

4.3.4 本 体

【港湾施設／本体】

技 術 名	UCIS（ケーソン無人化据付システム）
番 号	No. 4. 3-14
発 注 者	東京電力(株)
施 設 名	東通原子力発電所
所 在 地	青森県下北郡東通村
工 事 名 称	東京電力東通原子力発電所建設工事
施 工 期 間	2007年3月～2008年3月
施 工 者	五洋建設(株)
キーワード	放水口護岸、ケーソン無人化据付、遠隔操作、作業効率向上、環境対策
<p>(1) 概 要</p> <p>1) 背 景</p> <p>東京電力東通原子力発電所建設工事では、平成 20 年 1 月から 3 月の冬季期間中に放水口護岸のケーソン全 7 函を据付する工事を実施した。本工事は、温排水用の通水路を有する特殊ケーソンを 36km 離れた仮置場所から約 10 時間をかけて曳航し据付けるものであり、曳航中の浸水リスクや据付時の品質・安全管理面で課題の多い施工となることが想定された。そこで、ケーソン内への浸水の有無やケーソンの傾斜量をモニタリングし、遠隔操作で注排水制御できる情報化施工技術をケーソン曳航・据付作業等の全工程に適用した。</p> <p>2) 工事概要</p> <p>東電東通原子力発電所専用港湾は、沿岸方向 700m、岸沖方向 700m の規模で新たに建設するものである。外郭防波堤は、総延長約 1,600m で消波ブロック被覆捨石式傾斜堤を基本構造とした。また、放水口護岸は、南防波堤の沖合、水深-9.0m に位置しており、全 7 函(約 150m)で構築した。また、港内に物揚場施設(総延長:約 650m)、敷地護岸(総延長:約 400m)も建設する計画である。</p> <p>3) 施工条件とリスク</p> <p>本工事海域は、港湾供用係数「8」に相当する国内有数の高波浪海域であり、通常施工の場合でも施工安全リスクに配慮が必要である。特に、有孔ケーソンの場合は、浮上時の安定性と据付に必要な喫水を確保するため、ケーソン進水、仮置、再浮上等の一連の工程において注排水を繰り返す必要があり、“仮設止水蓋の締付けボルトの緩み”や“止水パッキンの損傷”等による止水機能の低下から曳航時の被災リスクが予想された。一方、周辺海域は、磯漁やヒラメ、サケ漁などの良好な漁場で、水産資源保全の面でも配慮が必要</p>	

な海域でもあり、ケーソン据付時の中詰材投入に伴う余剰水の排水による海域汚濁リスクも予想された。

このため、放水口護岸の施工に際しては、通常のケーソン据付よりも高度な技術と安全および環境対策が必要と判断し、UCIS(ケーソン無人化据付システム)を用いた情報化施工を活用することとなった。

(2) 技術詳細

1) ケーソン曳航時リスクの評価

ケーソン曳航時の被災モードは、止水蓋の機能低下による通水路への浸水の発生、その後、ケーソン喫水の増加、更にはケーソンの傾斜に伴う乾舷の減少によるケーソン天端までの波浪遡上という一連の現象が予想された。ケーソン天端には銅製の曳航蓋が設置されているものの、構造的には水密構造でなく、仮に遡上した水塊が隔室内に浸入すると、ケーソンが曳航不能状態に陥るとともに最悪の場合には、沈没するリスクも想定された。

具体的なリスクとしては、以下に示すケーソンの浮体安定性を確認した。

①浮体としての安定性

ケーソン浮遊時の安定性は(1)式により判定する。

$$I/V - CG = GM \geq 0.05D_f \dots (1)$$

ここに、

V:排水容積(m³)

I:喫水面の長軸に対する断面2次モーメント(m⁴)

C:浮心高(m)

G:重心高(m)

M:傾心高(m)

D_f:ケーソン喫水(m)

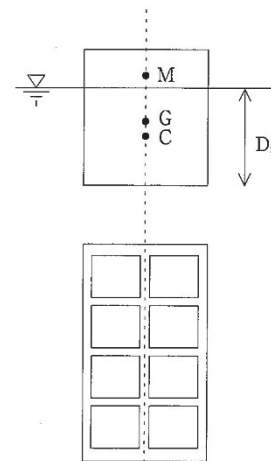


図-1 浮体安定検討の概念

②ケーソン天端への波の遡上の有無

曳航中のケーソンに対して来襲する波浪は、ケーソン壁にぶつかり壁面を遡上する。当該ケーソンは前壁上部が斜面形状になっていることから、波浪の遡上高は(2)式により算定する。

$$R = 2.0 \times H \dots (2)$$

ここに、

R:斜面壁を考慮した波浪の遡上高(m)

H:来襲波浪(有義波高)(m)

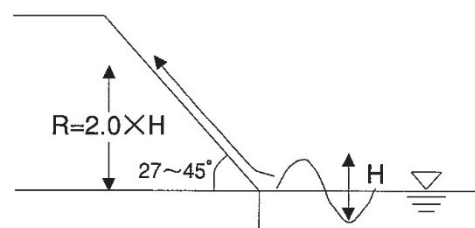


図-2 波浪遡上高の概念

図-3 に浸水によりケーソンが傾き曳航不能となる場合の概念を示す。

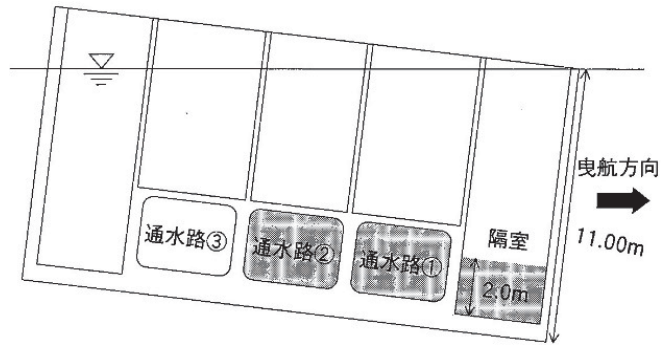


図-3 浸水により曳航不能となった場合のケーソン

表-1 に示すように、通路①および②に浸水した状態においてケーソンの喫水高は9.47mとなる。今回の曳航時においては、ケーソンの浮心を支点に曳航するため、曳航時の函体潜行量は喫水高と同一量程度と判断され、ケーソンの函体乾舷量は1.53m (=11.0m-9.47m)と評価された。

