

ゴルフ場直下旧沢地形盛土部におけるトンネル対策工の設計とその施工

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 木村 悠一郎, 野崎 樹
前田建設工業(株) 正会員 ○田中 貴大, 北岡 英基

1. はじめに

柿原トンネルは、北陸新幹線新設工事における 2,530m の NATM 工法による山岳トンネルである。そのうち終点側約 450m の区間は、ゴルフ場直下の施工で、最小土被り 13m で通過する。ゴルフ場造成前の地形図を確認すると、出口より 160m の 402km200m 付近において、旧沢地形がトンネル天端付近に干渉し、トンネル部でのゴルフ場造成に伴う盛土が確認された。そこで、この区間におけるトンネル掘削時の不安定化対策の検討が必要となった。

本稿では、この旧沢地形盛土部の調査計画および対策工の設計とその施工結果について報告する。

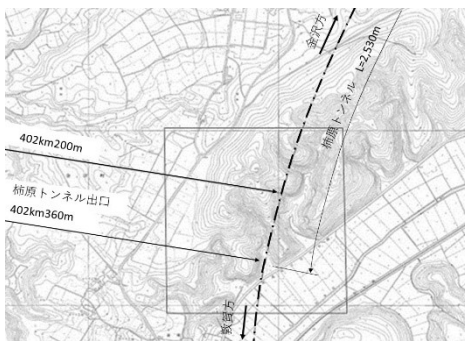


図-1 造成前の地形図

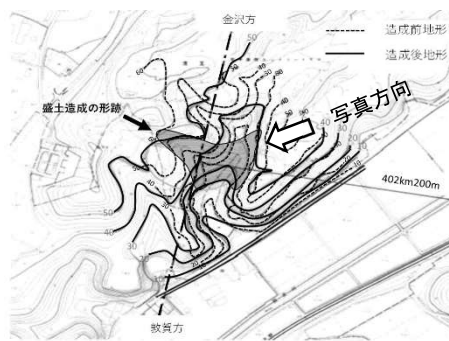


図-2 造成前後の比較



写真-1 盛土部写真

2. 地形・地質条件

当該区間は、主として新第三紀河南層の凝灰質砂岩で構成され、露出部では、節理が発達し、それを中心とした弱部の風化侵食作用により、沢状の地形が形成されている。トンネル部の旧沢地形は、表面付近が凝灰質砂岩の崩積土、その他については造成時の盛土で構成され、ほぼ盛土により土被り 13m となっている。また、周辺部においてトンネルより上部の斜面からの湧水が観察され、地下

3. 地質調査計画およびその結果

地質調査においては、盛土の分布状況およびその物性の確認、地下水状況の確認を目的とし、旧沢地形の最深部を中心にボーリング 4 か所、ラムサウンディング 8 か所を実施した。また、掘削時における地下水状況を確認するためその内 1 孔については水位観測孔を設置した。

調査の結果、N 値 3～4 の盛土による粘性土が 10m、その下部は、N 値 0～3 の土砂 3m が確認され、トンネル天端付近の 4m 程度範囲に出現する。また、砂岩部でも、N 値が 40 程度の風化部（それ以外は 2,000kN/m²）が確認され、トンネル側壁部および底盤部は、脆弱な凝灰質砂岩も存在する。地下水は、確認されない状況であった。

調査結果より、トンネル外周部に良好な地山が存在しない 30m 範囲を対策工の必要な範囲とした。

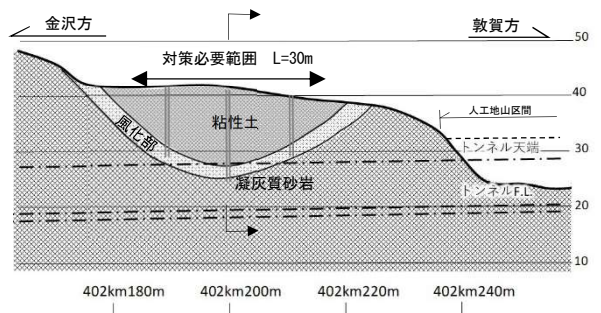


図-3 地質縦断面図

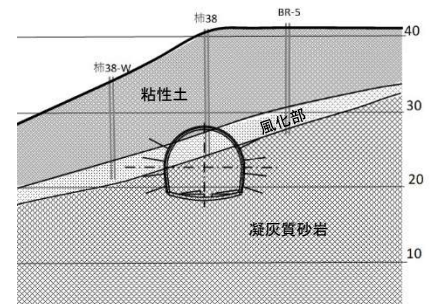


図-4 地質断面図

キーワード ゴルフ場直下、旧沢地形盛土部、支保の構造的な検討

連絡先 〒541-8529 大阪府中央区久太郎町 2-5-30 前田建設工業株式会社 関西支店

4. 対策工の検討

営業するゴルフ場直下かつ古墳群が隣接しており、地表部からの対策が困難なため、坑内からの対策として、上半支保工の変形、脚部の安定、偏土圧の対策、天端の安定、鏡の安定の項目について検討した。ここにおいて、地山によるアーチの形成は期待できないことより、全土荷重に近い1Dを荷重条件とし、上部からの荷重に有効な鋼製支保工、外周地山補強体となる注入式フォアパイリングの施工本数を算出した。

