

小土かぶり区間における鉄道トンネルの施工について

東日本旅客鉄道（株）東北工事事務所 正会員 木下良介

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、甚大な被害を受けた常磐線駒ヶ嶺～浜吉田間は、地域全体の復興やまちづくりと一体となって移設計画を進めてきた。移設計画は、新地、坂元、山下の3駅を含む約14.6kmにわたって、内陸側ヘルートを移設する計画である。

ルート上にある丘陵地の多くは切土を基本としたが、一部トンネル構造を採用した。本稿では、この小土かぶり区間における鉄道トンネルの施工について報告する。

2. トンネルの計画概要

トンネルは、起点方から戸花山第1トンネル（177m）、戸花山第2トンネル（427m）の総延長604mである。当該トンネルの特徴として、大きく以下の3つが挙げられる。

①トンネル掘削天端から地表面までの土かぶりが、最大でも2D程度（D：トンネル掘削断面高7.6m）であり、土かぶり1Dを下回る区間が全体の約3割以上を占めている、小土かぶりのトンネルであること。

②鉄道単線トンネルのため、内空断面が幅5.6m、高さ6.1mの馬蹄形単線断面（約35m²）であり、小断面のトンネルであること。

③当該地点の地層は、風化した未半固結状態の凝灰質砂質土層（N値10～30程度、 $V_p=0.4\sim0.8\text{km/s}$ ）、固結した砂岩層（N値50程度、 $V_p=0.8\sim1.2\text{km/s}$ ）で構成されており、トンネル掘削面は未固結地山であること。

図-1にトンネル縦断面図、図-2に内空断面図を示す。

3. トンネルの施工

トンネルの掘削は、工期短縮、コストダウン等の観点から第1トンネルと第2トンネルの間の瞬き区間に坑外設備ヤードを設け、当該ヤードからそれぞれ起点方、終点方に向かい下り勾配で掘削する計画とした。

また、第1トンネル貫通後は、第2トンネルの終点方に機械を移動させ、起終点両側から掘削を行った。

3. 1 掘削計画

本トンネルの掘削は、未固結地山かつ小断面のため、機械同士のすれ違いが出来ないことから、NATM工法による上下半交互併進機械掘削方式により昼夜で施工を行った。

土かぶり1D未満の区間では、グランドアーチの形成が難しく、天端部の地山崩落が懸念され、土かぶり1D以上の区間においても未固結地山のため、局所的な地山の抜け落ち、天端崩落、切羽流出などが懸念された。このようなトンネ

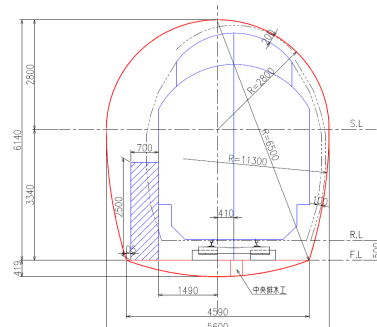


図-2 トンネル内空断面図

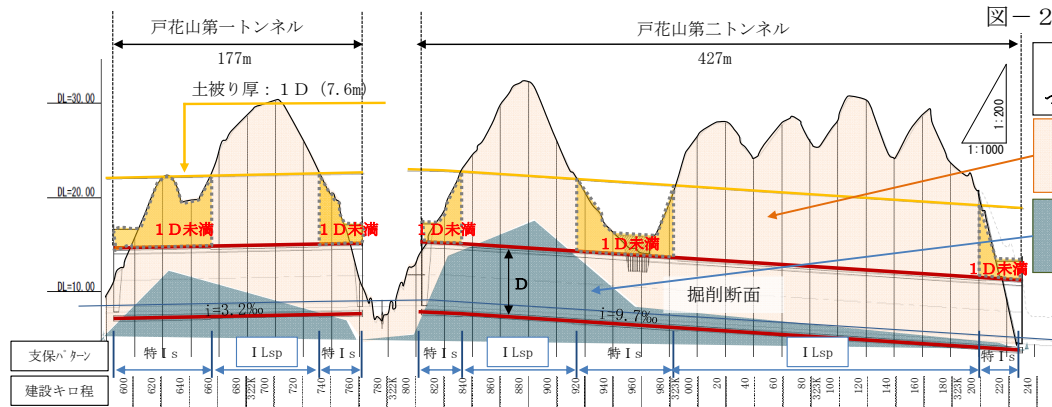
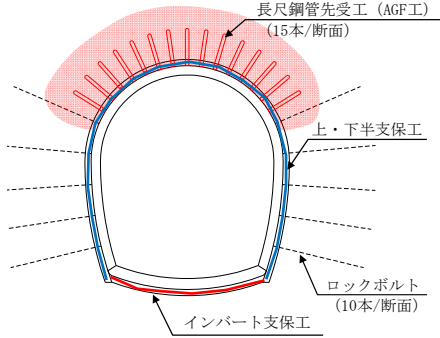


図-1 トンネル縦断面図

キーワード 小土かぶり NATM 工法

連絡先〒989-2203 宮城県亘理郡山元町浅生原字作田山 2-71 TEL0223-23-1203

ル施工上のリスクおよび復旧工事全体行程への影響を回避する必要があったため、これらの条件に適した支保工の採用や、補助工法（長尺鋼管先受工、以下、AGF工）を実施した。支