一方、曳航中の来襲波浪別のケーソンに対する波浪の遡上高Rは、表-2に示す結果となる。施工計画では曳船の能力を勘案し、曳航時限界波高を $H_{1/3}=0.8\text{m}$ として設定しているが、曳航時の波高が $H_{1/3}=0.7\text{m}$ 以上においては、ケーソン天端まで波が遡上する可能性が高くなり、函体乾舷量を越えることで、曳航蓋周辺からもケーソン隔室内に浸水するリスクが高まるものと評価された。

さらにケーソン隔室内が浸水し、底版天端から水位 $h=2.0\text{m}$ (水量 129m^3)となった

場合(図-3に示す状態)には、喫水がケーソン天端まで達し、この段階で浮遊時の安定性が保てず、ケーソンの曳航不能・水没状態に至ると予想された。

表-1 浸水状態ごとのケーソン浮体安定

項目	記号	通常状態	通路①②浸水	通路①②および隔室内2m浸水
ケーソン形状	L×B×H(m)	24.8×21.5×11.0		
ケーソン重量	Wc(kN)	37057		
ケーソン内水重量	Ww(kN)	0	5818	7121
重心	G(m)	4.06	4.54	4.45
喫水	D _r (m)	6.88	(*) 9.47	11.00
浮心	C(m)	3.44	3.98	4.10
排水量	V(m ³)	3669	4245	4374
断面2次モーメント	I(m ⁴)	20539	19246	一部没水
傾心	I/V(m)	5.60	4.53	一部没水
傾心高	GM=I/V-CG	OK	OK	NG

表-2 来襲波浪別ケーソン浸水リスク評価

通路①②浸水の場合 [R=2.0×H _{1/3}]			
H _{1/3}	R(遡上高)	ケーソン乾舷量	浸水リスク(※)
0.5m	1.00m	1.53m (*) (=11.00-9.47)	小
0.6m	1.20m		中
0.7m	1.40m		高
0.8m	1.60m		高

2) UCIS を用いたケーソン曳航管理

本工事では、UCIS の持つ隔室内水位の遠隔監視ならびに自動注排水ポンプ機能を適用し、上述のケーソン曳航時のリスクを低減することを試みた。当システムでは、曳航時の浸水現象やケーソン全体の安定性を監視するため、水位センサー17 台や傾斜計1 台を設置するとともに、万が一浸水した場合でも10 分以内に排水可能となるよう排水ポンプを6 台(24m³/min)設置した(図-4)。さらに、曳航が長時間・夜間作業となることや風浪の影響によりケーソンの動揺が大きい場合にも備え、浸水監視ならびに水中ポンプの遠隔操作が可能となるよう無線制御盤や自動発停発電機を設置した。これにより、ケーソン上に人が搭乗することなく安全に浸水監視および排水することが可能となり、曳航時のリスク回避を図った。

表-3 にケーソン曳航時の気象海象状況ならびに曳航時間等を示す。

3) UCIS を用いたケーソン据付管理

本工事では、有孔ケーソンの曳航後に行われた据付作業においても、引き続き UCIS を適用した施工を実施した。本来、UCIS はケーソン据付の支援を目的として開発されたもので

あり、注排水ポンプだけでなく据付ウインチの遠隔操作を含む完全無人化に対応することが可能である。ただし、本工事では、GPS 3 基、目地監視カメラ 2 台に曳航時の水位センサー、注排水ポンプの遠隔操作機能のみを用いることとした。

据付作業に際して、すべての作業を人力により実施した場合、注排水ポンプ操作等を含

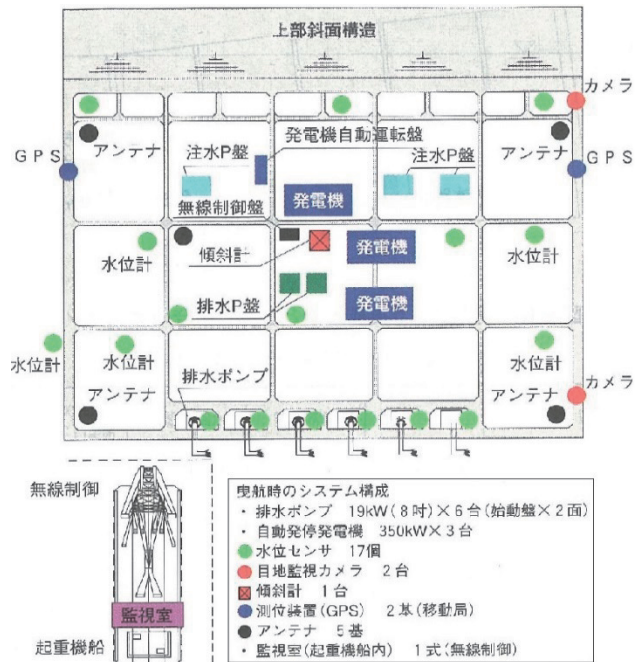


図-4 システム関連機器配置図

表-3 ケーソン曳航時の気象海象状況と曳航時間

名称	曳航日	曳航時間	天候	風速	風向	波高	周期	浸水
有孔函①	1月28日	10.0h	曇り	3m/s	WSW	0.38m	9.8s	無
有孔函②	2月15日	10.5h	晴れ	3m/s	W	0.41m	4.7s	無
有孔函③	2月20日	14.5h	晴れ	3m/s	W	0.78m	10.6s	無
有孔函④	2月29日	10.0h	晴れ	5m/s	SW	0.42m	6.6s	無

