

新鋭深層混合処理船における安全対策

ポコム 12号

松 藤 広 行・八 島 慎 治

港湾施設の課題である大水深化や延命化・耐震化に対応するために建造された新鋭深層混合処理船は、長年に渡り培われた技術と最新の技術を融合した作業船である。従来の深層混合処理船よりも環境面や安全面、経済性に配慮した ECO Ship を目指した。自動打設システム、自動操船システム、電源回生システム、風力発電、太陽電池、などを採用しており、新しい時代を担う作業船である。本報ではこの新鋭深層混合処理船の建造における安全に対する考え方や安全設備に関して報告する。

キーワード：作業船、深層混合処理船、自動操船、自動打設、ワイヤーロープテスト、落水者検知、IPカメラ

1. はじめに

深層混合処理工法（CDM 工法）は、セメント系安定固化剤を軟弱地盤中に添加、攪拌混合することにより短期間で高強度の改良地盤を造り、構造物の沈下が無く耐震性に優れた地盤改良工法である。建設発生土も少なく環境に優しいこの工法は、大規模な港湾・空

港プロジェクトや既設港湾構造物の耐震補強はもとより、陸上でも盛土の安定・沈下対策・液状化対策・掘削工事の安定・土圧低減など幅広く活用されている。

新鋭深層混合処理船は海底地盤を大規模に施工するため、2010年に建造された CDM 工法の専用船であり、30年を越える CDM 船の運用実績をもとに、環境への配慮、施工精度の向上、信頼性、メンテナンス性の向上、安全性の向上を図った新しい時代を担う作業船として建造された（図-1）。

2. 安全に配慮した設計

安全な作業船を建造するにあたっては、「省力化」、「ヒューマンエラーの防止」、「信頼性の向上」に重点をおいて設計を行った。

①省力化

自動化、無人化、遠隔制御の採用と、メンテナンスフリー化で、乗組員の作業自体を削減し、危険要因を排除した。

②ヒューマンエラーの防止

施工状況が把握しやすい設備と乗組員間のコミュニケーションツールの提供により円滑な作業環境を実現するとともに自動化による判断ミスを防止した。また、万が一のヒューマンエラーに備えて、インターロック機構を採用した。

③信頼性の向上

故障しない強靱な設計をすることはもちろんのこと、フェールセーフティにも留意し、機械、システム、



図-1 新鋭深層混合処理船 鳥瞰図

コンピュータが安全な状態で故障するようにしたとともに、バックアップ機器や予備機を搭載した。

3. 安全に配慮した設備

(1) 改良機 (写真—1, 2)

改良機は船首に配置された槽から昇降ウィンチで吊り下げられ、その自重で地盤に貫入される。

回転軸はインバータ制御の電動機で駆動し、4軸同期型減速機を介して回転軸、攪拌翼、刃先に伝達される。また、改良機の上部には鉛直性を維持するために自動調整クランプなどを装備している。

大深度での施工に対応する為、槽の高さは60mを超え、改良機や回転軸のメンテナンスには高所作業が必要となる。高所作業による危険要因の排除を目指し、



写真—1 改良機上部



写真—2 改良機下部

各機器の設計時にはメンテナンスフリーを考慮した。

また、予測不能なトラブルに備え、メンテナンスの可能性のある箇所を抽出し、全ての箇所にアクセス可能となるよう起倒式のステージを槽の随所に装備した。

(2) スラリープラント (写真—3)

改良機の先端から注入されるセメント系安定処理剤はスラリープラントで製造される。ミキサーには自動洗浄装置を装備し、狭隘な場所でののはつり作業の頻度を減らし、安全性が向上した。



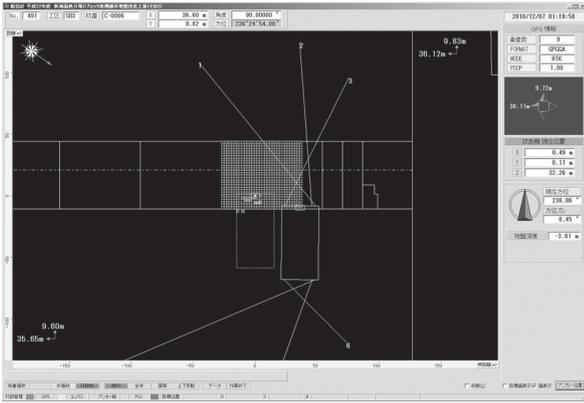
写真—3 スラリーポンプ及びアジテータ

(3) 自動操船システム (写真—4, 5)

推進機を持たない多くの作業船は、周囲にアンカーを打ち、ウィンチの操作で位置決めを行う。自動操船システムは、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り(以下、バックテンション)、ハーフブレーキ



写真—4 操船ウィンチ



写真一五 船位管理画面



写真一七 操作室

や油圧リリース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に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。

(4) 自動打設システム (写真一六)

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。GPS、潮位計、喫水計、傾斜計などのデータをもとに、トリム及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連動しており、施工精度の向上が図れるとともに、乗組員への負担軽減、操作ミス排除が行われている。



写真一六 打設管理画面

(5) 集中管理装置 (写真一七、八)

