

海底下での上向きシールド工法による立坑施工

中川鉄朗¹・神崎稔²・戸畑研二³・原修一⁴・野元義一⁴

¹北陸電力株式会社 志賀原子力発電所建設所（〒925-0161石川県羽咋郡志賀町字赤住1）

²正会員 五洋建設株式会社 北陸支店（950-8501 新潟県新潟市東大通2-5-1）

³前田建設工業株式会社 本店（102-8151東京都千代田区富士見2-10-26）

⁴正会員 五洋建設株式会社 技術研究所（〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町1534-1）

キーワード：推進, 立坑, 上向き, 作業空間, 安全性

1. はじめに

北陸電力株式会社では、電力の長期安定供給を図るため、現在、能登半島に位置する志賀原子力発電所において、2006年3月の営業運転開始を目指し2号機の増設工事を進めている。

2号機の取放水路は、海岸などの自然環境の保護や温排水拡散範囲の抑制などを考慮し海底トンネル形式としている。このうち放水路は、発電所から延びる1条の海底トンネル（本坑）が途中で2条の水平坑に分岐（分岐坑）し、さらにそれが海底面に設置された2つの放水口に立坑で繋がる構造となっている。この度、立坑工事において、立坑上部の海上作業スペースを用いず、トンネル内から掘削し、良好な施工結果を得たので報告する。

2. 工事概要

本工事は、海底岩盤内の分岐坑と海底に設置した放水口ケーソンとを結ぶ高さ約21mの立坑構築工事であり、施工位置を図-1に示す。

従来、立坑の施工においては、海面上まで伸ばした仮設ケーソンを海底に設置し、ドライアップした後、ケーソン内部から立坑周辺部へ止水注入し海底下のトンネルまで下向き掘削により構築していた。しかし、2号機立坑工事では、仮設ケーソン及び海上作業設備を省略し、限られた放水口内部の作業スペースを効率的に利用することで放水路分岐坑と放水口ケーソンを連絡する立坑を全て海底下で構築するという前例のない工法を採用した。

トンネル経過地の地質は、安山岩および凝灰角礫岩からなり、岩石試験による一軸圧縮強度は、15～150N/mm²の広範囲にわたり、透水係数は10⁻³～10⁻⁴cm/secのオーダーである。掘削は、このように岩相が変化に富む岩盤を対象に実施している。

立坑構築工事は、①立坑周辺岩盤の止水注入をトンネル内から上向きに実施、②分岐坑先端部から推進方式による上向き推進機を使ってケーソン下端ま

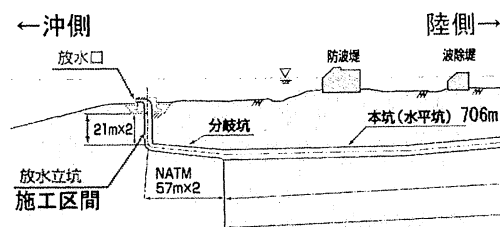


図-1 施工位置（放水路断面）

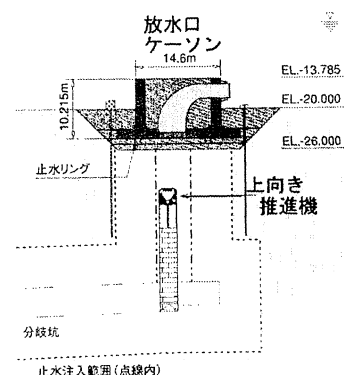


図-2 施工概要（作業導坑掘削）

でφ2.4mの作業導坑を掘削、③NATMによってφ6.0mに拡幅しながら立坑を掘削、④覆工コンクリートを打設、の順序で施工する。この内②の図-2に示す作業導坑の切り上がり掘削を本工法にて施工した。

3. 推進機概要

本工法で使用した推進機を写真-1に、仕様を表-1に示す。本機のカッターヘッドには18個のディスクカッターを装備するとともに、機内には掘削制御用の方向制御ジャッキ、ローリングストッパを装備している（図-3参照）。掘削の排土は、設備の簡素化を図り、中心部に排土管を装備した。ただし、排土管上部にゲートを2段配置し、その開閉操作により湧水量の増加、地山の緩みにも対応できる構造とした。また、推進機外周に2段のシールを配

