

17. ロータリ・パーカッションドリルによるワイヤラインサンプリングシステムの開発

鉦研工業(株)：梅本 保博・*遠藤 哲哉
万里 武司

1. 概要

ロータリ・パーカッションドリル（以下 “ RPD ” と呼ぶ）は、従来の給圧回転によるボーリングマシンの機構に、油圧式打撃装置を搭載した新しいタイプのボーリングマシンである。この打撃装置の追加は、従来型のボーリングマシンでは掘削が困難とされていた転石層・れき層におけるスピーディな掘削を可能にしたことから、地すべり防止の集・排水孔、法面安定ロックアンカー孔、トンネル施工時の水抜き孔・グラウト注入孔など、多くの施工現場で使用される掘削機の主流となっている。

当社はボーリングマシンメーカーとして多くの施工現場に RPD を送り出してきたが、平成4年、それまで調査ボーリング業界から敬遠されていた RPD による地質サンプリングシステムの開発に着手した。平成6年、システムの実用化に成功し、垂直・水平のいずれの調査ボーリングにおいても高速サンプリングを可能にし、その有効性を評価されるにいたった。

本文は、RPD によるワイヤラインサンプリングシステムの開発と工法の概要、実用化された本システムの現状を述べ、今後の研究課題について考察するものである。

2. 開発経緯

RPD の市場の拡大と市場への普及が進む反面、同機の地質調査方面への実用化の検討は遅れており、RPD による施工の前後に必要な地質調査ボーリングは、通常、従来型のロータリコアドリルが使用されていた。このため、施工時は機械の据え替えが必要であると同時に、掘削速度そのものが遅いため、工事期間の短縮やコストダウンを目指す上では大きな障害となっていた。

このような需要があるにもかかわらず、RPD による調査ボーリングの実用化が遅



写真1 クローラ型ロータリ・パーカッションドリル “ RPD-130C ”

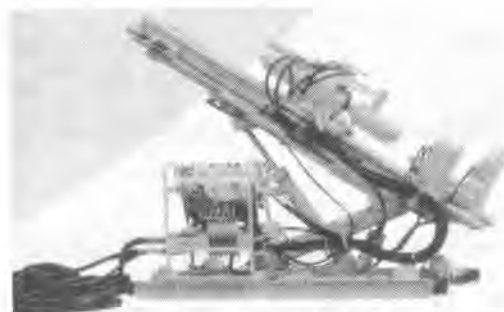


写真2 セパレート型ロータリ・パーカッションドリル “ RPD-75SL-H2 ”

れていた理由は、油圧式打撃機構による数10Gに達する過酷な掘削環境下での地質サンプルの状態保存と、サンプリング装置の耐久力への不安である。RPDの最大の特徴である打撃機構が、実用化検討を遅らせたといえるわけだが、当社は、資源探査ボーリングに広く利用されているワイヤライン工法にRPDの急速さく孔能力を利用したRPD用サンプリングシステムを開発することによって市場の要求に対応することを着想した。

このRPD用ワイヤラインサンブラを開発するという基本方針のもとに、平成4年2月、 $\phi 89$ ドリルロッドの使用をベースに、孔径 $\phi 101$ 、コア径 $\phi 45$ 、名称を「パーカッション・ワイヤラインサンブラ」とした試作機の開発を計画し、実質的な開発作業に着手するとともに、これを利用するサンプリングを「パーカッション・ワイヤライン工法」と命名した。

3. パーカッション・ワイヤラインサンブラの装置と工法の概略

パーカッション・ワイヤラインサンブラの主な構成部品は、次の5点である。

- ①インナチューブ：コアサンプルを保持しドリルロッド内を移動する
- ②アウトチューブ：先端に掘削用コアビットがあり、インナチューブをセットする
- ③オーバ・ショット：ワイヤライン先端に接続しインナチューブを回収する
- ④コアビット：超硬チップを配列したリング状の掘削断面により、掘進しながらコアを成形する
- ⑤ウォータスイベル：水平掘削の際、オーバ・ショットとインナチューブの圧送に使用するアダプタ



