

国道直下の低土被り脆弱地山のトンネル掘削における早期閉合の施工事例

(株)竹中土木 大阪本店 技術・設計部 正会員 ○鶴窪 誠司

(株)竹中土木 技術・生産本部 正会員 市川 晃央

(株)竹中土木 三日ノ浦トンネル作業所 木山 一成、板東 稔治、西尾 泰三、上野 貴志

長崎県五島振興局上五島支所 建設部建設課 高西 正人

1. はじめに

長崎県三日ノ浦トンネル工事の発進側坑口は、脆弱な崖錐が流れ盤のように堆積し、坑口から 20m の断層破砕帯部のトンネル直上約 9.5m には供用中の国道 384 号が横断している。国道 384 号は長崎県上五島町を周遊している主要幹線道路であり、路線バスやスクールバス、緊急車両が通行し、トンネル掘削に伴う大きな沈下や崩落により車両等の通行不可や交通事故を発生させてはならない。そのため、国道の沈下抑制の基準値は 20mm と厳しく、道路沈下を抑える対策工の計画およびリアルタイム計測管理が重要であった。

2. 工事概要

工 事 名：一般国道 384 号道路改良工事

((仮称) 三日ノ浦トンネル)

発 注 者：長崎県五島振興局上五島支所

施 工 者：竹中土木・なかはら・大坪特定建設工事共同企業体

施工場所：長崎県南松浦郡新上五島町三日ノ浦郷～相河郷

工 期：2015 年 3 月 18 日～2017 年 8 月 31 日

工事内容：トンネル延長 794m、内空断面積約 56m²

掘削工法：NATM 機械掘削および発破掘削

3. 対策工の計画

発進側坑口付近の地山は、古期崖錐層が分布しており、追加ボーリングを実施した結果、当初よりも脆弱な礫混じり粘土主体の未固結地山であることが判明した（写真 2）。このことから、坑口切土の安定性やトンネル掘削時の切羽の安定性に悪影響を及ぼすことが考えられた。また、トンネルと国道が交差している部分には断層破砕帯が分布しており、トンネル掘削に伴う地山のゆるみによる国道沈下が懸念された。そこで、以下の項目について対策工を検討した。

- ・ 坑口切土法面の安定対策
- ・ 坑口部のトンネル切羽の安定対策
- ・ 国道の沈下抑制対策

一部掘削した地山面や追加ボーリングの結果に基づき、坑口切土法面については、法面勾配を 1:0.5 から 1:0.7 に変更し、鉄筋挿入工（ロックボルト）による斜面安定対策を計画した（図 1）。また、坑口部は、切羽安定照査により補助工法を計画し（図 2）、国道影響範囲は、FEM 解析により補助ベンチ付き全断面工法による早期閉合および補助工法を計画した。（図 3）



写真1 発進側坑口の状況



写真2 追加ボーリングのコア

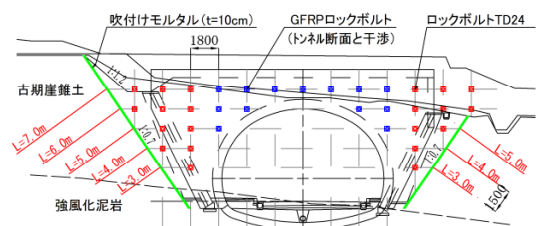
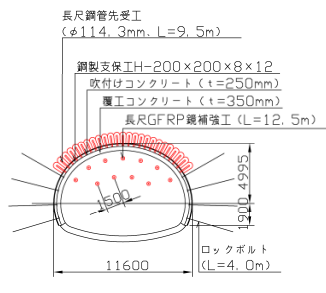


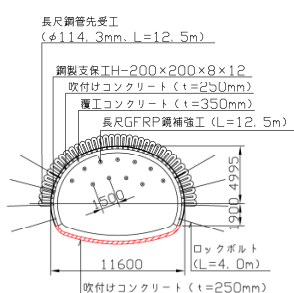
図1 坑口切土の斜面安定対策工

キーワード 山岳トンネル、近接施工、低土被り、断層破砕帯、早期閉合、自動追尾 TS システム

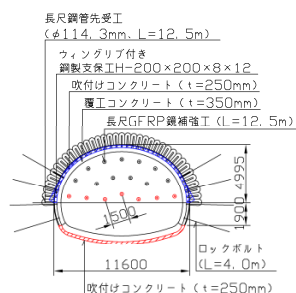
連絡先 〒541-0053 大阪府大阪市中央区本町4丁目1-13 (株)竹中土木 大阪本店 技術・設計部 TEL 06-6252-4564



