

国道20号下諏訪岡谷バイパス山田トンネル工事 における施工事例について

川端 清一

関東地方整備局 道路部 道路工事課 (〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1)

全国におけるトンネルの工区数の推移は、平成11年に約1400工区が施工されていたが、令和4年には400工区と現場数は減少傾向である。内訳は、約4割程度が道路(高速、国道、地方道)に関わるトンネルでその多くが山岳トンネルとなっている。(「トンネル年報2023」より) 関東地方は、関東ロームを代表とする脆弱な地山及び富士山、北・南アルプスの硬質地山など複雑な地質が分布しており、全国的にも事例の少ない工法の採用やトンネル掘削において多くの工夫がなされている。今回、報告する、長野国道で施工した困難な山岳トンネルの施工事例を紹介することでトンネル技術を記録、継承していくものである。

キーワード 脆弱地山、小土被り、破碎帯、補助工法、先進導坑

1. はじめに

長野県国道20号下諏訪岡谷バイパスは、諏訪郡下諏訪町東町から岡谷市今井に至る延長5.4kmのバイパス事業であり、このうち延長3.7km区間については段階的に暫定開通している。

現在は残る1.7km区間において、暫定2車線での整備を進めており、当該バイパスの整備により国道20号の交通混雑の緩和や、交通事故の減少が期待されている。

当該バイパスの一部を形成する山田トンネル、延長485mの山岳トンネルをNATM工法(機械掘削)により施工中であるが、急峻な地形のほか、様々な課題を抱えた現場であった。今回は当該工事において実施した各課題への施工(対策)事例を紹介する。

2. 施工における大きな課題

(1) 脆弱な地山

塩嶺累層の安山岩、及び凝灰角礫岩が主体

(2) 小土被り区間

延長約90m、最低土被り厚約4.5m
土砂化した安山岩の上に、崖錐堆積物が被覆

(3) 断層破碎帯

施工区間には、「糸魚川-静岡構造」という活断層が存在し、2箇所(1)の断層破碎帯を含む過去、近傍トンネル工事で大規模な崩落事象が

発生

※周辺の地質状況等については、類似性は高い

(4) 豊富な地下水

トンネル施工基面より約20m(最大)上に地下水位を確認

(5) 終点側坑口の押え盛土材料の確保

終点側坑口は大型車両が通行出来る搬入ルートが確保できない



図-1 活断層(糸魚川-静岡構造)

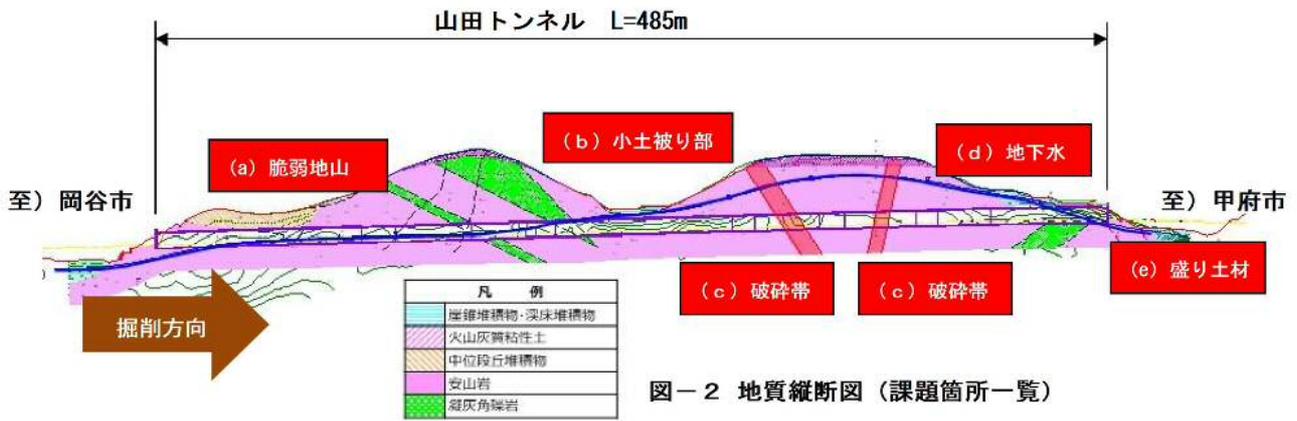


図-2 地質縦断図 (課題箇所一覧)



