

VI-317

低土かぶり土砂地山における改良型の注入式鋼管先受工法の適用

（その1．施工概要と工法の特徴）

長野県土木部大町建設事務所

駒村 佳男

飛島・金森建設共同企業体

水越 裕一

飛島建設 技術本部

市川 健作

同上

会員 ○川端 康夫

1. はじめに

木崎湖トンネル工事（小島信濃木崎（停）線）は、木崎湖東岸の渋滞解消を目的とした道路2車線トンネル（ $A=85m^2$ ）で、全延長937mのうち、木崎工区は大町側の337m区間である。

本トンネルの土被りは、10~25mと薄く、地質は、第三紀鮮新世の凝灰岩または火山礫凝灰岩を基盤とし、その上部に基岩の風化層、土石流堆積物、湖沼堆積物、火山灰が不規則に重なっており、未固結な地山で構成されている。このため、地山が緩みやすく、切羽崩壊、地表面沈下、陥没といった現象が予想され、適切な補助工法の選定が必要とされた。このような条件に対応できる工法として、長尺先受工法の適用を検討し、さらに

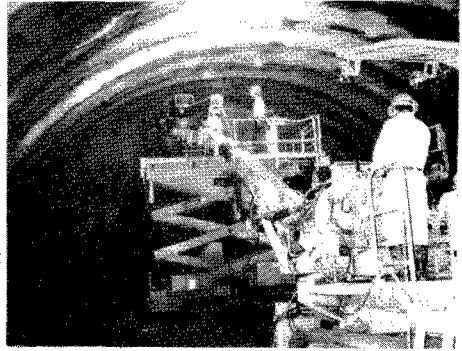


写真-1 改良型注入式鋼管先受工法施工状況

施工の合理化、サイクルの短縮、コストダウンを目標に改良型の注入式鋼管先受工法を採用した。

本工法は、近年、脆弱地山での施工実績を増やしている長尺先受工法において、掘削断面を拡幅することなく、先受工の施工を可能としたものである。

（その1）では、当該工事の施工概要および工法概要を説明し、（その2）では、計測結果を報告する。

2. 改良型注入式鋼管先受工法の概要

2-1 工法の特徴

本工法は、土砂から亀裂性岩盤までの広範囲な脆弱地山を対象とし、ドリルジャンボを用い、切羽前面より鋼管を打ち込み、その周辺を注入材で改良、切羽前方地山を先受けすることで、地表面沈下の抑制、切羽の安定を図る先受工法である。本工法は、従来の長尺先受工法を改良改善したもので、以下の特長を有する。

- ①特殊埋設管（以下特殊管）で鋼管を鋼製支保工上端部まで打込み、特殊管を壊しながら掘進することで、断面拡幅を必要とせず、掘削時間の短縮、経済性向上を図った。
- ②鋼管打設は、鋼管末端を打撃押圧する方式を基本とし、礫、岩盤や打設時に孔壁が乱れ鋼管が負荷を受ける地山では、鋼管先端をビットが引張る方式とすることで、多様な地山での施工を可能にした。
- ③鋼管接続部をテーパ式とし、接続部の固定に油圧クランプを用い、施工の効率化を図った。
- ④正転で拡径し、反転で縮小する特殊ビットを用いることで、土砂から亀裂性・破碎性岩盤まで多様な地山に対するさく孔能力を有する。（写真-2）
- ⑤注入材料、注入方法は、地山の種類、状態に応じ、幅広い選択肢の中から選定できる。

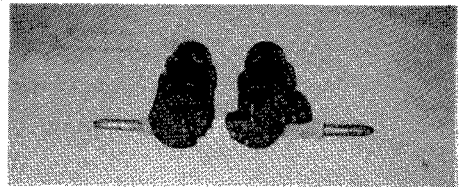


写真-2 特殊ビット

表-1 鋼管の埋設方法の検討結果

2-2 要素技術の開発

工法確立に当たって、以下の検討を実施した。

1) 鋼管の埋設方法の検討

鋼管を支保工背面まで押込む方法として、表-1の3種の方法を挙げ、フィールド実験を実施した。その結果、鋼管端部を樹脂製の埋設管で押圧する方法、または鋼管先端をビットシステムで牽引する方法が適応可能であることが確認できた。

鋼管打設方法	フィールド試験の結果
鋼製埋設管で鋼管端部を押圧する方法	埋設管部分を可塑性の管に入替える際、孔壁を乱し、管が挿入不能になった。
可塑性埋設管で鋼管端部を押圧する方法	砂質・粘土地山では、安定的なさく孔が行えたが、礫混じり地山では可塑性埋設管が破損した。
鋼管先端をビットシステムで牽引する方法	礫混じり地山でも鋼管や埋設管を損傷することなく、さく孔が行えた。

2) 鋼管継手方法の検討

鋼管の継手作業合理化のため、テーパ継手を開発し、ねじ継手との曲げ特性の比較を行った。実験は、スパン6mの間に2mピッチで2ヶ所に継手を設け、両端を固定し、中央部から鋼管が降伏するまで荷重を載荷した。実験結果を図-1に示す。ともに鋼管の降伏まで、継手が破断することがなく、また、曲げ特性に差異は認められなかった。

