

海底トンネル内部からの立坑構築 その1…工法の選定と計画

五洋建設技術研究所

正会員○大森 禎敏

北陸電力志賀原子力発電所建設所

穴田 文浩

北陸電力志賀原子力発電所建設所

正会員 大坂 和弘

前田建設工業土木設計部

永田 健二

1. はじめに

志賀原子力発電所2号機の温排水は、海底に設置された2つの放水口から水中放流される。この放水口につながる海底下の立坑は、コストの低減と安定した工程の確保を目指し、全て海底トンネル（以下水平坑）内から施工する計画とした。施工手順は、①海底に設置した放水口ケーソン直下位置までNATMにて水平坑を掘削する。②水平坑内から立坑周辺岩盤に止水注入する。③水平坑内から放水口ケーソンまで先進導坑を切り上げる（図-1）。④NATMにより水平坑まで切り下がる（図-2、図-3）。⑤覆工コンクリートを打設する。本稿はその内の③について詳述するものである。

2. 工事の概要

立坑は2箇所あり、それぞれの掘削延長は約21m、掘削径は6.0mである。この地域の地質は安山岩および凝灰角礫岩からなり、一軸圧縮強度は15～150N/mm²である。掘削に先立ち、岩盤に懸濁型水ガラスを注入し、透水係数が 5×10^{-5} cm/sec（原地盤は 3×10^{-4} cm/sec以上）、チェック孔の区間湧水量が0.4L/分/m以下となるように改良した。

3. 導坑掘削工法の選定

一般的な鉛直切り上がり立坑掘削工法としては、アリマッククライマーによる掘削方法、レイズボーラーによる岩盤切削方法、上向きシールドによる掘進方法などがある。立坑構築の方法は、放水口ケーソンとの接続精度及び短い立坑を2本施工する経済性等から先進導坑方式とした。さらに、今回の施工は海底トンネル内から海底面に向けての切り上がり掘削となることから、以下の点に留意して先進導坑の詳細を決定した。

①海底下における異常出水に対する安全性の確保

②狭隘な作業スペースと切り下がり掘削機械の作業効率を考慮した導坑断面形状・寸法

その結果、写真-1に示す密閉型推進機（φ2.4m）を用いて導坑を施工し、放水口ケーソン内の放水管と接続後、放水管内部を作業スペースとして、NATMでφ6.0mに拡幅しながら切り下がる工法を選定した。

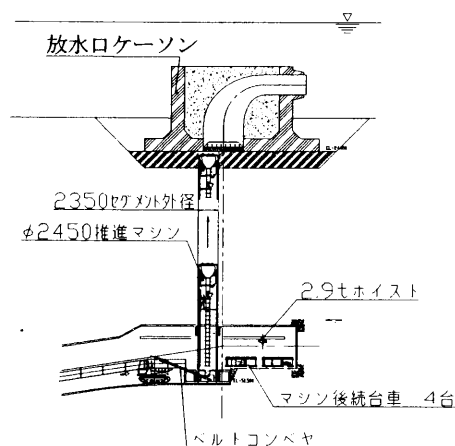


図-1 導坑切り上がり概要図

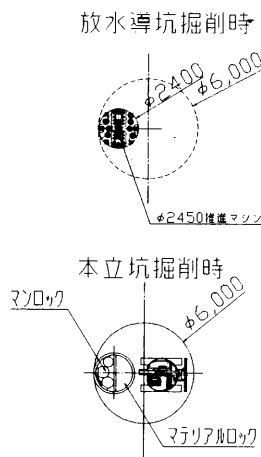


図-2 施工平面図

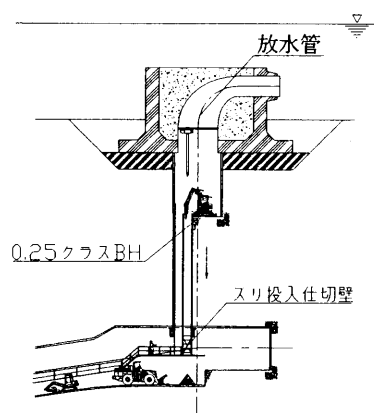


図-3 本坑切り下がり概要図

キーワード：海底下、立坑、導坑、NATM、密閉型推進機

連絡先：〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町 1534-1 TEL0287-39-2107 FAX0287-39-2332

4. 異常出水に対する安全性の確保

立坑施工範囲の岩盤は、止水注入効果から異常出水の可能性は低い。また、導坑到達地点の放水ロケソン基礎コンクリート内は、連続打設のため出水の可能性は低く、導坑の覆工は止水の確実な鋼製セグメントの使用でさらに安全性を高めている。しかし、基礎コンクリートと岩盤の境界部からの出水や潜在的な亀裂等からの新たな水みち発生の可能性は、完全には排除できない。そこで、導坑掘削時及び到達時の接続過程において以下に示す出水対策設備を付加した。

