

小土かぶり未固結地山における扁平大断面トンネルの施工

鴻池組 正会員 ○山下 和也
 鴻池組 野田 佳彦
 鴻池組 正会員 若林 宏彰
 鴻池組 正会員 富澤 直樹
 中部地方整備局沼津河川国道事務所 佐溝 健治

1. はじめに

国道1号笹原山中バイパスは、三島市山中新田から同市笹原新田に至る延長4.3kmのバイパスである。国道1号現道の幅員狭小、線形不良、急勾配の区間をバイパスし、交通安全の確保を図るとともに、沿道環境を改善するため、中部地方整備局により整備が進められている。この内、笹原山中バイパス1号トンネルは、仕上内空断面積が126m²の扁平大断面トンネルで、その延長は79mである。図-1に位置図を示す。本トンネルは史跡山中城跡に近接し、遺跡であるラオシバ曲輪直下に位置するため、史跡保全と歴史的景観保持への配慮から、地表面沈下を最小限に抑えることが求められた。

2. 地形・地質概要

図-2に地質縦断図を示す。最大土被りが約8m(0.5D)であり、全区間が小土かぶりである。地質は、上位から軟弱なローム層(N値10以下)および火山礫凝灰岩で構成され、未固結の状態にある。地下水位は、トンネルの下半～インバート付近に存在する。

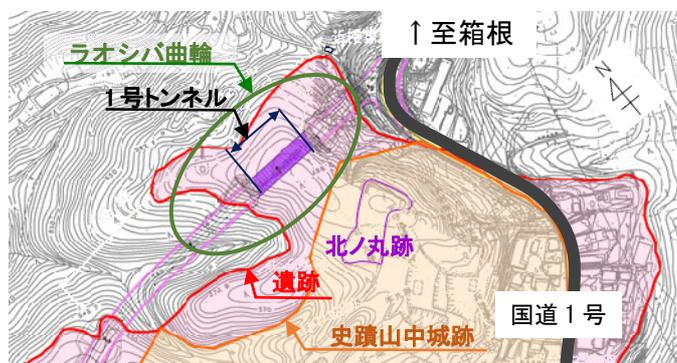


図-1 位置図

3. トンネル構造および施工方法

図-3に標準断面図を示す。登板車線と歩道を伴うため掘削幅17.3m、掘削高さ11.5m、仕上がり内空断面積126m²の扁平大断面トンネルである。設計段階でFEM解析が実施され、前述の地形・地質条件下で地表面沈下を低減し、切羽安定を確保する方法として、中央導坑先進補助ベンチ付き全断面工法(インバート早期閉合)と2段の長尺鋼管フォアパイリング工法が採用された。全線DIIIパターンである。

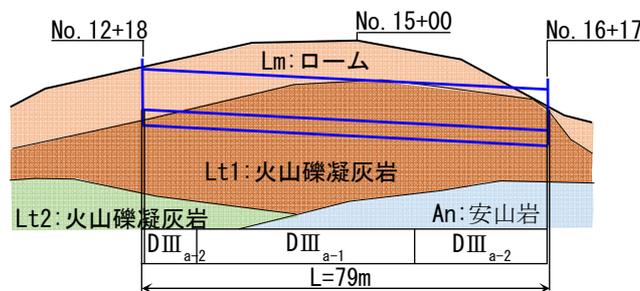


図-2 地質縦断図

4. 設計・施工の最適化フロー

(1) 追加地質調査結果の実施と反映

トンネル掘削前に比抵抗探査と水平ボーリングを全線で追加実施した。得られた地層構成と地盤物性値を用いてFEMによる再予測解析を行い、先進導坑掘削時の支保構造の妥当性を確認した。

(2) 先進導坑掘削時の計測結果の反映

先進導坑掘削時にAおよびB計測を実施した。A計測結果と(1)で得られた予測値の照合によりトンネルの安定性を、B計測結果により支保部材の健全性を確認した。また、坑内計測結果を用いて逆解析