表-4 ケーソン据付出来形

単位: mm

項目	測定位置	有孔函①		有孔函②		有孔函③		有孔函④	
		許容値	実測値	許容値	実測値	許容値	実測値	許容値	実測値
法線出入り	南側	±300	+70	±300	±0	±300	-10	±300	-18
	北側	±300	+105	±300	-25	±300	+5	±300	+3
目地間隔	港内側	300以下	160	300以下	164	300以下	155	300以下	207
	港外側	300以下	200	300以下	205	300以下	127	300以下	188

めケーソン上の作業員は約 15 名必要と考えられた。しかし、UCIS の持つ遠隔監視機能を用いることで据付作業に必要な情報がリアルタイムに確認可能となり、作業合図や目地緩衝材設置のための必要最低限人数である 5 名に削減できた。また、一連の据付作業の判断が正確かつ一元的に実施でき、作業の効率化が達成された。表-4 に据付出来形結果を示す。

4) UCIS を用いたケーソン中詰排水管理

東通原子力発電所港湾工事においては、サイト近傍海域が良好な漁場であることから、環境への影響を低減することが不可欠となっている。

特に、ケーソンの据付作業においては中詰材投入時の余剰水による濁りが発生することが多く、本工事においてもこれらを低減するための施工的な工夫が必要となった。このため、前工程と同様に UCIS を利用し、中詰材投入時に隔室内水位ならびに濁度をリアルタイムに計測し、排水量および周辺海域への濁度拡散防止を管理した(図-5)。

STEP①:ケーソン着底時に必要最低限の注水をする。

STEP②:ケーソン隔室間の通水孔を特殊治具にて閉塞し、各隔室部を独立した構造にする。また、水位調整用隔室部となる『A』を確保した上で、その他の隔室から『濁りのない余剰水』を 1 次排水する。

STEP③:排水を実施した隔室に中詰材を 1 次投入し、ケーソン中詰材の締固めにおいて必要最低限必要な水位を維持し、その上で『A』から濁りのない余剰水の 2 次排水を行う。

STEP④:全隔室内に中詰材の 2 次投入を行い、中詰投入を完了する。

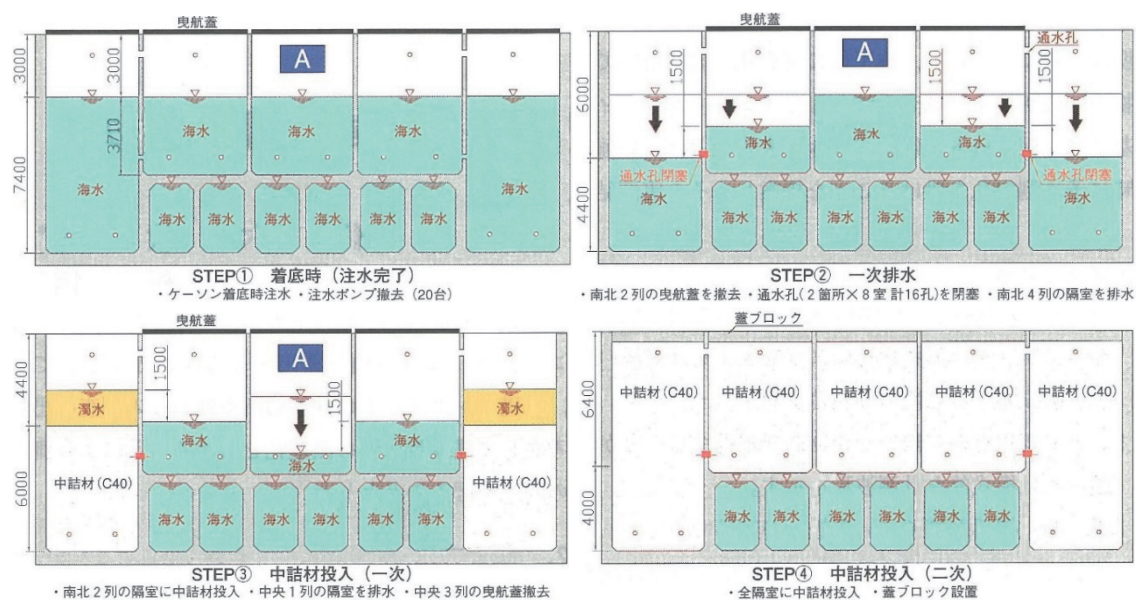


図-5 中詰・排水管理方法

(3) 結 果

ケーソンの曳航・据付・中詰排水管理の一連の作業において、UCIS を用いた情報化施工を実施し、各施工段階で以下に示す主な成果を得た。

1) ケーソン曳航管理について

通水路部からの浸水リスクが想定されたが、遠隔操作・監視機能を適用し、曳航時のリスク評価を踏まえた安全かつ確実な施工が実施できた。

2) ケーソン据付管理について

注排水ポンプの自動発停止等の遠隔操作を有効に活用し、安全かつ高い据付精度を確保した施工が実施できた。

3) ケーソン中詰排水管理について

排水ポンプの遠隔操作機能を適用することで、隔室内水位をリアルタイムに観測し、排水量を管理した。その結果、中詰材投入時に発生する余剰水の濁りを全く発生させず、周辺漁協関係者を含め高い評価を得た。

