

1,000m を超える超長距離水平コアボーリングの施工について

西松建設株式会社 国際事業本部 正会員 ○岩田 修
西松建設株式会社 国際事業本部 正会員 草野 孝三

1. はじめに

セントラルカオルーン道路新設工事は、香港九龍地区の西九龍公路と九龍湾（旧カイトック空港跡地再開発区）を結ぶ、上下片側3車線、全長4.7kmの幹線道路を建設するもので、両端を除く3.7kmが3車線の並列トンネルとなっている。そのほぼ中央に位置するホーマンティン立坑工事工区では、内径21m、深さ107mの大深度立坑を建設するほか、最長1.3kmの水平コアボーリングを行い、山岳トンネル区間の地質調査を行っている。本稿では、その超長距離水平コアボーリングの方向制御技術と施工実績について報告する。

2. 工事の概要

当工事の水平コアボーリングでは、設計線形から半径5m 枠内におけるコア採取を求められた。この枠内を進んでいる限り方向を制御する必要は無く、むしろ曲線が多くなると摩擦負荷が大きくなることから、実際の施工では孔位置・方位角・傾斜を測定しながら水平直線ボーリングを行い、必要な時だけ方向制御を行い軌道修正する。

工事は比較的広い施工用地を必要とするため、地表面から斜めボーリングを行い、目標レベルでトンネル勾配となるよう縦断勾配を制御する。当初は立坑の南100～150mの位置から両坑口に向かって東西方向へ各1本、その間の空白を埋める1本の計3本が予定されていたが、地質状況をより詳細に把握するため東向きボーリングが2本並列となり、さらに西側坑口付近に1本が追加され、HDC-01～5の計5本となった（図-1参照）。

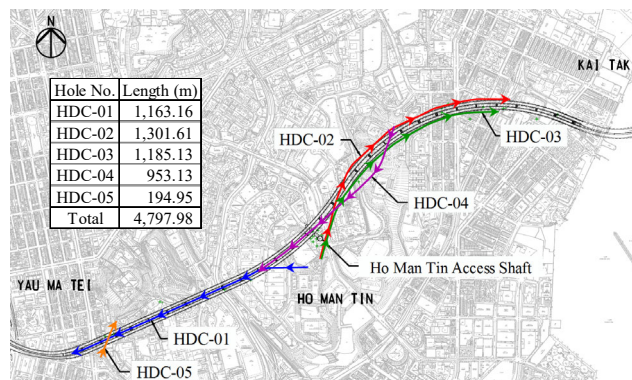


図-1 水平方向制御コアボーリング平面図

3. 方向制御技術

当工事で採用したノルウェーDevico社の方向制御技術は、もともと建設業界における地質調査ではなく、鉱山やエネルギー業界における鉱脈・油脈の探査において、1本の長尺ボーリング孔から指向性ボーリングによって複数の分岐孔を設け、効率的な探査を行う目的から開発された技術である。ボーリング工法は一般的なワイヤーライン方式であり、ロッド・ビットを孔内に残したまま標準6mのインナーチューブを回収しコアを採取する。Devico社の方向制御技術は、このインナーチューブの削孔角度を調整出来るコアバレルと計測器に特徴があり、他の多くの方式と異なり磁界の影響のある場所でも使用可能で、追加孔や事前測量などの追加作業も必要とせず、安全保障輸出管理の関連条約による規制も受けないなど、広く適用可能で、長尺削孔を可能にするトルクとパワーが有れば、削孔機の機種・メーカーを問わないという汎用性がある。

コアバレルのアウトチューブ内部、中央付近に偏心した開口を持つ円盤状プレートが設置されており、この開口内に同じく偏心した開口を持つプレートが設置されている。これらプレートの相対角度を変更することにより、開口の位置が二重円の中心から円端部に向かって偏心する。これによってインナーチューブの中央を偏心させ、チューブを曲線形状にするとともにアウトチューブをパッカーで孔壁に固定することで、指向性ボーリングを可能にしている。このため、曲線部のコアの径は31mmと直線部の49mmに比べて小さくなり、若干曲がったコアが採取されることとなる。図-2に指向性ボーリングの模式図を示す。