写真3 アウトチューブ（左側）
インナチューブ（右側）
コアビット（アウトチューブ先端）



写真4 3.5mライナプレート内での
集水・調査ボーリング
インナチューブが回収されてきたところ
中央下で手渡しているのがオーバ・ショット

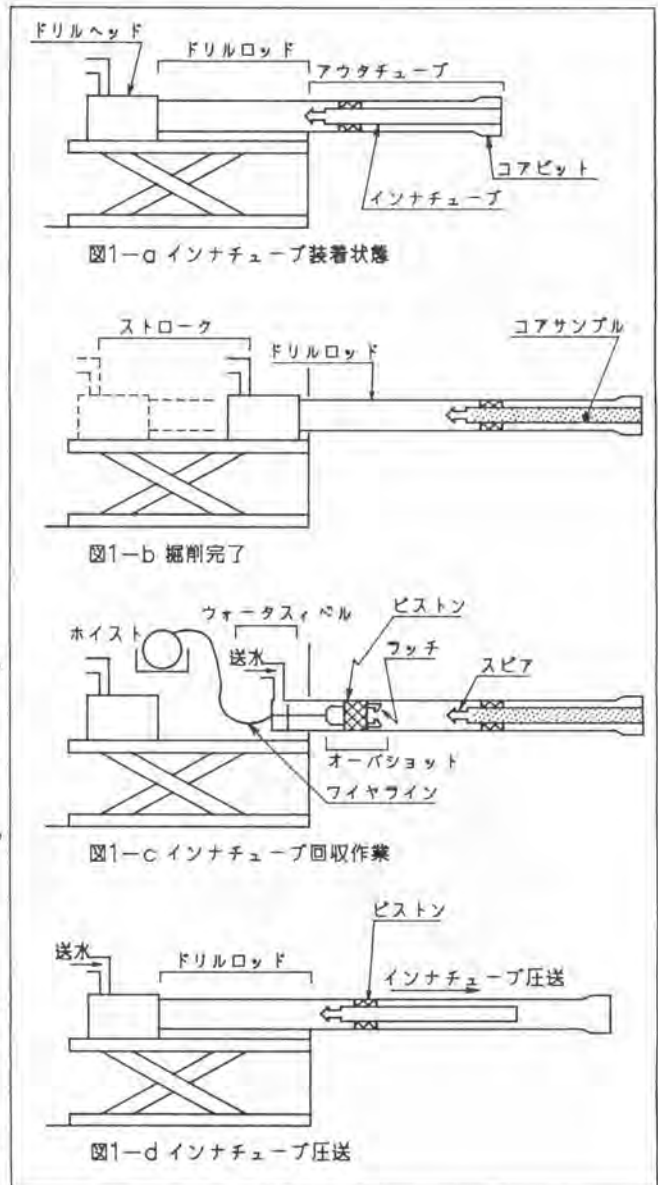
パーカッション・ワイヤライン工法による水平コアサンプリングの概略行程を図1に示す。写真4の施工内容も水平コアサンプリングである。

図1-a：アウタチューブ内にインナチューブをセットし、RPDのストロークに相当するドリルロッドをドリルヘッドに接続する。

図1-b：ストローク長さの掘削が終わると、インナチューブ内に掘削長さのコアサンプルが採取される。

図1-c：ドリルヘッドをドリルロッドと切り離し後退させる。ワイヤの先端に取り付けられたオーバ・ショットをドリルロッドに挿入し、続けて接続したウォーターシイベルを通して加圧送水することによって、オーバ・ショットをピストン搬送する。オーバ・ショットがインナチューブ後端に到達すると、オーバ・ショットのラッチがインナチューブのスピア部分をキャッチする。送水圧力の変化と、ワイヤラインの張り力でキャッチングを確認後、ワイヤラインを巻き上げインナチューブを回収する。

図1-d：コアサンプルを取り出し、洗浄したインナチューブをドリルロッド内に挿入後、ドリルロッドを接続して送水しインナチューブを搬送する。送水圧力の変化でアウタチューブへの到達を確認し次の掘削を開始する。



4. 試作と現場テスト

平成4年7月に垂直用としてのパーカッション・ワイヤラインサンブラの試作を完了し、社内試験を行った。その結果深度20mまで平均1m/minの掘進速度で掘削しほぼ100%のサンプルを回収することができ、パーカッション・ワイヤラインの実用化が可能であることを確認した。しかし、RPDによる施工は上向き10度～下向き40度で行うことが多く、垂直とは違ってインナチューブやオーバ・ショットの搬送に重力を利用することができず、1に示すような流体で圧送する水平用のシステムの開発が必要であつ

