

海底シールドトンネル海上立坑への水中到達施工について

清水建設株式会社正会員 斧 申二 ○山田 健明

三菱日立パワーシステムズ株式会社正会員 西澤 亮総

石油資源開発株式会社 兼 福島ガス発電株式会社田中 友博

1. はじめに

当工事は、福島天然ガス発電所建設工事のうち、相馬港 4 号埠頭の発進立坑から北防波堤外側の到達立坑までの、海底下の放水路トンネルを築造するものである¹⁾。本トンネルは、発電所の温排水の再循環を防ぐ目的で、温排水を相馬港外へ導水するものであり、泥水式シールド工法（セグメント外径φ4.6m、内径φ4.0m）で海底を延長L=1,371.3m掘削した。到達立坑は海上に設置された立坑であるため、シールド到達時の出水対策に万全を期すため、到達立坑内に水を張り水中到達を行った。本稿では、シールド到達部における施工について報告する。

表-1 工事概要

工事件名	福島天然ガス発電所建設工事 放水路シールドトンネル
施工延長	1371.3m
平面線形	最小曲線半径R=300m
縦断線形	最大勾配下り4.9%
シールド機	外径φ4.74m機長7.0m
形式	泥水式シールド
セグメント	外径φ4.6m 内径φ4.0m（桁高t=300mm） RCセグメント1048R 可とうセグメント1R

2. 施工上の課題と対策

(1) 工程確保

当工事では、発電所の通水工程を確保するため、シールドトンネル工事が工程上のクリティカルパスとなっていた。そのため、工程確保の方策の一つとして、到達立坑からシールド機を解体せずに立坑内に引き入れたままの状態で行き上げ、その後、地上に仮置してから解体する、「シールド機の一体化撤去」を実施することとした。

(2) 到達部出水対策

海上到達立坑部の施工条件は、トンネルの土被り 6.75m、シールド掘削地盤は N 値 3～6、粘着力が 85kN/m² のシルト層で、水圧 0.23MPa の条件下であった。また、海上立坑のため、海上輸送の制約など突発的な変更に対応ができない条件下であった。到達立坑壁のシールド通過部には、鏡切作業を必要とせず、シールド機のカッタビットにて切削可能な FFU 部材を設置した。到達立坑部の止水対策として地盤改良を検討したが、①高圧噴射攪拌工は、地盤の粘着力が 85kN/m² と高く、改良径が確保できない②薬液注入は、割裂注入となり止水効果が期待できない③高圧噴射攪拌工や薬液注入は海洋汚染の懸念と、海上から施工が難しいなどの理由により実施しなかった。地盤改良以外での出水対策として、到達立坑に予め水を張った状態でシールド機を到達させる水中到達施工を実施した。

到達立坑排水時の止水対策としてチューブ式パッキンの到達坑口金物を設置した。チューブ式パッキンは、ゴムパッキン外側に設置したチューブにエアーを送り膨らませることにより、ゴムパッキンをセグメントに押し当てて止水する構造となっている。水中での操作が不必要となり、地上の操作だけで施工が可能である。

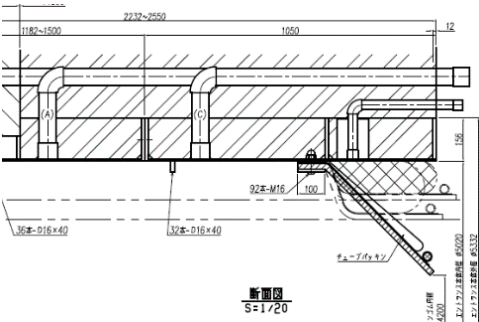


図-1 チューブ式パッキン

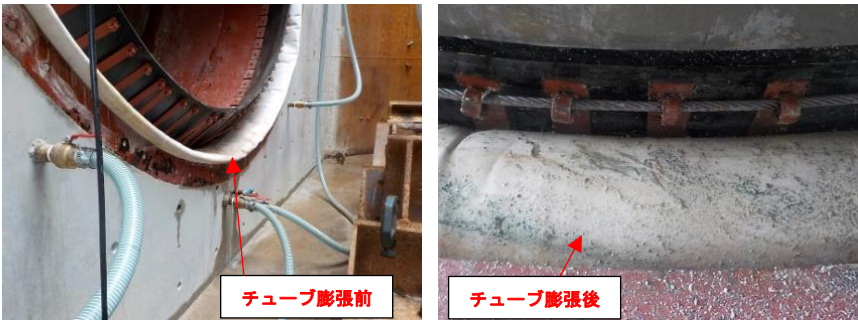


写真-1 チューブ式パッキン取付

キーワード：海底下シールドトンネル、水中到達、チューブ式パッキン

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2 丁目 16-1 清水建設株式会社土木技術本部シールド統括部 TEL 03-3561-3892