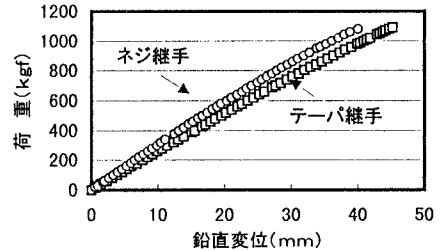


図-1 曲げ特性の比較図

3. 木崎湖トンネル工事木崎工区における先受工の施工仕様

本トンネルの施工仕様を表-2、施工縦断面図および断面図を図-2、3に示す。施工仕様は、①切羽上部の荷重を鋼管が梁

表-2 施工仕様

項 目	施 工 条 件
打設長さ	12.92m
鋼管長さ	9.87m
注入長さ	9.87mまたは12.92m (埋設管部分からの注入)
シフト長さ	9.0m
打設本数	21: 5本(21本と22本の千鳥打設)
打設範囲	120°
打設角度	9°
注入材料	シリカレジン(平均注入量250kg/本) 薬液(平均注入量950kg/本)

表-3 注入材の特性

注入材の種類	シリカレジン	高強度溶液型薬液
概 要	特殊水ガラスとイソシアネートを1.5ショット注入	水ガラスと硬化剤を1.5ショット注入
粘性(混合後)	100~150cp	3cp
ゲルタイム	30~60秒	10秒~数10分
モモゲル強度(6h)	30kgf/cm ²	10kgf/cm ²
発 泡 倍 率	3倍	発泡せず

として支持するとした検討、②地質、地山状態による注入材の種類、注入率の検討、③過去の長尺先受工の施工実績、により設定した。注入材の種類は、地山が土砂地山であることから、シリカレジンを基本とし、ルーズな砂質シルト地山では、浸透性が高く、比較的強度が得やすい高強度溶液型薬液を用いた。

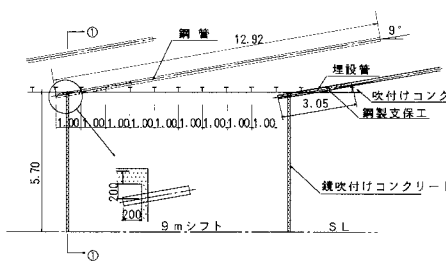


図-2 施工縦断面図

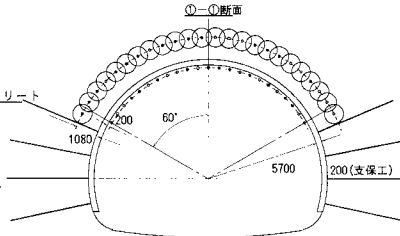


図-3 施工断面図

4. 施工結果

表-4 施工結果概要

1) 施工結果の概要

表-4に施工時の課題とその対応策を示す。

2) 施工性の改善効果

鋼管の接続作業は、従来のネジ継手に比べ、20%程度サイクルの短縮が行えた。溶液型薬液の注入は、同時注入箇所を増設、注入設備のコンパクト化により、シリカレジン注入と同等のサイクルでの施工を可能にした。

シフトNo. (距離)	施工時の状況、主な対策と結果
1~10シフト (0~90m)	砂利状の砂礫が主体で地山に粘性がなく、天端部の剥離・肌落ちが頻発した。 ①特殊管部分からの注入を追加、注入ステップ数を増やした。 ②地山状態、注入方式の改善効果を検証し、注入量を調整した。 上記対策の結果、剥離・肌落ちの規模・頻度が低減できた。
11~24シフト (90~216m)	切羽に流れ目が散見され、17シフトからは切羽上部に砂質シルト層が現れた。 ①鏡の剥離を防ぐため、17シフトからは、ウレタン注入による鏡ボルトを併用した。 ②ルーズなシルト層への対応として高強度溶液型薬液を17~20シフトに適用した。 以上の結果、脆弱区間の掘削を安全かつ安定して実施できた。
25~37シフト (216~337m)	地質が比較的固結した砂質シルト層に変化した。直上が脆弱層で覆われており、掘削時に上部荷重の影響で切羽に割目が入り易い状況が続いた。 ①25シフト以降は、当初計画になかったが、継続して補助工法を施工した。 ②鏡崩壊を防ぐため、鏡吹付け時のメッシュ筋の設置、鏡ボルトの打設を行った。 以上の結果、鏡崩壊が抑制でき、無事掘削を完了した。

5. まとめ

本工法は、既往の長尺先受工法の実績を踏まえ、改良改善を加えることで施工の合理化、サイクルの短縮、コストの低減を目指したものであり、本工事を通じ、その効果が確認できた。また、著しい崩落性を示す地山が連続するなか、先受工において、①注入材量の調整、②注入ステップ数の変更、③注入材種類の変更、④鏡ボルトの併用等の対策をとることで無事掘削を完了することができた。