

長持ちするトンネルを作る！ ～低土被りトンネルの設計・施工を経験して～

長谷川哲也¹・石原拓磨¹

¹岐阜国道事務所 工務課 (〒500-8262 岐阜市茜部本郷1丁目36番地の1)

東海環状自動車道北野トンネル(仮称)は、コスト削減の見地から、低土被りトンネル構造を採用した。この低土被り区間の課題としては、トンネル本体の耐震性及び沢地形であるがゆえのトンネル内への漏水が懸念された。

本稿では、上記の課題に対し、長寿命化の観点から供用後の覆工コンクリートの劣化及び損傷の要因に着目し、設計段階と施工段階にて対策した事例を紹介するとともに、発注者のインハウスエンジニアとしての役割について考察する。

キーワード：山岳トンネル、低土被り、長寿命化、コスト削減、インハウスエンジニア

1. 工事概要

東海環状自動車道北野トンネル(仮称)は、名古屋の周辺30～40km圏に位置する愛知・岐阜・三重3県の主要都市を環状で結ぶ東海環状自動車道の関広見IC～高富IC(仮称)に計画されている延長602mの山岳トンネルである(図-1、図-2)。本トンネルは、中間沢部の約90mの区間が低土被り(土被り 約3m)の構造であり、人工地山として改良体を構築し、1本のトンネルとしてNATM工法にて掘削を行った(図-3)。



図-2. 施工位置図



図-1. 位置図

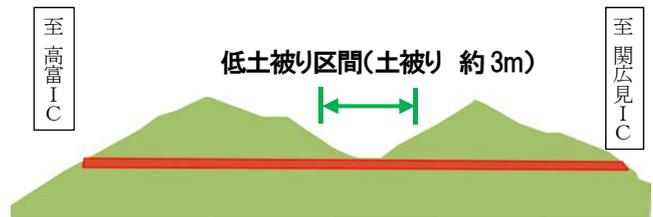


図-3. 縦断面図

(事業名：一般国道475号東海環状自動車道)
工 事 名：平成25年度東海環状北野トンネル工事
工事場所：岐阜県岐阜市山県北野
工事内容：トンネル延長＝602.0m (発破掘削方式による NATM工法)

2. 低土被り区間の設計について

(1) 背景

本トンネルの低土被り区間が発生した背景としては、道路建設コストの削減を検討した結果である。コスト削減は、トンネル終点側の橋脚高さを低くすることに加え、軟弱地盤対策を要する大規模盛土の規模を縮小させて地盤改良の費用を低減させた。このように縦断線形を下げたことで、低土被りを抱えるトンネル構造となったものである(図-4)。

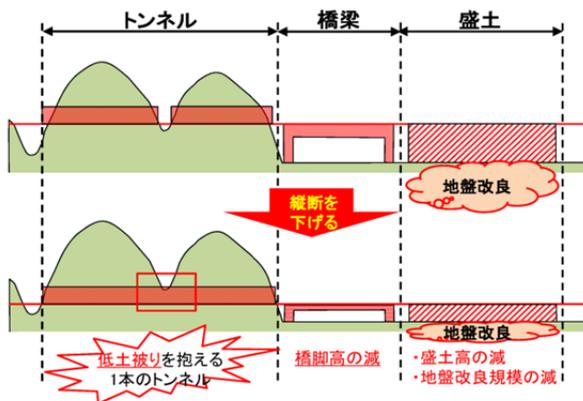


図-4. 縦断計画の変更

(2) 低土被りトンネルの特徴

低土被りとは、掘削幅をDとしたとき、土被り1~2Dを確保出来ない範囲・区間である。通常、NATM工法による掘削は、掘削直後、素早く吹付コンクリートで固め、ロックボルトを岩盤深くまで打ち込むことにより、内圧効果で耐荷能力の高まった地山アーチ(図-5)を形成する工法である¹⁾。そのため、この工法で掘削を行うには、一定以上の土被りにより地山アーチを形成することが重要であるが、土被りが小さいと地山アーチを形成することが困難となる。

