

ケーソン自動注排水システムの活用事例について

東京土木施工管理技士会

あおみ建設株式会社

監理技術者

奥 濱 真 一[○]

Shinichi Okuhama

現場代理人

本 田 剛

Tsuyoshi Honda

担当技術者

黒 澤 寛

Hiroshi Kurosawa

1. はじめに

酒田港は、山形県の北部、日本海に注ぐ最上川の河口部に発展した港で、古くから日本海沿岸や内陸河川交通の要衝として発展してきた。国際または国内における海上輸送網の拠点となる港として重要港湾の指定を受けたことから、現在の本港地区において開発及び整備が計画的に進んでいる。

本工事は、酒田港及び酒田港に入出港する船舶の航行安全等のための防波堤築造を目的とする工事である。

工事概要

- (1) 工 事 名：酒田港本港地区防波堤（南）築造工事

- (2) 発 注 者：東北地方整備局 酒田港湾事務所

- (3) 工事場所：酒田市酒田港港内

- (4) 工 期：平成24年3月27日～
平成24年10月31日

- (5) 工事内容：

基礎捨石 11,925m³

（捨石本均し325m²、捨石荒均し1,928m²）

ケーソン据付 1 函（浮上～曳航～据付）

被覆ブロック12t型（製作128個・据付438個）

上部工 392m³

消波ブロック50t型（据付102個）

構造物撤去（根固ブロック41.7t 18個）

2. 現場における問題点

本工事のケーソン仮置場所（袖岡地区）およびケーソン曳航ルートである袖岡航路は計画水深が-7.5mであり、ケーソン吃水（7.22m）に対して余裕がない。航路の土砂堆積の状況によっては、海底地盤とケーソンの接触が懸念される。

また、ケーソン据付時の最上川からの流れ、潮流や外海からの波浪に対して、ケーソンの安定性（バランス）を確保することが重要であった。

ケーソン（H型）諸元

ケーソン形状寸法

13.0m (L) × 15.5m (B) × 13.0m (H)

ケーソン総重量 1,498.42t



図-1 施工位置

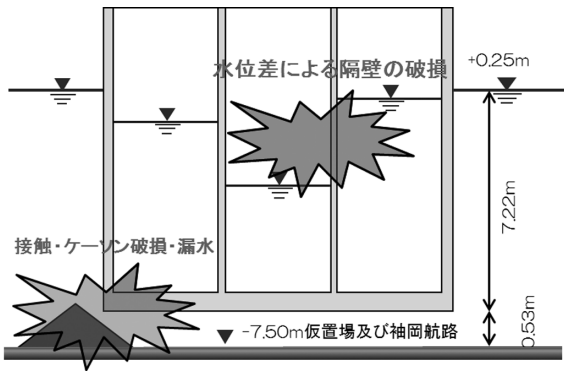


図-2 仮置場及び袖岡航路標準断面図（浮上・曳航時）

吃水 7.22m

浮心 3.61m

重心 5.20m

カウンターバラスト 10.0m³

浮遊時の安定（バラスト後）

$0.05D < MG$, $0.361 < 0.366$

ケーソン浮上および据付におけるケーソン桝内の注排水時の残水計測は、ケーソンの各桝内の水位を、作業員がレドにより計測を行いながら、水中ポンプを個別に手動で ON/OFF し、ケーソン注排水管理を行うのが従来の作業方法である。

このため、計測やポンプ操作でのヒューマンエラーにより、隣接するケーソン桝に水頭差が生じて隔壁に損傷をあたえる可能性がある。

また、ケーソン桝内の水位差によるケーソン傾斜で、仮置マウンド、袖岡航路及びケーソン底部に損傷を与える可能性がある。

3. 対応策と適用結果

(1) 対応策

ケーソンの排水浮上および注水据付にあたっては、各隔室間の水位差を1m以内として、浮上および据付を行う必要がある。

さらに、ケーソン着底時での偏荷重を防ぐとともに据付精度を向上させるため、水平を保って据付を行うことが重要である。

そこで、ケーソン浮上および据付に当社開発のケーソン自動注水制御システム（NETIS 登録番号：KTK-120002-A）を使用した。

ケーソン自動注排水制御システムは、主に前述のヒューマンエラーを排除することを目的に開発されたものである。

(2) ケーソン自動注排水制御システムの概要

ケーソン桝内に設置した深度センサーにより桝内の水位を自動計測し、リアルタイムで注排水量を制御用 PC（パソコン）で制御するものである。

- ・隣接する桝間の水位差が規定値以上にならないように、自動的にポンプを制御する。
- ・ケーソンの傾斜を監視し、ある規定値以上傾斜しないように、自動的にポンプを制御する。
- ・各桝内の水位を深度センサーで自動計測し管理画面上で確認できる。
- ・ケーソンの傾斜を傾斜計で自動計測し、管理画面上で確認できる。
- ・制御用 PC は、他船舶上に設置した PC から遠隔操作することができる。