図-3 地質文布平面図

3. 各課題等への対策について

(1) 脆弱な地山

脆弱な地山への対策として、掘削補助工法(長尺鋼管フォアパイリング)、及び早期閉合インバート(早期に支保安定させる補助工法)を計画した。早期閉合インバートについては、トンネル全体延長の約7割となる330m区間において施工し、上半掘削、下半掘削のそれぞれにおいて施工することとした。

<ポイント>地山の早期安定

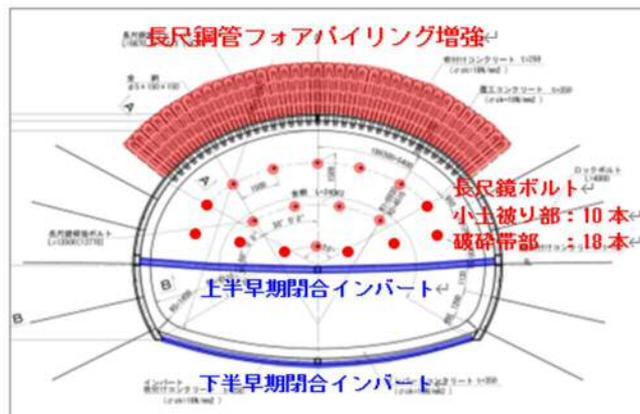


図-4 (b)(c)支保工図

(2) 小土被り区間

小土被り部への追加対策検討にあたっては有識者への技術相談や現地において、注入剤の試験施工を行った上で、以下の対策を追加した。

- (a) 短尺鋼管(9.5m)の採用
- (b) 補助工法の施工シフト変更(9m⇒4m)
- (c) 注入剤の変更(ウレタン剤)
- (d) 1断面の先受け打設本数25本⇒37~38本 <ポイント>地山の安定+崩落・肌落ちの防止



図-5 坑内試験施工イメージ図

(3) 断層破砕帯

断層破砕帯への追加対策検討にあたっては、小土被り部への対応と同様に有識者への技術相談のほか、近傍のトンネル崩落事象発生当時の関係者(受発注者)へ聞き取り調査等も行った上で、長尺鋼管フォアパイリングの増強、及び長尺鏡ボルトを追加した。なお、施工にあたっては主要断面等においてその都度切羽面を確認しながら、追加対策の妥当性についても確認した。

- (a) 短尺鋼管(9.5m)の採用
- (b) 補助工法の施工シフト変更 (9 m⇒4 m)
- (c) 注入剤の変更 (ウレタン剤)
- (d) 1断面の打設本数 25 本⇒37~38 本
- (e) 長尺鋼管フォアパイリング追加
- (f) 長尺鏡ボルト追加

<ポイント>地山の及び切羽の安定

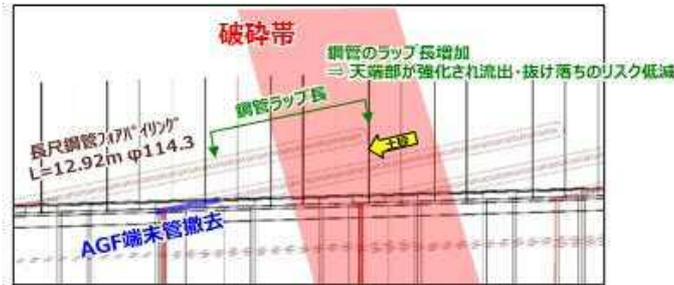


図-5 長尺鋼管施工シフトイメージ図

(4) 豊富な地下水

地下水への対策としては当初設計より水抜きボーリングを計画した。さらに、地質調査のための事前(水平)ボーリングについても、水抜き孔として有効に活用した。

<ポイント>地下水位の低下

(5) 終点側坑口の押し盛土材料の確保

終点側坑口は大型車両が通行出来る搬入ルートが確保できないことから、3つの方法を検討した①町道の拡幅②盛り土材料の現地調達③先進導坑を設置しトンネルズリの活用。

①案について、拡幅しようと考えた道路は生活用道路で通学等に利用されており、大型車が常時利用することは地元の理解が得られなかった。

②案について、終点側にて土砂材の確保は可能だったが、土質試験を実施した結果、アロフェンという粘土鉱物含む土質(極めて特殊)でセメント改良をしても目標とする一軸圧縮強度を確保できないことが判明した。