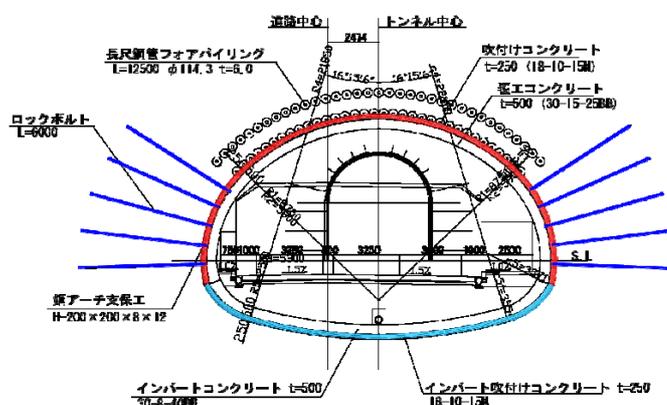


図-3 標準断面図

キーワード 扁平大断面 小土被り ローム 中央導坑先進 インバート早期閉合 史跡保全

連絡先 〒136-8800 東京都江東区南砂2-7-5 (株)鴻池組 土木事業本部技術部 TEL03-5617-7790

を行い、地盤物性値を同定し、それらの値を用いた FEM による予測解析により本坑拡幅掘削時の支保構造の妥当性を再確認した。

(3) 本坑拡幅掘削時の計測結果の反映

本坑拡幅掘削時に A および B 計測を実施し、(2)と同様の方法でトンネルの安定性と支保部材の健全性を確認した。

5. 施工結果

先進坑、本坑共に、切羽の大部分がローム層であった。トンネル深部では下半部に岩片ぶつけ合うだけで容易に割れる程度の固さの火山礫凝灰岩が出現した。また、層境で滴水程度の湧水があり、本坑拡幅時には肌落ち防止のため鏡吹付けが必要となった。掘削は、主に油圧切削機(2,100kg 級)を使用した。以下、最大土被りの No. 15+00 の解析及び計測について記述する。

(1) 先進導坑

内空変位、天端沈下、地表面沈下はそれぞれ 0.2mm 縮小, 1.5mm 沈下, 4.0mm 沈下であり、安定していた。3 断面で逆解析を実施した結果、変形係数が想定約 3 倍であることが確認された。再予測解析の結果、当初の支保パターンで安定して拡幅掘削できると判断できた。図-4 に再解析結果を示す。

(2) 本坑拡幅

下半掘削 3m 毎にインバート早期閉合(H-200, 吹付け t=250)を実施した(写真-1)。図-5 に天端沈下経時変化を、表-1 に計測結果のまとめを示す。内空変位、天端沈下、地表面沈下はそれぞれ 1.8mm 拡幅, 32.9 mm 沈下, 34.5mm 沈下であり、解析値とほぼ一致した。予測値に対して大きめの値 3.48N/mm²を示した吹付け応力であっても、許容値に対して余裕を持って収束した。これらより、変位、支保部材導入応力共に安全な領域にあることが確認された。

6. おわりに

追加地質調査結果及び先進導坑掘削時の計測実測値にもとづく逆解析により本坑支保の安全性を事前検証し、計測により挙動を確認しながら本坑拡幅掘削を進めた結果、未固結地山、小土被り、扁平超大断面という悪条件下で、トンネルの安定を保ちながら掘削を完了することができた。これは、地山の緩みを極力抑制するための補助工法と、掘削後早期に断面を閉合し支保の剛性を有効にいかして積極的に変位の縮小化を図るインバート早期閉合の採用が功を奏したと考えられる。また、変形に関する解析予測値と計測実測値がほぼ一致していたことから、施工途中段階の計測結果を用いた逆解析が有効であることも確認できた。

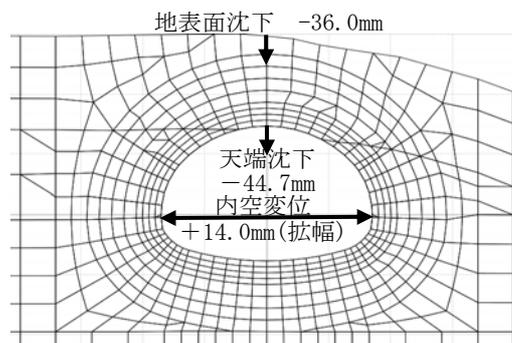


図-4 FEMによる予測変形量



写真-1 早期閉合状況(吹付け養生シート敷設済み)

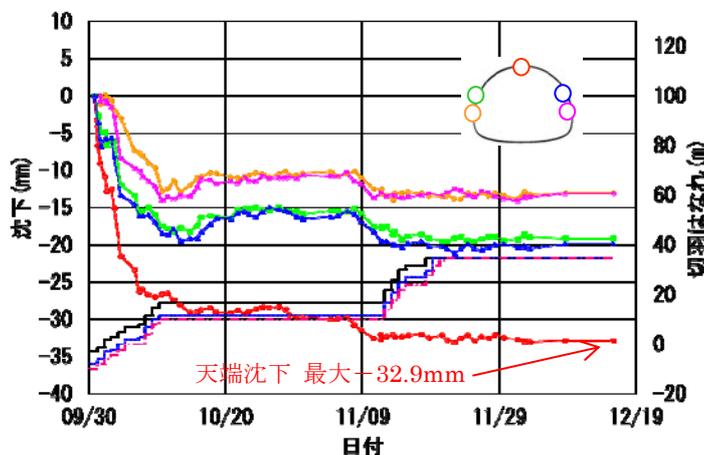


図5 天端沈下経時変化図

表-1 解析値と計測値の比較

項目	単位	解析値	計測値	許容値
内空変位	(mm)	14.0	1.8	191
天端沈下	(mm)	-44.7	-32.9	-96
地表面沈下	(mm)	-36.0	-34.5	-41.0
支保工応力	N/mm ²	-65.4	-10.7	210.0
吹付け応力	N/mm ²	0.83	3.48	6.8
ボルト軸力	kN	38.5	11.8	170.0