自動注排水制御システム使用機材は下記通りである。（図-3、図-4 参照）

- ・水中ポンプ（高揚程 8 インチ） 4 台
- ・水中ポンプ制御盤（最大制御 8 台）
- ・水圧式水位センサー 9 台
測定精度：± 5 cm、最大水深：20m
- ・高精度傾斜計 1 台
仕様：2 軸傾斜センサー



図-3 管理システム使用機器一覧

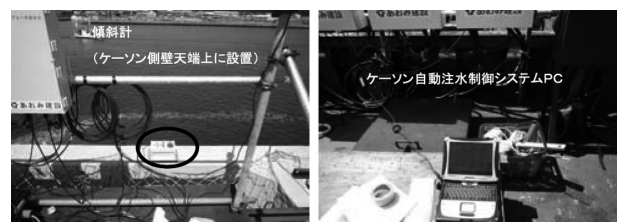


図-4 管理システム使用機器一覧

測定範囲：±30度、測定精度：0.03度

- ・Wi-Fi AP アンテナ 1台
- ・ポータブル発電機 1台（制御PC用）

(3) システムの活用

○システムの配置

ケーソン浮上（排水）、据付（注水）前に自動注排水制御システムを配置し、ケーソンの全柵内に深度センサーを設置した。

なお、本システムは1つのユニットを人力で組立可能な大きさに分割しているため、現地での組立作業、解体作業は簡便であった。

○ケーソン浮上（排水時）

本ケーソンは流水孔が全ての柵に配置されているため、4台の排水ポンプと排水用ホースを四辺の中央柵に設置した。配置図と使用状況を図-5、図-6に示す。

○ケーソン据付（注水）時

ケーソン据付は、既設防波堤に接続させるため、ケーソン浮上時でのポンプおよびホース位置から変更した。

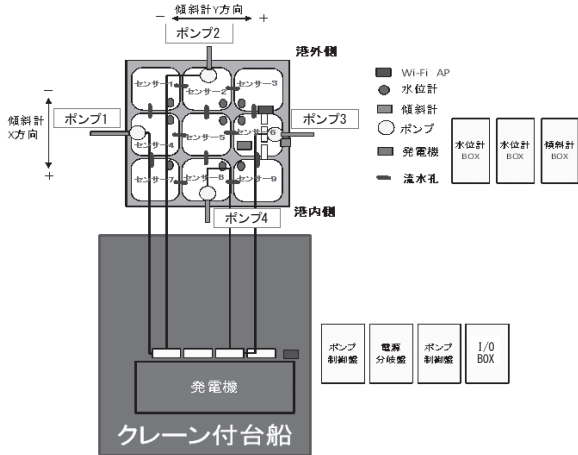


図-5 ケーソン排水時システム配置図



図-6 排水状況及びシステム使用状況

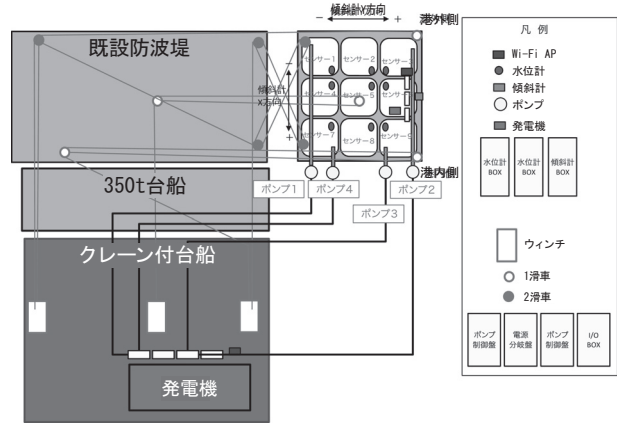


図-7 ケーソン注水時システム配置図

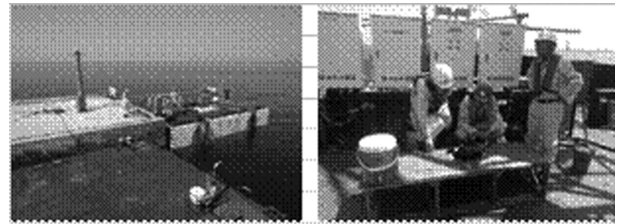


図-8 注水状況及びシステム使用状況

注水ポンプはケーソンがバランスよく沈設できるよう4隅に設置（図-7）し注水据付を行った。

ケーソン天端上に設置した傾斜計によりケーソンの傾斜を制御用PC画面でリアルタイムに注排水量を表示確認しながらケーソン据付（排水・注水）を行った。

(4) 適用結果

○自動注水制御システムのPC表示

図-9のPC表示は、ケーソン排水時の制御状況を示すもので、ポンプの作動状況、各柵の水位、平均水位、残水位が表示されている。

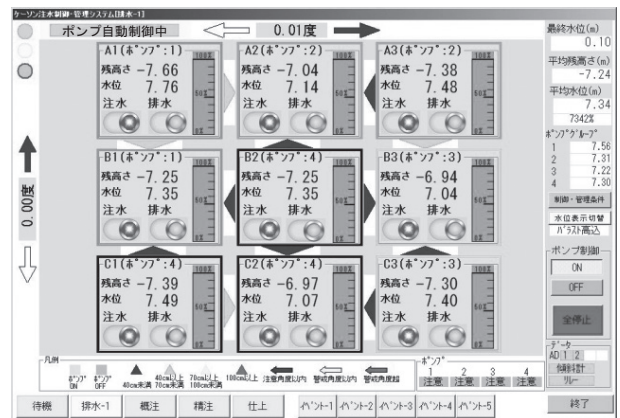


図-9 自動注水制御システム PC表示

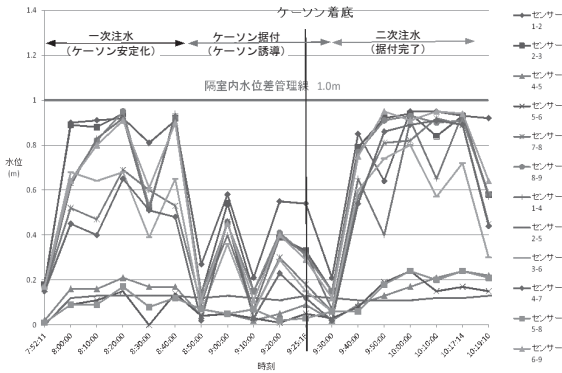


図-10 水頭差グラフ

○各桝の水頭差の表示

図-10の水頭差グラフは、ケーソン据付時のもので、隣接する桝の水頭差（水位差）を時刻歴で表示するものである。（縦軸が水位、横軸が時刻）

