

清水建設(株) 正会員 今津 雅紀 正会員 伊原 広明  
 日本鉄道建設公団 北島 誠二  
 (株)地下開発コンサルタント 長谷川時一

1. はじめに

御牧原トンネルにおいては、トンネル湧水を利用する目的で、揚水工設備を施工した。その概要は、あらかじめトンネル坑内から坑壁部に集水井坑（断面積 約 9 m<sup>2</sup>、奥行き 4 m）及びその下部に集水井ピット（断面積 約 3 m<sup>2</sup>、深さ 7.26 m）を設け、地上からはボーリング（最終削孔径 330mm、長さ 164.4m）を行って、揚水管を連結し、トンネル湧水を深井戸ポンプで地上へ汲み上げるものである。

本報は、北陸新幹線御牧原トンネル<sup>1)</sup>（高崎起点 69km445m）で施工した揚水工設備のうち集水井ボーリングを主とした報告である。

2. 集水井ボーリングの掘削

ボーリング作業ヤードの設置にあたっては、ボーリングの孔曲がりに結びつくヤグラの不等沈下を防止するため、設置地点の表土を剥いだ上で、各々 20cm 厚さの碎石およびコンクリートを打設した。やぐらの高さは 12m、支柱基礎は 3.5m X 2.0m である。ボーリング掘削は、精度よく掘るために、ロッド先端にスタビライザーをつけ、自重を出来るだけかけずに、慎重に垂直掘削を行った。垂直精度の確認は、ケーシング挿入時にケーシングが完全に吊り下がった状態であること、すなわち孔壁にあたらぬことを管理ポイントとした。

地質は、当初、地表から 5.5 m までが堆積層、5.5 m から 16.5 m までが凝灰角礫岩と想定されたので、地表から 6 m まではガイド管として、Φ520mm のトリコンビットで掘削し Φ500mm ケーシングを挿入、6 m から 60 m は、Φ450mm のビットで掘削し Φ350mm ケーシングを挿入した。深度 60 m までのケーシング外側は、セメントミルクにてセメンテーションを行い、ガイド管を固定した後、60 m 以深の掘削は、Φ330mm のビットで行い、Φ250mm のケーシングを最終的に挿入した。しかし、このビットウェイトをかけずに、ロッドを吊った状態（1～2 ton の自重の一部のみ）で掘削する工法は、油圧ユニットに過大な負担をかけるため故障しがちであった。また、60 m 以深の凝灰角礫岩中にはスコリア細砂などを交えたルーズな地層が挟まれていて、その層が卓越した箇所においては、孔壁の押し出し及び送泥水の逸水が繰り返され、掘削は困難を極めた。

3. 地層構成について

トンネル掘削時に土砂流出のあった砂層や泥岩を挟む凝灰角礫岩中では、ボーリング掘削中、一部、逸水したりロッドがとられたりした。図-1に、掘削径及び本ボーリングで確認された地層構成を示す。孔壁の押し出しがある区間は、地層にスコリア砂が混じった 68.6m～88.0m および 118.0m～161.0m であり、セメントや逸脱防止剤等を使用して、孔壁の安定化を図った。

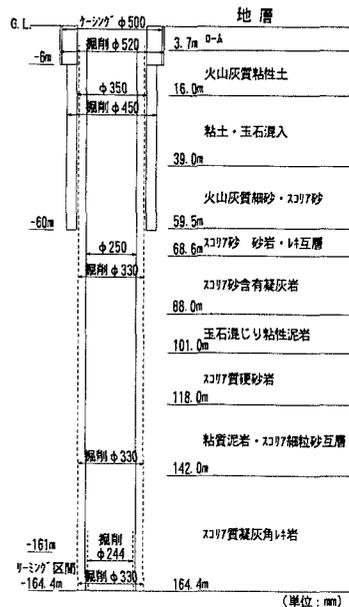


図-1 ボーリング掘削径と地層構成

キーワード：山岳トンネル、湧水、揚水工、ボーリング、リーミング

連絡先：〒105-05 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンスS館 TEL 03-5441-0567 FAX 03-5441-0515

#### 4. トンネル近傍の掘削

トンネル付近での掘削は、トンネル断面方向にロックボルトがあるため、ロックボルトに沿って、ボーリング孔が曲がり易くなる傾向がある。また、トンネル周辺の発破掘削によるゆるみ領域のために、トンネル方向に孔曲がりする傾向があり、トンネル近傍では、特に時間をかけて孔曲がり修正を行う必要があった。

