

V-10 東通原子力発電所第1号機新設工事における放水路導流堤の設計ならびに施工について

東北電力株式会社 正会員 O小崎 力, 大内一男

1. はじめに

東北電力備東通原子力発電所における復水器冷却用水の放水については、ケーソン式混成堤の放水口護岸から水中放水する方式とし、敷地護岸から放水口護岸区間については、2列の鋼管矢板によって構成された開渠型の水路（放水路導流堤）構造としている。放水路導流堤工事には、鋼管施工に関して精度・施工速度に優れた自己昇降式台船（SEP）を採用し工事を実施したものである。今回は、放水路導流堤工事における鋼管矢板の設計ならびに施工について報告するものである。

2. 構造について

放水路導流堤は、上部は鉄筋コンクリート、下部は自立式鋼管矢板とし、鋼管矢板の基礎は岩盤に打ち込む構造とした。継手部には、放水路内部の温排水と港湾内の海水とを遮断するため、止水ジョイントを施工し、水密性を確かなものとした。

放水路の海上部については、開渠

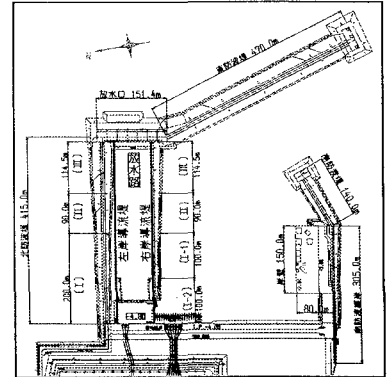


図-1 東通専用港湾平面図

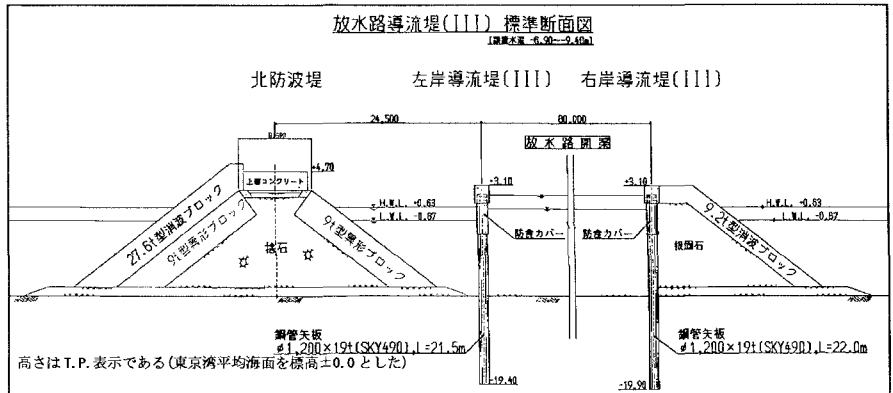


図-2 放水路導流堤断面図

案と暗渠案との構造比較検討を実施し、将来の増設号機までを考慮した工事費の経済性から鋼管矢板による開渠案を採用している。構造の詳細については、二次元造波水槽による水理模型実験の結果により決定している。放水口が有孔ケーソンであるため港外側からの伝達波により導流堤内の水位が変動するため、ケーソン形状については「台形ケーソン上部斜面後部バレット型」を採用し、バレット構造については、越波実験結果から伝達波および越波による放水路開渠内の水位上昇と放水路の機能確保のため導流堤の天端高さをTP+3.1m以下となるようにしている。

なお、両側を鋼管矢板に挟まれた放水路開渠内部については、自然海底面としているため冷却用水の流速により底面が洗掘され、放水路構造物や開渠側壁などの安定性に影響を及ぼすことが予想されたため、放水路開渠内に生ずる3次元流動の数値シミュレーションを行い、海底砂面変形を数値予測し、床固石の施工による保護を行っている。

3. 設計

表-1 鋼管矢板緒元 左岸部

項目	左岸導流堤(1)		左岸導流堤(2)		左岸導流堤(3)	
	高さ前	高さ後	高さ前	高さ後	高さ前	高さ後
外径(mm)	900	799.7	1,000	999.2	1,200	1,199.20
内径(mm)	8	8.6	14	13.6	19	18.6
断面二次モーメント(cm ⁴ /m)	200×10 ³	191×10 ³	499×10 ³	475×10 ³	961×10 ³	940×10 ³
断面係数(cm ³ /m)	4,990	4,790	9,750	9,510	16,000	15,700
砂層埋分(m)	0.408	0.408	0.324	0.326	0.272	0.276
砂層埋分(m)	0.46	0.465	0.368	0.37	0.31	0.312
鋼管矢板下端高(T.P. m)	116.2		99.4		97.3	
鋼管矢板下端高(T.P. m)	-11.90		-15.90		-19.40	

表-2 鋼管矢板緒元 右岸部

項目	右岸導流堤(1-1)		右岸導流堤(1-2)		右岸導流堤(1-3)		右岸導流堤(2)	
	高さ前	高さ後	高さ前	高さ後	高さ前	高さ後	高さ前	高さ後
外径(mm)	900	899	1,200	1,199	1,000	999	1,200	1,199
内径(mm)	9	8.9	14	13.6	19	18.6	19	18.6
断面二次モーメント(cm ⁴ /m)	258×10 ³	246×10 ³	813×10 ³	794×10 ³	499×10 ³	475×10 ³	961×10 ³	941×10 ³
断面係数(cm ³ /m)	5,690	5,440	12,800	12,250	9,750	9,510	16,000	15,700
砂層埋分(m)	0.38	0.385	0.285	0.297	0.274	0.276	0.272	0.276
砂層埋分(m)	0.432	0.437	0.324	0.326	0.27	0.271	0.21	0.212
鋼管矢板下端高(T.P. m)	193.4		174.1		135.4		111.1	
鋼管矢板下端高(T.P. m)	-11.90		-15.40		-15.90		-19.90	