指向性ボーリングは反力を必要とするため、方向制御は岩盤内でしか行えない。短距離で大きく方向転換す
キーワード 長距離、水平、方向制御、指向性、コアボーリング

連絡先 〒105-6407 東京都港区虎ノ門1-17-1 西松建設(株) 国際事業本部 TEL 03-3502-7695

るとその後のボーリングに大きな負荷となることから、最大 30m で 9 度程度の方角制御が推奨されている。

孔内の方向角・傾斜を計測する測量機器には磁気式と光学式の 2 種類の方式があり、通常はボーリングロッドを 5m 程度引き戻すだけで磁気の影響を排除出来ることから、短時間で計測が可能な磁気式を使用する。光学式は建物基礎や地下鉄等、鋼材や電磁波による影響が発生する場合に使用するが、ボーリングロッドの引き抜きが必要となるため時間を要する。

4. 長距離水平コアボーリング工事

削孔機を所定の入射角度に設置し、ボーリングロッドを同角度に仮受けする構台を組み立てて削孔を行う。写真－1 にボーリング状況を示す。土砂内は負荷を最小限に抑えるよう順次口径を小さくしながらケーシング掘りを行い、岩盤内に到達してから方向制御を行う。

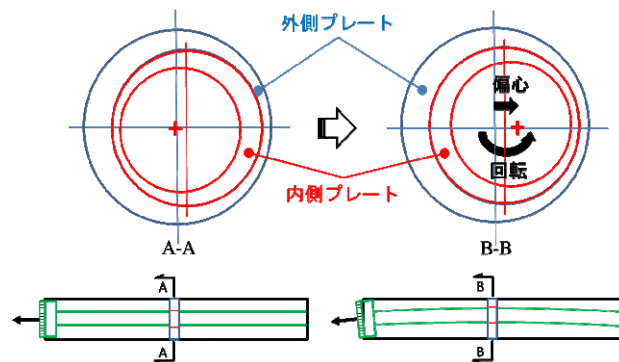
指向性ボーリングの継続中はコアバレルを回収する必要は無いが、偏心角度の設定は地上で行うため回収が必要となる。同様の地質状況に基づく角度設定を行っても場所によって反応にバラツキがあり、曲がらなかったり曲がり過ぎたりという結果が発生したことから、偏心角度の再設定によるコアバレル・ボーリングロッドの回収や、曲がり過ぎた孔のリーミングにより、時間をロスするケースも発生した。同様の理由や岩盤線の低下により予定位置で方向制御を行うことが出来なかった場合は、過度にボーリング負荷が大きにならない範囲で軌道修正を行い、その都度企業先と合意した。

HDC-01 では 497m 地点で削孔水の急激な逸水が発生し、アウターチューブが拘束される事態が発生した。これは、のちに 12cm 幅、区間透水係数が 10^{-2} cm/秒程度と推定された空洞もしくは岩盤の割目で削孔水が逸脱したもので、くり粉が排出されずに堆積・沈降したことによると考えられた。空圧ハンマーと高圧コンプレッサを使用しての引抜きを試みたが叶わないことから、ケーシングカッターを使用してビット先端から 8m 位置で切断、ドリルロッドを回収し、存置部分をブルノーズビットによって磨滅させることとした。しかし、実作業日数 15 日間で 12 個のビットを使用しながら 3.46m しか磨滅できなかったため、同孔からの再削孔を断念し、436m 地点までグラウトで埋戻したのち、分岐孔を削孔することとした。分岐孔の削孔では慎重を期し、494m 地点から短尺・小口径のコアバレルを使用し、0.5m 毎に拡張・くり粉のフラッシングをして進める方式に変更した。これにより、498m 地点で再度逸水に遭遇したもののコアバレルが拘束されることはなかった。ベントナイトやセメントによる注入作業を繰り返したのち、逸水状況が改善されたことから、コアボーリングを再開した。ここまでの間に、最初の逸水から 3 ヶ月余りを要することとなった。

地質状況や原位置試験など様々な要因により異なるが、上記 HDC-01 の逸水を除き、コアボーリングはおおよそ直線部で 30m/日、曲線部で 6m/日の進捗となった。精度は、断層のためほとんど反力が取れず、方向制御ができなかった HDC-05 を除き、半径枠に全長の 90%を収めることが出来た。

5. おわりに

長距離水平方向制御コアボーリングは、当地ゼネコンのギャモン社（金門建築有限公司）の協力を得て無事故無災害で完了し、HDC-02 は香港における長尺水平方向制御コアボーリングの最長記録 1,301.6m を達成した。当工事に携わった関係各位に感謝申し上げたい。



図－2 指向性ボーリング模式図



写真－1 ボーリング状況（削孔機は構台右端）