3. 水中到達の施工

(1) 準備工

立坑内への注水開始前, 到達部にチューブ式パッキンの到達坑口金物, シールド受台および施工状況を地上から監視する目的で水中カメラを設置した。

(2) 到達精度の確保

シールド機が到達する約 300m 手前の位置で, ジャイロ測量によりシールド機の位置測量を行った。その結果から, 計画線形の修正を実施し, 30m 手前まで掘進を行った。その位置で再度確認測量を行い, 到達精度 30mm 以内を確保するように鉛直・水平偏差に注視し慎重に掘進した。立坑壁切削に先立ち, 到達立坑内に海水を立坑周囲の海水位 (L. W. L) まで注水した。その後, 到達立坑壁切削を開始し, カッタビット先端が壁を 50mm 貫通後にシールド機先端位置を潜水土が確認した。また, カッタフェイス全面貫通後, シールド機の位置および坑口金物の損傷の有無を潜水土により確認した。

(3) FFU 切削片の対策

FFU 切削時に発生する FFU 片で排水ポンプを閉塞させないように, 切削片を回収する箱をシールド機内に設置した。また, 到達立坑壁切削中は, 水中カメラの常時監視と, 潜水土の定期的監視を行い, 掘進速度 1~2mm/min で慎重に掘進した。

(4) 立坑壁切削完了後

立坑壁切削完了後, エントランス内の切削ガラ等を潜水作業で除去し, シールド機のテールブラシがパッキンを通過するまで空推進を行った。その後, チューブ式パッキンを作動させ, 裏込め注入を行った。裏込め注入は, 立坑内への流入を防ぐため, ゲルタイムを早く, 注入速度を遅くして実施した。

(5) 立坑内排水

チューブ式パッキンの作動状況, 裏込めモルタル充填確認後に立坑内の排水を実施した。立坑内排水時は, 2.5m の水位低下毎に排水作業を一時停止して, 復水の有無を確認した。また, 10m, 15m, 20m の水位低下時には, 1 時間復水の有無を確認したが復水はなかった。

(6) シールドマシン引き上げ

チューブ式パッキンのエアをモルタルに入れ替え, 坑口止水状況を確認後, シールド機を空推進し, セグメントから切り離しシールド機吊り上げ位置まで移動させた。吊り上げ位置まで空推進完了後, 牽引ビーム, 電源ケーブル, 油圧ホース等をシールド機から切り離し, 海上から 550t 起重機船でシールド機本体 (約 140t) を吊り上げ, 搬出した。その後, 到達立坑内のシールド受台を撤去した。到達立坑金物は, 撤去時の出水トラブル回避のため撤去せずに, 放水口設置後に中詰コンクリートを打設して埋設した。

4. 施工結果

到達精度 30mm 以内を確保し, 出水トラブルなく, 令和元年 6 月 22 日にシールドマシン引き上げを完了した。また, 同年 8 月 1 日に到達立坑内設備撤去を完了し, 予定通り通水工程に引き継いだ。

5. おわりに

本工事のシールド到達施工は, 海上立坑部であり, 工程確保や出水対策のため, 水中到達施工および「シールド機の一体化撤去」を実施した。今回の施工が類似するシールド工事において参考になれば幸いである。

参考文献

1) 山田 健明, 浅田 直宏, 田中 友博ら: 福島天然ガス発電所・海底シールドトンネル工事 長期的な水圧の回復を考慮した沖積粘性土におけるセグメントの設計, 電力土木, No. 405, 2020. 1

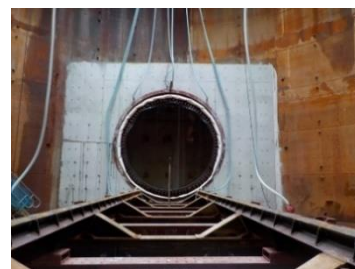


写真-2 準備工完了後状況

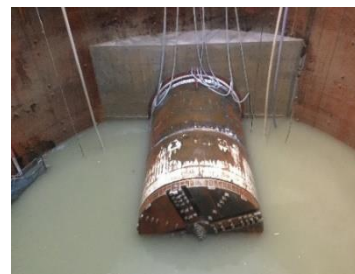


写真-3 排水状況



写真-4 排水完了後状況



写真-5 マシン引き上げ