<A断面>



<B断面>崖錐部



<C断面>断層破砕帯部



写真3 早期閉合の施工状況

図2 坑口部の断面図

図3 国道影響範囲の断面図

4. 国道影響範囲の対策工の概要

国道の沈下抑制対策として、長尺鋼管先受け工と長尺鏡補強工の補助工法と補助ベンチ付き全断面工法による早期閉合を実施した。なお、ベンチ長は3mを基本とした。また、本区間の吹付コンクリートは、高強度吹付コンクリート（設計基準強度 36N/mm^2 、 $t=250\text{mm}$ ）を施工し（写真3）、鋼製支保工にはウィングリブ付きを採用し、支保工の足元にはコンクリート製の皿板を設置した。

5. 対策工の効果

(1) 計測方法および管理基準値

トンネル掘削に伴う地中内の先行変位を測定するために、国道の発進側坑口側に層別沈下計（写真4）を設置し、地表面沈下を測定するためにトンネル掘削の影響範囲にプリズムを設置し、自動追尾TSシステムによるリアルタイム計測を実施した。（写真5）

また、管理基準値による計測管理体制を計画することで、供用中の国道の不測の事態の未然防止に備えた。国道沈下の基準値は20mmであり、FEM解析による予測沈下量17mmの50%を1次管理値とし、75%を2次管理値、100%を3次管理値とした。

(2) 計測結果の考察による対策工の効果の検証

計測地点 No.12-Z（測点 No.76+2.5、土盛り 7.95m）の地表面沈下は、切羽到達までに約3mmの先行沈下が発生し、仮インバートにより閉合するまでに約7mm沈下した。早期閉合することで、その後の沈下傾向は緩やかとなり、収束に向かった。（図5）

6. まとめ

事前に追加調査を実施し、解析等を用いた評価により最適な対策工を計画した。さらに、地中変位や地表面沈下のリアルタイム計測により、地山の挙動を捉えながら施工した。これらの対応により、住民の生活基盤である国道の安全性を確保し、無事にトンネル掘削を完了することができた。

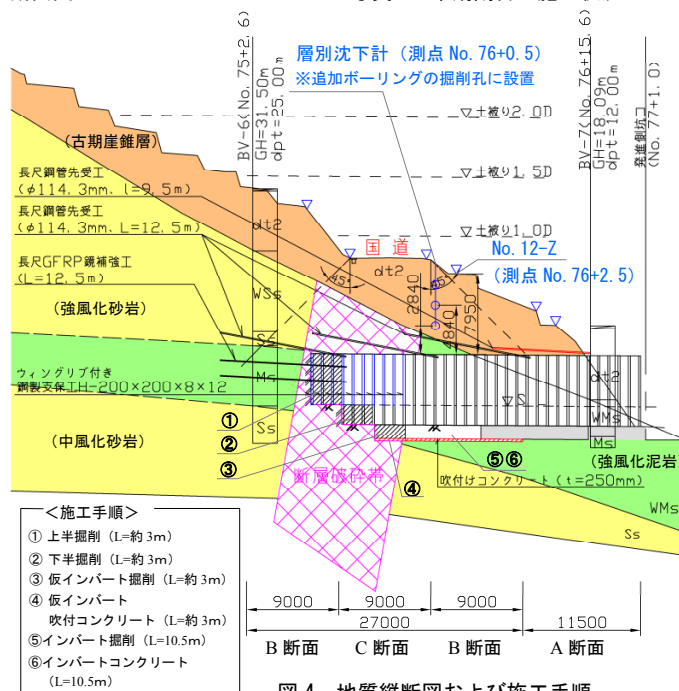


図4 地質縦断面図および施工手順



写真4 層別沈下計の設置



写真5 国道の計測状況

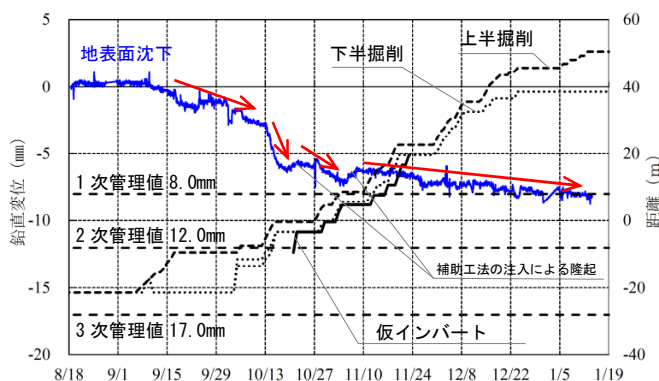


図5 地表面沈下 (No. 12-Z) の計測結果