

清水建設(株) 土木開発部(正)外町健司 同 技術研究所 森野仁夫
五洋建設(株) 土木技術開発部 田中廣司 同 土木技術開発部 関 克好

1 はじめに.

海洋構造物沈設システムは、図-1に示すような大型海洋構造物の①構築②曳航、③沈設、④貫入の各段階において吃水および傾斜を制御する役割を担う。従来このような制御は、オペレーターの手動操作によるフィードバック制御方式で行われてきた。しかし海洋構造物をある吃水で任意の傾斜方向、傾斜角に制御するには、構造物のバラストタンクへの注排水に多様な操作パターンが考えられるため、人間の判断で操作方法を決定することは、相当な熟練度を要求される。

本システムは、従来のシステムと比較して施工性、施工精度、安全性を向上させ、大型あるいは特殊形状の海洋構造物に対しても容易にあるいは自動的にオペレーションできるシステムを実現することを目標としている。

制御方式としては、構造物の将来の沈没と予測して制御を行なう予制御部を適用している。本報では、実験用に開発した沈設システムのシステム構成と制御方法の概要について報告する。

2. 要求機能と設計条件

海洋構造物沈設システムへの要求機能は、①吃水の変更、②吃水の維持、③傾斜(傾斜方向、傾斜角)の制御、④貫入時のバラスト載荷制御である。

これらの要求を満たすための計測量と設計条件を表-1に示す。設計条件は、D、N、V、規格と満足する範囲で、計測器精度、施工上の要求仕様および構造物の強度から決定した。

3. 計測・制御システム

海洋構造物沈設システムの構成とデータの流れを図-2に、構成部位の主な機能を表-2に示す。システムの制御モードは、次の通りである。

- ①自動 オペレーターは目標値の入力のみを行ない、自動的に制御が行なわれる。
- ②半自動 オペレーターが表示部に示される注排水パターンおよび浮体の状況をもとに操作を行なう。
- ③手動 オペレーターが制御盤に示される浮体状況と基に操作を行なう。(緊急事態、システム故障時を想定)

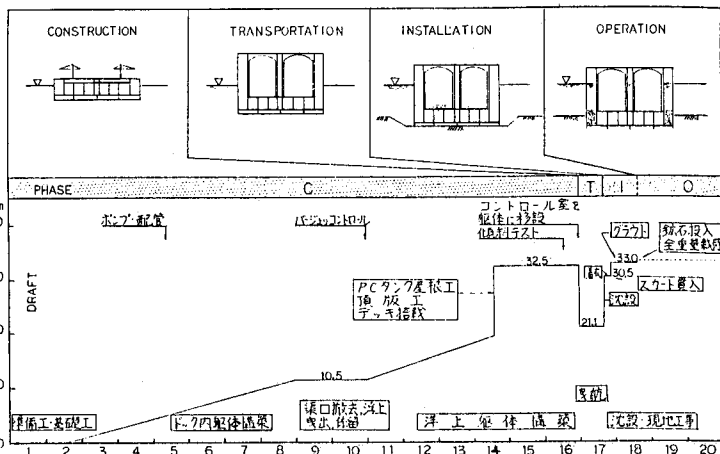


図-1 海洋構造物の建造と沈設

表-1 設計条件

計測量	設計条件
吃水	目標値 ± 20 cm
傾斜方向	目標値 $\pm 10^\circ$
傾斜角	目標値 $\pm 0.5^\circ$
隔壁間タンク水位差	2.0 m

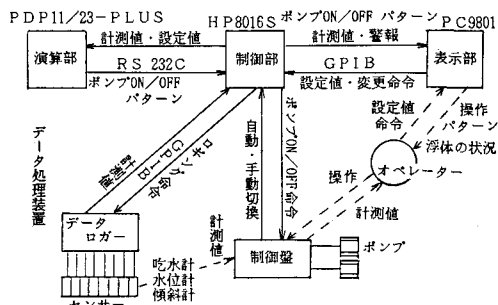


図-2 計測・制御システムの構成

表-2 システム構成部位の主な機能

部 位	主 な 機 能
表示部	目標値の入力 操作パターンの表示 浮体状況の表示 (吃水、傾斜、バラスト水位等) 注排水状況の表示 測定値の記録・警報
制御部	時間管理 計測値の取込み 制御機器状態値の取込み 異常監視 制御操作の実行(自動、半自動)
演算部	注排水量の予測計算 浮体の安定解析 操作パターンの作成
制御盤	計測値の表示 制御操作の実行(手動)

