

ロータリーパーカッションによる逆循環式水平コアボーリングシステムの開発

鉄建建設(株) 正会員 ○舟橋孝仁 小山俊滉 植村義幸 宇田誠
 鉦研工業(株) 正会員 今村大介 佐藤良樹 大熊敏信

1. はじめに

トンネル施工において、切羽前方の地山物性の把握や水位低下等を目的として、先進ボーリングが実施される。最近では、高速掘進と迅速なコア回収が可能な、パーカッションワイヤーラインサンプリング工法（以降、PS-WL工法と呼ぶ）が利用されることが多い。しかしながら、PS-WL工法は、掘進中に高圧、多量湧水に遭遇した場合、インナーチューブの回収時に水圧を受けて勢いよく口元に飛び出したり、ワイヤーがロッド内で絡むなど、作業上の安全に問題が生じることがある。また、インナーチューブがセット不能となりコア採取が不能になることがあり、所定のボーリング延長が得られず、結果的にトンネル進捗に影響を与える。そのため、ボーリング中の高圧、多量湧水発生に遭遇した場合においても、これらの事態を回避し、掘進およびコア回収を継続可能とするコアボーリングの方法を検討する必要があると考える。そこで、著者らは、かつて青函トンネル建設時代に実用化されたリバース工法のボーリング機構とロータリーパーカッションドリルによる施工利点を組み合わせた、パーカッション・シングルリバース工法（以降、PS-SR工法と呼ぶ）を開発した。本稿では、PS-SR工法の実用性について検証するため、試験によりボーリングシステムの動作確認、コアサンプリング方法の検討を行なったので報告する。

2. PS-SR工法の概要

PS-SR工法のボーリングシステムの全体概要図を図-1に示す。送水および排水経路は、ボーリング孔口の口元管にプリペンダーを設置（写真-1）し、送水はこのプリペンダーより行なう。送水された水は、ビットの先端までは地山とロッドとの間を流れ、排水はコアとともにロッド内を流れて口元まで戻ってくる。コアの採取は、ロッドを加工した開口部（20cm程度）より行なう（図-1）。

削孔はPS-WL工法で使用するロータリーパーカッションドリルで行い、基本的に単管掘削となる。本工

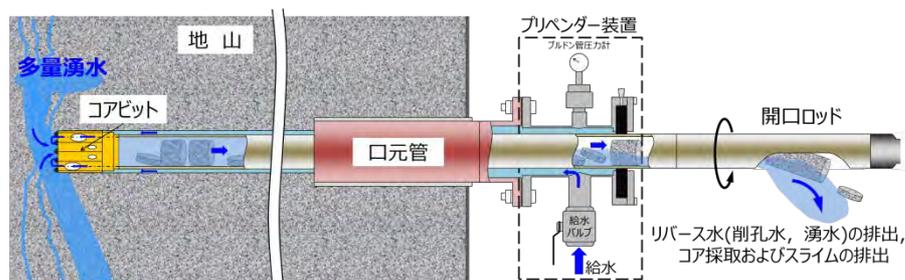


図-1 PS-SR工法のボーリングシステム概要図



写真-1 プリペンダー装置

表-1 作業サイクルの比較

PS-WL工法	PS-SR工法
1) インナーチューブを圧送・設置	1) 掘進
2) 掘削	2) コア排出
3) 水圧によるオーバーショット挿入	3) ロッド継足し
4) ウインチによるインナーチューブ回収	4) 1)へ
5) インナーチューブ挿入	
6) ロッド継足し	
7) 1)へ	

法の適用範囲は、コアサンプリングを行なうことを前提とするため、軟岩以上の硬度を持つ地山を想定しており、コア流出が懸念される未固結地山、逸水が懸念される亀裂性地山では適用が困難となる可能性がある。ここで、PS-WL工法とPS-SR工法の作業サイクルを表-1に示す。PS-SR工法は、リバース水とともにコアが自動的に輸送されるため効率的な工法である。また、作業はロッドの継足しのみであり、PS-WL工法のようにインナーチューブの圧送、回収作業が発生しない分作業の省力化が図れるため、サイクルタイムの向上に寄与する工法である。

3. 性能確認試験

3.1 試験概要

性能確認試験では、ボーリングシステムの動作確認、PS-SR工法に適したコアサンプリング方法の検討（3 パター

キーワード 先進ボーリング, 高圧多量湧水, PS-SR工法, ロータリーパーカッション, 効率化, 省力化

連絡先 〒101-8366 東京都千代田区神田三崎町 2-5-3 鉄建建設(株)土木本部 TEL:03-3221-2298

ーン)等, 工法の実用可能性について確認を行なった。写真-2に示すように, 試験体は予め構台に固定した長さ5.5mのSGP鋼管内にセメントミルクを充填し硬化させたものを模擬試験体とした。削孔はロータリーパーカッションドリルを使用し, 給圧, 送水量はPS-WL工法と同程度とした。なお, 1掘削延長は1.5mとした。表-2に試験に用いたコアサンプリング方法を示す。