図－3 補助工法・支保工略図

保工は、土かぶり 1D 以上の箇所については上・下半支保工のみとし、1D 未満の箇所では、インバート部にも支保工を設置し、上・下半支保工と一体となった閉合された構造とした。

また、AGF 工については、全線に渡って施工する計画としたが、適用に際しては、掘削時の地山状況および計測結果に応じて、その要否を判断することとした。補助工法・支保工の略図を図－3 に、設計計区分一覧表を表－1 に示す。

3. 1 施工

当該地点の未固結地山の状況を考慮すると、掘削後の断面を早期に安定させることが必要であったため、掘削直後に仮設の吹付コンクリートを実施した。その後、支保工の建て込みを行った後、一般的な NATM 工法のサイクルである吹付コンクリート、ロックボルトを 1 サイクルとして、上半・下半で交互に施工した。

掘削中は、切羽の自立の状況や地山からの肌落ち、湧水状況、坑内・坑外の変位計測等を常時監視し、施工会社と相互確認、状況判断を行い AGF 工の実施判断を行った。結果として、AGF 工を大きく省略することは出来なかったが、地山の崩壊等の安全や工程に影響を及ぼすリスクを生じさせることなく施工することができた。

掘削時の切羽状況は、第 1、第 2 トンネルともほぼ全線に渡り同様な状況であり、上部から半固結状態の砂層、水分を多く含む半固結状態のシルト層の順に構成されていた。第 2 トンネルの中央部では、天端部付近で粒子が細かく未固結な砂層が出現し、天端部および切羽から多くの肌落ちがあり、掘削断面外に打設した AGF 工の鋼管が露出する状態となったが、AGF 工上部の土砂が抜け落ちることはなかったことから、AGF 工実施の判断が妥当であったと考えられる。なお、掘削の施工実績は日進約 3m、月進約 60m であった。

4. 覆工コンクリート工

当該地点は、未固結地山かつ小土かぶりであるため、覆工コンクリートおよびインバートは構造計算により配筋を決定しており、土被りが 1D 未満の箇所は覆工コンクリート、インバートとも厚さ 400mm としている (1D 以上の区間は覆工 300mm、インバート 350mm)。

覆工コンクリートは、全断面スライドセントル (1 打設長 10.5m) を型枠とし、S.L. より上部は剥落防止を目的とした合成短繊維 (バルチップ PW・Jr, 0.05Vo1%) を混入し、打設を行った。打設後は、脱型強度 (1.59N/mm²) が発現する 16～18 時間後に脱型し、打設と脱型を交互に 2 日に 1 回のサイクルで打設した。

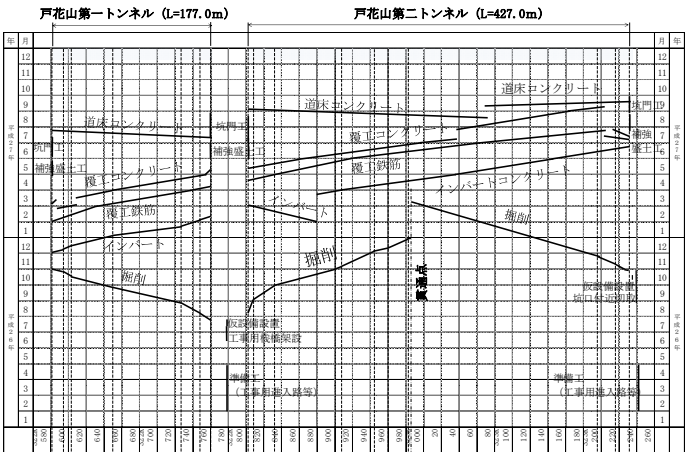
5. 終わりに

常磐線移設復旧工事は、2014 年 1 月に準備工事に着手し、2016 年 1 月現在、土木・軌道工事は大方完了し、電気工事が最盛期である。トンネル工事は 2014 年 7 月に掘削に着手した後、2015 年 9 月に覆工コンクリートまでの作業を完了した。実績工程を表－2 に示す。

今後も 2016 年 12 月末までの常磐線開業に向けて、安全に工事を進めていく所存である。

工法 区分	山岳工法 (NATM)		
	土被り 1D 未満		土被り 1D 以上
支保工	坑門部	坑口部	一般部
	類似設計 (坑口部適用)	類似設計	類似設計 (解析的設計により 検証)
補助工法	土被り 1D 以下となり、切羽の安定性に懸念があるため、補助工法を適用する。設計手法は類似設計とする。		類似設計 (解析的設計により 検証)
覆工・インバート	①土被り荷重 2m ②緩み土圧		①、②ケースによる検討
構造 (部材)	RC (複鉄筋) 覆工：400mm、インバート：400mm		無筋コンクリート (用心鉄筋：単鉄筋) 覆工：300mm インバート：350mm
設計手法	限界状態設計法		標準設計

表－1 設計区分表



表－2 トンネル実績工程表