

放水路トンネルの設計

—石狩湾新港発電所 1号機新設工事のうち土木本工事（第3工区）工事報告（その7）—

北海道電力(株) 石狩湾新港火力発電所建設所 正会員 齋藤 寿秋
 北海道電力(株) 石狩湾新港火力発電所建設所 ○正会員 畠田 大規
 鹿島建設(株) 正会員 小坂 琢郎
 鹿島建設(株) 正会員 寺西 弘一

1. はじめに

北海道電力(株)では、LNGを燃料とした石狩湾新港発電所1号機の建設を鋭意進めており、そのうち第3工区では、復水器冷却水を沖合に放出する一連の放水設備（放水路蓋渠、放水路立坑、トンネル、放水口）を構築中である。放水路トンネルは、放水路立坑と海底放水口を結ぶ延長1,045m、内径4.7mの内圧型トンネルであり、0.4MPaが作用する石狩湾新港海底下を泥水式シールドで構築するものである。本報告では、放水トンネルの設計概要について報告する。

2. トンネル縦断線形

放水路トンネル縦断図を図-1に示す。①シールド発進、到達部は、液状化の影響を受けず、掘削コストの低減、作業リスクの低減が図れるAc2層とすること、②一般部は、セグメントに負荷がかかる軟弱粘性土部を避け、安定したDs1層を通過する方針とし、北防波堤からの離隔1.5D（D:掘削外径）以上を確保する線形とした。

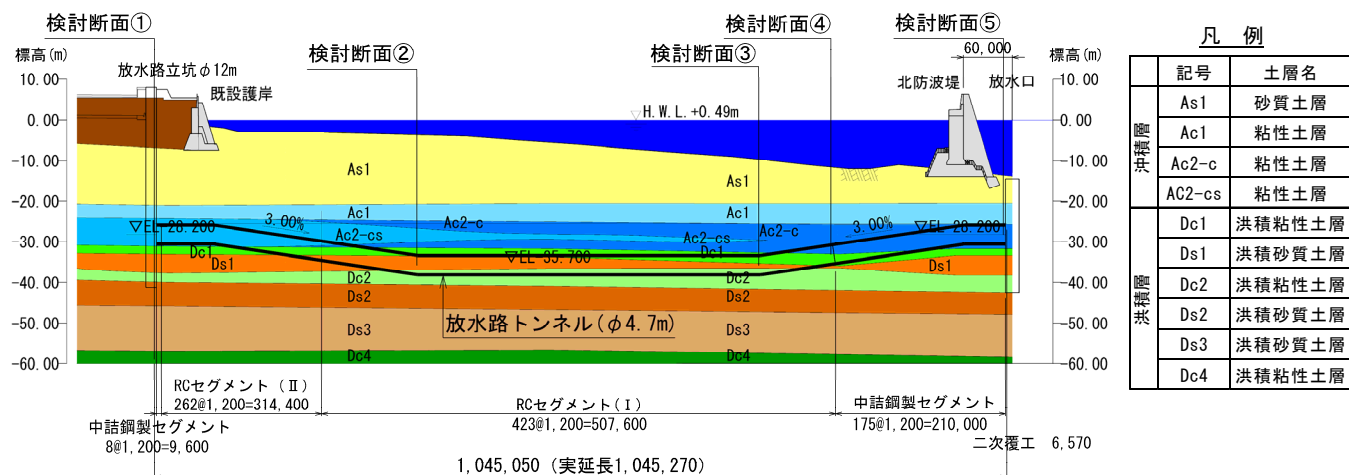


図-1 シールド縦断図

3. 覆工構造

安定地盤Ds層、Dc層を通過する区間にはRCセグメントを、軟弱なAc層区間を通過する発進、到達部には高耐力のコンクリート中詰め鋼製セグメントを適用した。RCセグメントを写真-1に示す。RCセグメントのリング継手にはエレクタで押し込むだけで組立できるピン式継手（DS (locked Disk Spring) 継手）（図-2参照）を採用した。また、セグメント継手には、コーンコネクター継手（D22タイプ）を採用し、完全ボルトレスとした。これによって、ボルト締結作業が不要となり、施工時の安全性、長期耐久性が向上した。なお、シールド材は内外面の2段配置とした。

