

偏圧地形の坑口部における補助工法の設計と効果

日本鉄道建設公団 九州新幹線建設局 松山健司 田畑正昭
(株) 鴻池組 正 山田浩幸 斎藤泰信 正 井上雅人

1. はじめに

山岳トンネル工事において、用地等の問題から偏圧地形や崖錐部分といった厳しい地形地質条件の位置に坑口が計画されるケースが多くなっている。偏圧地形におけるトンネルの施工については、切羽の安定はもとより、上部斜面の地すべりについても十分留意して施工を進める必要がある。

本報告は、偏圧地形で風化した急斜面に斜交する型となったトンネル坑口部の施工時に採用した注入式多段先受け工法（HITM）の設計の紹介と施工時に得られた知見について報告するものである。



写真 - 1 始点側坑口部状況

2. トンネル工事の概要

第3紫尾山トンネルは九州新幹線鹿児島ルートの内、八代～鹿児島間で最長の10kmの山岳トンネルである。トンネルの施工は大量の湧水や断層破碎帯等の弱層部分の掘削で苦労を重ねたものの、多様な補助工法を駆使する事で無事貫通している。

本トンネルの始点側坑口部に関しては、地質的には四万十層群で岩種は砂岩、砂岩・頁岩の互層が主体であったが、風化が進み未固結な状態であった。

また、地形的にはトンネル軸線が斜面に斜交する斜面斜交型の坑口位置関係となっていた。(写真 - 1)

さらに、坑口付近には最近数年間にすべり崩壊している箇所が多く見られ、対岸の法面工事においても工事中に斜面崩壊を生じており、坑口部の掘削にあたっては補助工法の採用が必要と考えられた。

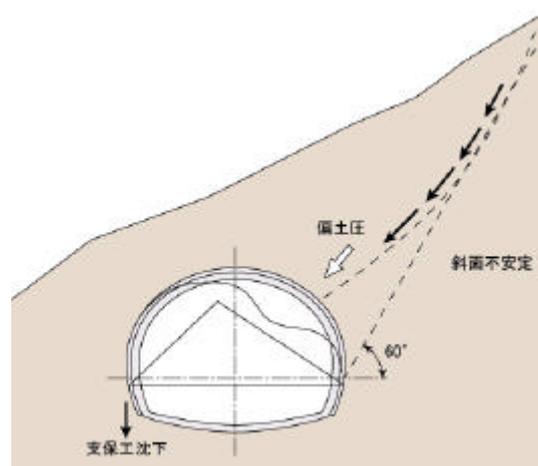


図 - 1 始点側坑口部断面

2. 施工上の問題点と補助工法の選定

坑口部の地形・地質状況をふまえ、施工上の問題点としては、図 - 1 に示すとおり、切羽の安定確保、地すべりや斜面崩壊の防止、トンネル支保構造と長期安定性といった事項が考えられたが、特に坑口掘削時の切羽の安定と上部斜面の安定に関しては、適切な補助工法の選定が必要と判断された。

補助工法の選定にあたっては、前述のとおり、坑内からの対策工法に限定されたため、一次選定としてウレタン圧入式フォアポーリング、注入式長尺先受け工法、薬液注入工法、垂直縫地工法を選定し、これらの各工法に関して施工性、信頼性、経済性に関して比較検討を行った結果、注入式長尺先受け工法を二次選定し、注入式多段先受け工法（HITM）を採用した。

キーワード：トンネル，坑口部，地すべり，補助工法，注入式長尺先受け工法，HITM

連絡先：大阪府中央区北久宝寺町 3-6-1 (株) 鴻池組技術部第 1G TEL (06)-6244-3684 FAX (06)-6244-3676

4. 注入式多段先受け工法 (HITM) の特長と設計

従来の注入式長尺先受け工法としては AGF 工法 (114.3mm, L = 12m) がよく用いられるが,

- ・ 地山条件によっては削孔が困難となり削孔時間がかかる。
- ・ 長尺であるがゆえに先端でラップ状となり先受け効果が低下する。
- ・ 支保工で確実に受けるためには拡幅が必要となりかえってゆるみを助長する。