いづれのモードでも常時計測が行われ、異常状態の監視、警報機能およびバルブ閉塞等の故障の故障に対しては、自動的に代替手段を実行する機能も備えている。

自動制御モードの概略フローを図-3に示す。

- ① オペレーターは、表示部から吐水、傾斜方向、傾斜角の目標値を入力する。
- ② 制御部は、目標値の入力を受けた後、現状の状態計測（吐水、傾斜角、バラストタンク水位）を行ない、目標値および計測値を演算部へ送る。
- ③ 演算部では、計測値を基に浮体の安定解析を行ない、目標値に到達する方向へ注排水パターンを決定する。
- ④ 決定した注排水パターンを基に、ある計算時間間隔に設定された次時点のバラストタンク水量を予測する。
- ⑤ 制御時間間の範囲内で定められた時間が経過するまで③④をくり返す。

但し③において、次回以降の計算は、④で求めた予測結果を基に行なわれる。

- ⑥ 制御時間に達すると、計算結果に基づく注排水パターンを制御部へ送信する。
- ⑦ 制御部では注排水パターンを表示部へ送信するとともに、目標値と現状の計測値の比較を行ない、目標値に達したかを判定する。
- ⑧ 目標値に達した場合、制御を終了し、達していない場合は予測結果による注排水パターンで制御を実行する。
- ⑨ 演算部では、制御部から送られた計測値と計測時点の予測値の比較を行ない、許容差以内であれば予測計算をひき続き進行させる。許容差を越えた場合は、計測値を②における計算の初期値として置き換え（リセット）、計測時点からの予測計算とやり直す。以下⑦で目標値に達するまで③から⑧をくり返す。

この間、制御部では計測監視作業を行ない、表示部はオペレーターの要求に従い、浮体状況および注排水状況の表示を行なう。

4. 予測計算の進行状況

図-4に予測計算の時間的進行状況を示す。

制御時間間隔 ΔT の間に予測計算は $\Delta T/\Delta t$ 回（ Δt ：1回の予測に要する計算時間）行われ、 $\Delta T/\Delta t$ 時点（ Δt ：計算時間間隔）の予測結果が得られる。

即ち、図-4において ΔT 間に5回の計算結果が得られるとすると、時間が1秒進む間に予測は①の時点まで行なわれる。いま、4の時点で予測値が計測値との許容差を越えリセットが行なわれると、4時点以降の予測値は、すべてキャンセルされ、予測計算は4時点の計測値を初期値として以降の計算を再開する。

5. おわりに

本システムを用いることによるメリットとして

- ① 制御の自動化によるオペレーター操作の大半の簡易化
- ② 連続的な沈設作業ができることによる沈設作業時間の短縮化
- ③ 予測によって将来の構造物の状態が認識できることによる沈設作業の安全性の向上
- ④ 構造物自身で、姿勢制御ができることによる沈設作業の低コスト化 等が上げられる。

本システムは、今後、船殻破壊等の重大障害への対応方法等を備え、実験を通じて実際の沈設作業に要求される機能の検証、改良を行なっていく予定である。

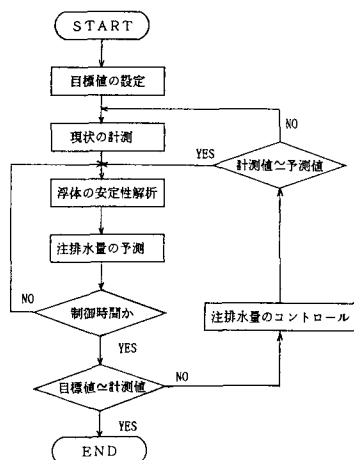


図-3 制御の概略フロー

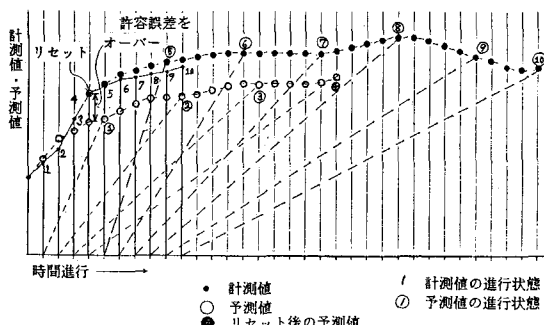


図-4 予測計算の時間進行