結果、鋼製支保工はH-150を1.0m間隔、注入式フォアパイリングは、 $\phi 114.3\text{mm}$ 鋼管、改良径450mm、4mシフト、打設間隔450mm(225mm相当)とした。SLより上半部は、応力バランスを考慮して左右均等に配置し、下半部は盛土・崩積土及び風化岩部の分布範囲のみとした。切羽前方の支保として注入式鏡ボルト

($\phi 76.3\text{mm}$ 、改良径600mm)を盛土・崩積土および風化岩部の分布範囲(前方を想定)に配置した。また、施工時の対策として、上半掘削断面における側壁部の応力集中の防止および早期閉合による脚部の安定化対策に対応可能なマイクロベンチ(ベンチ長3~5m)を採用した。

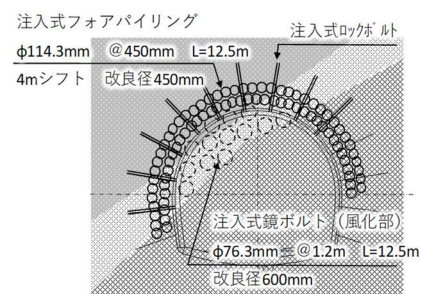


図-5 対策工一般図(断面)

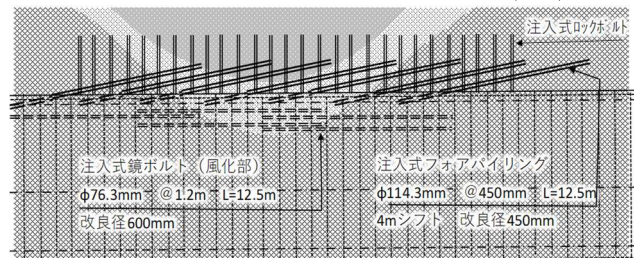


図-6 対策工一般図(縦断)

5. 計測管理基準の検討

弾塑性モデルによるFEM解析により、上部地山が緩い状態における管理基準値の設定を行い、天端沈下は、周辺地山の補強である注入式フォアパイリングが有効に機能した場合を前提として算出した。また、解析による内空変位は、地質構成から外側に開く傾向となるため、良好な地山の状態である凝灰質砂岩の弾性解析値を管理基準に採用し、解析結果に20%安全率を考慮した値をレベルⅢとすることとし、地表面沈下は118mm、坑内天端沈下は20mm、内空変位は13mmとした。

6. 掘削時における計測値とその対策

掘削時では、地表面沈下で最大144mm、天端(脚部)沈下で29mm、内空変位は17mm観測され、吹付面に地層境を中心にクラックが確認された。管理レベルⅠ、Ⅱにおける追加対策で、それぞれ、注入式側壁部の補強ボルト(①)、1次インバートによる早期閉合(②)を実施し、②の隣接部での施工の影響により、管理レベルⅢとはなったが、解析結果とほぼ同等の数値で変位速度が減少し、その後、増吹付けも施工することで、支保による地山の収束を確認した。

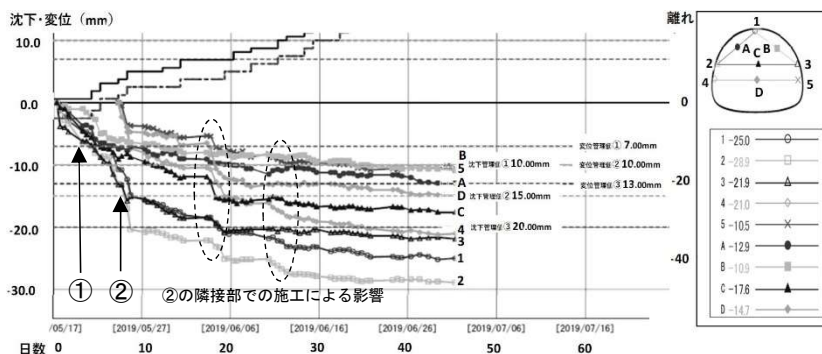


図-7 402km200m計測結果



写真-2 追加対策工施工状況

7. おわりに

今回の特殊条件下では、追加調査による地形・地質の事前把握に基づき、支保に構造的な検討を行うことで、効果的な対策工および計測管理、また、施工時の追加対策が可能となり、不安定化の発生は回避できた。この区間の以降の100m区間も偏土圧地形であるが、同様に斜面の安定等、事前の評価・検討および対策により、不安定化の発生なく、2019年7月に終点側出口部に無事到達した。