

低土被り区間における鉄道トンネルの設計・施工について

東日本旅客鉄道（株） 東北工事事務所 正会員 ○伊藤 雄太

はじめに

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ＪＲ常磐線の駒ヶ嶺駅～浜吉田駅間は、お客さまの安全確保を最優先としつつ、まちづくりと一体に整備するため、現位置よりも内陸へルートを移設して復旧を行っている。移設区間のうち坂元駅～山下駅間で通過する戸花山付近は標高が高くないことから通過構造は切土とトンネル構造の比較検討を行い、周辺環境への影響や工期などを総合的に判断し、２本のトンネル構造を採用した。本稿では、土被りが小さい当該トンネルの設計・施工について報告する。

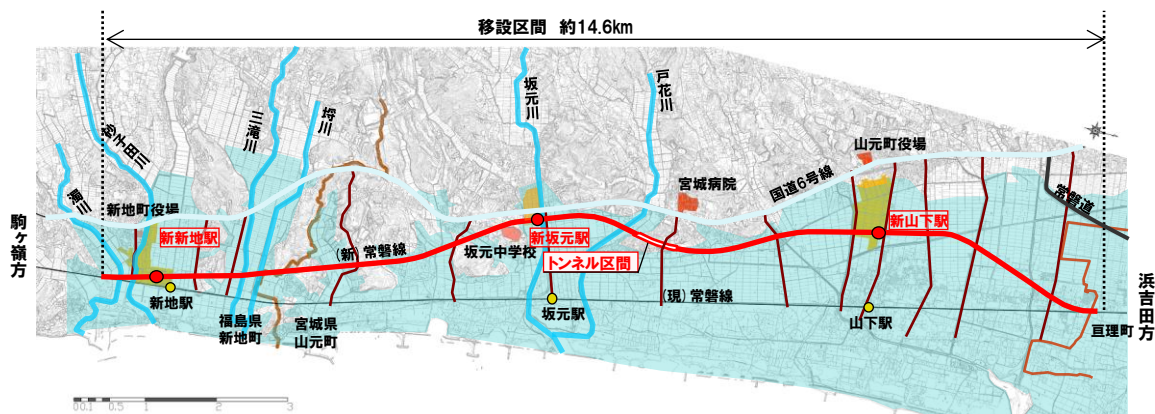


図1 移設区間概略ルート図

1. 計画概要

当該トンネルは、日暮里方から第1戸花山トンネル、第2戸花山トンネルとし、延長はそれぞれ117m、427mである。トンネル内空断面は、本トンネルが津波の浸水区域に施工するため、線路左側の作業用通路（幅700mm）を津波発生時の避難路として活用することを考慮し、幅5.6m、高さ6.1mとした。これは道路トンネル等と比較すると小断面である。図2に内空断面図を示す。

また、戸花山は標高が約35mと低く、掘削天端から地表までの土被り厚は2D程度（D：トンネル掘削径7.6m）であり、土被り厚が1Dを下回る区間が全体の約3割以上を占める低土被りのトンネルとなっている。図3にトンネル縦断面図を示す。本トンネルの掘削工法は、トンネル延長が短いため、コスト面の検討から山岳工法のうちNATM工法による機械掘削とした。