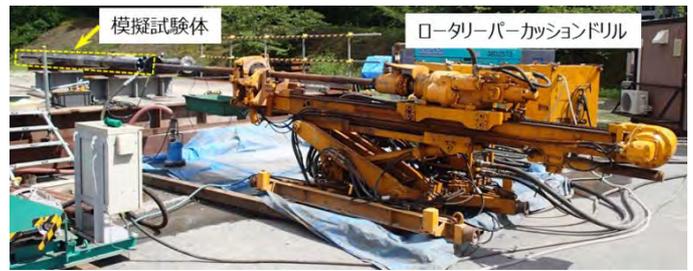


写真-2 確認試験のセッティング状況

3.2 試験結果

性能確認試験結果を表-3に示す。ボーリングの動作確認では, プリベンダー装置の止水性, ロッド開口部からのコア, スライム等の排出状況等を確認したが, ボーリングとしての基本動作に問題ないことが確認できた。また, 作業もロッドの継ぎ足し作業のみであり, 掘進と共にコアが自動的に排出されることも確認できた。次にコア採取状況については, コアサンプリング方法の違いをコア採取率(1掘進長に対するコア採取長の割合)により定量的に評価した。採取した模擬試験体コアを写真-3

表-2 コアサンプリング方法

	パターン1	パターン2	パターン3
コアサンプリング方法	開口ロッド +受け箱 (メッシュ網有り)	開口ロッド +コアキャッチャー-A (SGP50有孔管(有孔径φ5mm@10cm))	開口ロッド +コアキャッチャー-B (メッシュ状の高(φ60, 網目3mm))

に示す。コアサンプリング方法のうちパターン3については, 試験途中でコア詰りが発生したため掘進不可となり, コア採取方法をパターン1の方法に切替え試験を継続した。コア採取率は, コア詰りが発生したパターン3を除けば, パターン1が良好であった。パターン1は, 開口部から排出されるコアおよびスライムを受け箱により全て回収できるため, 他パターンに比べ採取率の向上に寄与したと考える。一方, コアとスライムの分離状況は, パターン2の方が優れていたが, コアキャッチャー内でスライムが一部の孔を塞ぎ排水を妨げていた。パターン1では, コア受け箱に網目の細かいメッシュを使用しており, スライムとコアが混合した状態となったため分離状況が悪かったが, これはメッシュの網目を変更することにより改善できると考えられる。パターン3では, 分離状況は良好であったものの, ロッド内でのコア残留やコア詰り, コアキャッチャー自体の強度に問題が生じた。コアキャッチャーを使用したサンプリングは今後の検討課題と言える。これらの結果より, PS-SR工法に適したコアサンプリング方法は, パターン1のロッド開口部から排出されるコアを受け箱等で採取し, メッシュ等の使用によりスライムとコアを分離する方法が優れていると判断した。

表-3 性能確認試験結果

	パターン1	パターン2	パターン3
プリベンダーの止水状況(目視)	○	○	○
コアサンプリング方法の有効性(目視)	○	○	△ (強度不足)
コアとスライムの分離状況(目視)	△ (コア, スライム混合)	○	○
コア採取率 (コア採取長/掘進長)	77% (1m/1.3m)	91% (1m/1.1m)	53% (0.8m/1.5m)
			86% (0.3m/0.35m)

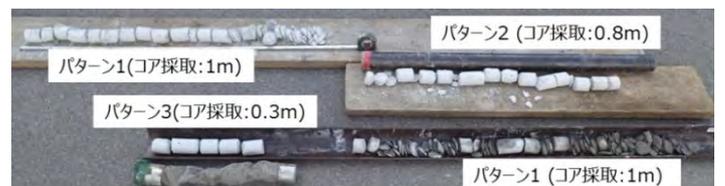


写真-3 模擬試験体のコア

4. まとめ

- (1)確認試験では基本動作の確認を行ない, PS-SR工法のボーリングシステムとしての実用性を確認できた。
- (2)PS-SR工法に適したコアサンプリング方法は, ロッド開口部から排出されるコアを受け箱で採取する方法であり, この方法はコア採取率の向上に寄与する。
- (3)コアとスライムの分離は, コアキャッチャーの使用が優れていたが, 使用にあたってはコア詰りの懸念や自体に強度が必要であることがわかった。また, メッシュ等によりコアとスライムが容易に分離できることがわかった。
- (4)PS-SR工法は, 適用地山を限定すれば効率的かつ省力化に繋がるボーリング工法と考えられる。