.3-26, 1998.
- 3) Panet, M.: Time-dependent deformations in underground works, Proc. 4th ISRM Congress, Vol.3, pp.279-289, 1979.

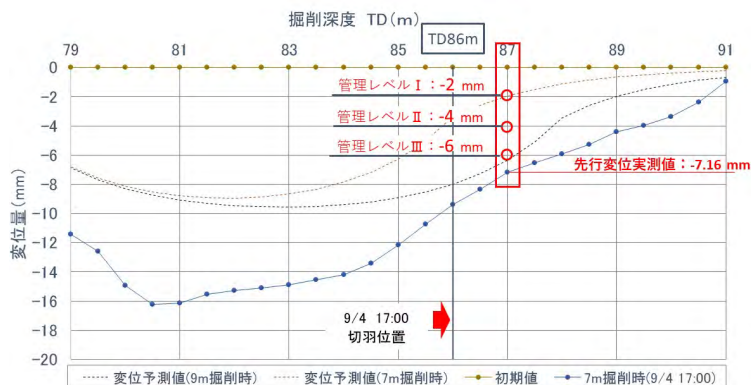


図4 先行変位計測結果（TD79m 設置、切羽位置 TD86m）

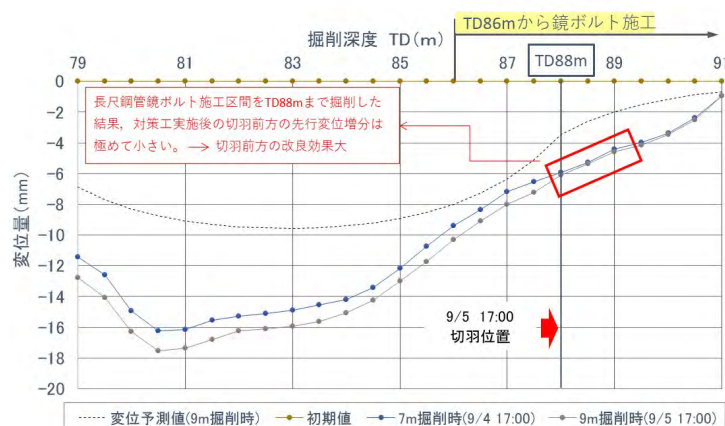


図5 先行変位計測結果（TD79m 設置、切羽位置 TD88m）