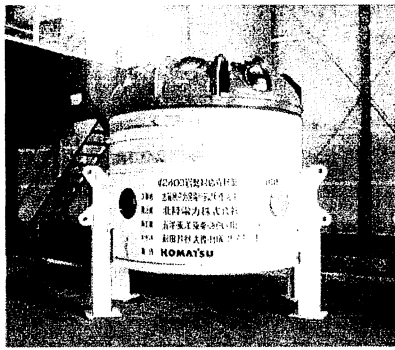


写真-1 推進機外観

本 体			
外径 × 本体長	φ2400mm×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
フロントリッパジャッキ	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

表-1 推進機仕様

置し、導坑到達時にはケーソン基礎コンクリート内で外部からの湧水を遮断できる構造とした。

また、推進用の元押しジャッキは発進架台に装備されており、セグメントの組立は発進架台上で行うこととした（写真-4参照）。

4. 施工実績

施工は、①初期掘進5リング（2.5m 地山掘削前の空掘進）、②掘進1リング0.5m（写真-2参照）、③セグメント1リング組立（写真-3参照）、④裏込め材注入（数リングごと）、以下②-③-④の手順を繰り返し行い、計46リング約21mの掘削（地山掘削は41リング）を南北2本行った。一日あたりの平均掘進数は、5～6リング（2.5～3.0m）であった。1リングあたりの掘進所要時間は約40分、セグメント組立所要時間は約50分であった。

本工事においては、止水注入の効果で漏水がほとんどなかったことから排土管ゲートを常時開放とし、掘削した土石は排土管内を自由落下させ機外に排出した。

5. 施工管理

本工法の施工管理は、元押しジャッキのストローク・伸長スピード・推力管理、カッタヘッドの回転速度・回転方向・トルク管理、推進機本体および

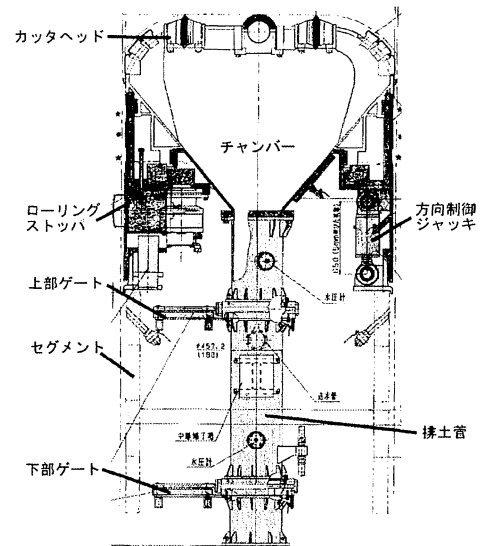


図-3 推進機概要

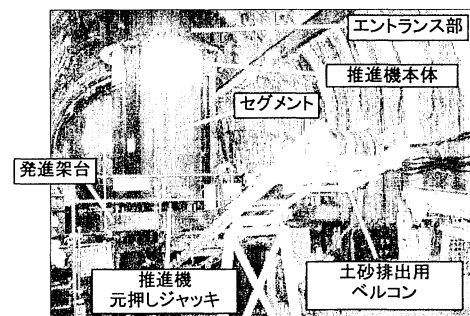


写真-2 施工状況（掘進中）



写真-3 セグメント組立状況



写真-4 元押しジャッキ設置状況

セグメントの傾斜管理により行った。

最終出来形は、ほぼ設計どおりであり、導坑掘削として十分な精度を達成した。

6. おわりに

今回、上向き推進工法を採用することにより海底下における導坑掘削の施工性と安全性の向上を図ることが出来た。また、狭隘な作業スペースでの本工法の有効性を確認した。これは、立坑用地の確保が困難で、さらに、近隣住民への騒音・振動や交通渋滞の防止が必要な近年の都市土木においても、地上の工事を最小限・短期間に抑え住環境への影響を抑止することが十分可能な工法と考えている。

なお、この立坑工事は、五洋・東洋・東亜・みらい共同企業体が、放水路を施工する前田・熊谷・大豊・真柄共同企業体の協力を得て施工した。最後に放水立坑の施工にあたりご指導、ご協力を頂きました関係各位に、紙面をお借りして厚くお礼申し上げます。