

15. 断面拡幅不要の長尺先受け工法の開発

飛鳥建設㈱：*市川 健作，川端 康夫

1. はじめに

近年の山岳トンネル工事では、その施工において、対象とする地山に適合する補助工法が各種開発され、合理化施工に寄与している。

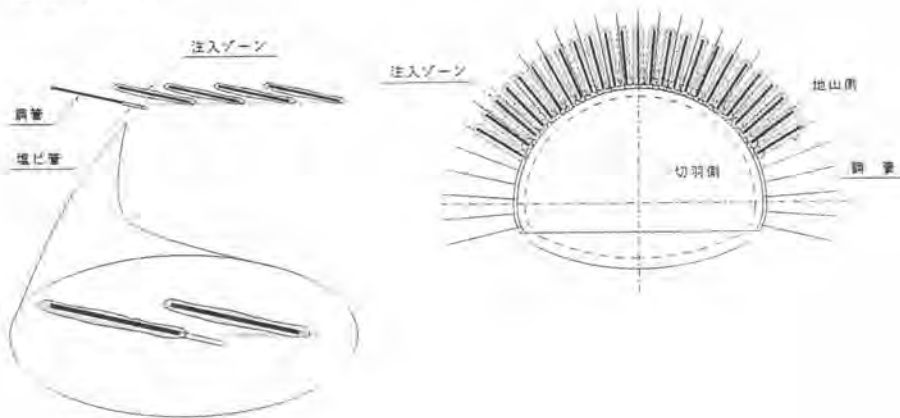
坑口周辺の崖錐部あるいは、地山強度比の低い軟弱地層および破碎された不良地山を掘進する場合、先行緩みを抑制し、切羽の安定を図る手段として、注入式鋼管先受け工法が採用される案件が増加している。

従来の同類工法は、専用機によるいわゆる補助工法「B」と言える施工法が主流であったが、当該工法は、同等程度の品質を確保しながら、山岳トンネルでは一般的に使用されているドリルジャンボで坑内作業員が施工サイクル内で実施できるロスが少ない補助工法「A」の範疇として採用が増加中である大きな要因になっている。

本工法は、それら利点を活かしながら、更に各部要素技術を改良改善し、施工サイクルの短縮、苦渋作業の緩和等トータリックにコストダウンを目標に開発した。

本稿では上記要素技術の概要を主に、構成・構造等を紹介する。

TOM-FORP



本注入式長尺鋼管先受け工法概念図

2. 工法の概要

本工法は、従来の注入式鋼管先受け工法の適用地質範囲の拡大と、コスト低減を目的に開発した。通常用いられているドリルジャンボを使用して、トンネル切羽前面から鋼管を放射状に打設し、その周辺を固化材で改良することで、前方の地山を先受けする工法であり、地表面沈下の防止、切羽の安定を目的としている。

対象とする不良地山は、N値30程度の土砂地山から破碎され変質した岩盤まで、多様な脆弱地山まで対応できる。

3. 従来工法の改善点

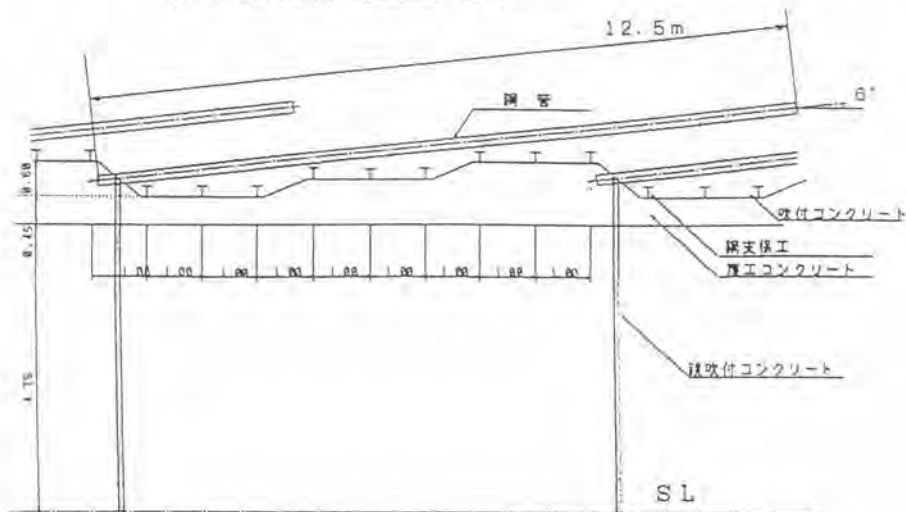
本工法は、同類工法による坑口部の補強は別として、従来の長尺先受け工法における以下の問題点の解決を図った。