参 考 文 献	<ul style="list-style-type: none">・ 電力土木 No. 339 東通原子力発電所専用港湾における放水口ケーソン施工への情報化技術の適用 (一社) 電力土木技術協会 2009年1月 PP. 53~57・ Development of Unmanned Caisson Installation System(UCIS) ISARC (国際建設ロボットシンポジウム)2006 発表論文集 真鍋匠 PP. 62~65・ 実際に役立つ港湾の計算例 土木施工設計計算例委員会編 1975年 PP.89~98
備 考	(一財) 沿岸技術研究センター 港湾関連民間技術評価番号 (第 06004 号) NETIS 登録番号 KTK-060006-V「UCIS(ケーソン無人化据付システム)」

技術名	海上工事における無人化・自動化施工技術
番号	No. 4. 3-15
発注者	—
施設名	—
所在地	—
工事名称	—
施工期間	—
施工者	五洋建設(株)
キーワード	水中捨石均し機、ケーソン無人化据付、自動操船、作業効率向上、無人化施工、遠隔操作、高精度化、深層混合処理

(1) 概要

気象・海象条件が厳しく、波浪や潮位などの影響を受けやすい海上工事では、作業効率の向上と安全性の確保が重要であり、無人化施工や自動化施工技術の確立が望まれている。

このため、それらのニーズに応え水中ロボットを使用し無人で捨石マウンドの均し作業を行う「水中捨石均し機」、無人・遠隔操作によってケーソン据付作業を行う「ケーソン無人化据付システム」および自動で改良位置への移動と地盤改良を行う「深層混合処理船の自動化」の3つの施工技術を開発した。

(2) 技術詳細

1) 水中捨石均し機 (SEADOM)

遠隔操作による無人での水中均し作業を可能とした施工ロボットである本機は、水中の均し作業を行う「均し機本体」、揚重機能を有し、均し機を運転・操作する制御室を配置した「支援母船」および陸上に設置される GPS 基準局から構成される。

均し機は、ガット船等で捨石を所定の区域へ投入した後に均し作業を行う 8 脚歩行式の水中ロボットである。8 脚は、各々 4 脚づつ本体脚および移動脚より構成され、支援母船上より均し作業に必要なすべ

での動作が遠隔操作される。均し機には、GPS 移動局 (RTK-GPS) を設置し、本体に搭載したジャイロと連動させることにより、高精度な平面位置および深度を管理している。均し作業は、均し機に装備したレーキで捨石を均した後、ローラで転圧を行う。

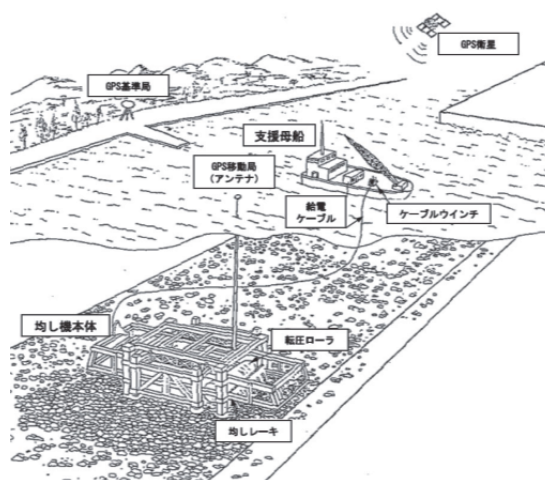


図-1 均し機による施工概念図

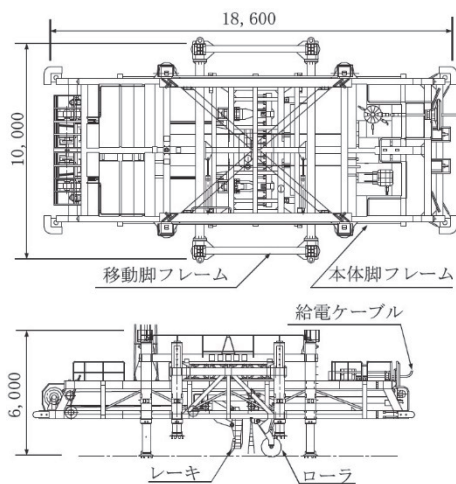


図-2 水中捨石均し機概略図

[特徴]

- ・標準均し面積で約 200(m² /日)といった大量急速施工が可能
- ・均し作業の操作がすべて海上から遠隔操作できるため安全性が向上(人力による潜水均し作業が不要)
- ・大水深(-35 m)における均し作業が可能
- ・レーキによる均し後、ローラによる転圧を行うことにより捨石の規格に応じた均しが可能
- ・RTK-GPS を使用した高精度な位置出しが可能
- ・均し精度が± 5 cm と高い
- ・作動油に地球環境にやさしい生分解性タイプを使用

① 自動歩行等高度な制御技術

均し機は、前後および左右への移動およびレーキやローラの移動・伸縮等の動作用の各種油圧シリンダやウィンチ位置や移動量を計測するための最新のセンサが搭載されている。これらの情報をすべて一元管理し、状況に応じて自動歩行や手動運転を実現するための高度な制御技術を搭載している。また均し機は、高さ調整や水平調整機能等を装備しており、RTK-GPS やジャイロ等のデータを基にリアルタイム表示される画面を注視しながら精度よく、かつ確実に均し作業を行うことができる。

② リアルタイムに捨石面高さを測定する技術

均し機は、転圧用ローラ近傍に左右 1 台ずつ計 2 台の超音波を利用した地形測定器を有している。この計測結果はリアルタイムに操作卓に直接表示される。そのためオペレータは、捨石均しの出来形状況を把握しながら作業が可能のため、手戻りのない効率的な均し作業が可能となる。

③ ワンマンコントロール可能な操作卓

遠隔操作を行う操作卓は、均し機の位置や状況を表示する画面や、すべての操作をワンマンコントロールできるボタンやスイッチを備えている。オペレータは、均し機の状態が一見して判断できる画面を常に注視し、自動/手動運転が容易に行えるスイッチ等を操作することにより状況に応じた運転を実現している。