③案として、「①②」より費用を要するが先進導坑を施工し本坑から発生するズリを利用する方法を採用することにした。

<ポイント>盛り土材料の確保

写真-1 長尺鏡ボルト完了状況



写真-2 長尺鋼管フォアパイリング完了状況



水抜きボーリングによる地下水低下対策

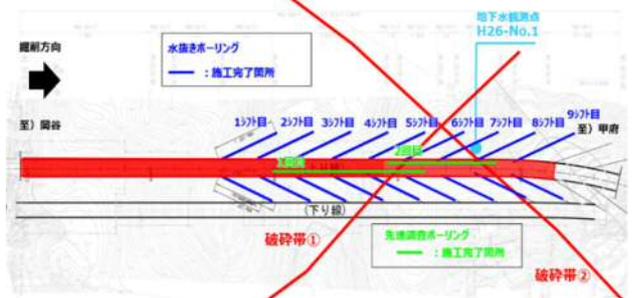


図-6 地下水低下対策イメージ図

写真-3 ボーリング孔からの出水状況



写真-4 一軸圧縮試験状況（強度目標 1000kn/m² 以下）

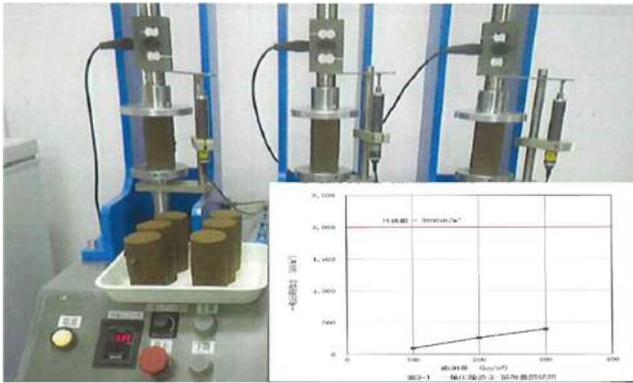


写真-5 先進導坑施工状況



4. 追加対策の評価

各追加対策等により、これまで安全に工事を進めてきたが、特に効果的と思われる対策について紹介する。

(1) 早期閉合インバート

掘削時の緩み域の抑制、及び切羽素掘り面の緩み防止に効果的だった。また、小土被り区間は、上載荷重は小さく沈下量・変位量も小さいと考えられたが、天端部が未固結地山でグラウンドアーチが期待出来ない状況であった。剛性の高いリング構造を形成することにより、掘削時および掘削後の安定性を確保する効果があった。

(2) 短尺鋼管(9.5m)の採用・補助工法の施工シフト変更(9m⇒4m)・注入剤の変更

施工ピッチを短くし、鋼管のラップ長を確保することは、土砂抜け落ちに対して有効な対策であったが、それに加え、試験施工を行い、注入剤をウレタン系へ変更したことで、湧水発生時には、高圧注入で水を押し出し発泡反応することにより確実な改良体の形成が可能となったので、二重・三重の対策となり、土砂抜け落ちのリスクを確実に低減させることができた。

(3) 水抜きボーリング

工事開始時には、破碎帯付近の地下水位はトンネル天端より高い位置で観測されており、そのまま施工した場合、崩落・異常出水の可能性があった。

設計で計画した水抜きボーリング及び地質調査ボーリングを水抜き孔とし活用し、当該箇所を掘削する際には、地下水低下はトンネル底盤以下の水位にすることができ無事に掘削を完了することができた。

当該現場において追加対策を実施した場合と実施しなかった場合の比較検証は行うことができない。発注者として「追加対策が過大ではなかったか」については評価が難しいところであるが、事故・災害を未然に防ぎ、安全・安心なトンネル掘削を進めることが出来たことについては評価したいと考えている。

5. まとめ

報告した下諏訪岡谷B.P.山田トンネルについては、多くの関係者の尽力により、令和5年2月に事故、労働災害を発生させることなく、貫通できた。

今回実施した対策内容が類似条件を有する現場での参考になり技術が継承されていけば幸いである。なお、追加対策により、コストの増加や施工効率低下に伴う工程の遅れも発生していることから、追加対策の検討にあたっては留意が必要である。また、今後、調査・設計においては今回の対策事例も踏まえ施工時に必要な対策、補助工法について新技術・DX技術等を積極的に活用し、当初設計の熟度を高めていく事が重要であると考えている。