令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会

外洋環境における放水口の設計と省力化施工

清水建設株式会社　　正会員　○内田　加苗　本島　禎二　水澤　正和
三菱日立パワーシステムズ株式会社　　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

福島天然ガス発電所では、図-1 に示すように温排水を相馬港北防波堤外側の海底面に設置する放水口(マルチノズル)から放流する。本稿は海象条件が厳しい外洋での放水口施工において、海上での船舶による作業を極力抑えた施工法を計画し実施した。

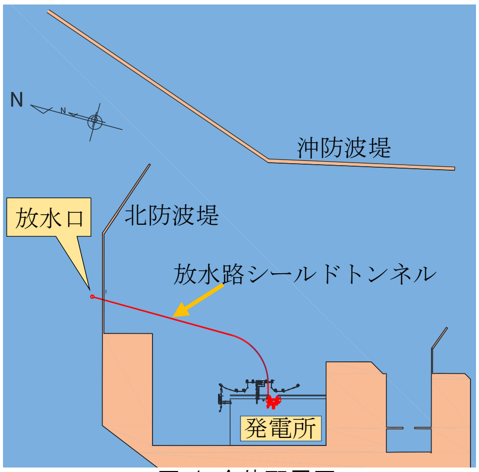

図-1 全体配置図

2．海象条件

相馬港は、「港湾土木請負工事積算基準」にて年間荒天日数が 169～192 日以下のランク 6 と設定されており、国内でも海象条件が厳しい地区とされている。図-2 に相馬港のナウファスの計測結果を示す。特に冬季において波浪条件が厳しくなる傾向にある。放水口は、図-1 に示すように背後に北防波堤があるが、波向きは北防波堤に対して 16° 程度と浅い角度で入射するため、北防波堤による波の反射の影響は考慮しないとした。

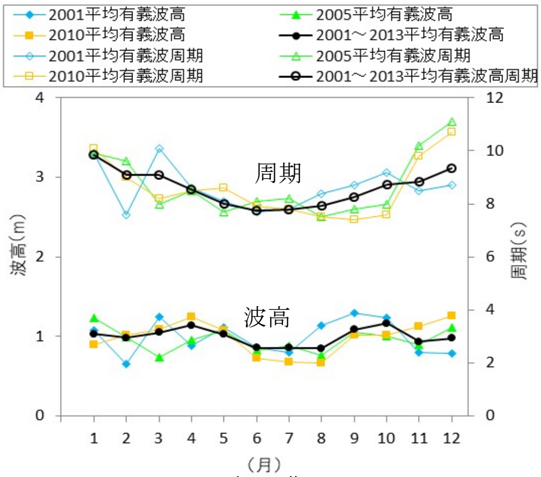

図-2 相馬港ナウファス

3．放水口設置用立坑の設計

放水口設置用立坑は海底放水路シールドトンネルの到達立坑を兼ねており、水深約 11m（DL-10.75m）の海底下に内径 18mの立坑を構築するものである。放水口設置用立坑の構造図を図-3 に示す。立坑は海底下の①～③リフトと、海中・海上部の④～⑥リフトの計 6 リフトから構成されている。到達立坑の構築にあたっては海象条件考慮し、ニューマチックケーソン工法を選定した。海上施工を省力化するため、陸上施工にて①～③リフト(壁高 18m：ケーソンを海底に設置した際に水没しない高さ)まで施工し、大型起重機船にて施工位置に運搬・据付を行う計画とした。その計画を受け、陸上で構築されるニューマチックケーソンは、大型起重機船の吊り性能に制限があるため、刃口並びにスラブ(1 リフト)はコンクリートを打設し、②～③リフトに関しては鋼殻で骨格のみとした。また、②～③リフトは鋼殻を強度部材として設計し、海上に据付後に即時コンクリートを打設できるようにした。仮壁は放水口設置後に撤去する仮設構造物ではあるが、外洋の波浪に耐えうるため、壁厚 1m で主筋が D41 の RC 構造とした。撤去時は仮壁と鋼殻部の切り離しが必要なため、鋼殻部と仮壁はタイロッドのみで接合し、撤去時はタイロッドを切断すれば仮壁が撤去できるような構造とした。

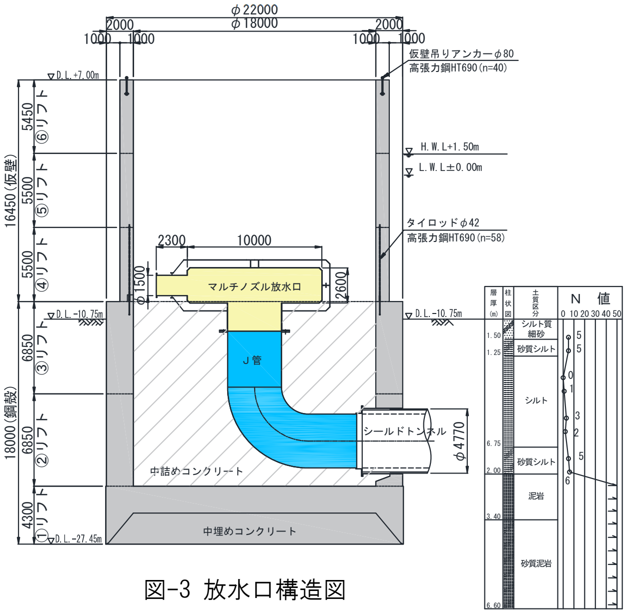

図-3 放水口構造図

キーワード　外洋工事、省力化施工、大型起重機船、

連絡先　〒104-8370　東京都中央区京橋二丁目 16-1　清水建設㈱　海洋プロジェクト室　ＴＥＬ03-3561-3898

© Japan Society of Civil Engineers

4．放水口の施工

放水口の施工フローを図-4 に示す。施工工程は現地の波浪条件をもとに、大型起重機船やクレーン台船等、作業船ごとに稼働率を算定(表-1)し、稼働率が比較的高い季節に海上工事をするように計画を立てた。