④ 高精度な位置出し技術

均し精度± 5 cm 以内を実現するためには、高精度な平面位置 (X, Y 方向) とともに深度方向 (Z 方向) においても、センチメートル単位の位置出し方式が必要となる。均し機は、RTK-GPS とジャイロを組み合わせることにより、高精度な位置出しを可能としている。

2) ケーソン無人化据付システム (UCIS)

ケーソン無人化据付システムとは、ケーソン据付け時にケーソン上から作業員を排し、遠隔操作でケーソンを据付けるためのシステムである。

本システムを使用することによりケーソンの位置、傾斜や各隔室の水位測定をリアルタイムに一元管理しながら据付作業を行えるため、作業の高効率化、高精度化を可能とし、ケーソン上から作業員を排することで作業の安全性も確保できる。

図-3 に示す通り、ケーソン上には、ケーソンの位置および方位を計測する RTK-GPS 受信機、ケーソンの傾きを計測する傾斜計、各隔室の水位を計測する水位計、ケーソンの喫水を計測する吃水計、引寄せウィンチ、注排水ポンプ、監視カメラ、および無線制御盤を搭載している。また、遠隔操作室には、ケーソン上の装置を遠隔地から監視・操作する操作盤を設置している。

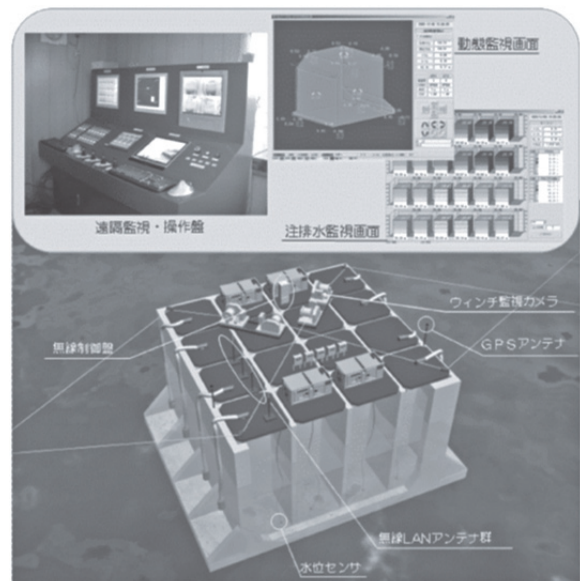


図-3 ケーソン上配置機器と遠隔監視・操作盤

[特徴]

- ・従来と同等以上の作業効率で据付が可能
- ・据付ケーソン上に作業員を配置せず安全に据付が可能
- ・作業状況のリアルタイムな一元管理により高精度な据付が可能
- ・遠隔監視・操作盤により、ワンマンオペレーションが可能

① 遠隔監視技術

ケーソンの位置、傾斜、各隔室の水位、およびウィンチや注排水ポンプの動作状況をデータや映像等で遠隔地から監視を行う。

② 遠隔操作技術

ウィンチや注排水ポンプの遠隔操作を行う。

③ 多重安全回路技術

非常停止通信を複線化し無線 LAN の 1 系統がリンクダウンしても他系統の無線 LAN で緊急停止させる。また、ウィンチの遠隔操作には自己保持回路を採用せず、作動信号を連続で送信している。万一、無線 LAN が通信不通になった場合、ウィンチを自動停止させる。

④ 危険予測・回避技術

ウィンチや注排水ポンプの負荷状態を遠隔監視するとともに、過負荷の状態に陥った場合は、警報で通知する。また、ウィンチには任意に設定した荷重以上の力がワイヤーに働いた場合、自動的にワイヤーをリリースするトルクリミッタを設けている。

3) 深層混合処理船の自動化

ポコム12号は、2010年に建造された最新鋭の深層混合処理船であり、自動操船システムや自動打設システムなどで数々の自動化を図っており、改良機の昇降や本船の移動、スラリープラントの運転等、集中コントロールによるワンマン運転が可能となっている。

① 自動操船システム

自動操船システムは、GPSの位置情報と6台の操船ウィンチが連動し、予め登録されている地盤改良の設計座標に自動で本船を誘導し、位置決めが出来るシステムである。半自動モードでは前後左右のレバーだけで本船の移動も可能であり、従来6台のウィンチを別々に操作していた場合と比較して、ワイヤーの乱巻を心配することもなく、簡単にかつ安全に本船の移動が可能となっている。ワイヤーの乱巻を防止するには、繰り出される側のワイヤーを常に張っておく必要がある(以下、バックテンション)、ハーフブレーキや油圧リリーフで行われることが一般的であるが、本船ではインバータ駆動の電動モータで常にバックテンションをコントロールして安全性を高めたとともに、ワイヤーが繰り出されるときのエネルギーを電源回生することで環境面にも貢献している。

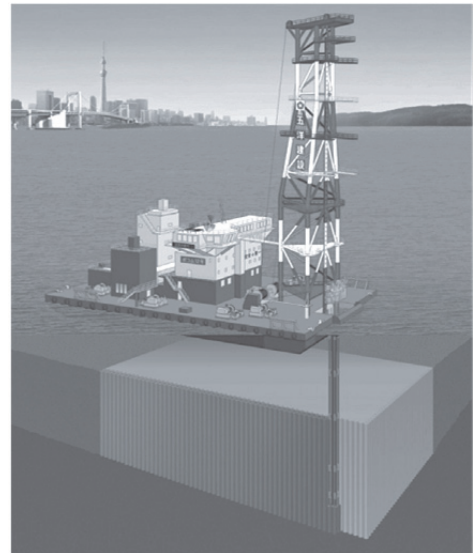


図-4 深層混合処理船全景

② 自動打設システム

自動打設システムは、改良機の貫入から引抜、回転軸の速度変更、セメント系安定処理剤の吐出といった地盤改良における一連の動作を自動で行うものである。潮位計、喫水計、傾斜計、改良機の荷重計などのデータを基に、トリムおよびヒールに対応した自動バラストシステム、自動調整型クランプなどとも連動し、ヒューマンエラーの防止と施工精度の向上に役立っている。本船ではLANによりネットワーク化されており、打設管理画面や船位管理画面は、操作室以外の事務室、食

