

## 未固結地山における扁平大断面トンネルの施工

大成建設（株） 正会員 ○大西 吉実  
久保 圭史川野 雄毅  
須川 智久

## 1. はじめに

読売ランド線トンネル築造工事は、南山東部土地区画整理事業における都道の付替え道路として延長 253m のトンネルを施工するものである。トンネルは、掘削断面積約 160m<sup>2</sup>、扁平率（＝トンネル高さ/トンネル幅）0.7 前後の大断面であり、N 値 10～40 程度の稲城砂層を主体とする未固結地山を対象としている。本稿は、トンネル施工により生じた問題点及びその対策について報告するものである。

## 2. 工事概要

本トンネルの諸元、平面図及び標準断面図を表-1、図-1、図-2 に示す。なお、掘削工法は、NATM（機械掘削）上半先進のベンチカット工法を採用した。次に、地質縦断図を図-3 に示す。地質は、稲城層を主体とし、表層を関東ローム層に覆われている。トンネル計画地点は、砂・砂礫層が広く分布し、N 値 10～40 程度の未固結地山を呈している。土かぶり、トンネル掘削時に最大 38m であり、トンネル上部造成後約 17m となる。

表-1 トンネルの諸元

トンネル断面		支保構造	
内空幅	14.9m	吹付厚	250mm(36N/mm <sup>2</sup> )
内空形状	上半3心円	覆工厚	600mm(40N/mm <sup>2</sup> )
内空縦横比	0.59	鋼製支保工	HH-200
掘削断面積	158.8m <sup>2</sup>	ロックボルト	6.0m、12本/断面

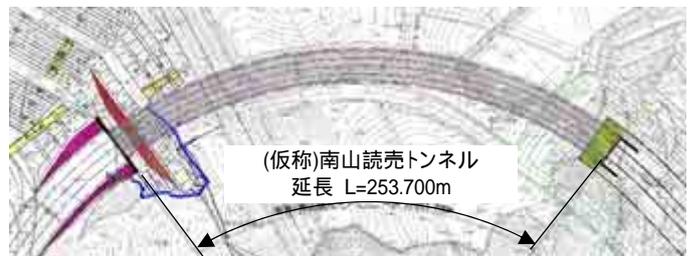


図-1 平面図

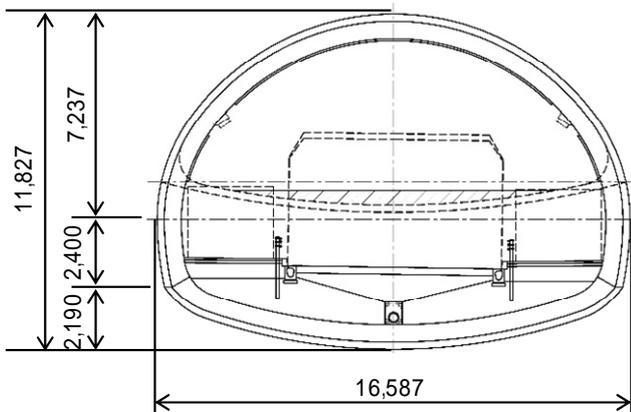


図-2 標準断面図

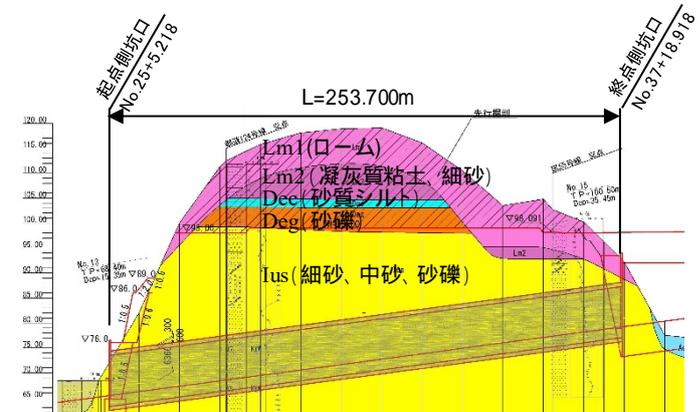


図-3 地質縦断図

## 3. トンネル掘削における課題

本トンネルでは、地山が未固結の稲城砂層であること、掘削断面が扁平であること及び土地造成により、土被りの変動が発生することといった諸条件により、以下に示す問題が考えられた。

①地耐力不足により大変形や崩落が発生する。②トンネル上部に沈下・陥没が発生する。③湧水や雨水浸透により切羽面が不安定化する。

トンネル構築にあたっては、これらの課題を踏まえ、計測管理体制の構築、計測結果をもとにした解析条件の見直しによる地山の再評価、異常時の対策工の検討と実施に取り組んだ。

