

# 自動係船及び自動陸上排送システムの開発について

九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所

施工技術課 施工技術第一係 堀 研一

## 1. はじめに

海翔丸（図 - 1）は関門航路の水深を維持するため、24時間体制で浚渫を行っており、船の中央にある泥倉に貯められた浚渫土砂は、これまで新門司沖土砂処分場へ直接入り、船底にある6枚の扉を開け排出されていた。今後埋立が進み新門司沖土砂処分場の水深が浅くなり船底から排出できなくなるため、係留施設に係船してからの陸上排送を余儀なくされる。係船のための綱取り作業には多くの時間と人手を必要とし、さらに夜間作業も伴



図 - 1（海翔丸）

い安全性の問題が予想された。このため、係船作業の省力化と安全性向上を目的に、世界で初めてとなる「操船～接岸～陸上排送～離岸」全自動化システムの開発を行ったので報告するものである。

## 2. 自動係船及び自動陸上排送システム

自動係船システムは、おおまかに自動操船システム、自動係留システム及び自動陸上排送システムの3つのシステムで構成される。

### 2.1 自動操船システム

自動操船システムは、GPS（船首・船尾それぞれ1基）及びジャイロコンパスから得られる自船位置及び方位情報により、自船の設定コースとのずれを検知し、推進器及びバウスラスタ（アクチュエータ）の操作量を決めて制御し、予定航路を保持すると共に速度制御を行い、所定の接岸場所に本船を誘導し、停船させるものである。

本船における自動操船方式は以下の2つのパートに分かれる。

#### 2.1.1 自動的に本船を指定位置に保持するシステム（自動位置保持）

自動位置保持（DPS：Dynamic Positioning System）とは船体上の指定点（RP：Reference Point）を、保持位置（SP：Specified Point）に一致させるように自動制御することである。本制御方式においては、SPを船首におき、バウスラスタで横方向、推進器で前後方向と船首方位について、それぞれの偏差を打ち消すように制御をかける。

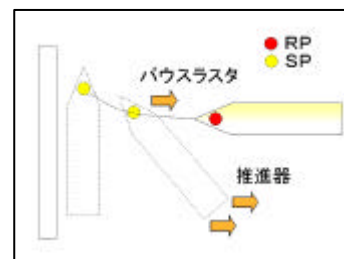


図 - 2（自動操船イメージ図）

本制御方式については、過去の実験事例から、強風下でも安定して船位が保てることが分かっている。

#### 2.1.2 自動的に本船を航行ルートに従って移動させるシステム

SPを移動させるとRPはSPの位置に従って追従しようとするので、結果として船体を計画した航行ルート上を移動させながら誘導することが可能になる。

## 2.2 自動係留システム

自動係留システムは、係留装置（陸上側ドルフィンに設置される2基の吸着式係留装置）を遠隔・自動操作し本船を係留及び係留解除するものであり、本船上の操作卓から遠隔制御・監視が行えるようにした。