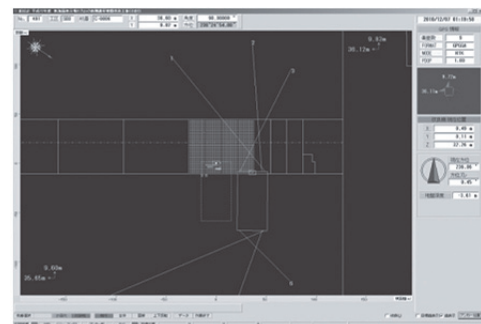


写真-1 船位管理画面

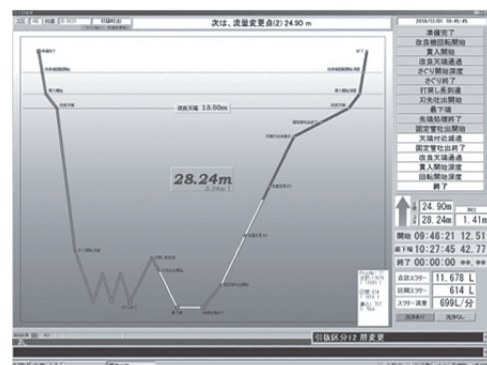


写真-2 打設管理画面

堂、応接室、休憩室などでも大型ディスプレイで表示している。また無線 LAN は携帯型 IP 電話、Web カメラなどにも活用され、施工状況の把握や乗組員間の連絡に役立っている。

(3) 結 果

1) 水中捨石均し機 (SEADOM)

1日当たりの作業能率は約 200m²であり、潜水作業員による均し作業と比較して約 20~40 倍の効率化が可能となる。

2) ケーソン無人化据付システム (UCIS)

現在、本システムを使用したケーソンの据付実績は、20 函以上であり、無事故無災害で作業を完了している。また、過去据付実績の作業効率の向上と作業の安全性から、本システムの有効性と安全性が確認できている。

3) 深層混合処理船の自動化

集中コントロールによるワンマン運転により施工精度の向上や省力化を図ると同時に乗組員に対する安全性も向上した。

参 考 文 献	建設の施工企画 (2012 年 5 月) PP. 28~32
備 考	—

技 術 名	ケーソン据え付け誘導システム
番 号	No. 4. 3-16
発 注 者	国土交通省九州地方整備局
施 設 名	志布志港
所 在 地	—
工 事 名 称	志布志港(若浜地区)防波堤(沖)築造工事
施 工 期 間	2012年4月～現在
施 工 者	東洋建設(株)
キーワード	防波堤ケーソン、無人化施工、遠隔操作、注水自動化、トータルステーション
<p>(1) 概 要</p> <p>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である。</p> <p>(2) 技術詳細</p> <p>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。</p> <p>無人化施工システムの品質と作業効率の向上を目指し、注水作業を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。</p> <p>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</p>	