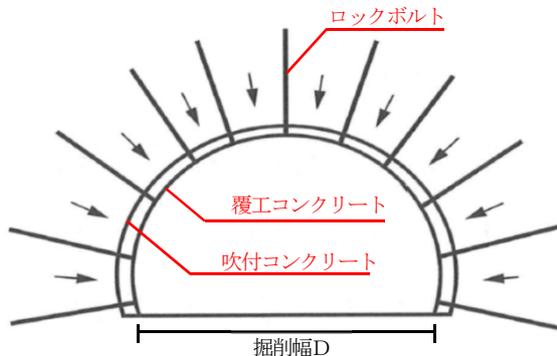


図-5. 地山アーチのイメージ

(3) 本トンネルの設計

トンネル掘削は、覆工天端から2~3mの土被りが確保されれば先に述べた地山アーチの形成により施工が可能

となる。このことから、本トンネルは、低土被り区間における人工地山として、ソイルセメントを用いて、総土被り3mの改良体を構築した。

3. 低土被り区間の設計の課題について

本トンネルは、先に詳述したよう、周辺区間全体のコスト削減を図ることで、低土被りの構造を有するトンネルとしたため、低土被り区間において下記2点の課題が発生した。

(1) 課題①：改良体と地山の異種材料を用いた際の耐震性について

改良体と地山は、異種材料のため地震による揺れの挙動が異なる。このことから、一般的な自然地盤であるトンネルと条件が異なるため、耐震性の検証が必要である(図-6)。

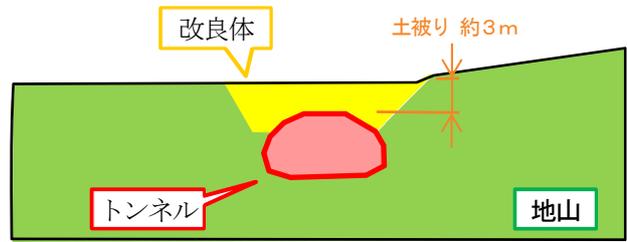


図-6. 課題① 改良体と地山の一体性

(2) 課題②：水処理の不備による供用後の管理上の課題について

当該区間は2つの山の裾野にあるという地形から、低土被り部に雨水が滞水しやすく、水がトンネル本体に浸透し、供用後、通行障害や覆工コンクリートの劣化につながる恐れがあるため、その排水処理について検討の必要がある(図-7)。

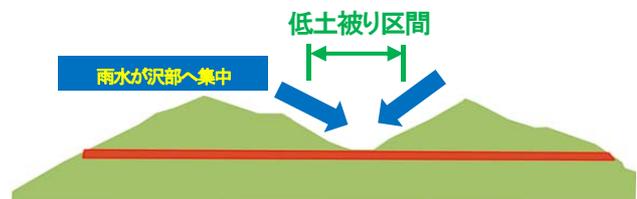


図-7. 課題② 沢部における雨水の浸入

4. 対策手法と工夫について

(1) 対策①：耐震性の検討と対応

本トンネルは、先に述べたよう、地表部の改良体(ソイルセメント)と地山が異種材料であることから、当該

断面にて2次元FEMによる耐震解析を実施し、トンネル覆工の安全性を検討した。

検討結果は、せん断力についてせん断耐力を超過する箇所が一部存在したため、せん断補強を行う必要があるという結果となった。この結果に基づき、低土被り区間においては、通常の支保構造に鉄筋にて追加補強を行い、耐震性能を満足させた(図-8)。

