

ケーソン据付無人化施工における自動注水管理

東洋建設（株） 正会員 ○水谷 征治，加藤 直幸
草刈 成直，岡本 浩典

1. はじめに

近年，安全性の向上，品質の確実な確保，生産性向上・工期短縮の観点から情報化施工技術の研究・開発が進み，情報化施工技術を用いた無人化・自動化システムの導入・普及が進んでいる．しかし海洋工事においては，気象・海象が複雑であることから，まだ陸上施工ほどの導入実績は多くない．特にケーソン式防波堤築造工事は，厳しい条件のもとで施工が行われ，ケーソンを操る操函ワイヤーの破断によるはねられ事故や，ケーソン動揺による作業員の海中転落などの危険作業を伴う．そこで当社では海洋工事での無人化・自動化施工について取り組みを行う中で防波堤ケーソン据付における無人化施工システムを構築し運用しており，前稿¹⁾にて報告した．本年度は，当システムをより安全性の向上，品質確保を進めるため注水管理を自動化すると共に，高精度の三次元管理が可能となるシステムを開発した．そこで本稿ではケーソン無人化据付管理システムにおける自動化注水管理の概要とその運用状況について報告する．

2. システムの概要

ケーソン据付は，製作されたケーソンを所定の据付位置まで曳航し，ケーソン上に設置してある操函ウィンチを用いて正確な位置決めを行い，注（排）水ポンプを用いて隔室内にバランスよく注水し水平性を保ちながらケーソンをマウンド上に着底させる．前稿にて作業安全性の向上を目的として開発した無人化施工システムを紹介した．この無人化施工システムの品質と作業効率の向上を目指し，注水作業の自動化する手法を開発し現場での運用を行っている．注水作業を自動化することで，水平性を保つための注水管理から解放されることで，位置誘導に集中することが可能となる．

3. 自動注水管理の手法

自動注水管理方法の構成を図-1に示す．注水管理システムにおけるケーソン情報は2軸の傾斜計と各隔室内に設置してある水圧計の情報を元に演算しており，誘導システムと合わせて三次元管理を行っている．気象・海象条件が複雑に変化する海洋での自動化に

