

## P39 水理地質構造調査のためのボーリング掘削技術の開発(その9) -北海道天塩郡幌延町におけるコントロールボーリング技術の紹介-

Development of drilling technique for the hydro-geological survey (Part IX)

- Introduction of Controlled Drilling technique in the Horonobe town, Teshio county, Hokkaido -

○須永崇之(電力中央研究所), 長谷和則・薦田靖志(住鉱コンサルタント), 中台真人・山本俊也(物理計測コンサルタント)  
Takayuki Sunaga, Kazunori Hase, Yasushi Komoda, Masato Nakadai and Toshiya Yamamoto

### 1. はじめに

高レベル放射性廃棄物処分場の候補地選定の第2段階である精密調査地区選定段階での効率的な調査の実施を目指し、電力中央研究所では平成12年度からオールコア掘削可能なコントロールボーリング掘削技術と、掘削時・掘削終了後の孔内における各種調査技術の開発に着手した。平成17年度までに主要装置の試作を行い、実孔井の掘削、孔内調査およびモニタリングのための機器開発や改良を実施した<sup>1)</sup>。

平成18年度からは2ヵ年の計画で、本掘削・調査システムの更なる実用化を目指し、掘削がより困難な断層破碎帯を対象として掘削・調査を開始した。掘削対象は北海道天塩郡幌延町に分布する大曲断層で、平成18年度の孔長400mまでの掘削・調査に引き続き、平成19年度は孔長693.5mまでの掘削と、水平孔掘削に向けた掘削技術の開発を行った<sup>2)</sup>。

平成20年度は水平区間を含む、孔長800mまでの延伸掘削、孔井やボーリングコアを用いた各種調査を実施した。

今回は平成20年度までに掘削を行ったコントロールボーリング技術に関して概略的な紹介を行う。

なお、本研究は経済産業省受託研究「ボーリング技術高度化開発」として実施したものであり、現地適用性評価試験は日本原子力研究開発機構(JAEA)幌延深地層研究センターとの共同研究の一部として実施した。

### 2. 現地適用性評価試験サイトの位置および地質概要

現地適用性評価試験サイトは幌延町市街地より南東約5kmの上幌延地区に位置しており、幌延地区には堆積岩を主体とする新第三系が分布し、下位より、宗谷挟炭層、鬼志別層、増幌層、稚内層、声間層、勇知層、更別層からなる<sup>3)</sup>。このうち、掘削対象となるのは硬質頁岩で代表される稚内層と、珪藻質泥岩シルト岩を主体とする声間層である。

また、現地適用性評価の対象とした大曲断層は、北北西-南南東方向に延びる延長距離25km以上の断層で、断層の地表位置は主に東側の稚内層と西側の声間層の分布境界部に推定されている<sup>4)</sup>。

### 3. 従来工法による掘削とコントロールボーリングの違い

鉛直下方に掘削する一般的な掘削工法の場合、地上に試錐機を設置し、試錐機の回転力を地上から孔底まで延びるロッドパイプで伝達し、ロッドパイプ先端の切削器具で掘削する。

所定の掘削長を掘削した後、ボーリングコアを回収するためには、ロッドパイプを全て引き上げるか、または回収用のワイヤーを用い、コアが収納されたコアチューブを回収する

WL(ワイヤーライン)工法がある。

一方、電中研式コントロールボーリングの特徴は、地上に回転力を与える動力源が無く、ケーシングロッド内を流下する送水圧力を回転力に変換可能な「DHM(=Down Hole Moter)」を使用している点にある。従来工法の場合、ロッドパイプの回転に起因する孔壁崩壊や、ロッドパイプ切断などの孔内事故発生の可能性が高いが、電中研式コントロールボーリングの場合、ケーシングロッドは非回転で、回転部のDHMが孔底付近にあるため、孔内事故の可能性が低くなる。加えて地質劣悪部においても良好な状態のコア採取が可能(写真1)であり、比較的孔壁を乱さない状態での孔内試験の実施が可能である。