### 2.2.1 係留方式の検討

係留方式として、ワイヤー方式（1案）、フック方式（1案）、吸着盤方式（2案）、吸着盤＋ワイヤー方式（1案）の計5つの案について表-1のとおり比較検討を行った。

	係留方法	装置の概要及び特徴	経済性	遠隔操作性	保守性	本船喫水、揺動に対する追従性	本船への接続容易性及び確実性	総合評価
1案	ワイヤーロープによる自動係留方法	・巻上げ搬送装置により船体と陸上との索取り作業を自動化し本船に索を固定後ウインチにより係留する方法。	構造がシンプルであるため安価である。	巻上げ搬送装置によりロープエンドを吊り上げ、本船と係留岸のロープ渡し作業を行うため操作性が悪い。 x	構造がシンプルであり保守性が良い。	ロープによる索取りであり追従性は良好である。	ウエイト位置制御が複雑である。接続後は、安定した結合が得られる。	構造がシンプルではあるが自動化が困難である。
2案	フックによる自動係留方法	・アーム先端のフック部を船体側専用接続部に指込アームの引込み力により船体を係留する方法。 ・操作手順が少なくシンプルな構造である。	1案に比較し可動部は多いがシンプルな構造であり安価である。	軽量であり、可動部が少ないので扱いやすい。	駆動部が少なく保守性が良い。	各関節部の可動部により本船への追従を行うため、ロープ係留に対しやや劣る。	接続位置は、限定される。但し、接続範囲を広く設定可能。	大きな本船改造が必要となる。又、船体と係留装置の接続がやや行い難い。
3案	吸着盤による係留方法	・アーム先端に吸着盤を装備し船体を吸着後、アームの引込み力により係留を行う方法。 ・吸着部を任意に設定可能である。（但し、吸着は平面部に限る。）	可動部が多く又、真空装置を追加する必要があるため高価である。	2案に比べ重量も重く操作性はやや劣る。	駆動部及び機器が多いためやや劣る。	同上	接続位置は、ほぼ任意に設定可能である。但し、本船外板に醸装品等が装備されてない事又、外板に曲り部がない事が条件となる。	経済性及び保守性がやや劣るが、吸着位置が任意であり自動係留作業には、優れている。
4案	吸着盤及び、防舷材を一体化した係留方法	・3案の吸着部に防舷材を取付け昇降可能な構造とした方法。 ・防舷材を上下移動可能とし、縦方向に数個必要であった防舷材を船首、船尾各1個とする構造。	3案に対し防舷材を一体化する事により防舷材の数量を減少させ本システム全体として経済性の改善が期待できる。	同上	同上	3案に比較し全体重量も重く追従性に劣る。 x	同上	保守性がやや劣るが、吸着位置が任意であり自動係留作業には、優れている。又、トータル経済性が向上されている。
5案	船体との結合を吸着盤にて行い、吸着盤の引込みをロープにて行う方法（防舷材一体化タイプ）	・4案に対しロープにて吸着盤の引込を行う方法。	4案に対しロープ牽引装置が追加となるが、防舷材の数量減少により本システム全体として経済性の改善が期待できる。	同上	同上	ロープによる索取りであり追従性は良好である。	同上	多の吸着方式に対し本船に対する追従性が改善され又、吸着位置が任意に選択可能であり優れている。

表 - 1（係留方式比較表）

上記の前提条件をふまえ総合的に比較検討を行った結果、下記の特徴を持つ5案が最も優れており、採用することとした。

- ・ロープ係留であるため本船の喫水、揺動変化に対し追従性が良好である。
- ・吸着盤を採用しているため吸着位置が任意に選択可能である。
- ・防舷材の数量を減少出来ることにより経済的である。

5案を基にした装置を図-3に示す。

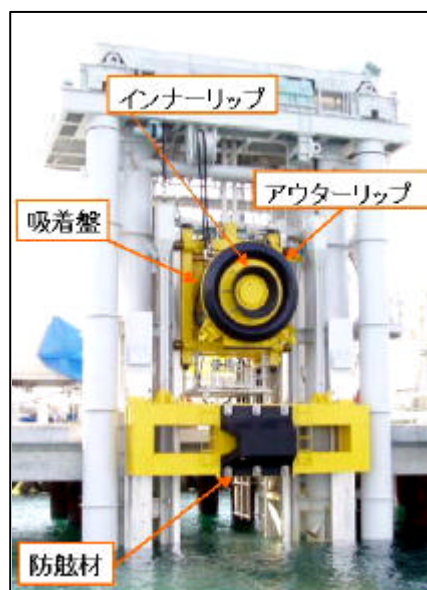


図 - 3（自動係留装置）

## 2.3 自動陸上排送システム

自動陸上排送システムは、陸上排送管（本船上）と排送管（陸上側ドルフィン上）の接続、泥倉土砂の陸上排送、離脱を遠隔・自動操作するものであり、本船上操作卓から遠隔制御・監視が行えるようにした。