(1) 掘削断面を拡幅しなければならない。

掘削断面を拡幅することで以下の問題および課題が挙げられる。

- ① 断面を拡幅することで、掘削、防水シート、二次覆工コンクリートの各ボリュームが増加する。
- ② 鋼製支保工の形状が一定でなく、とくにカーブ区間では、タイロッドの寸法を毎基ごとに変化させる必要がある。またこれによって測量や支保工建て込み作業が煩雑になる。
- ③ 防水シート施工において、シートがしわになりやすく、接合不良やコンクリート打設時の破損を招きやすい。
- ④ 二次覆工コンクリートの打設において、コンクリート充填するためにエア抜き対策や、型枠および妻型枠の補強を検討する必要がある。
- ⑤ 二次覆工の巻き厚変化が、コンクリートのひび割れ発生に影響する可能性がある

(下図 従来先受け工法縦断面図 参照)



従来先受け工法縦断面図

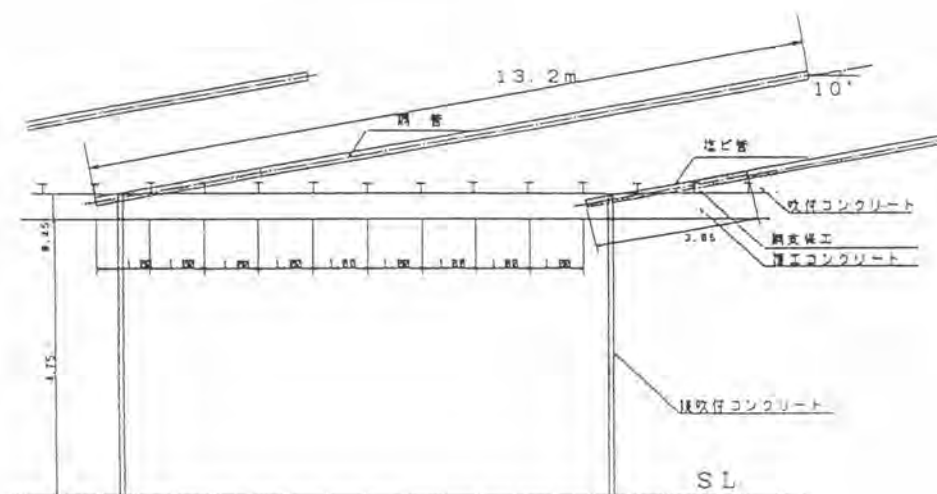
- (2) 鋼管の接続、さく孔ロッドの着脱に時間が掛かり、作業も煩雑である。
 鋼管先受け工法は、一般的には坑口付近の低土被りや脆弱地山に適用され、従来の工法は鋼管をネジ式継ぎ手で実施する。この方式は作業員の苦渋作業に直結し、時間も掛かる。
- (3) 地質条件に適用するさく孔用ピットの選定範囲が狭い。
 軟弱で均一な不良地山での鋼管打設は、比較的円滑に施工できるが、地山中に転石等の固化物が混入している場合は、極端にさく孔速度が低下する。また破碎岩盤中に施工する場合、孔壁崩壊に伴うジャミングが発生し、鋼管打設に苦勞する。

3-1 本工法の特長

従来工法の問題点および課題を抽出し、施工の合理化に向けて改善した本工法の特長を以下に記す。

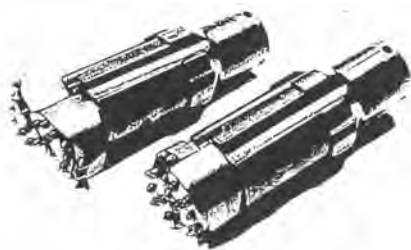
- ① 掘削断面の拡張を必要とせず、支保工の内側から施工できる。その際、特殊埋設管で鋼管を鋼製支保工上端部まで打ち込み、特殊埋設管を壊しながら掘進することで、余掘りの低減、掘削時間短縮等経済性の向上をはかった。

(下図 本工法縦断面図 参照)



本工法縦断面図

- ② 鋼管打設は、鋼管末端を打撃押圧する方式を基本にしている。
礫地盤、亀裂性破碎岩盤や孔壁崩壊して、鋼管が拘束されそうな地山では、先端鋼管をビットシステムが牽引する方式や、地山条件に応じたビット種類の中から選定できる。

