

鹿島火力発電所 7号系列増設工事に伴う取水管用 3 連推進トンネルの施工

～既設放水路下を横断する 3 連推進トンネルの設計および施工概要～

1. はじめに

茨城県神栖市に位置する東京電力（株）鹿島火力発電所では、東日本大震災後、安定供給のため緊急設置電源としてガスタービン発電設備を設置し、現在は、コンバインドサイクル発電設備化工事（7号系列：最大出力 124.8 万 kw（41.6 万 kWh×3 軸））を実施中である。土木工事は、ガスタービン発電設備工事、コンバインドサイクル発電設備化工事の一連の増設工事において、復水器冷却用水路、電気洞道、配管架台基礎、排熱回収ボイラ等の構内輸送用の大物搬入路を建設してきた。本稿では、復水器冷却用水路工事における 3 本の取水管用の推進トンネルを供用中の放水路開渠下部に近接施工した際の計画と施工概要を報告する。

2. 工事概要

復水器冷却用水路工事における推進工は、泥土圧工法により内径 2,200mm の推進トンネルを 5 本構築するものであった。マシン外径 $\phi 2,600$ の推進機で供用中の放水路開渠下部に延長 64m の水平に併設する 3 本のトンネルと開閉所前の高圧ケーブル下に延長 256m の水平に併設する 2 本のトンネルを元押し工法で厚さ 190mm のヒューム管で覆工した。本編ではこのうちの放水路開渠横断面における推進工について述べる。表 1、図 1 および写真 1 に工事概要、工事位置、全景写真を示す。

今回工事では、供用中の火力発電所（440 万 kW）の設備に近接するため確実性が要求された。当初計画では 1 台の推進機で 5 本のトンネルを掘削する予定だったが、工事全体の工期も過去にない短工期であったことや先行着手した高圧ケーブル下部の推進工が難航したことから、工程遅延リスクを軽減するため、放水路開渠横断面は推進機を別途準備し、工程を前倒しして着手した。放水路開渠横断面の推進工（3 本）は先行着手した高圧ケーブル下部の推進工時に確認された諸問題を改善してから着手し立坑工事を除いて 5 ヶ月弱で完了させた。

表 1 工事概要

工事概要
【推進工 施工総延長：704m】 ・放水路開渠横断面（192m=64m×3本） 推進機：外径 2,600mm，機長 1=3,700mm 覆工：ヒューム管：81リング=27リング×3 内径 $\phi 2,200$ ，厚さ $t=190$ mm，幅 $B=2,430$ mm ・高圧ケーブル下部（512m=256m×2本） 推進機：外径 2,610mm，機長 1=3,212mm 覆工：ヒューム管：212リング=106リング×2 内径 $\phi 2,200$ ，厚さ $t=190$ mm，幅 $B=2,430$ mm

キーワード：鹿島火力発電所，推進工，近接施工，併設
連絡先：近藤 浩二郎，古川園 健朗，安田 浩二

大成建設株式会社 正会員 ○近藤 浩二郎
東京電力株式会社 正会員 古川園 健朗
東京電力株式会社 正会員 安田 浩二

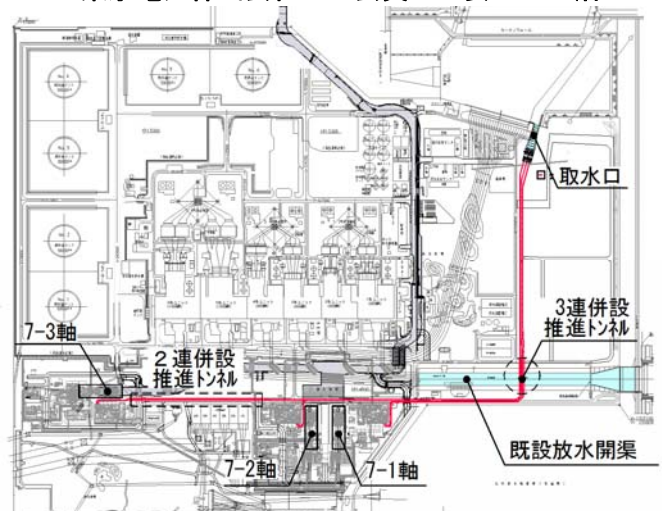


図 1 工事位置図（平面図）



写真 1 放水路開渠横断面全景写真

3. 工事計画

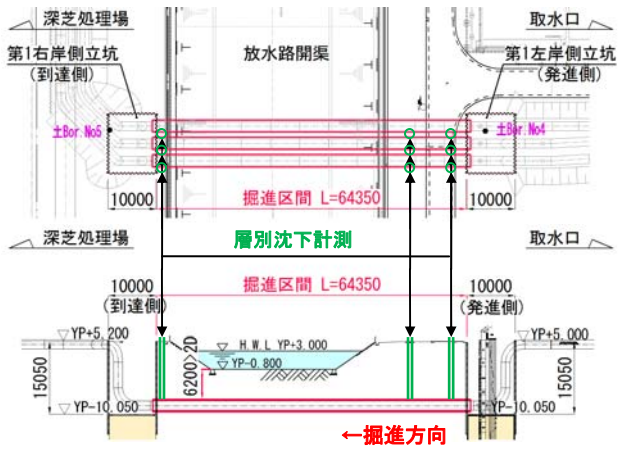
放水路横断面の水平に併設する 3 本のトンネルは、技術的な以下の点に着目して計画した。