た。通常、RPDで使われているドリルロッドは、内径がおねじ部分で小径化されているため、内径が不均一でピストンによる圧送ができない。この問題を解決するために内径が均一な、図2に示す外アップセット軽量の専用ドリルロッドを開発することにした。

平成5年8月、圧送用ピストンを装着したサンプルとオーバ・ショット、専用ドリルロッドが完成し、新潟県のトンネル先進調査ボーリング現場（写真5）において試験掘削を実施した。試験結果はほぼ満足のいくものであり、泥岩層60mを約15時間で掘削し、平均95%のサンプル回収率が得られた。

試験段階での課題

- ① サンプルの高回収率には評価が得られたが、写真6に見られるようにサンプルがチップ状にかく乱されてしまう。
 - ② ウォータスイベル等の周辺機器の作業性が悪く、サイクルタイムへの影響が大きかった。
- しかしながらこの現場においては、ドリルロッドを含め、サンプリングシステムとしての作動に問題は無く、掘削終了まで破損部品の発生もなかったため、開発に多くの期待が寄せられた。

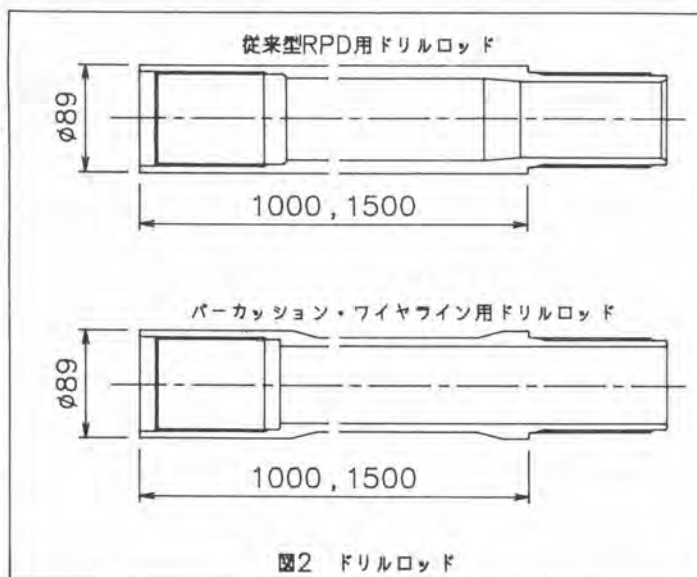


写真5 トンネル先進調査ボーリング現場における試験掘削

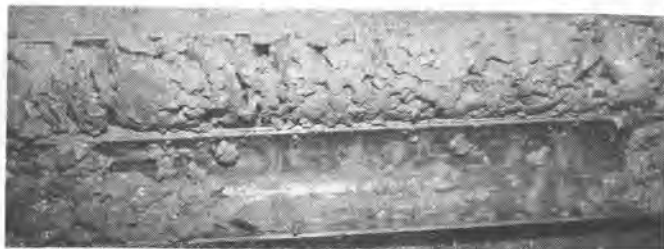


写真6 掘削試験で採取されたサンプル

5. 開発された製品の現状

パーカッション・ワイヤラインサンプルの製品化にあたり、サンプルをいかに原形に近い状態で確保するかが重要な検討課題となった。すなわち、地質調査がコアサンプルの採取目的である以上、サンプリングが早いというだけではサンプルとしての商品価値が低いからである。

この問題を解決するための主な改良点は次の4点であり、インナチューブとコアビットを大幅に見直さなければならなかった。

- ①試作機では強度的な不安からアウトチューブとインナチューブが掘削時に共回りするリジット型を採用した。この結果、インナチューブに保持されたサンプルに乱れを生じていた。この問題を解決するために、インナチューブをスイベル型に変更することにした。
- ②掘削断面において成形されつつあるコアサンプルが掘削流体によって流失することのないよう、掘削面の後方10mmの部分でインナチューブ先端がコアビット内径にはめ合う構造とした。
- ③ビットでの発生スライムによるコアサンプル損傷防止のため、十分大きなウォータウエイをコアビットに設け、かつ、掘削流体を掘削面ではなく孔壁及び後方に向かって噴射するよう流体孔を配置した。
- ④ビットにおいては、掘削面のコアサンプルにRPDの打撃力が負荷されることのないように、破碎掘削用の超硬チップをコア径に対し外周方向に必要な量遠ざけ、コア成形用インナカッタをビット内径に配置して、回転によってコアサンプルを成形するようにした。

