

脆弱地山での神社・鉄塔直下における補助工法の設計と施工に関する一考察

(株)鴻池組 土木事業本部 技術部 正会員 ○山田 浩幸

(株)鴻池組 東京本店土木部 安田 裕輔

(株)鴻池組 東京本店土木部 村島 雅征

関東地方整備局 甲府河川国道事務所 工務第二課 宮下 邦彦

1. はじめに

楮根第3トンネルは、現在建設中の中部横断自動車道の一部、延長 L=165mの山岳トンネル工事である。

トンネル直上には、土被り約 30m で神社と鉄塔が近接しており、当初設計では、近接区間は比較的良好な地山が想定されていたが、追加調査（鉛直、全線水平ボーリング）の結果により、かなり脆弱であることが判明した。

そこで、地山条件の変更に伴うトンネル設計の見直しを行い、補助工法を駆使して掘削を進めた（写真-1,2）。本稿では、トンネルの補助工法の設計と施工時の計測管理手法について述べる。

2. 適用現場の概要

トンネルの地質は富士川層群身延累層の砂岩・泥岩互層であり、泥岩優勢層ではスレーキングが著しく脆弱となる特徴を持っているが、本トンネルの当初設計では、坑口部を除き比較的良好な地山が想定されていた。また、トンネルの施工条件として、中間部に土被り約 30mで神社と鉄塔が近接しており、慎重な施工が必要であった。表-1 に工事の概要をまとめた。

表-1 工事概要

工 事 名 称		中部横断楮根第3トンネル工事
工 事 場 所		山梨県南巨摩郡南部町楮根地先
工 期		平成26年1月～平成28年6月
発 注 者		国土交通省 関東地方整備局
施 工 者		株式会社 鴻池組
工 事 内 容	延 長	L=165m
	断 面	掘削断面積A=105.7㎡（盤下げ含む） 2車線道路トンネル
	施 工 法	NATM
	掘削方式	機械掘削（ロードヘッダ）
	掘削工法	DIIIバターン（早期閉合）
	補助工法	天端安定対策：多段式長尺鋼管フォアパイリング （L=13.5m, 15.5m, φ114.3mm, @900mm, 打設間隔5m） 注入式フォアボーリング （L=4.0m, φ25mm, @600mm, 打設間隔1m）
		鏡面の安定対策：鏡吹付（t=50mm） 長尺鏡ボルト （L=12.5m, φ76mm, @2m, n=5本/断面）
		脚部の安定対策：脚部補強工（フットパイル） （L=3.5m, φ114.3mm, 4（6）本/断面）



写真-1 長尺鋼管フォアパイリング施工状況



写真-2 吹付けインバート(早期閉合)施工状況

3. トンネル変状と設計変更

トンネル掘削が 26m進んだ時点で、掘削の緩みに伴い 50mm を超える大きな地表面沈下を生じ、既施工区間の吹付けコンクリートに変状（ひび割れ）を生じた。そこで、切羽を一旦休止し、追加調査により得られた地山物性値に基づき、数値解析による近接構造物への影響を検討し、表-2 に示すとおり、施工パターンの変更を行った。

既施工区間で得られた計測結果から、トンネル自体の変位は小さいものの、地耐力不足から沈下量が大きく、地表面のとも下がり傾向が見られたため、吹付けインバートによる早期閉合、地耐力対策として脚部補強工（フットパイル）を、先行変位を抑制する目的で長尺鋼管フォアパイリングおよび長尺鏡ボルトを採用した（図-1）。

キーワード 山岳トンネル, 近接施工, 数値解析, 補助工法, 計測管理

表-2 施工パターン

施工パターン	施工状況	天端対策	脚部(沈下)対策	鏡面対策
パターン1	下半完了	小口径(φ76.3)長尺鋼管 FP (天端 120° L=12.5@5m)	フットパイル(L=3.5m)片側 2本	なし
パターン2			フットパイル(L=3.5m)片側 3本	長尺鏡ボルト 11本 L=9.0m(2シフト)
パターン3	上半完了	長尺鋼管 FP(L=15.5m@9m) (天端 160°)	フットパイル(L=3.5m) 片側 3本	長尺鏡ボルト 5本 L=12.5m@9m
パターン4	未掘削	長尺鋼管 FP(L=12.5m@9m) (天端 180° 範囲)	フットパイル(L=3.5m) 片側 2本	長尺鏡ボルト 5本 L=12.5m@9m
パターン5		長尺鋼管 FP(L=15.5m@9m) (天端 160°)	フットパイル(L=3.5m) 片側 2本	長尺鏡ボルト 5本 L=12.5m@9m

