

VI-79 安山岩中の海底トンネルにおける注入工法 ー北陸電力礪志賀原子力発電所取放水路トンネルー

北陸電力 正会員 谷 龍蔵、宮崎基夫、内田秀彦
 野口猛雄

1. はじめに：石川県の能登半島西岸に建設中である北陸電力礪志賀原子力発電所の冷却水取放水路は環境に対する配慮を最重視し、施工性・安全性・運用管理等を総合的に考慮し、事例の少ない海底トンネル型式を採用した（図-1）。このトンネル（取水路トンネル467m、放水路トンネル788m）は海底面下の土被りが浅く（最小25m程度）、堅固であるが透水性が比較的高い地山のため、トンネル湧水量が最大50ℓ/min/mと推定され、全線止水注入を行い施工に支障がない程度に透水性を改良した後、発破工法により掘削を行った。本報告は、節理が多く透水性が高い地山に対する注入工の施工実績について報告するものである。

2. 地山条件：トンネル周辺の海底地形は、不陸の激しい露岩域で約1/30勾配で沖合に向かって傾斜している。トンネル周辺の地質は新第三系中新統の安山岩と凝灰角礫岩からなり、海上ボーリングにおける透水試験結果では透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ cm/s程度である。また、安山岩は岩相から比較的均質な安山岩（均質）と角礫岩状の安山岩（角礫質）からなっており、岩石試験から得られた一軸圧縮強度の平均値は安山岩（均質）が約1500kg/cm²、安山岩（角礫質）が約160kg/cm²、凝灰角礫岩が約190kg/cm²である。

3. 注入方法：注入材については、浸透性がよいこと、ゲルタイムの調整ができること等を踏まえて、青函トンネルでの実績がある高炉コロイドセメントと㊟-1号水ガラスを用いたLWを採用した。なお、水ガラスの温度管理によりLWのゲルタイムの変動を±15%以内とした。注入範囲については、陸上における試験結果等を踏まえて、トンネル径の3倍程度（直径約20m）以内の範囲をトンネル全長にわたって改良することを目標とした。1カツの注入は、工事の安全確保を最重視し、注入長50m、注入孔数95孔を標準とした。すなわち、外側から内側の孔へ順次施工し湧水状況を孔毎に検討しながら施工し、透水係数が 10^{-5} cm/sのオーダーであることをチェック

孔で最終確認した後、掘削を開始した。なお、次カツの注入のため10mを掘削せずバルクヘッドとして残した。標準注入パターンを図-1に示す。

4. 注入効果：取放水路トンネルでは、合計30カツの注入を実施したが、本報告では放水路トンネル水平部14カツ、取水路トンネル9カツの計23カツの注入結果を対象としている。注入は平成元年7月～2年9月間に実施しており、総注入孔数 2,200孔、総削孔長 85,000m、平均注入率 2.9%であった。止水注入の結果トンネル湧水量は放水路トン

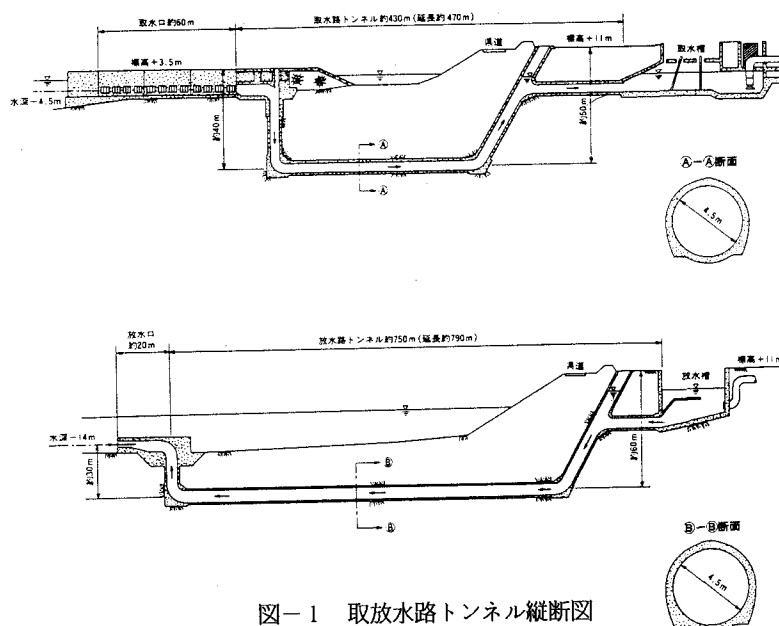


図-1 取放水路トンネル縦断面図

ネルで平均1.2l/min/m、取水路トンネルで平均0.9l/min/mであり、坑内作業上支障とならない湧水量を抑えることができ、異常出水等トラブルもなく掘削工事を終了している。LWの浸透状況については、安山岩（角礫質）等への浸透は見られず、安山岩（均質）の節理やシームにLWが脈状に浸透している状況が確認された。

5. 注入量についての検討：止水注入の工事費の推定、効果の確認に不可欠となる注入量の予測について、各カットの注入に先立ち削孔されるさぐり孔のデータと各カット注入孔の単位長さあたりのデータとの関係について検討した結果を以下に示す。(1)さぐり孔湧水量と単位長さ当り湧水量の関係を図-2に示す。両者の関係には良い相関が認められ、さぐり孔の湧水量からその回の総湧水量が推定できることを示している。つまり、当地点のような節理の多い岩盤においても、さぐり孔における透水状況がマクロ的にその注入カットの改良範囲における透水状況を示していることになる。(2)さぐり孔湧水量と単位長さ当り注入量の関係を図-3に示す。両者の関係には相関が認められなかった。これは、水とLWではその性状が大きく異なること、また湧水量が多い場合にはゲルタイムの短い配合から注入を開始していることが影響していると思われる。(3)さぐり孔注入量と単位長さ当り注入量の関係を図-4に示す。両者の関係には良い相関が認められ、さぐり孔の注入量からその回の総注入量が推定できることを示している。

6. おわりに：本トンネルの掘削は異常出水等に見舞われることもなく順調に進捗し、平成3年3月末現在、取水路トンネル立坑の一部を残すのみとなっている。今回の注入結果等をさらに検討し、同種地山において能率的かつ効果的な注入が施工できるよう取りまとめていく予定である。