トンネル近傍の深度159m付近において、送泥水が突然逸水した。これは、トンネル掘削時の発破によるゆるみ箇所から逸水したものと考えられる。トンネル覆工面のクラック進展を押さえるため、ボーリングを無水掘りに切り替えて掘削した。深度161mの地点でケーシングの挿入が不可能になったため、Φ193mmのビットで164.4mの地点までパイロット掘削し、集水井ピット内で逆トリコンビットを組み立てて吊り下げながらリーミング掘削を行った。リーミング掘削は、Φ244mmとΦ330mmのビットで2回行い、その後、161mからの3.4m部分をケーシング挿入させた。挿入後、ケーシングと集水井ピット上部にパッカーをした上で、固定のためセメンテーションを行い、ケーシング振動防止に努めた。

ボーリング開始前に、集水井ピットはすでに掘削してあり、通常1%と言われる精度を、結果として集水井ピット中心より約65cm(精度： $0.65 \div 164.4 = 0.4\%$ )のずれでピット内に収めることができた。ただし、慎重な掘削と掘削途中における逸水等のトラブルのため、164.4m掘削し終えるのに約4ヶ月かかった。

#### 5. 集水井坑および地上設備

今回の集水井ピットは、本坑インバート中央部下面を流れる中央排水管からΦ500mmの横断排水管を敷設して、図-2に示す集水井坑を掘削した後、集水のための深さ7.26m、掘削径2.5mの集水井ピットを深礎工法にて（発破）掘削した。集水井ピット内には、164.4mの揚程で1.5m<sup>3</sup>/minの送水が可能な深井戸用水中ポンプを設置した。集水井坑とトンネルの関係を図-3に示す。地上施設は、写真-1に示す15kwの送水ポンプ及び受水槽（26m<sup>3</sup>）等からなっている。

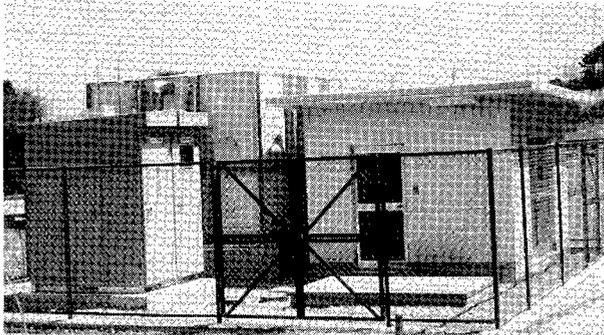


写真-1 地上設備

#### 6. おわりに

今回、集水井ボーリングを、孔壁の押し出しと逸水の繰り返しの複雑な地層に対して、0.4%の高精度で掘削でき、集水井ピット内に無事収めることが出来た主因としては、①スタビライザーを用いてビットウェイトを極力かけず慎重に掘削し孔曲がり防止できたこと、②トンネル近傍において、無水掘りに切替え逆トリコンビットを用いてリーミングしたことがあげられる。今後、同様の施工をする場合、トンネルアーチ部付近においてケーシング削孔（四重管構造）を行えば、本坑への影響をさらに防止できると考えられる。

参考文献 1) 北川鉄蔵他：水圧と膨圧を各種補助工法で克服、トンネルと地下、第28巻3号、1997.3

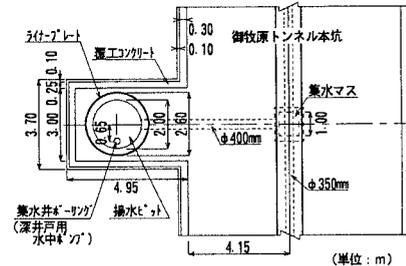


図-2 集水井坑平面図

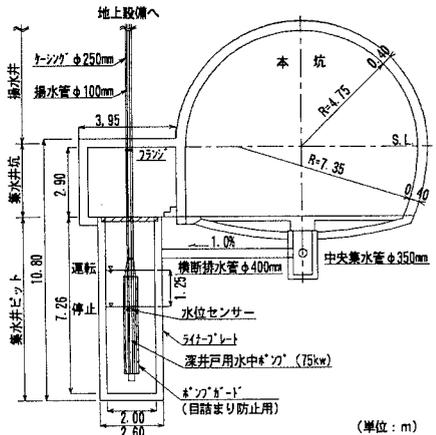


図-3 集水井坑断面図