写真1 断層破碎部のコア採取状況

また、DHMには回転軸方向を任意に偏芯させる事が可能な「ベントハウジング」が内蔵されており、これを変化させることで、孔井の方位・傾斜を鉛直下方のみではなく連続的に変化させ、傾斜孔井や緩傾斜~水平傾斜孔井の掘削が可能である。

このため、作業用地の取得が困難な場合や地質条件(堆積構造・褶曲・断層)次第では、従来の鉛直下方に掘削するボーリングと比較して、電中研式コントロールボーリングの方が、より効率的な調査の実施が可能である。

### 4. 主要な掘削装置の紹介

現在、幌延町の現地適用性評価試験サイト(HCD-3孔)では石油・金属探鉱業界も含めた既存の掘削調査技術を基礎として、個々の技術を改良・高度化した掘削装置を用いてコントロールボーリング掘削を行っている。

以下に主立った掘削装置を紹介する。

- ①傾斜槽：油圧による起立・傾倒機能を有し、作業時にはケーシングロッドを保持する。
- ②試錐機：掘削時に必要な給圧をケーシングロッドに与える。また付随するハンドリング装置によりロッドの追管・抜管が機械化されている。
- ③WL用アーマードケーブル：芯部にデータ送信用通信線が、

外周部は強度を出すためケーブルで被覆される。WL 作業時にはこれを巻取り・送出すことで、掘削ツールの回収・設置が可能となる。

- ④NL140 ケーシングロッド：孔壁保護の「ケーシング」と掘削水を切削器具へ送る「ロッド」の役割を持つ。中央ほど肉薄で、孔井の曲がりへの追従性が従来のロッドよりも高い。
- ⑤コアパレル：3 重管構造を有し、最内側のアクリルパイプ内にコアが収納される。掘削口径はφ89mm(コア径はφ53mm)。
- ⑥水圧式拡張装置：掘削したコア孔をケーシングロッドが通過可能な口径(φ152mm)へ拡張する。未使用時はビットアームが閉じ、使用時には水圧で4本のビットアームが開く構造を有する。

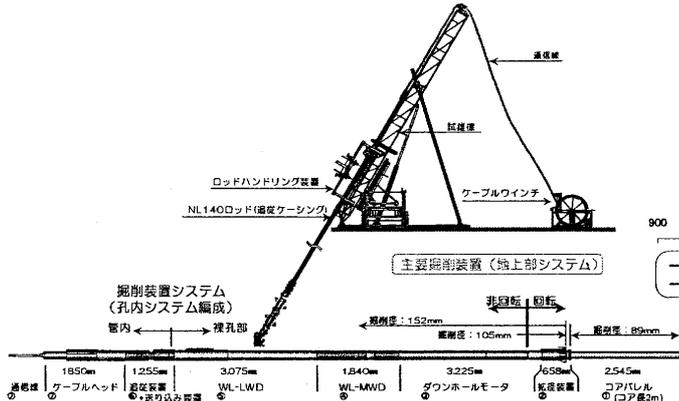


図1 電中研式コントロールボーリング掘削主要機材

- ⑦DHM：2 重管構造を有し、内外管に「らせん」が刻まれ、流体が通過する際の水圧を回転力に変換する役割を有する。内蔵されるベントハウジングにより、曲げ掘削が可能となる。
- ⑧WL-MWD：磁気センサーを内蔵し、傾斜・方位角、孔内圧力・温度、ビット荷重・トルクを計測し、リアルタイムで地上へ送信する。
- ⑨追従装置：一連の掘削ツールをケーシングロッド先端部に固定する役割を持ち、現在は「押し込み」機能を追加している。
- ⑩ケーブルヘッド：孔内で取得される各種デジタルデータを WL アーマードケーブルを介して地上へとデータ送信する役割を持つ。

5. 水平孔掘削の課題と平成 20 年度までの成果

反射法地震探査による大曲断層の地下構造を推定した後に、効率的に断層へ到達可能で、かつ水平長尺孔掘削の技術開発が可能となる掘削孔跡(孔長 1000m, 鉛直深度 450m 程度)を計画した。平成 18 年度より掘削を開始し、平成 20 年度の掘削長 800m 間に、掘削長 330m~335m 付近を主要部として、合計 28 箇所の断層帯をボーリングコアで確認した。