といった課題があった。

今回、採用した注入式多段先受け工法 (HITM) では牽引方式で鋼管径を 89.1mm, 長さを 6m とする事で削孔速度を速めるとともに、鋼管が軽量化される事で施工性が上がり、サイクルタイムを短縮できた。

また、鋼管配置を多段 (鋼管がダブル) とする事で AGF より剛性が上がりより高い先受け効果が得られ、鋼管長が 6m で 3m 毎に打設するため、地山状況に応じて施工範囲、施工本数の変更が可能で経済的である。

さらに、注入材に関しては、補助工法 (HITM) の施工完了後すぐに掘削を行う部分 (2m) はシリカレジンを用い、そのほかの部分では高強度モルタルを用いる複合注入を行い、経済性の向上を図った。

表 - 1 に AGF 工法と HITM の比較表を示した。施工範囲としては、図 - 2 に示すとおり土被り 1D 未満の区間について天端 120° 範囲, 1D 未満の区間で偏圧の作用する山側は S.L. までの範囲とした。

5. 計測結果と効果

施工時に実施した挙動計測結果からは、内空変位 18mm, 天端沈下 14mm で収束しており、トンネル標準部と同程度の変位量に収まり、地表面沈下が 39mm, 地すべり計が 22mm (伸び) であったものの傾斜計観測においては、ほとんど動きがなく施工上問題なく掘削を完了した。これらの計測結果から判断して、補助工法として HITM を採用した事で掘削の影響で上部斜面にすべりを生じる事なく、厳しい条件下での効果が確認されたものと考えられる。

6. おわりに

偏圧地形で風化した急峻な斜面に位置する坑口部の掘削において、HITM を補助工法として採用する事で無事掘削を完了した。

注入式長尺先受け工法の課題を改善し多段とすることで先受け効果を高める等、高度化を図り、施工過程に応じて複合注入を採用するとともに、3m 毎に打設する事で地山状況に応じて施工範囲を変更できるなど経済面についても配慮できた事は同様の施工条件の坑口での掘削はもとより高速化・大断面化の進む今後の山岳トンネルの施工において有意義なものと考えられ、適用事例を増やしさらに有効性を追求したいと考えている。

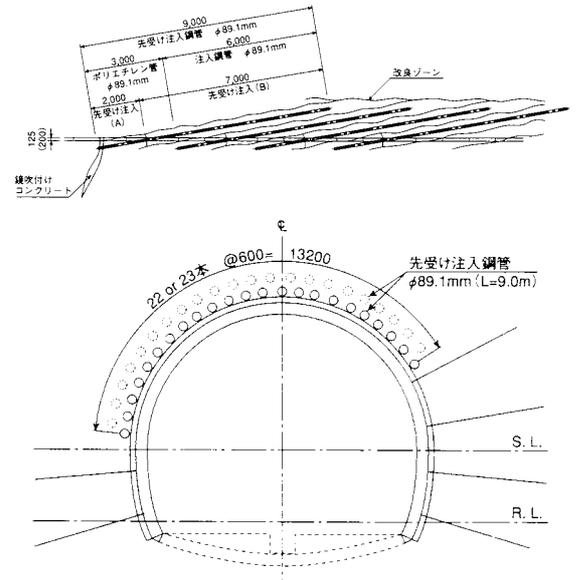


図 - 2 HITM 施工範囲図

表 - 1 AGF 工法と HITM の比較

工 法	HITM	AGF 工法
ビット	ロストビット	拡張ビット
打撃方法	ロッドによる先端部塩ビ管の損傷ほとんどなし。	鋼管及び塩ビ管の後端部塩ビ管が打撃により破壊されやすい。
鋼管と塩ビ管との接続	ネジ加工・カップラー式	ネジ加工(ねじ込み)
改良範囲	いずれの範囲でも2段以上の鋼管で支持する。(多段)	先端部(ラップ長さ:3~4mのみ2本の鋼管で支持、他は断面に1本の鋼管で支持する。(シングル))
施工性	鋼管径を小径化できるので施工性が良い。鋼管が短いためトラブルが少ない。ビットの選択不要。	鋼管が長尺のためトラブルが多い。ビットの選択が必要。
効果	多段のため支持効果が非常に大きい。	崖錐などでは支持効果が小さい。鋼管のジョイントが弱点となる。
概要図		

写真 - 2 始点側坑口部掘削完了状況