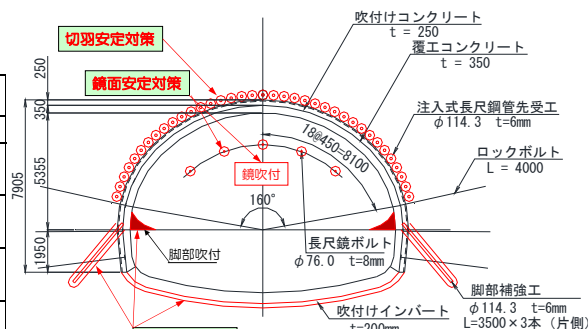


図-1 施工パターン(パターン3)

4. 施工時の計測管理と施工フロー

近接構造物(鉄塔・神社)の管理基準値に関しては、絶対沈下量 25mm の他に鉄塔の相対変位(鉛直 3.5mm, 水平 5.2mm)とかなり厳しい値であったため、慎重な計測管理を実施する必要があった。そのため、地表面沈下に関しては水盛式沈下計を 5m ピッチに設置し、鉄塔の水平変位をワイヤー式変位計により計測した。

また、連続かつリアルタイムな管理が可能となるよう自動計測システムを採用し、現場事務所にデータを集約し、統合管理を実施した。図-2 に統合管理システムにおける計測結果の一例を示す。

鉄塔の相対変位は最大で鉛直 2.5mm/3.5mm, 水平 0.7mm/5.2mm であり、鉛直は管理基準値(注意レベルⅢ)の約 7 割の変位量であった。また、絶対変位量は鉄塔基礎の一体化の効果により 7.2mm/25mm で収まっている。

なお、事前に図-3 に示す追加対策を含めたフローを作成した上で施工を進め、下半脚部補強工を一部追加実施した。

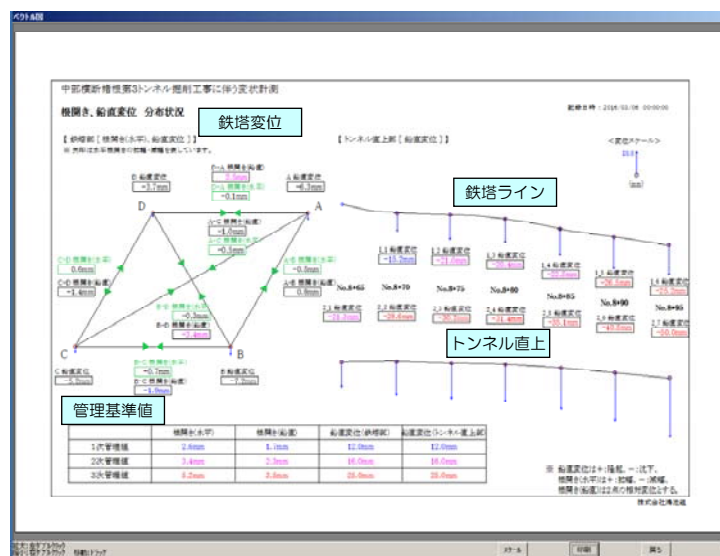


図-2 計測管理画面(統合システム)

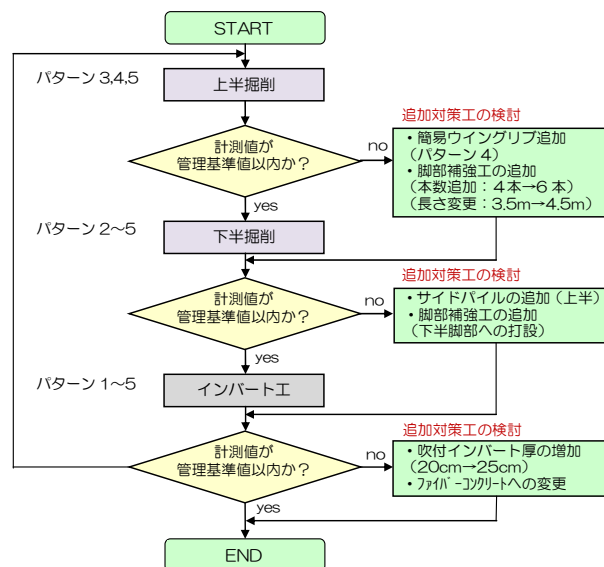


図-3 施工フロー(追加対策)

5. おわりに

トンネルの進捗は3月末現在、上半 107m, 下半 91m, インバート 89mの施工を完了している(写真-3)。

トンネルの上半切羽は直上の鉄塔・神社から約 30m 通過しており、設計変更により採用した補助工法の効果により、地表面沈下は管理基準値内で収めることができた。

今後、トンネル出口側の施工においては、地表面に近接構造物はないものの、脆弱な地山が想定されているため、引き続き補助工法および早期閉合を施工するとともに、綿密な計測管理によりトンネルの安定を確認しながら施工を進める所存である。



写真-3 トンネル坑口全景(終点側)