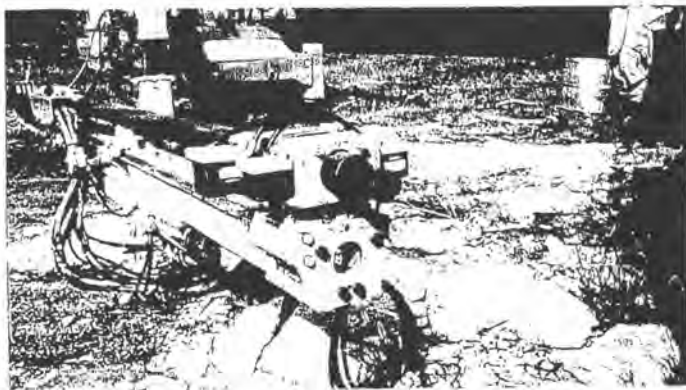


拡翼式ビット



ロストビット

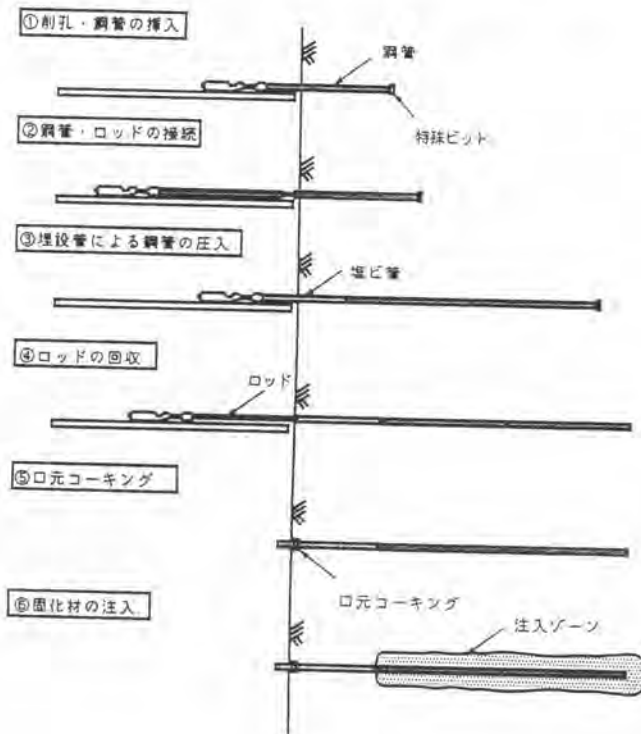
- ③ 鋼管接続部分をテーパ式とし、接続部の固定あるいは、さく孔用ロッドの着脱の効率化を図るため、油圧式把持装置を開発した。



4. 施工順序

さく孔から周辺地山の改良までの施工順序を以下に記す。

- ① さく孔・鋼管挿入
 - ・鋼管をあらかじめ所定のさく孔位置に設置し、ホルダーに嵌合する。
 - ・さく孔と平行して鋼管を地山に挿入する。
- ② 鋼管・ロッドの着脱・接合
 - ・油圧把持装置で鋼管を固定し、ロッドを引き出し、ロッドを固定、逆回転でロッドを解放する。
 - ・さく岩機をさく孔位置に戻し、鋼管およびロッドを供給する。
- ③ 特殊埋設管による、鋼管の圧入
 - ・上記と同様の順序で鋼管を地山中に押し込む。
- ④ さく孔用ロッドの回収
 - ・油圧把持装置で鋼管を固定しながら、さく岩機を使用しながら順次回収する。
- ⑤ 地山改良
 - ・脆弱地山の性状に適合する方法を選定して、固化材等を注入・改良する。



施工順序図

5. 今後の課題

本工法は現在までに30余の工事に適用した。この中で、多様な性状の地質を経験し、一部の工事では当初からの期待された効果が得られない場合もあった。たとえば地山中に巨礫が存在し、マトリックス自体は軟弱で、巨礫自体が硬岩の時には、さく孔に苦勞し、施工時間の延長に直結する。等の問題点から以下の改良・改善を実施している。

- ① 前記のさく孔システムのように、さく孔ビットに硬岩用を追加した。
- ② 特殊埋設管が破損する場合がまれに発生したので、耐衝撃用の他繊維補強特殊管を追加し、適用地盤の拡大を図った。
- ③ 不良地盤を改良する注入方式も改善し、地山の性状に合致する方式の選択枝を拡充した。今後このような先受け工法をさらに拡大するための課題として、次の項目があげられる。
- ① 鋼管先受けの応用技術として、支保工脚部の補強工およびトンネル底盤の補強工等軟弱地盤中にトンネルを築造する場合の、トンネル全周にわたる補強に展開する。
- ② 第二東名・名神高速道路等大断面トンネル工事において、さらに急速施工、品質の確保等さらに高効率に向けた施工方法の発展。
- ③ 建設コストの縮減要求にある中、経済性を追求する一手段として、機械化、自動化による省力化を図り、施工環境の改善・保全を確保する。
- ④ 脆弱地山の性状に合致する有効な補助工法の設計手法の確立。および幅広い工法の選択枝の中から選定する施工技術の向上。

6. おわりに

本報告では装置の構成および要素技術を主に紹介した。

施工的にはこのほかに、適用する地質の評価、注入方式の検討等事前調査が重要な作業として発生する。また施工後の先受け効果の検証として計測、地山の挙動等を把握しているが、その結果については省略した。

今後 さらにより多くの実績を重ね、システムの充実を図るとともに、先受け工としての作用機構の解明を行い、実務的な設計手法の検討を進めることで本工法が山岳トンネルの標準的補助工法となることを目指す所存である。

最後に、本工法の導入および工事を推進するにあたり、御理解と御協力を頂いた関係各位に感謝の意を表する次第です。