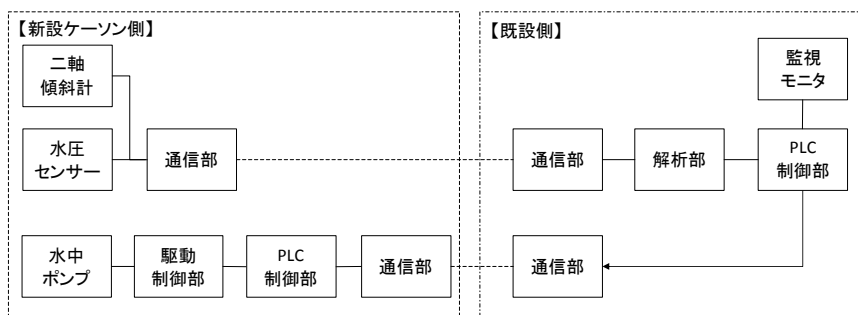


図-1 自動注水管理構成図

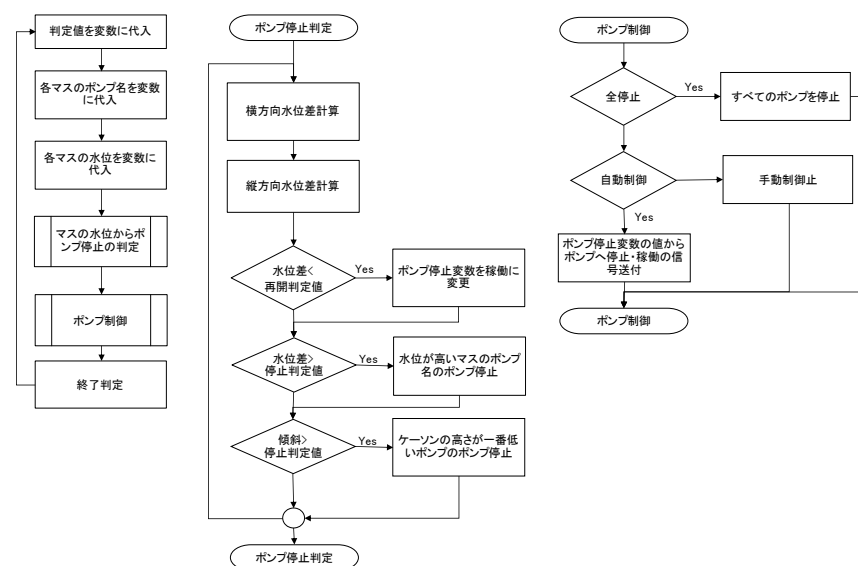


図-2 自動注水制御フロー図

キーワード：自動化，自動注水，無人化施工，三次元管理

連絡先：〒135-0064 東京都江東区青海二丁目4番24号 東洋建設（株）土木事業本部土木技術部 TEL 03-6361-2914

は、高速な処理能力と安定性が求められるため、制御部には PLC を用いた。PLC は階層制御、フェイルセーフ制御、監視制御、高度な演算制御が可能である機種を選定している。注水システムの計測値を PLC に伝送し、PLC のプログラムにより、ポンプの稼働、停止の制御を行った。制御は隔室の水位とケーソンの傾斜により行われる。ケーソンは、形状や注水の状況による傾きのほかにうねりによる外的な要因により動揺する。ケーソンの傾斜を正確に把握するには、外的な動揺を取り除くことで現在のケーソンの状況把握をすることができる。自動注水管理システムでは外的な動揺を、移動平均法を用いて取り

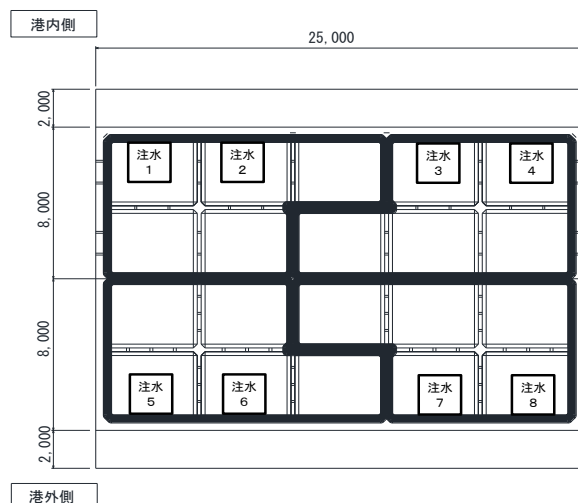


図-3 ケーソン形状図

除いており、注水によるケーソンの水平性を把握しやすくしている。注排水制御方法についてのフローを図-2に示す。ポンプの停止判定は隣接する隔室の水位差を設定しておき、設定よりも水位差が大きくなったときにポンプを停止し、水位差が小さくなったときにポンプを再稼働させる。ケーソンの傾きが大きくなったときにもポンプを制御して傾きを修正する。つまりケーソンの傾きの上限値を事前に設定しておき、設定値よりも大きくなったときにケーソン天端の一番低い箇所のポンプを停止させ、傾きが小さくなったときには、ポンプによる注水を再開する。また安全対策として、ポンプを再稼働させる際には、発電機への負荷軽減の為、同時起動を防ぐ手法を取り入れている。

4. 現場運用結果

本システムを用いてケーソン据付施工を行った例を示す。ケーソンの形状を図-3に示す。ケーソンは20m×25m×16m (L×B×H)、4×5 (20室)の隔室を有する形状である。注水制御を行うため、隔室を大きく4ブロックに分け、各ブロックに2台ずつ計8台の注水ポンプをセットし制御した。制御値は隔室間の水位差が80cm以下かつケーソンの傾きが1%以下になるように制御を行った。図-4に運用した際のシステム画面及び施工状況図を示す。運用結果はケーソン傾斜平均が1°以内に制御しかつ、隔室内水位の最大差は75cmで制御することができた。また複数ポンプの運転操作を自動制御することで、人為的な錯誤の発生をなくし、精度の高い据付を行うことができた。

5. まとめ

据付時に注水管理を無人化にすることに加えて、注水管理を自動化にすることで、ケーソン上での作業を減らしながら高精度の据付を行えたことで、より安全で、施工方法と同様の品質・精度で施工が可能なが確認された。今後は全自動でのケーソン据付を目指し検討していきたい。

・参考文献 榎ら:防波堤ケーソン据付における無人化施工, 土木学会年次講演会講演概要集 No.6, pp.555-556, 2012.

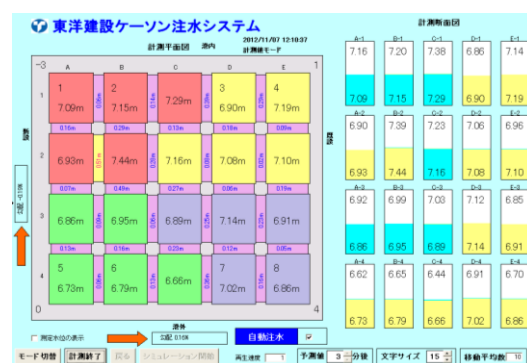


図-4 自動制御システム及び据付状況