

厳しい施工条件下の坑口部における複合注入式多段フォアパイリングの適用と効果

山田浩幸¹・齋藤泰信²・楠見正人³・若林宏彰⁴

¹正会員 ㈱鴻池組 大阪本店 土木設計部 (〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町3-6-1)

² ㈱鴻池組 九州支店 土木部 (〒810-0041 福岡県福岡市中央区大名1-14-45)

³正会員 ㈱鴻池組 大阪本店 土木部 (〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町3-6-1)

⁴正会員 ㈱鴻池組 大阪本店 土木設計部 (〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町3-6-1)

キーワード：山岳トンネル、補助工法、AGF-HITM、偏圧地形、地すべり

1. はじめに

山岳トンネル坑口部の施工においては、安定性が地形・地質条件に左右されやすく、安全かつ合理的な施工を行う上で適切な対策工法検討が重要となる。

近年、補助工法を含む数々の新しい建設技術の開発により、偏圧地形や沢部（土被り小）、脆弱地山といった従来より厳しい条件下においても安全を確保することが可能となった。

これまで、坑口部の施工においては、トンネルの安定はもとより上部斜面の安定性を確保するためにパイプーフをはじめとするゆるみ抑制効果の高いアンブレラ工法が採用されてきたが、最近では経済的な面から、トンネルの主要機械であるトンネルジャンボで施工可能な注入式フォアパイリング（AGF 工法）の適用事例が多くなっている。

本報文では、従来の AGF 工法に改良を加え開発された AGF-HITM（複合注入式フォアパイリング）の概要と実際のトンネルに適用した例を示し、その効果に関して述べたものである。

2. AGF-HITM の特長

AGF-HITM の施工は、従来の AGF 工法に比べて、以下に示す特長がある。

- ① 拡幅を伴わないことでゆるみが少ない。
- ② 鋼管を千鳥配置でラップさせる事で先端のラップ部での地山抜け落ちが少ない。
- ③ 注入材の養生時間に着目し、切羽進行に合わせて複合注入する事で経済的である。
- ④ 3～4 m 毎に地山を確認した上で切羽状況に応じて支保規模を変更する事が可能である。
- ⑤ 削孔方式に牽引方式を採用し、精度を高めるとともに鋼管径が 89.1mm で削孔時間が早い。

なお、地形・地質条件に応じて鋼管配置を適切に行う事で、前方地山に剛性の高いシェルゾーンを

構築し、高い先受け効果を発揮することによりゆるみ抑制効果が期待できる。



写真-1 AGF-HITM 削孔システム



写真-2 AGF-HITM 注入システム



写真-3 AGF-HITM 区間掘削状況

3. 現場での適用と効果

(1) 第3紫尾山(北)トンネル工事¹⁾

地質は四万十層群の砂岩・頁岩互層で未固結な状態であり、地形的には坑口が地すべり跡も見られる山裾の中腹に位置する斜面斜交型坑口であった。

坑口部の施工にあたり、①切羽の安定(天端崩落防止)②地すべりや斜面崩壊の防止③トンネル支保構造と長期安定性確保の観点から切羽の安定および上部斜面への影響を考え、補助工法として複合注入式多段フォアパイリング(AGF-HITM)を採用し厳しい施工条件下の工事を無事完了した。



写真-4 坑口部掘削完了状況

(2) 大崎横田トンネル工事²⁾

地質は基盤が丹波層群の砂岩・頁岩・チャートであったが、坑口部の地形は緩やかな斜面が続く地すべり跡地であり、崖錐が厚く堆積していた。

坑口部の施工に関しては地すべり跡地であるため①掘削時の切羽の安定(天端崩落)②地すべりの誘発③地耐力不足といった問題点が考えられ、トンネル掘削時の切羽の安定および地すべり対策として上部斜面への影響を極力抑えるために補助工法として複合注入式多段フォアパイリング(AGF-HITM)を採用し地すべり跡地にも関わらず、無事工事を完了できた。なお、切羽面の安定を確保するために長尺鏡ボルト(自穿孔ファイバーボルト)を用い、地耐力対策としてHITM管による先行打設を実施した。

施工時の計測結果からもAGF-HITMの高い先受け効果を確認することができた。



写真-5 坑口部施工状況

4. 先受けのメカニズム³⁾

AGF-HITMによる先受けメカニズムは、図-1に示すとおり、AGF工法が45cmピッチに打設した鋼管の曲げ剛性による梁としての先受け効果を考えるのに対し、AGF-HITMでは多段打設により結果的に鋼管のピッチが30cmとなりAGF工法に比べて鋼管の打設が密になることにより、鋼管としての曲げ剛性は若干小さいものの改良範囲全体として剛性の高いシェルゾーンが形成されることで先受けの効果が得られるものと考えられる。

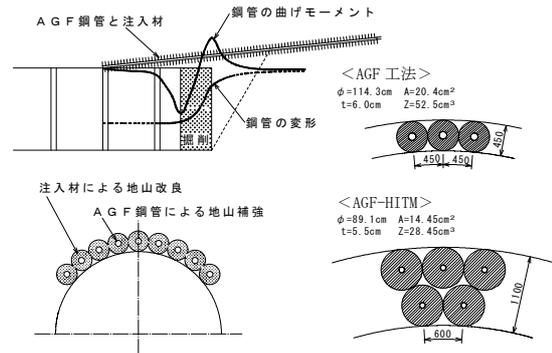


図-1 先受けメカニズム

5. まとめ

今回報告した施工事例はいずれも、特殊条件下の坑口施工を強いられた例であるが、AGF-HITMの採用によりトンネルの掘削時の安全を確保し、地山の地形・地質条件に応じて施工範囲を検討する事で経済的にも有効であったと考えられる。

今後、山岳トンネルを取り巻く環境は現在にも増して厳しくなり、都市化、大断面化、扁平化といった方向に進み、地山条件も厳しくなることが予測される。一方、このような条件の中で採用される補助工法については、費用対効果が重視されるものと考えられる。

今後、さらに適用事例を増やし、先受けメカニズムを解明していくとともに、トンネルの規模や地山条件に応じた適用範囲の拡大と設計手法の確立を図りたいと考えている。

最後にAGF-HITMの検討ならびに採用にあたり日本鉄道建設公団九州建設局、国土交通省近畿地方整備局はじめ関係各位の方々に深く感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 斎藤, 山田, 井上, 松山, 田畑 偏圧地形の坑口部における複合注入式多段フォアパイリングの設計と効果 第10回トンネル工学研究発表会 土木学会 2000.11
- 2) 和久田, 山田, 井上, 井越 地すべり地形の坑口部における複合注入式多段フォアパイリングの設計と効果 第11回トンネル工学研究発表会 土木学会 2001.11
- 3) 注入式長尺先受け工法(AGF工法)技術資料(三訂版) ジェオフロント研究会 1997.9