御は隔室の水位とケーソンの傾斜により行われる。

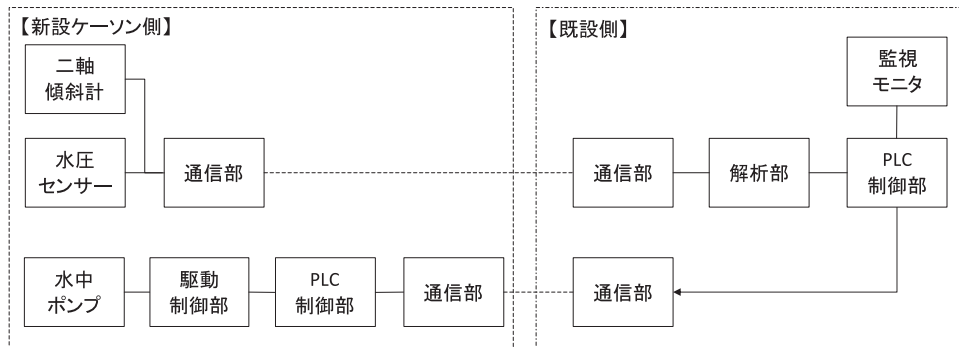


図-1 自動注水管理構成図

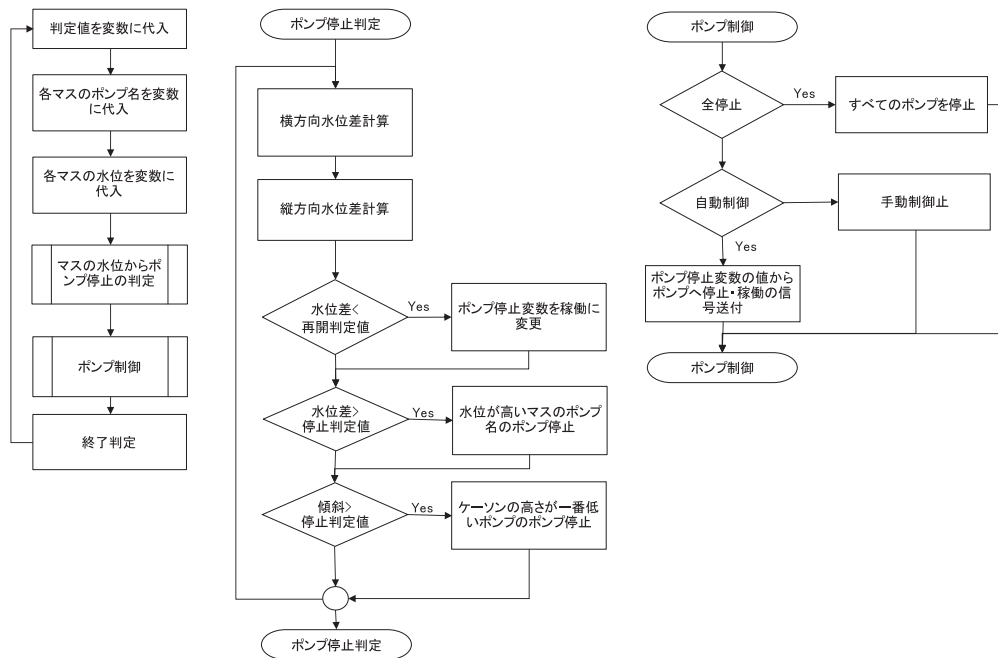


図-2 自動注水制御フロー図

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。

(3) 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。

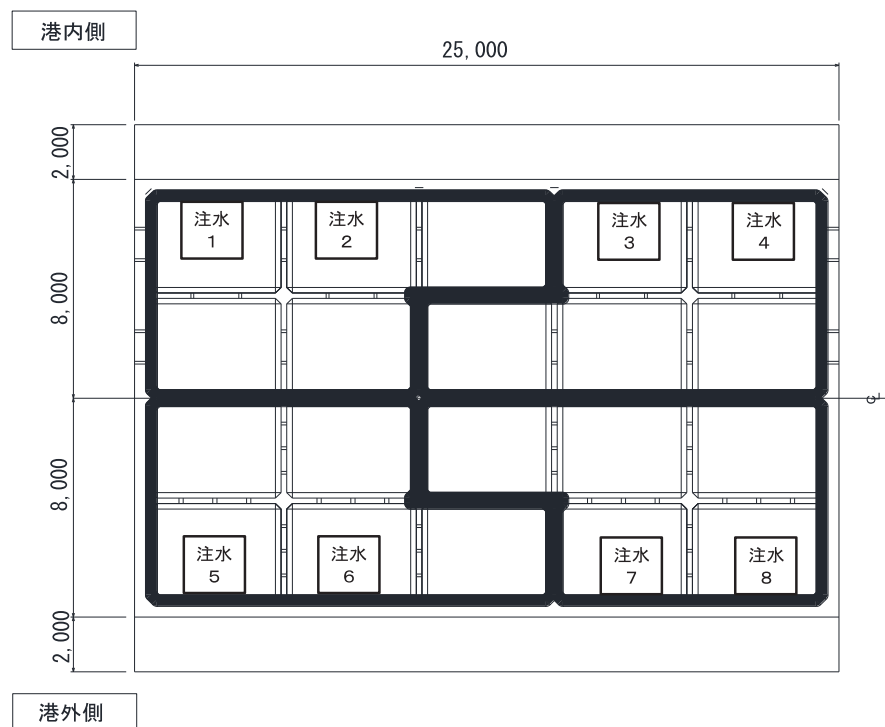


図-3 ケーソン形状図



図-4 注水管理サブシステム図



写真-1 自動注水制御図



写真-2 システム運用状況図

<p>参考文献</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・ケーソン据付無人化施工における自動注水管理、土木学会年次講演会講演概要集
<p>備考</p>	<p>NETIS 登録番号 (CBK-130002-A) ケーソン据付システム 函ナビ</p>

技 術 名	ケーソン据付の安全性・施工性向上技術
番 号	No. 4. 3-17
発 注 者	沖縄総合事務局
施 設 名	港湾施設
所 在 地	－
工 事 名 称	那覇港浦添ふ頭防波堤築造工事
施 工 期 間	2014年3月～2015年3月
施 工 者	(株)本間組
キーワード	ケーソン無人据付、トータルステーション、監視カメラ
<p>(1) 概 要</p> <p>ケーソン据付工事は、作業員のつまずき・転倒、ワイヤロープとの接触などへの安全対策が重要である。また、情報錯綜による誤操作への対応として、連絡指示システムの効率化・一元化や、作業指揮者の経験の度合いによる据え付け精度のばらつきが生じていたため、据付精度の確保も望まれている。</p> <p>本技術は、「HONMA 函体据付システム」に加え、集中制御室で函体水位・函体位置制御用ウィンチを遠隔監視および遠隔操作することでケーソン据付作業を、一元監視管理、制御するシステムである。</p> <p>(2) 技術詳細</p> <p>本技術は、4つの技術を連携させ、ケーソン据付時のケーソン上での作業を無くし、集中制御室からの遠隔一元監視、管理、制御出来るシステムである。</p> <p>1) トータルステーションと水中カメラ技術</p> <p>3台の自動追尾型トータルステーションにより函体の位置と向き・傾きを計測する。 水中カメラにより、ケーソンフーチング付近の目地間隔を監視する。</p> <p>2) 水圧センサー</p> <p>函内の注水状況を監視し遠隔操作により注水ポンプを操作する。</p> <p>3) 作業状況監視カメラ</p> <p>ウィンチカメラ、注水監視カメラ、目地部監視カメラにより据付状況を遠隔地から監視する。</p> <p>4) 函体位置制御用ウィンチ遠隔操作システム</p> <p>遠隔地からウィンチを操作し函体を所定の位置へ据付ける。</p>	