一次注水時（着底まで1.0m程度まで）と二次注水（据付完了まで）に水位差が大きくなり、ケーソン誘導据付時（ポンプ停止時）は水位差が小さくなっていることを示している。

本システムを使用したことにより各隔壁間の最大水位差は95cmでケーソンの浮上および据付を行うことができた。

○ケーソン傾斜角の表示

着底時のケーソンの傾斜とケーソン据付完了後のケーソンの傾斜の差は、図-11ケーソン傾斜グラフに示すとおり、傾斜計 Y 方向で 0.01 度、傾斜計 X 方向で 0.07 度と水平（バランス）を保ってケーソンを据付することができた。

なお、初期に傾斜角が大きく、据付直前は傾斜角が小さい理由は、初期（一次注水時）はケーソン各隔壁が空でありケーソン重量が軽く注水によって傾斜角が大きく、着底直前には注水によりケーソン重量が増しケーソンが安定しているため傾斜角が小さい。

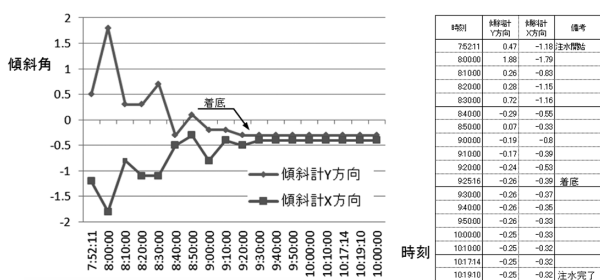


図-11 ケーソン傾斜グラフおよび傾斜表

○ケーソン自動注排水制御システムの効果

①迅速な水位計測と水位管理

- ・水位計で各桝内の水位をリアルタイムに測定でき、起重機船上の制御用 PC でリアルタイムに確認できた。
- ・水位計のデータと、実際に浮き型のレッドを用いて桝内の水位を計測したデータを比較し、水位計データの信頼性を確認した。（レッドの測定精度は10cm 単位）。

②安全性の確認

- ・各桝の水位確認のために、作業員がケーソン上を移動することがなくなり、転落災害・ワイヤーでのねられ、巻込れ災害も防止できた。

(5) 本システム使用の課題・要望点

- ・傾斜角で管理するのではなく、ケーソンの4隅の高低差（最低部 0 cm 表示し他箇所をプラス表示等）を表示した方が、視覚的に確認しやすい。
- ・機材の費用・設置撤去作業のコストダウン。
- ・安全面において、ケーソンワイヤリング時、緩衝材入れ替え時および法線修正時（ワイヤーによる引き寄せ確認と緩衝材調整）にケーソン上での作業が発生するため、ケーソン上を無人化できない。

4. おわりに

今回、注排水管理に配慮したケーソン据付においてヒューマンエラーの防止を課題としてケーソン自動注排水制御システムによる施工を行った。

ケーソン排水管理にて残水を平均 3 cm におさえることで安定したケーソン曳航ができた。

ケーソン据付時には他船舶の航跡波および潮流等に配慮しながら、1次注水、2次注水を注水管理システムにて水位差および傾斜を確認しながら据付作業を行った。

その結果、据付精度が向上し、上部コンクリートの施工性も向上するとともに、見栄えの良い防波堤築造工事ができた。