

二重峠トンネル（大津工区）工事における既設県道直下の施工について

国土交通省九州地方整備局 熊本河川国道事務所 東島 栄司
清水建設 正会員 金岡 幹 秋保 琢 征矢 雅宏 ○郡司 恭志

1. はじめに

二重峠トンネルは、全長が 3,659m の本坑（内空断面面積 92m²）と 3,652m の避難坑（内空断面面積 42m²）で構成される 2 車線道路トンネルである。そのうち大津工区側（本坑延長 1,839m）の坑口では、トンネル直上に既設県道（以下、ミルクロード）が位置し、最小土被り 9m で立体交差する。熊本地震発生以降、ミルクロードは、国道 57 号線の代替道路であり、交通量が非常に多い（2 万台/日）。当該箇所の地質は、不良地山が分布しているため、地表面沈下が生じ、道路利用者に甚大な影響を及ぼす可能性があるため、慎重な施工が求められた。本稿では、ミルクロード直下の計画・施工および計測管理について報告する。

2. 地形・地質概要と施工条件

事前設計時におけるミルクロード直下の地質縦断面図を図-1 に示す。地質は、火山灰堆積物の黒ボク～赤ボクや先阿蘇火山岩類（カルデラ壁 50～80 万年前）の軟質な強風化安山岩（粘土状、礫混じり粘土状）が分布しており、脆弱であることが予想された。

先述の通り、最小土被りは 9m であり、交通量が非常に多いことから、道路面の沈下量の管理基準値は国道の許容値¹⁾を参考にし、管理レベルⅢ：30mm と設定した。以上より、切羽および天端安定対策を実施し、トンネル掘削によるミルクロードの地表面沈下の抑制を図った。

3. 計画および追加調査

ミルクロードの地表面沈下を抑制するため、以下の対策を立案した。天端安定対策および先行変位抑制のため、注入式長尺鋼管先受工（180°範囲、L=12.5m、1 シフト長 5m）と、切羽安定対策および先行変位抑制のため、長尺鏡ボルト工（180°範囲、L=12.5m、1 シフト長 5m）を計画した（図-2、図-3）。また、トンネル支保構造と同じ部材のインバート吹付けとインバートストラットの早期閉合構造とした。

上記の地表面沈下抑制対策の効果と支保構造の妥当性を検証するため、3 次元数値解析を実施した。

キーワード 低土被り、地表面沈下、早期閉合、掘削補助工

連絡先 〒810-8607 福岡市中央区渡辺通 3 丁目 6-11 TEL.092-716-2002 FAX.092-716-2091

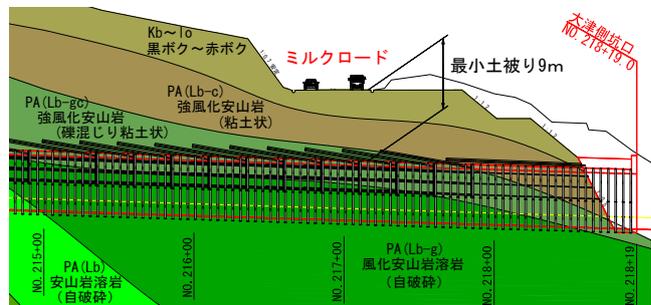


図-1 地質縦断面図

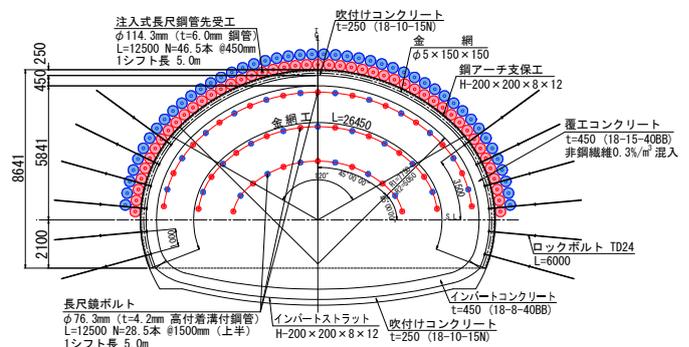


図-2 トンネル構造

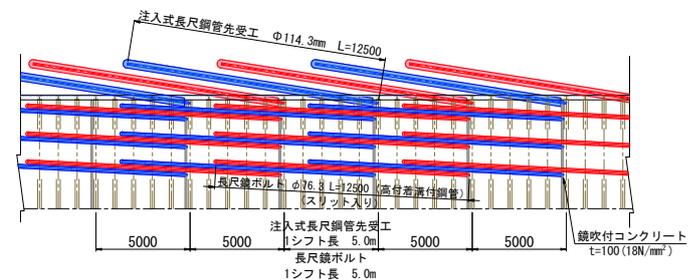


図-3 補助工縦断面図

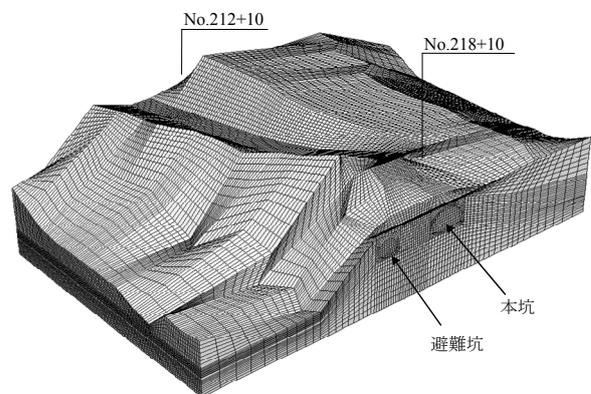


図-4 解析モデル図

解析モデル図を図-4に、解析に用いた地山物性値を表-1にそれぞれ示す。吹付けコンクリートと鋼アーチ支保工は、面積換算により合成部材とし、Shell要素でモデル化した。掘削補助工の注入式長尺鋼管先受工は、地山の改良体として等価剛性で考慮した。