本船は改良機の昇降や本船の移動、スラリープランの運転など、集中コントロールによるワンマン運転が可能である。施工の精度が向上するとともに、省力化が図れ、乗組員に対する安全性も確保できた。



写真一八 機関監視室

(6) 遠隔洗浄装置 (写真一九、十)

改良機は、点検及び浮き石落下による危険回避の為、放水銃による改良軸の洗浄を毎回行いながら引き上げられる。本船では、放水銃の遠隔制御装置を装備し、省力化と安全性の向上が実現した。



写真一九 遠隔放水銃



写真—10 遠隔洗浄室

(7) 船内のネットワーク

本船では、船用網代 LAN 配線及び、Class NK の「船内無線 LAN 設備に関するガイドライン」に準拠した無線 LAN によって、本船全体がネットワーク化されている。

打設管理画面、船位管理画面を操作室以外の事務室、食堂、応接室、休憩室などでも大型ディスプレイで表示し、作業の進捗状況を乗組員が把握し易くしたほか、携帯型 IP 電話、Web カメラなどにも活用され、乗組員間の連絡や施工状況の把握に役立っており、情報が共有化されることで、安全性が向上している。

フェイルセーフにも配慮し、制御関係の基幹システムやネットワークは2重化を図り、一部が故障しても全体がシステムダウンすることが無いよう、強靱なものとした。

(8) 昇降ウィンチ (写真—11)

210tの改良機を吊り上げる昇降ウィンチは、PWMコンバータによるインバータ駆動とし、高調波を抑制するとともに回生電力の活用による省エネを実現している。昇降ウィンチの故障は重大な事故に繋がる可能



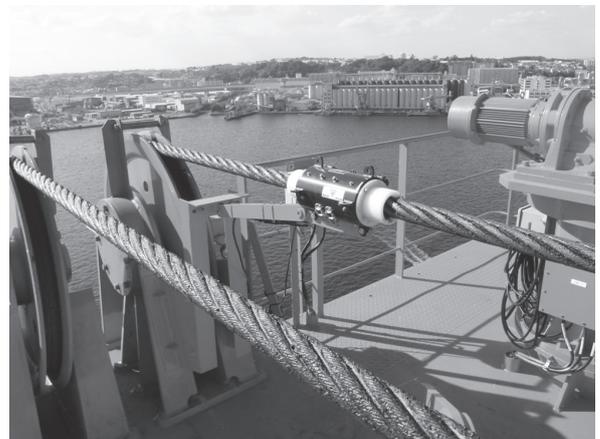
写真—11 昇降ウィンチ

性がある為、昇降ウィンチブレーキは2重化を図り、バックアップコンバータや非常用モータを装備した。

(9) ワイヤロープテスタ (写真—12)

改良機を吊り上げている昇降ワイヤーにはφ50mmが用いられている。本船では、従来の目視による点検に加え、ワイヤーの劣化を検知するワイヤロープテスタで監視を行い、より安全性を高めた。

ワイヤロープテスタは、通過するワイヤーに磁界を与え、その波形の変化で内部の素線切れをも検知するシステムである。計測されたデータはメーカーの専門家にリアルタイムで伝送され、その分析結果をもとにワイヤー交換時期決定の判断材料としている。



写真—12 ワイヤロープテスタ

(10) 電光掲示板 (写真—13)

本船は、風力発電、太陽電池で発電した電力を操作室外壁に設置した電光掲示板で使用している。電光掲示板は周辺に対する作業内容の可視化や注意喚起に役立っている。また、操作室は全方位視野を確保し、通船、及び材料供給船、燃料供給船の確認を容易にした。



写真—13 電光掲示板と全方位視野確保型操作室

(11) IC タグによる水中転落者早期検知システム

甲板上的乗組員はアクティブ型無線 IC タグを携帯している。操作室に設置したレシーバと常時通信を行っており、海中に落水した場合にはその通信が途絶えることで落水者を早期に検知し、操作室でアラームを発するシステムである。IC タグには ID が付いているため、どの作業員が水中に転落したかも特定でき、安全性が向上した (図-2)。



図-2 IC タグによる水中転落者早期検知システム

(12) 漏油対策 (写真-14)

万が一の油流出時には、オイルフェンスが迅速に展開できるよう、オイルフェンス巻き取り機と専用の格納庫を設置した。船内にある燃料タンクは二重構造とし、不測の事態でも被害を最小限に抑える構造とした。燃料給油ラインには逆止弁を設置し、燃料タンクレベル計を給油箇所近傍に設置するなど、給油時のヒューマンエラーを防ぐ処置も講じている。甲板上の機器から滲み出る油膜も海へ流れないように甲板外周にはコーミングを設け、回収できるボイドを設置した。



写真-14 オイルフェンス格納庫

4. おわりに

他にも種々の安全対策を講じているが、誌面の都合上省略する。本新鋭深層混合処理船は、2009年11月に建造を開始、2010年9月に引き渡しポコム12号と命名され、2011年3月に護岸工事を無事故無災害で終えた。本船がこれからの作業船の安全に対する参考になれば幸いである。

JICMA

【筆者紹介】



松藤 広行 (まつふじ ひろゆき)
五洋建設㈱
土木本部 船舶機械部
課長



八島 慎治 (やしま しんじ)
五洋建設㈱
土木本部 船舶機械部
課長