仮設作業用構台は 2 分割のジャケット工法とし、先行杭仮受方式にて施工を行うため、高精度な杭の打設が要求された。そのため、SEP 船にて、波浪の影響なく杭を打設することで、高精度（杭傾斜角±0.2° 以内）で杭の施工ができ、不具合なくジャケットレグとの接続ができた。約 3000t の陸上施工した鋼殻ケーソンの海上据え付けは、天候の影響にて 10 日ほど遅延したが、平面位置設計値(海底シールド法線に対する出入り)+60mm と高精度で据え付けすることが出来た。ニューマチックケーソンは、内部が空の軽い状態では波力によって構造不安定となるため、据え付け直後にケーソン内へ注水し安定を図った。その後、②～③リフトのコンクリート打設を行い、順次沈下掘削し仮壁を構築した。

ニューマチックケーソンの沈下掘削では、泥岩層の粘着力(ケーソンの周面摩擦力)が設計で想定していたよりも大きく、沈下関係から水荷重を増やすなどの対応が必要になった。所定の深度まで掘削が完了した後、放水路トンネルと J 管を接続し、マルチノズル放水口を設置した。J 管ならびにマルチノズル設置時は狭いケーソン内での作業であったため、作業構台に合図者を配置し、立坑内には人を配置せずに設置を行った。設備の据え付けの確認は無線遠隔カメラを用いて行った。常に波浪の影響で吊り荷が上下動する困難な据え付け作業であったが、出来形基準を満足する据え付け精度であった。

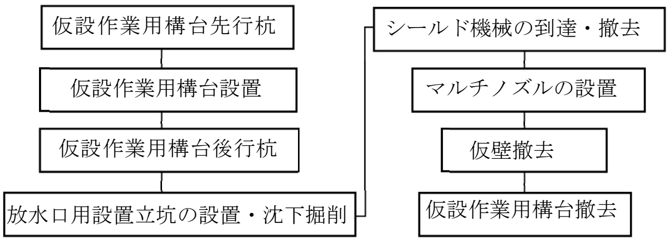

図-4　施工ステップ

表-1　工種別稼働率

主要工種	作業船	作業限界波高$H_{1/3}$	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
鋼管杭打設	自己昇降式（SEP）台船	1.3	0.94	0.94	0.99	0.99	0.99	0.95	0.95	0.95	0.84	0.84	0.84	0.94
鋼管杭打設時SEP移動	自己昇降式（SEP）台船	0.5	0.34	0.34	0.6	0.6	0.6	0.44	0.44	0.44	0.22	0.22	0.22	0.34
ジャケット据付・撤去	非航起重機船（固定）	0.5	0.34	0.34	0.6	0.6	0.6	0.44	0.44	0.44	0.22	0.22	0.22	0.34
ケーソン据付・仮壁撤去	非航起重機船（固定）	0.5	0.34	0.34	0.6	0.6	0.6	0.44	0.44	0.44	0.22	0.22	0.22	0.34
放水口ヘッド据付	非航起重機船（固定）	0.5	0.34	0.34	0.6	0.6	0.6	0.44	0.44	0.44	0.22	0.22	0.22	0.34
地盤改良	サンドコンパクション船	0.5	0.34	0.34	0.6	0.6	0.6	0.44	0.44	0.44	0.22	0.22	0.22	0.34
浚渫	起重機船（バケット装着）	0.5	0.34	0.34	0.6	0.6	0.6	0.44	0.44	0.44	0.22	0.22	0.22	0.34
砕石置換投入	起重機船（バケット装着）	0.7	0.62	0.62	0.86	0.86	0.86	0.69	0.69	0.69	0.47	0.47	0.47	0.62
砕石置換均し	潜水士船	0.5	0.34	0.34	0.6	0.6	0.6	0.44	0.44	0.44	0.22	0.22	0.22	0.34
洗堀防止ブロック据付	起重機船,クレーン付台船	0.5	0.34	0.34	0.6	0.6	0.6	0.44	0.44	0.44	0.22	0.22	0.22	0.34
ケーソン内掘削土積込・運搬	土運船	0.6	0.5	0.5	0.79	0.79	0.79	0.59	0.59	0.59	0.36	0.36	0.36	0.5
資機材搬入・撤去	起重機船,クレーン付台船	0.5	0.34	0.34	0.6	0.6	0.6	0.44	0.44	0.44	0.22	0.22	0.22	0.34

（月の欄：稼働率）

図-5　作業用仮設構台設置

図-6　鋼殻ケーソン設置

図-7　土砂搬出状況

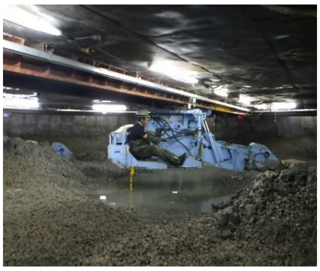

図-8　函内掘削状況

図-9　マルチノズル設置

図-10　設置完了

5．おわりに

海象条件が厳しい環境での放水口の施工であったが、海上作業省力化を目標に設計・施工が一つになり、放水口を完成させることが出来た。平成 30 年 4 月に工事に着手し令和元年 8 月に放水口が完成した。本工事期間中に、多大なるご協力を賜っております海事関係者や、本工事にあたりご指導を頂いております福島ガス発電所の皆さま、関係各位に厚く御礼申し上げます。

© Japan Society of Civil Engineers