### 2.3.1 陸上排送管接続装置の検討

6つの案について表 - 2 のとおり比較検討を行った。

	排送管接続方法	本装置設備の概要と経済性	休止動作時の安全性	耐久性・保守性	係船位置への本装置の追従性	本船側への接続・確実性	本船動揺への追従性	カップリングのシール性（交換性離脱制）	動力×制御エラー時の対応性	管内流速抵抗性	総合評価
1案	差し込みによる方法	構造が単純で設計製造ともに容易	休止時は問題なし作動時の追従性に問題あり x	装置部品が少なく保守性が良い	係船位置誤差に追従できない x	差し込みカップリングであり確実でない x	カップリング上下のホースで取る	シール性は確実でないガイド朝顔の寿命が短い x	陸側操作となる x	90°管2組	解決しなければならぬ問題点が多い x
2案	差し込みによる方法	構造が単純であり設計製造が容易	キャスト保持のため不安定 x	不安定のため保守・耐久性とも問題有り x	X Y シリンダーで追従するが確実でない x	引き揚げロープの取込みが確実でない x	引き揚げるため追従良好	シール性は確実でない x	陸側操作となる x	90°管3組	ホース動態吊り揚げ機構等見えない部分が多い x
3案	カップリングによる方法	部品数及びアクチュエータが多く設計製造共に高価 x	全キャスト保持であるが、シリンダー封圧にて保持	作動数が多いため保守性が悪い x	係船位置への誤差距離が大きく取れるが精度が悪い	平面受けとセンタリングシリンダーで対応	偏角をセンサーで受け、下のカルダンリングが油圧で同期、レスポンスに問題 x	平面シールを採用シール性良好	ロックシリンダーを自動開放できる	45°管6組 9°管1組	機構を単純化する必要あり x
4案	案内ローラ付きカップリングによる方法	3案の追従距離を小さくしたものの	X Y シリンダーで保持する	アクチュエータ数が多い。船速に機構があり保守性に問題あり x	X Y シリンダーによる大きくできない x	ガイド朝顔と平面カップリング組合せ。シールはするがガイドが損耗	船側のホースと陸側のホースで対応	平面シールのため交換が容易	自動ロックを外し離脱	45°管4組 90°管1組 x	本船動揺は問題ないが回転運動追従を単純化する必要あり
5案	Y型受台付きカップリングによる方法	合理的に作動し無理がない諸作動の確実性が高い	全ての荷重は台車で受ける。センタリングは装置自重で作動し自動的。作動部はシールで安全	動揺、回転に無理がなく部品が少ないので保守性が良い	レールシリンダーで構成。精度、レスポンスが良い	船側、陸側共に台車にあずれ横方向の差異は台車内ホースで吸収	吊り揚げられた台車ホースで対応	平面シールカップリングロックを外し吊り揚げる	制御エラーが出ても機構的に損傷する部位がない	45°管1組 90°管2組	引き揚げ装置は液圧駆動で開発装置となる
6案	5案と同様	・5案と比べての動揺を本船に取付けたホースで対応 ・本船の様相が変わる ・部位が少なく構造が単純	5案と同様船側に取付けたホースの固定に難あり	船側ホースの保守に難あり	5案と同様	諸作動が制御に依存する度合いが大	吊り揚げられたホースで対応	平面シール交換性良好	5案と同様	45°管1組	5案と同様

表 - 2 (陸上排送管接続装置比較表)

上記の前提条件をふまえ総合的に比較検討を行った結果、下記の特徴を持つ5案が最も優れており、採用することとした。

- ・動揺、回転に無理がなく、耐久性及び保守性が良好である。
- ・本船係船位置への台車の追従性が良好である。
- ・本船動揺への追従性が良好である。
- ・シール性が良好で漏泥対応が出来る。

5案を基にした装置を図 - 4 に示す。

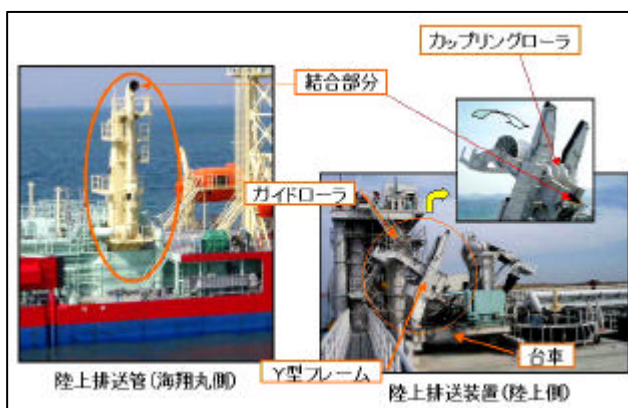


図 - 4 (自動陸上排送装置)

## 2.4 全体イメージ

本システムの全体イメージ図を図 - 5 に示す。



図 - 5 (全体イメージ図)

## 3.まとめ

今回本船の自動操船システムを始め、自動係留システム、自動陸上排送システム、係留装置、陸上排送管接続装置など、本船の自動離接岸方法及び自動陸上排送方法を幅広く検討して、自動係船システムの設計を行った。さらに各システムの制御ソフトを開発し、海上での実船シミュレーション試験でその有効性の確認を行った。

本システムは、本年度より海翔丸において運用開始されており、棧橋への離接岸作業時の操船の自動化により、昼夜繰り返される離接岸作業の負担軽減、係留の際必要であった陸上側での索取作業及び本船の喫水変化による索長調節のための船上におけるウインチ操作の省略、夜間の危険作業の回避、さらに土砂の陸上排送時における陸上排送管（本船上）と排送管（陸上側ドルフィン上）の接続、泥倉土砂の陸上排送、離脱の自動化により陸上排送作業の負担軽減の効果が得られている。

さらには、運用開始後の状況をまとめ離接岸時間の短縮を図って行きたい。

本システムは他の国有浚渫船や頻繁に離接岸を繰り返すフェリーなどの一般船舶にも応用可能であり、そのための必要な格付も続けて行きたい。