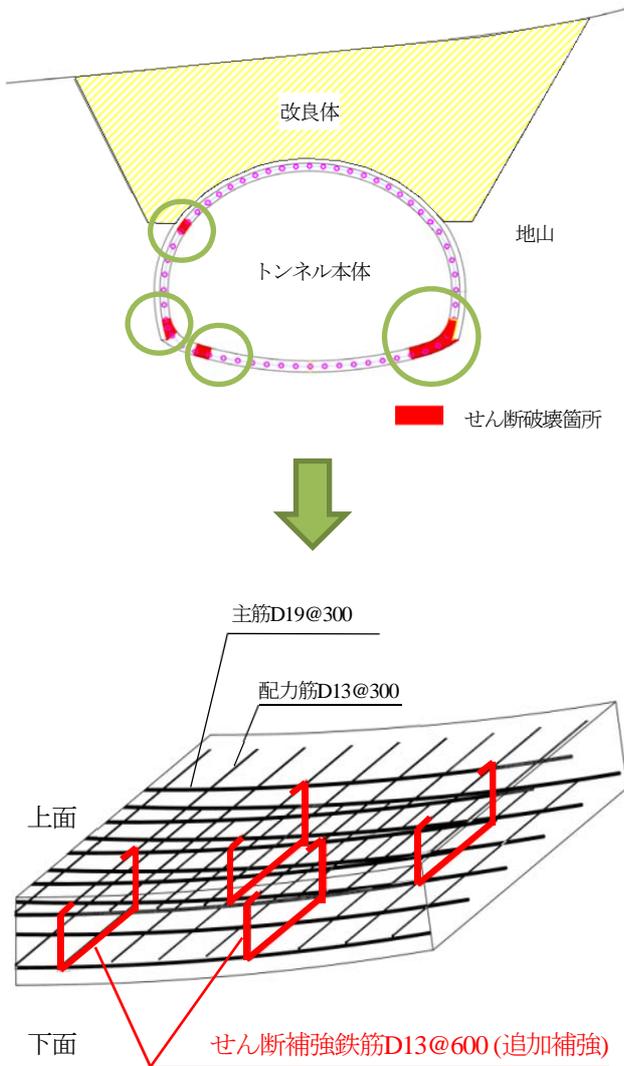


図-8. せん断補強

(2) 対策②：排水処理の適正化による長寿命化対応

供用後、トンネル内の漏水は、交通安全上等、道路利用者にとって好ましくないことに加え、近年、NATM工法で施工されているトンネルにおいては、目地部から漏水等による覆工コンクリートの劣化損傷が見受けられることから、長期的な覆工コンクリートの品質向上を図ることが必要であり、劣化要因となる漏水対策の検討が重要と考えた(写真-1)。



写真-1. 漏水の影響によるコンクリートの損傷の事例

これらのことを踏まえ、当該区間の排水処理について、施工時に下記の対策を行った。

a) 地表面部における浸透水の軽減対策

本トンネルは、先に述べたよう、トンネル本体への浸水を抑制するため、改良体を施工する前に地表部の排水処理を徹底した。

この方策として、工事発注後に現地調査を行い、表面水及び地表部の土砂と岩の境からの浸透水発生箇所に着目し、水抜き対策(写真-2)を施した後、暗渠排水管にて流末に排水させることで、トンネル本体への浸透水を抑制するものとした(図-9)。