大曲断層通過後も平均 1°/10m の増角率を目標に掘削を延伸したが、孔井傾斜角度が 75° 以上(掘削長 630m 以深)となった時点で、自重を利用した掘削ツールの降下が不可能となったため、過年度より開発を行っていた送水圧を利用した「押し込み補助装置」を併用した掘削ツールの降下(押し込み)を開始した。

押し込み補助装置はケーシングロッド内を流下する掘削水の送水圧を装置外周に取り付けられた受圧ラバーおよび装置内部で受圧することで、前方への推力へ変換し、緩傾斜~水平傾斜区間における掘削ツールの孔底までの移動を可能とした装置である(図 2)。

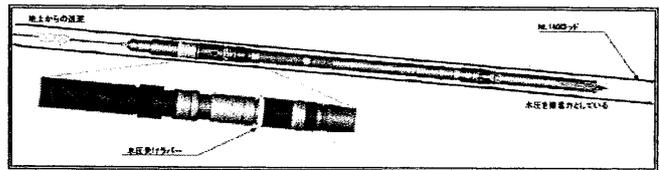


図2 押し込み補助装置概念図

平成 19 年度には装置の受圧効率が不十分であったため、押し込み補助装置のみでは掘削ツールの押し込みができず、押し込みにケーシングロッドの管動を必要としたが、受圧ラバーの形状を変更した上で受圧ラバー取り付け箇所を増設し、またケーシングロッド内面との摩擦を軽減させた上で装置の構造を見直して押し込み補助装置全体で送水圧の受圧可能とした結果、平成 20 年度には 180ℓ/分~220ℓ/分の送水により、平均 12m/分程度の速度で水平傾斜を有する孔底まで掘削ツールの押し込みが可能となった。

このため、約 60m 程度の水平傾斜区間を含む、合計 100m のコントロールボーリング掘削を行った(図 3)。

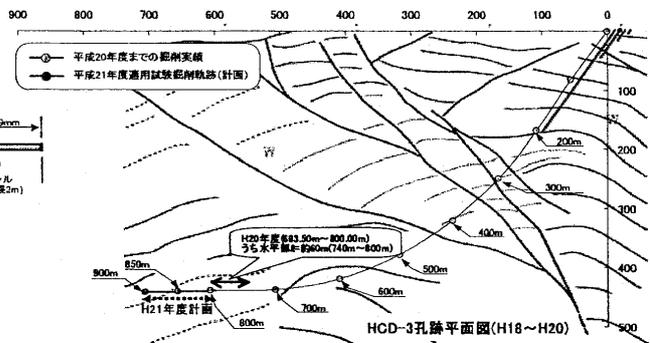


図3 HCD-3 孔実孔跡図(800m 以深は計画)

6. おわりに

今年度は掘削長 900m までの延伸掘削を行い、水平維持と方位変化の制御技術を取得する計画である。また、同時に孔内試験・計測装置の現地適用性評価試験の実施予定である。

過年度までの現地適用性評価試験実施の際には、JAEA 幌延深地層研究センターの関係各位には、現地作業や情報交換などで多大な協力を頂いた。ここに記して、謝意を表します。

引用文献

- 1) 木方他(2006) コントロールボーリングによる掘削・調査技術の開発(フェーズ 1), 電力中央研究所報告総合報告:N01
- 2) 木方他(2009) コントロールボーリングによる掘削・調査技術の開発(フェーズ 2), 電力中央研究所報告総合報告:N03
- 3) 福沢(1982) 北海道天北-羽幌地域の第三紀珪藻質堆積岩の堆積機構と続成作用, 月刊地球, 4, 8, pp. 492-501
- 4) 石井他(2006) 新第三紀珪質岩における断層の解析事例, 応用地質, 47, 5, pp. 280-29