4. 施工手順

掘削は、上半ベンチ長を3mとする補助ベンチ付き全断面掘削工法の早期閉合を採用した。早期閉合距離は7mとし、上半2m掘削後、下半2m、早期閉合2mの交互施工とした。掘削補助工は、注入式長尺鋼管先受工と、長尺鏡ボルト工を5m毎に施工した。

5. 計測管理

トンネル掘削に伴うミルクロードへの影響を把握するために、地表面の沈下量(計144箇所)を測定した。なお、測定は24時間リアルタイムでの自動計測とした。管理基準値を表-2に示す。管理基準値を超えた場合は、自動的に担当者や発注者へ通報が行えるシステムを採用した。また、ミルクロード近傍において地中内の先行変位を計測するとともに、トンネル掘削の周辺地山への影響の程度を確認するために、坑外からトンネルの天端に向けて地中変位計測を実施した。トンネルの支保工の健全性を確認するために、吹付けコンクリート応力および鋼アーチ支保工応力を測定した。坑内A計測は5mピッチで実施した。

6. 計測結果

道路付近の測点におけるトンネル天端沈下・内空変位経時変化図を図-5に、切羽との離れと地表面沈下の関係を図-6にそれぞれ示す。掘削進行に伴う計測点の実測沈下量をプロットし、3次元数値解析の結果と比較・確認しながら施工を行った。測点の位置と切羽との距離が-1D (D = 15m)程度から沈下が発生し、測点直下通過後2D程度で概ね収束した。路面の最大沈下量は約20mmとなり、管理レベルII以内となった。注入式長尺鋼管先受工と長尺鏡ボルト工の掘削補助工によって、切羽の安定を確保しつつ、先行変位を抑制することができた。また、早期閉合によって早い段階でトンネルの安定性を確保でき、結果として地表面沈下量を低減することができた。

7. おわりに

トンネル掘削による周辺地山の挙動を予測し、掘削補助工および支保構造の妥当性を検証して施工に反映することで、ミルクロードへの影響を与えることなく施工することができた。

最後に、本工事の実施にご理解とご協力を頂いた関係者各位ならびに地元住民の皆様にご心から感謝の意を表すと同時に、本工事の成果が熊本震災復興に貢献できれば幸いである。

参考文献 1) 土木学会：実務者のための山岳トンネルにおける地表面沈下の予測評価と合理的施工の選定，トンネル・ライブラリー第24号，p.24，2012。

表-1 地山の入力物性値

岩盤名	単位体積重量 (γ) kN/m ³	変形係数 (E) MN/m ²	ポアソン比	粘着力 (c) kN/m ²	内部摩擦角 (φ) °
黒ボク～赤ボク	14	1.4	0.4	25	20
強風化安山岩(粘土)	14	4.2	0.4	48	20
強風化安山岩(礫混じり粘土)	16	150	0.4	60	30
安山岩(塊状)	25	450	0.35	500	40

表-2 管理基準値

対象	沈下量の管理基準値 (mm)		
	管理レベル I	管理レベル II	管理レベル III
道路面	15	22	30

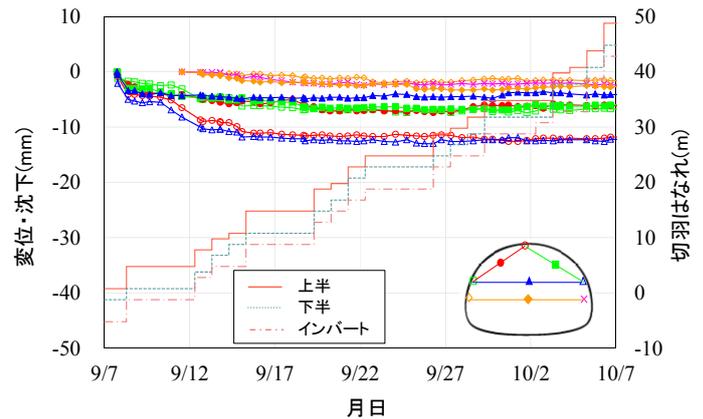


図-5 天端沈下・内空変位経時変化図(No.217+4.0)

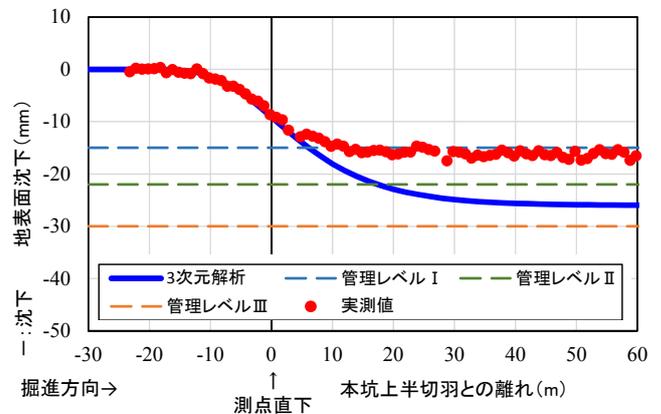


図-6 切羽との離れ-地表面沈下の関係

掘削の最大沈下量は約20mmとなり、管理レベルII以内となった。注入式長尺鋼管先受工と長尺鏡ボルト工の掘削補助工によって、切羽の安定を確保しつつ、先行変位を抑制することができた。また、早期閉合によって早い段階でトンネルの安定性を確保でき、結果として地表面沈下量を低減することができた。