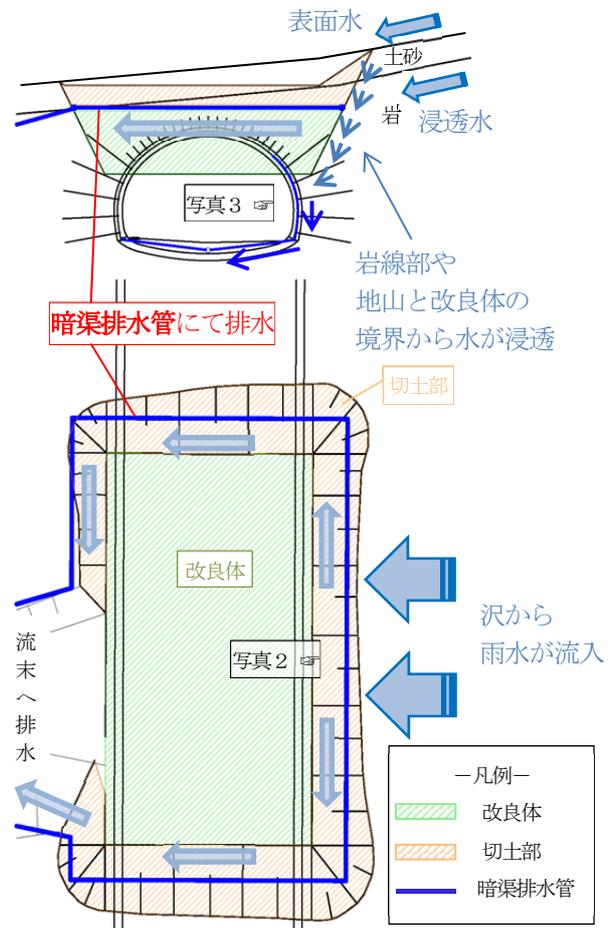


図-9. 地表面排水経路



写真-2. 地表面の水抜き対策

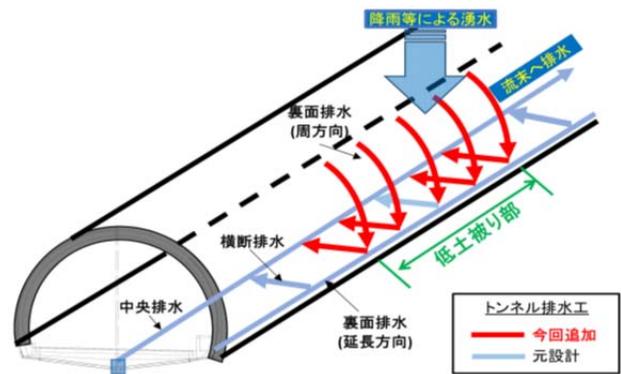


図-10. 坑内排水経路

b) トンネル内部の排水処理対策

トンネル本体の施工時は、前述の通り、地表部にて沢からの雨水等の浸透対策をしたものの、吹付けコンクリートの壁面より湧水が最大で約80L/分確認された(写真-3)。



写真-3. トンネル施工時の湧水状況

本トンネルの当初設計では、覆工コンクリートからの漏水対策として、防水シートによる一般的な対策がなされていた。しかしながら、当初設計では、過去の損傷事例を踏まえ長期的な漏水対策として期待できないと判断し、追加対策を講じることとした。対策は、トンネルの周方向に裏面排水(写真-4)を直線的に追加設置し、覆工コンクリートの背面に生じる湧水を強制的にトンネル延長方向の裏面排水まで速やかに導水し、漏水を防止させることとした(図-10)。



写真-4. 裏面排水

さらに、中央排水へ導く横断排水についても、最大湧水量により、当初設計の50m間隔から10m間隔に密に配置した。このことから、降雨等による坑内への浸透水を裏面排水にて効果的に集水、排水する構造に配慮したことにより、覆工コンクリートの良好な施工環境と長期的な品質確保に努めた。

5. 結び

今回の事例のように、将来の維持管理において弱点となるような箇所について、新設の段階できめ細やかに検討を行い、対策を講じておくことは長期耐久性の観点から重要であると考えます。

本トンネルの低土被り区間は、設計当初に想定していたよりも湧水量が多く、施工時だけでなく長期耐久性に配慮して検討や対策を施し、無事施工を完了した。

今後、新設した構造物が劣化損傷し、大規模な補修が必要となると、相応のコストや時間だけでなく、通行止めによる社会的影響が発生する。

これまでも構造物の品質向上については、総合評価落札方式による技術提案にて、民間技術のノウハウを活用してきたところであるが、本トンネルの施工を通して、さらなる品質向上を目指し、現地状況に応じた対策を講じることの大切さと面白さを感じた。道路管理者として、構造物は作ったら終わり！ではなく、維持管理へとつないでいくまでが私たちの責務である。また、「設計から管理まで携われるのは行政機関のインハウスエンジニアとしての強み」である。その蓄積されたノウハウを詰め込み、今後も構造物の長寿命化・維持管理まで含めたライフサイクルコストの低減を目指し、初期コストのみ着目するのではなく長期耐久性の観点も念頭に置いて業務へ反映していくよう今回の経験を活かしていく所存である。

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：道路トンネル技術基準(構造編)・同解説