- ① 信頼性の高い工法および発進到達防護方法を選定する。
- ② 供用中の放水路を損傷させない離隔とする。
- ③ 併設する 3 本のトンネル施工時の影響を考慮した設計計画とする。
- ④ 鹿嶋地区特有の均等係数の小さい砂質地盤を考慮した工法，仕様および施工管理とする。

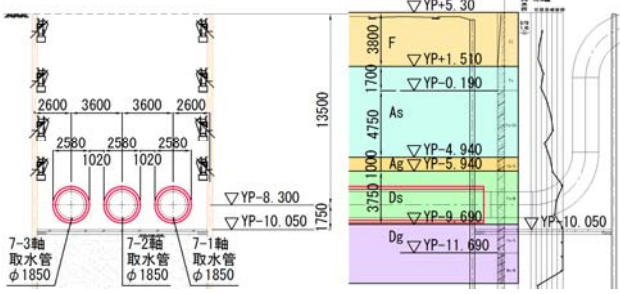
安全性・品質・工程・経済性をバランスよく立案するため当該地盤の土質調査，既設放水路の健全性を綿密に調査することから着手した。トンネル延長は 64m と比較的短いことから，両立坑の近傍でボーリング調査を行って地盤条件を設定した。当初はトンネル土被りを一般的な基準である 1.0～1.5D を目安に放水路開渠との離隔 3.0m として計画していたが，当該地盤は計画線形の上半が貝殻混りの細砂，

下半が砂礫混りの粗砂で構成された沖積層であり、均等係数も $U_c=2.0$ 程度の崩壊性の高い地盤であることが確認された。併設するトンネルに作用する土圧は、単円のトンネル施工時とは異なり緩み土圧の範囲が重なり全土被り作用するという知見もあることから、FEM による逐次掘削解析を実施し、既設放水路開渠への影響解析を行ってトンネル深度を沖積層にしたケースと洪積層にしたケースとを比較検討した。沖積層を掘削した場合は既設放水路開渠に最大 20mm 弱の変状が確認され、洪積層の場合は最大 15mm 程度まで変位が抑制された。

既設放水路は昭和 40 年代に構築されており東日本大震災時に津波の影響も受けていることから、コンクリートスラブの潜水調査を行った。結果、一部に損傷も確認され無対策でトンネル掘削した場合、緩み範囲の土砂が吸い出されるリスクが確認された。放水路下部の地盤改良は技術的にも工程的にも難しかったため、構造物の重要度を勘案し、今回工事におけるトンネル深度は洪積層内の土被り 0.5D を確保した線形に変更した。



図—2 放水路開渠横断面部平面図・縦断面図



図—3 放水路開渠横断面部断面図・土質柱状図

4. 計測管理

解析条件や土中の不確定要素を補填するため、立坑と放水路の間の各トンネルの線形上に層別沈下計を設置して初期掘進時の地盤変状を計測し、放水路下部の掘進前に影響解析結果とフィッティングして同解析を裏付けした。推進工は 7-2 軸、7-1 軸、7-3 軸の順で施工した。掘進時は管理値を設定して情報化施工により管理したが地盤沈下量は予測値未満となり、最大沈下量は中央の 7-2 軸位置が最大で 7-3 軸、7-1 軸の順となった。最後に掘削した 7-3 軸は先

行して掘削された 2 本のトンネルによる当該部の沈下量が累積された結果となり、影響解析と同様の傾向が確認された。以下に FEM 解析による地表面の沈下予測値と実績値の結果を示す。

表—2 地表面沈下予測値と計測値の結果(最大)

	7-3 軸	7-2 軸	7-1 軸
沈下予測値	-12.6mm	-14.8mm	-12.5mm
沈下計測値	-10.0mm	-12.0mm	-6.0mm
差	-2.6mm	-2.8mm	-6.5mm

5. 工事概要

掘削機は固結した砂質地盤に適用するため面盤の開口率を 40→49%に改造し、チャンバー内には攪拌棒を増設した。また線形を深くし高水圧になったため、発進到達防護の補助工法には万全を期した。エントランスパッキンは二重とし、発進到達部の土止鋼矢板の背面は厚さ 1.6m の高圧噴射改良を行い、土止の変位による湧水を防止するために外周に薬液注入を実施した。到達方法は立坑内に推進機を入れ込んで回収できるように鞘管方式を採用し、流動化処理土を充填して鞘管内に到達させて掘削機を回収した。ここで問題となったのは、発進到達防護の高圧噴射による地盤改良強度が設計基準強度の 4 倍～6 倍発現していることがチェックボーリングで確認された。通常の仕様では切削困難と判断し、急遽シールド工事で使用した NOMST (切削可能な新素材の土止部材) ビットを推進機の先行ビットと交換してこの問題に対処した。以下に到達時の施工状況写真を示す。



写真—2 鞘管設置状況



写真—3 到達状況



写真—4 放水路開渠横断面部施工完了全景

6. まとめ

鹿島火力発電所は、昭和 40 年代に建設された発電所であり既設構造物の情報もないものが多く、計画時には想定していない問題も多く発生した。特に、鹿島地区特有の均等係数の低い貝殻混じりの細砂により推進機内設備のトラブルや地盤改良は苦勞した。今回の工事は、500 万 kW 以上の供給力がある発電所構内で進められたコンバインドサイクル化工事であり、関係者の方々から多大なご協力を賜り良い成果が得られました。ここに感謝の意を表します。