4つの技術を連携させ、ケーソン掘付時のケーソン上での作業を無くし、集中制御室からの遠隔一元監視、管理、制御できるシステムです。

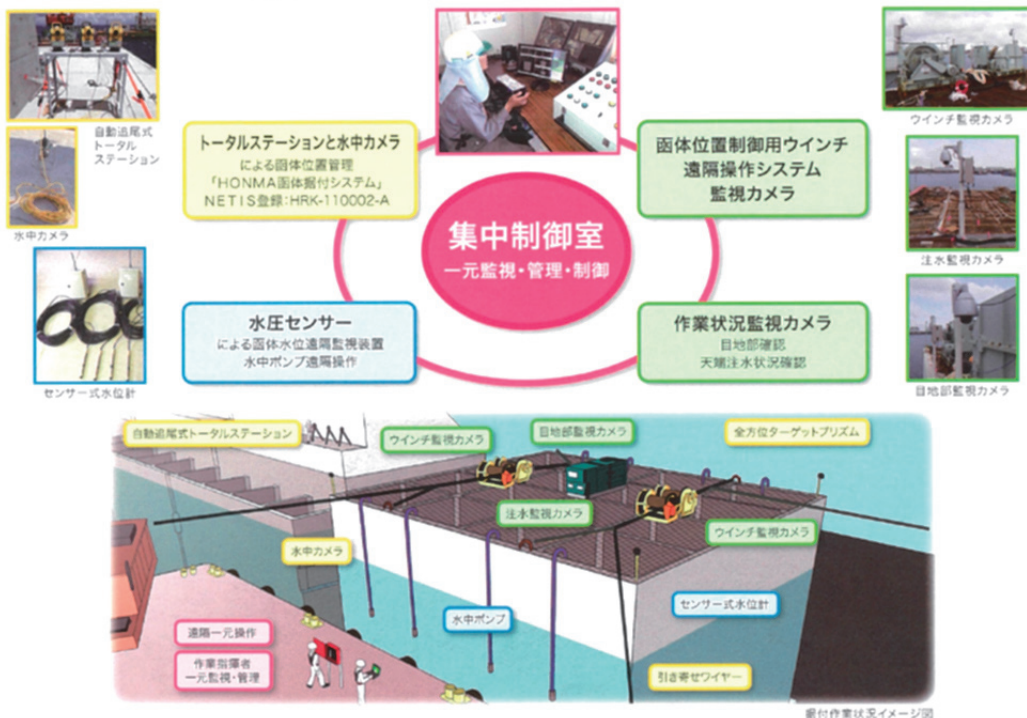


図-1 システム概念図

HONMA固体掘付システム、函内水位、各監視カメラ映像が集中制御室で一元管理できます。

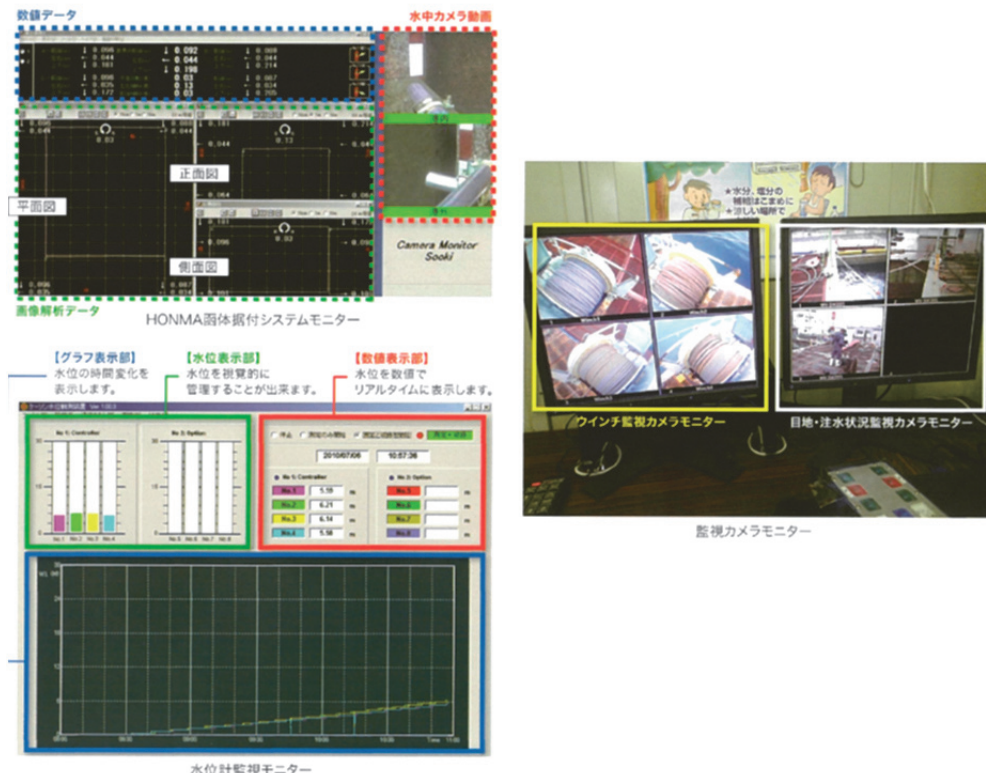


写真-1 システム画面

(3) 結 果

1) ケーソン据付の効率化と安全性の確保

- ① 集中制御室で一元監視、管理、制御を行うことで、情報伝達や機器操作の面で効率化を図る。
- ② 函内水位およびケーソンの位置の制御に関するケーソン上の作業をなくすことでそれに伴う危険を排除することができ、安全性が向上する。
- ③ 水中部、気中部における新設ケーソンと既設ケーソンの近接状況を動画監視することができるので接触防止をより確実に図ることができる。

2) ケーソン据付精度の確保

- ① ケーソンの据付許容範囲内で設置できるだけでなく、ケーソンの平面的な位置や姿勢をリアルタイムに定量的かつ視覚的に把握することで、的確な誘導指示を行うことができる。

適用事例：

平成 26 年度内閣府沖縄総合事務所 那覇港（浦添ふ頭地区）防波堤（浦添第一）築造工事にてシステムを適用した。



写真-2 システム適用事例

参考文献	(株)本間組：ケーソン据付の安全性・施工性向上技術（技術リーフレット）
備考	・NETIS HRK-110002-A 「HONMA 函体据付システム」 ・NETIS HRK-160002 「函体据付効率化施工システム」 ・特許 第 5557163 号