(1) 設計波

放水路導流堤は図-2に示すとおりであり、左岸部の設計波については北防波堤（捨石式傾斜堤）からの伝達波とした。波圧強度は、「広井式」により算定した。右岸部の設計波は、港口からの回折波、反射波および伝達波を考慮した港内静穏度解析を実施し算出した。波圧強度は、消波ブロックによる波圧低減を考慮した「森平式」によ

り算出した。

(2) 応力照査および根入れ長の検討

応力照査は「チャンの式」によるものとし鋼管矢板の必要断面は、10%の腐食代を考慮し諸元を決定した。根入れ長については、鋼管矢板下端が仮想海底面下 $3/\beta$ 以深となるように設定した。鋼管矢板の諸元、曲げ応力度および下端高を表-1、2に示す。

4. 施 工

鋼管矢板の施工にあたっては自己昇降式台船（以下 SEP：self elevating platform という）を使用した。SEPの特徴として、長所は、船体四隅のスパッドで固定出来るため、自己昇降装置により波浪の影響がないように海面上に船体を上昇させ作業時の安定を保つようになっており稼働率が高く施工性に優れる点である。短所は機械経費が高い点である。当該工事では鋼管矢板の施工規模が大きく港湾全体工程への影響があるため、施工性により SEPを採用することとした。

悪天候時においては海面上に船体を上昇させることで港内に待機できる様、SEPの作業条件として有義波高=1.0 m（通常の作業船では、0.4m）とした。工事中は、泊地の浚渫工事が実施され資機材の入港船も頻繁であることから狭いエリアでの施工にはアンカーの必要が無い同工法が十分に能力を発揮した。

当該工事で使用した SEP は、 $L=39m \times B=21m$ で、昇降能力 $550ton \times 4$ 基のスパッドを有しており、今回は特別仕様として移動式削孔用ドーナツオーガー（240 P S）と鋼管矢板打ち込み用パイプロハンマ（150 k W）ならびに 150 t on クローラクレーンを艀装した。これにより SEP の移動をせずに削孔作業と鋼管打ち込み作業の同時施工が可能となり、当初計画に対して約 2.5 倍の作業量を確保することができた。

鋼管打ち込み実績は一月当り 58 本/月、一日当りでは 5.5 本/日の実績となった。月最大は平成 13 年 12 月の 126 本/月、日最大は 12 月 17 日で 16 本/日であった。これは地質が軟岩で鋼管サイズも一様であったためである。

基礎岩盤別に分類すると左岸Ⅰ～Ⅲ、右岸Ⅱ～Ⅲの泥岩部では 5.3 本/日、右岸Ⅰ～Ⅱ凝灰角礫岩部では 6.9 本/日、右岸Ⅰ～Ⅰの安山岩溶岩部での基礎岩盤（一軸圧縮強度 $qu=75.59N/mm^2$ ）は非常に硬く作業能力が極端に悪くなり、1.1 本/日の実績となった。敷地護岸接続部の 1 本目の削孔は 9 日間を費やしている。この区間 $L=100m$ 、 $N=82$ 本だけで削孔用ケーシングの磨耗による取替えが 3 回、オーガーヘッド・ビットの修理交換が 3 回、削孔用モーター交換 1 回を実施している。

鋼管の打ち込みは、削孔壁面に崩壊し近傍の矢板が移動することが予想されたためケーシング引抜時にモルタルを填充して周辺地盤の緩みを防止した。打ち込み施工管理では、特に矢板のジョイント部の施工精度を高めるため敷地護岸ならびに防波堤上部から測量機器により常時監視を行いながら鋼管の垂直管理を徹底した。

5. 止水対策

鋼管の継手処理は、特に止水性を要求されたことから継手部をウォータージェットで清掃し、事前に膨張止水材を塗布するとともに、内部にグラウトジャケットとモルタル注入管を挿入、鋼管矢板打ち込み後 SEP 上にプラントを設置しモルタル注入を実施した。膨張止水材については液状ウレタンシーラ材を採用している。採用に際しては鋼管ジョイントと同じ構造の模型を作成、耐水圧確認試験を行い膨張性能と止水性を確認している。

6. おわりに

東通原子力発電所 1 号機は、平成 10 年 12 月 24 日着工、平成 17 年 7 月の運転開始（BWR 出力 110 万 kW）に向けて鋭意建設工事を実施している。工事の進捗率は総合で約 67%（12 月末現在）となっており、港湾工事については、取水口カーテンウォール工事および放水路導流堤の根固石の施工ならびに消波ブロック据付を残すだけとなっている。今後は機械・電気工事が最盛期となるが「安全と信頼を重ね東通の大地に原子力の灯を」の合言葉のもと、建設工事の安全第一と地域との共存共栄を図りながら工事を進めているところである。

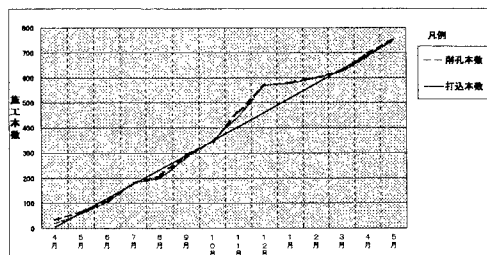


図-3 鋼管打ち込み累計実績グラフ