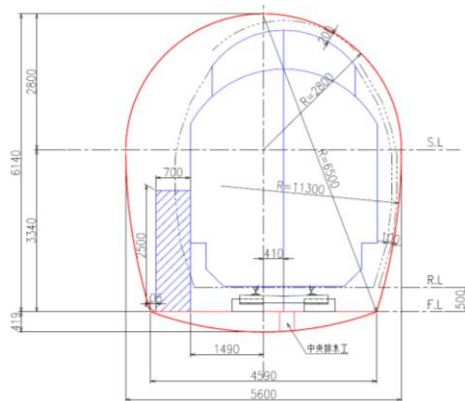


図2 内空断面図

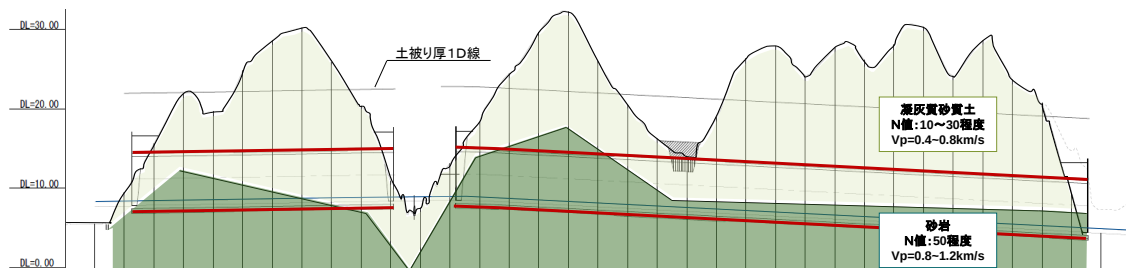


図3 トンネル縦断面図

キーワード 東日本大震災、鉄道トンネル、低土被り、NATM

連絡先 〒980-8580 宮城県仙台市青葉区五橋一丁目1番1号

TEL 022-214-7221

2. 土質条件と構造計画

本トンネルの設計にあたり、地山のボーリング調査と弾性波探査を行った。地層構成はいずれの箇所においても表層から順に、未固結な砂質シルト層・砂質土層、固結した砂岩層の順に構成されていた。これらの結果を基に地山分類を行い、一般地山の最低等級の I_L (L は未固結地山を示す) とした。次に調査結果及び地山分類から支保工の設定を行った。計画にあたっては「鉄道構造物等設計標準・同解説（都市部山岳工法トンネル）」¹⁾ に記される標準支保パターンを用いることとし、地山状況が未固結であることを考慮して I_{LSP} を適用した。なお土被り厚 $1D$ 以上の区間では、インバート部の地質が N 値 50 程度の砂岩層であるため、FEM 解析により確認を行い、インバート支保工は設定しないこととした。表 1 に適用した支保構造を示す。

表 1 適用支保構造

		側壁ロックボルト		吹付けコンクリート厚		鋼製支保工		
		長さ	本数	アーチ・側壁	インバート	アーチ・側壁	インバート	建込み間隔
適用 支保構造	土被り $1D$ 以上の区間	3m	10本	200mm	200mm	125H	—	1.0m
	土被り $1D$ 未満の区間	3m	10本	200mm	200mm	125H	125H	1.0m

また、地山が未固結であることから、トンネル掘削面よりも先の地山を安定させるために地山内部に薬液を注入して安定を図る補助工法を施工することとした。工法の選定にあたり、天端部の崩落を防ぐ補助工法に長尺鋼管先受工（AGF 工）と注入式フォアポーリング工、鏡面の補助工法に長尺鏡先受工を選定した。

3. 施工計画

3-1. 掘削方法

本トンネルは地山が砂質土であるため機械掘削にて施工する。掘削後は、インバート及び覆工コンクリートを打設し、軌道工事を行う。本報告では、掘削について述べる。本トンネルは単線断面のため、内空断面が狭い特徴がある。このため切羽付近において施工機械や土砂搬出車両が行き違えることができず、道路トンネルの掘削のように、上半と下半の掘削を同時に行うことができない。この制約から、上半の施工後に下半の施工を行う工程を繰り返す、上下半交互併進機械掘削方式を選定した。なお、掘進速度は1日約3mであった。

3-2. 掘削状況

掘削中の切羽状況はほぼ全線に渡り共通しており、上部から半個結状態の砂層、水分を多く含む半個結状態のシルト層の順に構成されていた。上部の砂層は、湿潤状態では肌落ちなどは発生しないものの、乾燥が進むと自立しない状態となった。シルト層に関しては、シルトが主体であるものの砂を多く混入していることから比較的安定していた。しかしながら湧水が多く、流砂現象が認められるため注意を要した。これらのことから、早期の断面閉合と早期の吹き付けコンクリートによる安定が不可欠であった。

また、第2トンネルの中央部付近においては、半個結状態の砂層とシルト層に加え、天端部付近で粒子が細かく未個結な砂層が現れた。当該区間では天端部掘削の際に多くの切羽で肌落ちが認められ、一部区間では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ていた。ただし、土砂の抜け落ちは AGF 工によって施工した改良体下部までであり、AGF 工よりも上部の土砂が抜け落ちることは無かった。

このように、本トンネルの天端部の自立性は全体的に低く、今回施工した補助工法は天端部の安定に有効に作用したと考えられる。



図 4 切羽状況図

4. まとめ

本稿では、常磐線の移設復旧区間における土被りが小さいトンネルについての設計・施工概要に関する考察を行った。戸花山トンネルの掘削は第1トンネルが2014年10月20日、第2トンネルが2015年3月4日に無事貫通を迎えることができた。今後も安全な工事の継続と早期復旧に努めるとともに、今回のトンネル工事で得られた知見を今後の工事に活かしていく所存である。

【参考文献】

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説（都市部山岳工法トンネル）：鉄道総合技術研究所 平成14年5月