キーワード トンネル、扁平大断面、未固結地山、沈下対策、計測管理

連絡先 〒163-6008 東京都新宿区西新宿 6-8-1 大成建設(株)東京支店 TEL03-3348-1111

#### 4. 計測管理体制の構築と計測結果による地山の再評価

トンネル掘削を開始するに先立ち、24時間地山の変化を把握することが重要であると考え、トンネル坑内と地表面の変位を自動計測するシステムを構築した。さらに、無線LAN通信設備を導入し、スマートデバイスによりリアルタイムで計測結果を確認できる体制を整えた。なお、掘削開始時における管理基準値は、2次元FEM解析における地山の变形係数から、直接ひずみ制御法により設定した。計測は、6m間隔で内空変位及び天端沈下計測を実施した。図-4に最大変位発生断面での計測結果を示す。事前解析結果では、最大50mm前後の天端沈下と考えていたが、約2倍の変位量が確認され、天端部・鏡面の崩壊が懸念される状況となった。このため、事前解析の諸条件を見直し、応力開放率や变形係数の再評価を行った。また、各施工ステップにおける変位の割合を確認すると、下半掘削時の変位量がもっとも大きい結果であることが判明した。

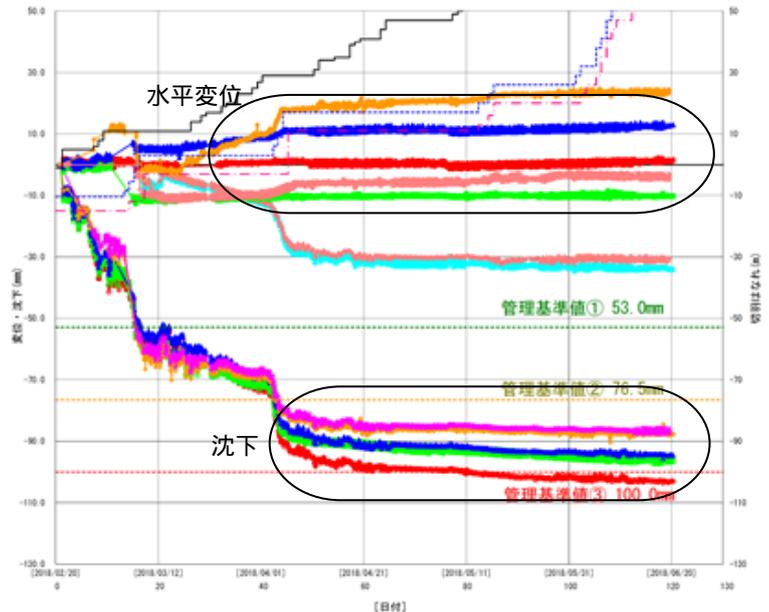


図-4 A計測結果(最大変位発生断面=TD 18.0m)

#### 5. 対策工の検討と実施

計測結果及び解析を照査し、本トンネルは上下半掘削による天端沈下及び脚部沈下が卓越する傾向にあることが判明したため、沈下抑制対策として以下の対策工を順次採用した。

- ①早期併合(ベンチ長L=14m→ベンチ長L=10mに短縮, 下半・インバートを早期に施工)
- ②沈下抑制工(補強プレートとロックボルトによる沈下対策(写真-1))
- ③鏡面補強工(配置パターンの見直し, 施工本数の再検討)

未固結地山における沈下抑制対策としては、支保工脚部の補強が数多く検討され、施工実績も多い。本トンネルにおいても、掘削断面の大きさから、上半脚部の支持地盤が欠落することによる沈下が大きくなったものと推測できる。

早期併合はトンネル内空の安定に大きく寄与するものであり、本トンネルにおいても変位収束の早まる傾向が確認できた。補強プレートとロックボルトによるトンネル軸方向への連結は、一般的に箱抜き等に使用される補強を応用したものであるが、下半施工時の沈下抑制には一定の効果が確認できた。さらに、鏡補強工は、対象地山が砂質主体であり、鏡補強管の間から小崩落が度々確認されたため、本トンネルに適合する打設パターンが必要と判断し、数シフトをかけて配置の変更を行うことで、適切な本数と打設パターンを選定した。



写真-1 沈下対策(補強プレート)

#### 6. まとめ

本トンネルでは、トンネル本体の掘削を開始して直ぐ、100mmを超える沈下を確認された。施工方法の見直しや沈下抑制対策を採用し、最大値は60mm程度の変位量で収束傾向を示すようになった。また、切羽に関しても、大きな崩落が発生することなく、無事トンネル掘削を完了することができた。対策工の効果が発揮されたためであるが、リアルタイム計測を整備し、きめ細かい地山の監視を実施できたことが大きな要因である。

未固結地山のトンネルでは、崩落や大変形に遭遇する可能性が高いが、計測・管理システムを整備することにより、地山挙動を早期に判断することが、安全なトンネル掘削に重要であると考えている。