①掘削時の出水対策

掘削ずりの排出方法は、設備の簡素化を図るため中心部に装備した排土管により自由落下させる構造にした。ただし、排土管上部にシャッターゲートを2段設置し、その開閉操作により湧水量の増加及び異常出水時においても掘進が継続できる構造とした（図-4）。また、排土管（ $\phi 450\text{mm}$, $L=500\text{mm}$ ）は推進機の進捗にあわせて延長した。

②到達時の接続過程の出水対策

推進機は、放水ロケソン基礎コンクリート（厚さ 2m）内で停止させた。その際に掘削坑壁を水みちとして流入する出水は、推進機外周に装備したリング状の2段の止水シールを基礎コンクリート内で加圧膨張させ外部からの湧水を遮断することとした（図-5）。この止水シールの使用により、チャンバー内への湧水は完全に遮断され、放水管との接続作業は完全にドライな状態で行うことができた。その後、放水管内へ掘削機械を搬入し、切り下がり掘削作業へ向けての準備作業を行った。

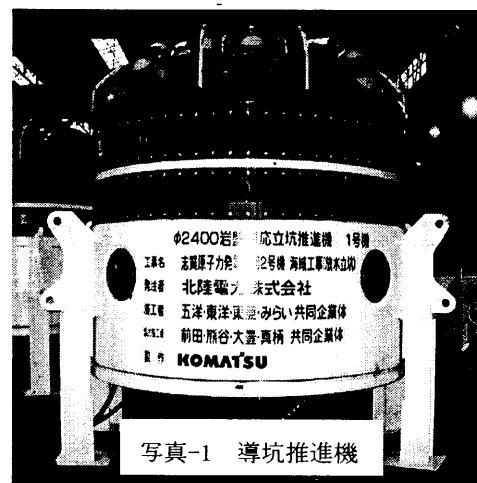
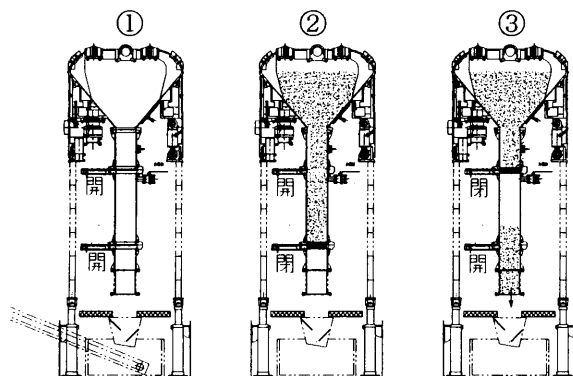


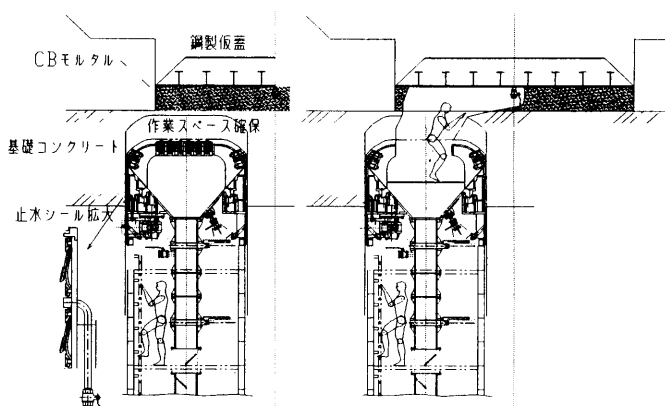
表-1 推進機諸元

本 体			
外 径 × 本 体 長	φ 2400mm×2500mm		
掘 進 速 度	0～30mm/min		
推 力	7840kN		
カッタヘッド			
形 式	ドーム形		
支 持 方 式	周辺支持方式		
回 転 速 度	Max 2.13rpm		
回 転 ト ル ク	常用最大 409kNm		
開 口 率	16%		
油圧ジャッキ			
名 称	数 量	推力 kN	ストローク mm
元押しジャッキ	10	784	600
方向制御ジャッキ	8	784	100
フロントグリップジャッキ	4	294	100
ゲート開閉ジャッキ	4	63	500
油圧モータ			
用 途	台 数	出力軸トルク tNm	回転速度 rpm
カッタヘッド回転用	3	17.5	16.53



- ①通常は上下のゲートを開けて掘削
- ②下を閉めて掘進し排土管内に土砂を溜める
- ③上を閉めて下を開けて排土する。
- ②～③を繰り返す

図-4 湧水時の掘削、排土概念図



到達後、基礎コンクリート内で推進機の止水シールを加圧膨張させ止水する。

図-5 到達時の止水機能概念図

5. おわりに

本工法は海底下、岩盤、立坑、上向き、限られた作業スペース等の厳しい条件の中で経済性、安全性及び施工の確実性を向上させるため、密閉型導坑推進機、鋼製セグメント、導坑エントランス等を用い先進導坑全体を完全止水構造とすることで対応した。また、狭隘な作業空間での立坑構築は、近年の都市土木における地上スペースの限定された場合にも十分応用可能であり、土木技術の進歩につながれば幸いである。