

エレクトロドリルによる水平長大ボーリング

日本鉄道建設公団 名古屋支社 土谷 幸考

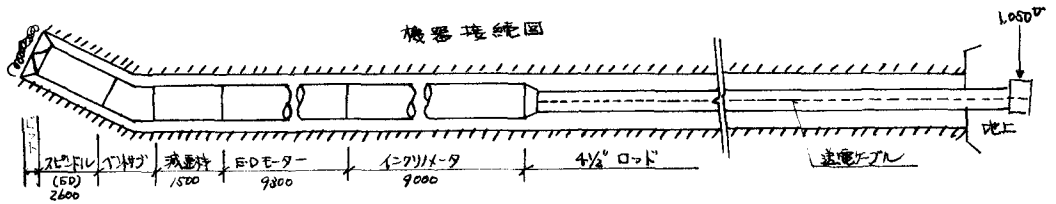
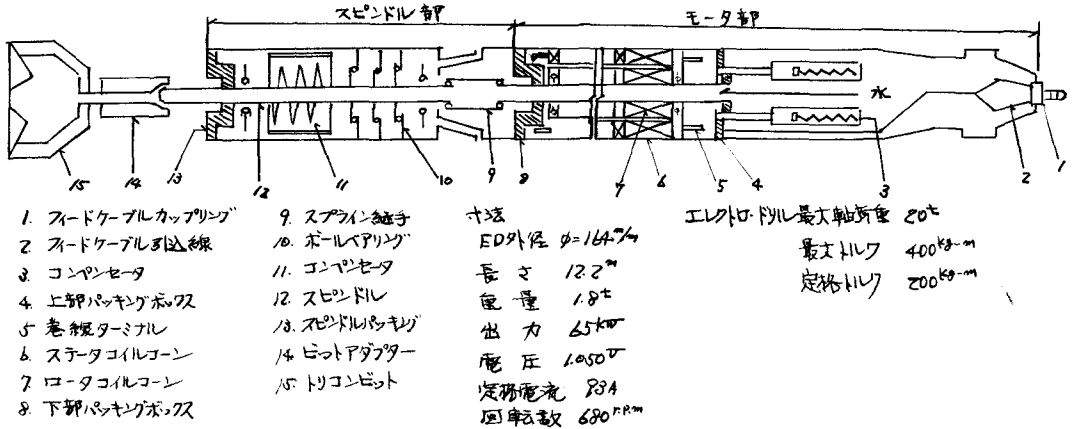
いまえがき

トンネルの地質調査として、路線上の要所から縦のボーリングを実施することは、有効ではあきか
 被りの大きい場合、経済的、技術的に問題が多々ある。またそれによつて得られる地質情報について
 も探検や電気検層の並用が必要であり、さらにこれらによつてもトンネルルート沿の地質調査と
 いう面では不足の点が多い。これに対し、トンネルルートに沿って横のボーリングができれば縦のボー
 ニングで不足の面は、ほぼ解消すると考えられ、つまりトンネル施工基面付近の岩を直接観察でき、
 湧水箇所、断層等の破砕帯の位置、規模も遠近状況から正確に把握できる。さらに被りの大きいトン
 ネルや海底トンネル等の地形的制約のある場合でも、横のボーリングから問題は軽減する。

青函トンネルでは、海峡中央部の黒松内層と呼ばれる圧縮強度 ~ 100 MPa程度の軟岩帯の調査を急ぐ
 必要があり、海上から水深 100 m以上のうろ淵流という障害があるため、方法として水平長大ボー
 リングが指向された。この場合、トンネル内作業を妨げることなく早急に地質を探るため、ボー
 リング座としての横坑を可能な限り少なくするため、できるだけ長大化する方針とし、さしあたり 2
 km 級の实用化を図ることとした。水平ボーリングは、現在トンネル切端から前方の地質を知り水抜き
 のため比較的短いものは行われてゐるが、長大になると、重カによる乳下りや、推力悪化による乳上
 り等で予定線通りに行くことは、従来のロータリー式ボーリングでは非常に困難である。そこで手段
 として採用されたのは、先端駆動式ボーリングで、これは掘管は全く回転せず、先端の動力回転体に
 ビットを取り付け、ビットのみの回転で岩を切削するもので、動力源を水カに頼らずターボドリル(連
 タイナドリル(米国)、電力カによるエレクトロドリル(ソ連)等がある。これらは、掘管が回転しないので先
 端部により管(ベントサブ)を装着出来、ベントサブの方向を変えることで自由方向制御可能である。
 またエレクトロドリルの場合、電力供給のため送電ケーブルが地上から先端までロッド内にセットさ
 れるため、これを利用して、乳の方向を地上で監視するインクリノメータを組み込み、掘進しつつ乳の
 方向が地上で判別できる。これらの方法は、主として石油ガス井のボーリングにソ連、米国で実用の段
 階あり、ソ連では 1 乳 7 kmの石油井掘の実績がある。しかしながら、これはすべて緩やかな傾斜掘
 であり、しかも乳軌道の精度も大して要求されないものだが、これを水平に、しかもトンネル予定線
 の地質調査に利用しようとする試みは、青函において初めてである。水平掘では、乳壁の崩壊、掘進
 圧の確保等が問題で、青函で 700 m、 1600 mの 2 乳が試験的に行われ、その成果を踏まえて今回、中津川線
 (飯田 \sim 中津川 6.6 km新線)の中央アルプスを抜く神坂 3 km道で 2 kmのボーリングが計画、実施された。
 目的の一つは水平長大ボーリングの技術開発で、さらに大湧水の予想される神坂 3 km道の施工に先立
 つ地山の水抜きを図ることである。掘進は同年3月より6月までで約 130 m行われ、機械故障により
 乳深について途中で断してゐるが、この工事により得られた水平長大ボーリングの問題点及び改良目標
 について述べておきたい。