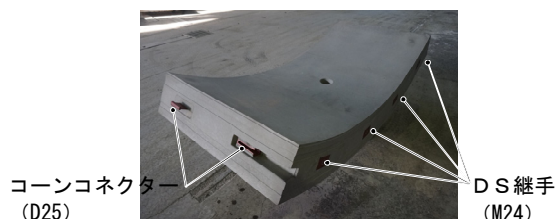


写真-1 RCセグメント

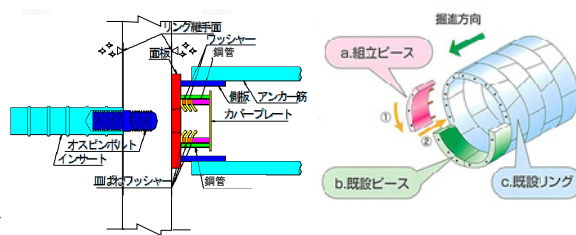


図-2 DS継手構造

キーワード 海底シールド、内圧トンネル、ボルトレス、コーンコネクター、DS継手

連絡先 〒061-3271 北海道小樽市銭函5丁目192-1 北海道電力(株) 石狩湾新港火力発電所建設所 TEL011-772-8623

4. セグメントの設計

(1) 検討ケース

検討ケース一覧を表-1に示す。セグメントの設計では、1)常時、2)地震時の供用時、3)施工時の検討を行った。

(2) 検討モデル

はりばねモデル概念図を図-3に、荷重・荷重モデルを図-4に示す。横断方向の検討では、セグメントを梁に、セグメント継手を回転ばねに、リング継手をせん断ばねにモデル化し、セグメントリング外周には地盤ばねを考慮した。検討断面としては、図-1に示す①放水路立坑接続部、②セグメント境界部、③放水路トンネル最深部、④セグメント境界部、⑤放水口接続部の5断面とした。また、1)常時、2)地震時の供用時は内水圧が作用する。

各検討断面の土質条件を表-1に示す。土圧の算定に関しては、シールド通過部およびその周辺の土質や土層厚を考慮し、5断面のうち、断面①～④は土水分離、断面⑤は土水一体とした。なお、2)地震時の検討は、応答変位法により行った。横断方向の検討では、地震時地盤応答変位荷重、慣性力を考慮した。また、縦断方向の検討では、「土木研究所資料大規模地下構造物の耐震設計法・ガイドライン(案)(建設省土木研究所)」に沿って検討を行った。

(3) 安全に対する検討・検証

平成24年7月および8月に、国土交通省と厚生労働省よりシールドトンネルの設計・施工の安全性向上に関する注意事項¹⁾²⁾が公表された。これを受けて、本工事の設計においては、以下に示す検討・検証を実施した。

- ①セグメント形状寸法と既往の実績との比較
- ②Kセグメント リング継手目開きの検討
- ③裏込め注入時期、位置、硬化過程を考慮した多リング梁バネモデルによる検討
- ④ジャッキ推力に対する検討(テールクリアランス分の偏心を考慮)

特に②に関しては、セグメント組立中においてもジャッキで常にKセグメントを押えられる「6等分割」セグメントを採用するとともに、掘進後のテールにおけるセグメントの「かかり代」を十分確保してセグメントのフープ圧縮力を低く抑え、既組立リング(n-1リング)のKセグメントが安定するよう配慮した。

Kセグメントとジャッキの関係を図-5に、テールにおけるセグメントのかかり代を図-6に示す。

5. おわりに

以上、放水路トンネルの設計概要を報告した。シールドは2016年6月に発進予定である。

【参考文献】 1)国土交通省(平成24年7月23日):シールドトンネル施工技術安全向上協議会・中間報告 2)厚生労働省 労働基準局(平成24年8月6日):シールドトンネル施工に当たっての留意事項について

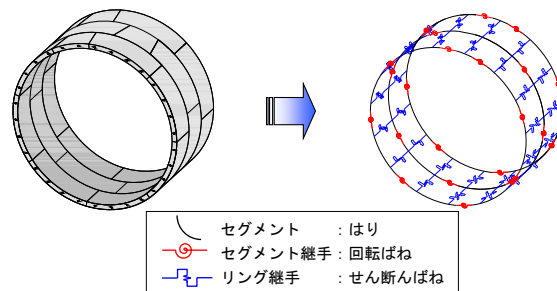


図-3 はりばねモデル概念図

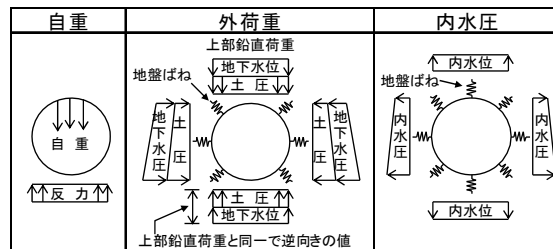


図-4 荷重モデル図

表-1 各検討断面の土質条件

検討断面	主要通過土層	N値	土水の扱い	鉛直土圧	地盤反力係数 k (MN/m ³)	側方土圧係数 λ
①	Ac2-cs	12	土水分離	全土被り 荷重	10	0.55
②	Ds1	39	土水分離		30	0.45
③	Dc1	8	土水分離		10	0.55
④	Dc1	8	土水分離		10	0.55
⑤	Ac2-c	4	土水一体		5	0.65

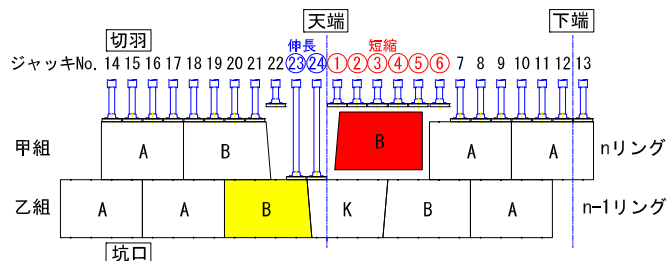


図-5 Kセグメントとジャッキの関係

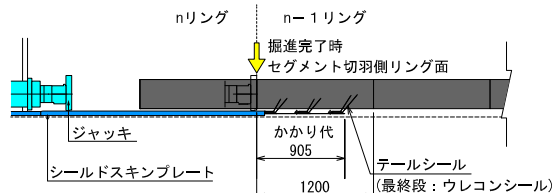


図-6 セグメントのかかり代