数回にわたる上記の改良を実施した結果、実際の施工現場においてその有用性が確認され現在に至っている。

平成6年7月末までに19カ所の現場で施工し、性能確認を行った。

その結果、破碎帯、変成岩、転石層、砂れき層、砂層、風化層等、数多くの地層において0.2~1.5m/minの掘進速度で平均85%のサンプル回収が実績として上がっている。

特筆すべきことは、従来型のサンブラでは、回収困難とされてきた砂層、砂れき層、粘土層において90%以上の平均回収率が得られていることである。

これは、従来型のサンブラでは回収率が悪いことに加えて採取速度が遅く、作業能率が低いことに対し、高速で確実にサンプリングする本システムの大きな利点となっている。

表1に、パーカッション・ワイヤライン工法による主な施工実績を示す。



写真7 コアビット (HS型)

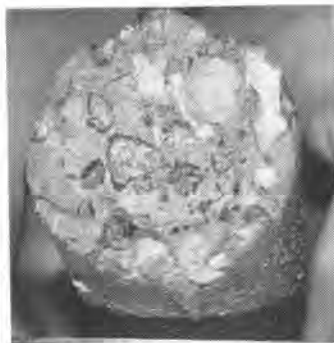


写真8 れき混じり粘土層のサンプル



写真9 割れ目の多い黒色片岩と風化層の互層のサンプル - 地層の変化が明確に確認できる

表1 パーカッション・ワイヤライン工法による主な施工実績

施工年月	施工現場	施工目的	工事仕様	岩質(土質)	平均回収率
H5.9	新潟県	トンネル先進調査	上向き5度,60m×1孔	シルト～泥岩層	95%
H5.10	岩手県	トンネル先進調査	上向き5度,継続中	れき層	90%
H6.2	山口県	排水孔調査	微上向き,50m×2孔	黒色片岩・粘土層	80%
H6.3	山口県	排水孔調査	微上向き,50m×1孔	黒色片岩・破碎帯	70%
H6.4	福岡県	試験掘削	垂直,15m×1孔	れき層・粘土層	80%
H6.6	北海道	試験掘削	垂直,20m×1孔	砂層・転石層	90%
H6.7	山口県	集水孔調査	微上向き,50m×2孔	黒色片岩・風化層	90%
H6.7	高知県	法面アンカー調査	下向き30度,20m×1孔	片岩・粘土層	85%
H6.7	宮城県	試験掘削	垂直,20m×1孔	砂れき層・粘土層	85%
H6.8	新潟県	地すべり調査	垂直,80m,120m(計画)	じや紋岩・風化層	***

表1の施工実績のうち、平成6年7月の山口県における集水孔調査ボーリングは、圧縮強度約1500kgf/cm²の黒色片岩とその風化層の互層であり、岩盤部分での硬岩層における掘進速度は0.2m/minであった。また、平成6年8月には新潟県の地すべり調査が計画されており、フォッサマグナ上の変成帯での難工事が予想されているが、120mと80mの垂直孔を施工する予定である。

6. 今後の課題

試作段階では安定した泥岩層においても写真6のようにサンプルを損傷させていたが、改良の結果、割れ目の多い写真9のような黒色片岩においても棒状のサンプルが採取できるようになった。

しかしながら、掘削時の振動・衝撃によるサンプルの損傷に対する研究はまだ十分とはいえず、従来型ボーリングマシンによるダイヤモンドコアビットを使用した高速回転コアサンプルに比べるとサンプルの品質はまだ劣っている。

また、写真10に示す風化じや紋岩層では、95%のサンプルを回収しながら、コア箱に移す際にパウダー状に攪乱してしまうなど、パーカッション・ワイヤラインサンブラの施工現場が増加するに伴い、地質関係者などから採取したサンプルの保存について改良の余地があることの指摘も受けている。

今後はこれらの改良に加え、これまで地質調査を主業としなかったユーザーに対しても、安定した施工実績を上げることができるよう、RPDのオペレーションやテクニカルマニュアルなどのノウハウを充実させることや、作業性、メンテナンス性の向上についても配慮し、より完成度の高いサンプリングシステムとなすよう努力する所存である。



写真10 風化じや紋岩層のサンプル