II 計画とボーリング方法

神坂すい道は、延長13km余で飯田方より中津川方へ平均10%の下り計画である。ボーリングは、すい道施工が突込みとせよ飯田方出口付近より、すい道ルート沿に2kmとL。位置はすい道施工基面下10m、中心線より北側15mの位置とした。方向は磁北より東回り20°, 26°, 20°の3方向である。使用機械はエレトロドリル、インクリノメータ、減速機、ベントサブを主体としている。



EDは、先端に装着され切端まで挿入される。EDの先端ビットを取りつけ、地上からロッド内を通じて供給される高圧電力でモータを回転させスピンドルを介してビットを回転、若くは切削する。スライムは、100%の送水により孔外へ排出する。ED後部にはインクリノメータが組込まれ、送電ケーブルを通じて掘進中に方位傾斜ベント方向を地上へ伝達する。ビットはφ150mmのノンコアビットである。EDはスピンドル部とモータ部からなり、モータは子極サジ形モータで680rpm、スピンドル部はモータの回転、推力をビットに伝え、ビットの切削振動を吸収する緩衝装置の働きを持つ。なおED内部への泥水侵入を防ぐためコンペンセータが組込まれ、内部油圧を外水圧より2%高く維持する。減速機は、モータ回転数を1/2に落すもので、ビットのベアリング寿命を延ばすこととを目的としている。地上装置は45tの推力を持つ試験機、ロッド解結機、スライム排出用送水装置及びEDへの電力供給装置の4つから成り、軸方向20°, 横15°のボーリング座である。

III 実績と課題

(1) 掘進速度の向上について (2) ビット縮圧はφ200mmで5tで十分能率的で10~15%の速度を維持。 (3) ビット回転数は、速度と正の相関をもつが、ビットライフを減少する下掘進率低下の要因となる。掘進率への寄与はビット交換時間が最も大きくこのため現段階では、低回転数の方が能率的である。ただし硬岩帯の突破は、回転数が高きと非常に有効であった。(270rpmと210rpmの比較による)

の掘進率は、全体作業中の岩盤掘進時間の割合で、主に孔出し測定とビット交換に左右され、インクリノメータ使用が前者を零としたがビット交換は掘進27分に対しはばを要しており、今後ビットライフを延長策及び引抜き押込み速度の向上を図る必要がある。

(2) ロッド挿入摩擦カドについて

先端駆動式の不利な点は、ロッド非回転のため、孔壁との摩擦係数が大きくなることである。今回も摩擦係数は45%と高かった。また長天化により100m以深では、40tを越す推力が必要となりロッドの挫屈現象を招き、これによりさらに摩擦抵抗が増大し、ビット締圧の確保が難しくなった。実績でも1200m以深では推力40tに対しビット締圧は2t程度しかないと推定された。回転式ボーリングでは摩擦は殆ど問題なく4.0t程度である。今後長天化においては、回転式と先端駆動式を組合せた2重管式のような方法で、ビット締圧確保とともに推力の減少化を指向する必要があるのではなかろうか。

(3) 地質の情報について

地質の情報としては、岩石の強度、破砕帯、湧水割削の位置規模等を知る必要がある。この中で破砕帯、湧水割削としては水平掘で確実に判るが、EDボノンコアボーリングの場合、岩石の強度に関しては難問である。EDの場合、モータの仕事は、岩石切削するのみがファクターと見えられ、消費電力により相対分類できるが、この場合掘進速度、ビット締圧＝一定の前提が必要で、現段階ではビット締圧を正しく把握できない点が問題となっている。手段として先端に弾性エレメントを取付け直接ビット締圧を知る方法が考えられる。なおインクリノメータは角度センサーが組み込める余地があり、ソ連で試験段階にあるとのことである。

(4) 方向制御について

方向制御は、インクリノメータの情報からベントサフ方向を設定して行ってきただが、実績からほぼ問題ないと考えられる。長天化し、100m以上になるとロッドの曲じれのため正確なベントサフ設定の問題があるが、孔中心から15m半径程度の範囲から可能と思われ、今回は、深さ1000で平面的に1/2m、縦断的に1/6mの離れであった。

IV. おまけ

エレクトロドリルドによる長天水平ボーリングは、インクリノメータという「目」を持つことにより、掘進率の大幅な改善と方向制御の確立という大きな進歩を得た。つまり水平掘に敵対する力を克服できたわけである。また先端駆動式の壁とも云える摩擦抵抗の問題を露呈した。摩擦の克服方法は、多々あると思われるが、やはりロッド回転を利用するのが妥当で、ED工法と回転式の利点を合せた二重管式の可能化が望まれる。また地質の情報という面では、ビット締圧の抽出が急務で、これによりほぼ地質の判別は可能となる。さらに縦掘に比べ水平掘では破砕帯の突破が割合容易で、それがため突破後ロッド締付けが起りやすく、注入技術や中間ケーシング設置等考えらる必要がある。

今回のボーリングは、水抜きという実質的目標を掲げ、約4割の孔口排水を得、ずいぶん進捗に大いに貢献するものとなり、なお、上記の問題等の改善によるコストダウンが望まれることにより、水平長天ボーリングは、地質調査の決め手として位置付けられると期待される。 おわり

(紙面の関係上、設備・機械の詳細は割愛させて頂きました)